METSÄTIETEELLISEN TUTKIMUSLAITOKSEN JULKAISUJA

COMMUNICATIONES
INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

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

25

HELSINKI 1937, 1938.

METSÄTIETEELLISEN TUTKIMUSLAITOKSEN JULKAISUJA

COMMUNICATIONES
INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

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

25

HELSINKI 1937, 1938.

Helsinki 1938. Valtioneuvoston kirjapaino.

COMMUNICATIONES
INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

25

25, 1 Aaltonen, V. T., Über die Bodenkundliche Bonitierung der Waldstandorte, I ..... 1—90
Suomenkielinen selostus: Metsäkasvupaikkojen bonitoinnista maan ominaisuuksien perusteella ..... 75—78
25, 2 Aaltonen, V. T., Einige pH-Bestimmungen in Waldböden ..... 1—52
Suomenkielinen selostus: Muutamia pH-määräyksiä metsämaissa ..... 45—47
25, 3 Vuoristo, Ilmari, Uittohankaluustutkimuksia ..... 1—257
Summary in English: Investigations regarding Floating Difficulties ..... 259—313

ÜBER DIE BODENKUNDLICHE BONITIERUNG DER WALD-STANDORTE

I

SELOSTUS: METSÄKASVUPAIKKOJEN BONITOINNISTA MAAN OMINAISUUKSIEN PERUSTEELLA

I

V. T. AALTONEN

HELSINKI 1937

Helsinki 1937. Valtioneuvoston kirjapaino.

Inhalt

Seite

I. Einleitung
1. Untersuchungsaufgabe 5
2. Die bisherigen Untersuchungen 7
3. Die im Folgenden zu beschreibenden Untersuchungen 17

II. Chemische und mikrobiologische Bodenuntersuchungen in Beständen des *Calluna- (CT)*, *Vaccinium-(VT)* und *Myrtillus*-Typs *(MT)* ... 19
1. Probeflächen 19
2. Analysen 26
   a) Analysenmethoden .....
   b) Ergebnisse der Analysen .....

III. Bedeutung der Mineralzusammensetzung des Bodens 35
1. Der Felsgrund und die Bonität des Bodens in Finnland 35
   a) Felsgrund .....
   b) Die Fruchtbarkeit auf Grund der Waldtypen geschätzt .....
   c) Das Verhältnis des Felsgrundes zur Bonität des Bodens ....
2. Bestimmungen der basischen Mineralien 47

IV. Einige Beobachtungen über das Verhältnis der physikalischen Zusammensetzung des Bodens zum Waldtyp 57

Kurze Zusammenfassung für Referate 69
Brief English summary for abstracts 69
Literaturverzeichnis 70
Selostus: Metsäkasvupaikkojen bonitoinnista maan ominaisuuksien perusteella. I. 75
Tabellen 20—30 — *taulukot 20—30* ..... 79—90

I. Einleitung.

1. Untersuchungsaufgabe.

Zur forstwirtschaftlichen Bonitierung der Waldstandorte bedient man sich gegenwärtig im allgemeinen eines mittelbaren Verfahrens. Die Ergiebigkeit eines Standortes wird entweder durch Ertrags- und Zuwachsuntersuchungen oder unter Benutzung des Waldtypus [1]) als Kennzeichen der Ergiebigkeit bestimmt. Der allgemeinste Bonitierungsgrund ist die Höhe der Bäume; der Waldtypus ist für Bonitierungszwecke vorläufig nur in Finnland systematisch ausgewertet worden. Vorteile und Nachteile dieser verschiedenen Methoden, ihre Eignung für verschiedene Verhältnisse usw. sind in der forstwirtschaftlichen Literatur viel erörtert worden, und es besteht hier kein Anlass, sie einer kritischen Betrachtung zu unterziehen. Die Hauptsache in diesem Zusammenhang ist, dass die in Frage stehenden mittelbaren Methoden sich auf empirische Verallgemeinerungen gründen, die nichts darüber aussagen, aus welchen Gründen die Ergiebigkeit des Standortes in der bekannten Weise Schwankungen unterlegen ist. Selbst wenn diese Methoden, zum mindesten für die gewöhnlichen Zwecke der Praxis angewandt, auch befriedigende Ergebnisse vermittelten, erhielten sie dennoch eine sicherere Grundlage, wenn nachgewiesen werden könnte, warum die Ergiebigkeit des Standortes an dieser Stelle geringer oder grösser als an jener ist. Es ist schwer und häufig auch unmöglich, z. B. den Einfluss einer waldbaulichen Massnahme, einer Holzart, Düngung usw. auf die Ergiebigkeit eines Standortes zu schätzen, wenn man nicht weiss, in welchem Masse er von den Ertragsfaktoren, auf die jene Massnahmen einwirken, abhängig ist. Ausserdem kann die Bonitierung eines unbewaldeten Standortes in Frage kommen, und beispielsweise kann die Bestimmung des Waldtypus Schwierigkeiten bereiten in Fällen, in denen die spontane Entwicklung der Vegetation durch Hiebe, Waldbrände u. a. Kulturbeeinflussungen spürbarer gestört worden ist. Wie C a j a n d e r (1921) bemerkt, kann die Wissenschaft sich nicht damit begnügen, nur festzustellen, dass zwischen dem Waldtypus und dem biologischen Wert des Standortes eine bekannte Korrela-

[1]) Mit den Waldtypen sind hier wie im Folgenden C a j a n d e r s Waldtypen gemeint (vgl. z. B.: A. K. C a j a n d e r, The Theory of Forest Types, Acta forest. fenn., 29, 1926).

tion besteht, vielmehr ist dieser biologische Wert des Standortes genauer zu analysieren. »Eine naturgemässe direkte Klassifizierung der Standorte muss für die Forschung auf dem Gebiete der Bonitierung sogar das erstrebte Endziel bedeuten.»

Unter den Waldbodenforschern besonders in Mitteleuropa herrscht ziemlich allgemein die Auffassung, dass die Bonität des Waldbodens in erster Linie von dem Wald selbst abhängig sei. Diese Auffassung gründet sich hauptsächlich auf die bekannten Humus- u. a. Untersuchungen Müllers (1887) in Dänemark. Später hat sie insbesondere bei der sogenannten Dauerwaldwirtschaft (Deutschland) den grundlegenden Gedanken abgegeben. Die Ergiebigkeit des Waldbodens ist eine mehr oder weniger labile Eigenschaft, die sich durch waldbauliche Massnahmen, z. B. durch Erziehung verschiedener Holzarten, in gewünschter Richtung, ja sogar ziemlich rasch, verändern lässt.

Durch meine eigenen Untersuchungen in Finnland bin ich zu dem Ergebnis gekommen, dass die Bonität des Waldbodens in erster Linie der Boden selbst bestimme und dass z. B. die Holzart in dieser Beziehung von untergeordneter Bedeutung sei. Dieses braucht jedoch nicht die Möglichkeit auszuschliessen, dass unter andersartigen Verhältnissen Wald und Waldbau einen grösseren Einfluss auf den Boden ausübten. Vergleichende Bodenuntersuchungen sind bisher in durchaus allzu geringem Masse ausgeführt worden, als dass man durch sie zu einer zuverlässigen Auffassung darüber gelangen könnte, in welchem Umfange der Einfluss der Holzart von der ursprünglichen Bodenbeschaffenheit abhängig ist. Nur soviel liesse sich wohl sagen, dass einige Böden empfindlicher sind oder sich leichter verändern als andere, insbesondere je nach ihren Feuchtigkeitsverhältnissen und ihrer mineralischen Zusammensetzung. Es ist kaum anzunehmen, dass man auch bei der Behandlung dieser Frage zu irgendeinem eindeutigen und vorwiegend in praktischer Hinsicht brauchbaren Ergebnis gelangen könnte, bevor Klarheit darüber besteht, welcher Art das Verhältnis der verschiedenen Eigenschaften des Bodens zu seiner Ergiebigkeit ist.

Bei dem Bemühen um eine Klassifizierung der Standorte auf Grund der Standortsfaktoren sind natürlich die auf die Pflanzen einwirkenden Eigenschaften des Klimas und des Bodens in Betracht zu ziehen. Unter gleichen klimatischen Bedingungen sind die Eigenschaften des Bodens entscheidend, und die Forschung hat sich somit den physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften des Bodens zuzuwenden. Die Aufgabe ist dieselbe wie in der Landwirtschaft die Bestimmung des Düngungsbedarfs des Bodens.

Beim Ackerbau bedient man sich zur Bestimmung des Düngungsbedarfs bodenanalytischer und biologischer Methoden. Unter den analytischen Methoden ist die chemische Bodenanalyse die hauptsächliche; biologische Verfahren sind Gefässversuch, Feldversuch sowie Pilzkulturen und Keimpflanzenmethode (Neubauer-Verfahren). Der Feldversuch ist die Grundmethode, mit der die durch andere Verfahren erhaltenen Ergebnisse zu vergleichen sind. Bei der waldwirtschaftlichen auf den Bestand gegründeten Bodenbonitierung handelt es sich um den Feldversuch in gleicher Weise.

Den Ertrag des Waldbodens bestimmen natürlich im Grunde dieselben Faktoren wie den des Ackerbodens, vor allem das Wasser, die gewöhnlichen Nährstoffe und der physikalische Zustand des Bodens. Auch die Untersuchungsmethoden sind somit in beiden Fällen hauptsächlich gleichartig. Die Benutzung des Gefässversuchs kann bei der Untersuchung des Waldbodens zwar nicht von gleicher Bedeutung wie bei der Untersuchung des Ackerbodens sein, doch sind die Möglichkeiten für die Benutzung der Bodenanalyse ungefähr gleich. Der Unterschied besteht vorwiegend darin, dass die Beschaffenheit des Waldbodens auch auf kleiner Fläche im allgemeinen viel veränderlicher als die des Ackerbodens ist, was die den ersteren betreffenden Untersuchungen schwerer und mühsamer macht. Die Schwierigkeit der Waldbodenuntersuchungen wird ferner dadurch vergrössert, dass die Wurzeln der Bäume im allgemeinen tiefer in den Boden eindringen als die der Ackerpflanzen und der Untergrund dadurch beim Waldboden von grösserer Bedeutung als beim Ackerboden ist.

An Versuchen zur Bonitierung des Waldbodens mit Hilfe von Bodenuntersuchungen hat es nicht gefehlt. Eigentlich kann man sagen, dass diese Frage immer das Kernproblem der Waldbodenforschung gewesen ist. Zwar ist es vielen Forschern nicht ausdrücklich darauf angekommen, irgendein auf die Eigenschaften des Bodens gegründetes Klassifizierungssystem zu schaffen, aber die Untersuchungen haben trotzdem natürlich auch die Möglichkeiten einer derartigen Klassifizierung dargetan. Aus der folgenden Übersicht über die zu dieser Frage erschienene, wichtigste, hauptsächlich neueste Literatur geht hervor, wie man die Aufgabe zu lösen versucht und welchen Erfolg man dabei erzielt hat.

2. Die bisherigen Untersuchungen.

Die ausgeführten Bodenuntersuchungen sind teils physikalisch, chemisch und mikrobiologisch gewesen, teils hat man versucht, als Kennzeichen der Bodenbonität den Bodentypus zu benutzen.

Die Beziehung der Kornverteilung des Bodens und der Bodenart zur Bonität ist besonders in Norddeutschland, Dänemark usw. untersucht worden, wo es ausgedehnte Flächen mehr oder weniger steinfreier Sandböden gibt, bei denen die Untersuchungen verhältnismässig einfach und leicht ausführbar sind. Albert (1924, 1925) stellte fest, dass die Bonität des Sandbodens vor allem durch die Kornverteilung bestimmt ist. Selbst bei reinem Dünensand, bei dem kein Grundwasser in Frage kommt, kann der Ertrag hervorragend sein, wenn der Boden genügend fein ist. Findet sich an Feinboden (< 0.2 mm) weniger als 10 %, ist der Boden forstwirtschaftlich Unland; steigt die Menge des Feinbodens auf 40 % und mehr, gehört der Bestand zur Ertragsklasse I/II. Feinstes Material (0.02—0.002 und < 0.002 mm) fand sich in den untersuchten Böden in so geringen Mengen, dass es von keiner Bedeutung war. Nach Gassert (1936) ist jedoch in Posen, wo das Klima trockener ist, die Kornverteilung nicht allein bestimmend, vielmehr sind auch Wasserkapazität, Porosität und Luftkapazität in Betracht zu ziehen. Wiedemann (1925) erwähnt, wenn er die Ergebnisse der Dauerwaldwirtschaft von Bärenthoren darlegt, dass der dortige Boden durchschnittlich feiner als die norddeutschen Sandböden sei und, je reichlicher feiner Boden vorkomme, die Bestandesgüte um so besser ausfalle. Bohrungen in Eberswalde erwiesen, dass die Schwankungen im Wachstum Folgen der Verschiedenheit im Untergrund waren. An guten Stellen war der Sand in einer Tiefe von 85 cm von Geschiebelehm unterlagert. Auch die Untersuchungen von Ganssen u. a. (1933) in Bärenthoren erwiesen, dass die Bonität an Stellen, an denen in 1—2 m Tiefe lehmige, schluffige und kalkführende Schichten lagen, besser wurde und die besten Bonitäten vorhanden waren an Stellen, an denen ausserdem das Grundwasser nahe (1—2 m tief) war. Nach Hartmann (1926) ist die Bonität der Kiefernstandorte im allgemeinen abhängig von der Feinkörnigkeit des Bodens, der Beschaffenheit des Untergrundes und der Tiefe des Grundwassers. Eine Steigerung der Bonität bewirken hoher Feinerdegehalt mit oder ohne Lehm-, Mergel- usw. Untergrund, jede wasserundurchlässige Schicht (Ton, Lehm, Mergel) in einer Tiefe zwischen 1—2 m und ein Grundwasserstand in denselben Tiefen. Ganssen (1932) hat in norddeutschen Kiefernbeständen gründliche Untersuchungen ausgeführt, um herauszustellen, inwieweit auf Grund einzelner bekannter Eigenschaften des Standortes zuverlässige Schlüsse über die Wuchsleistung der Kiefer gezogen werden können. Hinsichtlich der Feinkörnigkeit (0—20 und 50—70 cm Tiefe) erwies es sich, dass zwischen ihr und der Wuchsleistung der Kiefer bei Sandböden in den meisten Fällen kein festes Verhältnis bestand. Im allgemeinen war jedoch die Bonität dann besser, wenn Schluff und Ton über 10 % ausmachten, und schlecht in Fällen, in denen in reichlichen Mengen mittelfeiner Sand, aber wenig Kies und Schluff vorkamen. Der Ertrag war ebenfalls gut bei reinen Ton- und Lehmböden und dann, wenn Ton und Lehm von einer geringen Sanddecke überlagert waren, sowie bei Sandboden, wenn das Grundwasser genügend hoch stand. Bei groben Sand- und Kiesböden sowie bei mittelfeinen Sandböden bestand keine deutliche Beziehung zwischen Bodenart und Ertrag. Auf geringen Kiefernstandorten in Ostpreussen hat Ganssen (1936) weder auf Grund eigener noch sonstiger Untersuchungen irgendeine deutliche Abhängigkeit des Ertrages von der Kornverteilung oder Bodenart feststellen können. Der Boden war im allgemeinen magerer Sandboden ohne Grundwasser. An sonstigen Untersuchungen über die Kornverteilung seien noch Hennekes (1935) Ergebnisse erwähnt, nach denen der

Betrag (in 10—20 cm Tiefe) der Feinerde (0.2—0.02 und < 0.02 mm) vom Standpunkt des Ertrages von keiner entscheidenden Bedeutung war.

Nach den Untersuchungen von Weis (1929, 1932) sind bei den dänischen Heideböden die organischen und anorganischen Kolloide wichtiger als der Dispersitätsgrad der gewöhnlichen Mineralkörner und lässt sich daher für die Bonitierung des Bodens eine Bestimmung der Kolloide erfolgreicher als eine mechanische Bodenanalyse benutzen. Den Kolloidgehalt des Bodens haben u.a. auch die amerikanischen Forscher Haig (1929) und Coile (1935) zur Bonitierung verwandt. Coile teilt den Kolloidgehalt des B-Horizonts nach der Entfernung dieses Horizonts (in Zoll) von der Erdoberfläche ein und erhält in dieser Weise einen der Bonität entsprechenden Index *(texture-depth-index)*. Von den russischen Untersuchungen seien die von В. Ч. Гулисашвили und А. П. Стратонович (1935) ausgeführten erwähnt; nach diesen Arbeiten ist das Verhältnis der Bonität bzw. des Waldtypus zu den physikalischen Eigenschaften des Bodens vom Klima abhängig. In der Gegend von Leningrad, wo das Klima feucht ist, gilt als Hauptsache der Luftgehalt des Bodens; je grösser die Porosität und die nichtkapillarische Feuchtigkeit, um so besser der Ertrag. In dem trockenen Klima der mittleren Wolga wiederum ist das Bodenwasser entscheidend (reichlicher Humusgehalt und kapillarisches Wasser). Wretlind (1934, 1935) kam durch seine in Nordschweden angestellten Untersuchungen zu dem Ergebnis, dass das Auftreten von Kiefernheiden und moosreichen Wäldern dort von der Kornverteilung des Bodens (bzw. dem durch sie bestimmten Feuchtigkeitsgehalt des Bodens) nicht abhängig ist. Primäre Kiefernheiden können auf einem Boden, der in verhältnismässig reichlichen Mengen feines Material enthält, und moosreiche Wälder auf gröberem Boden auftreten. Nach Granlund (1935) wäre diese Auffassung Wretlinds jedoch nicht richtig.

Auf ganz Finnland bezieht sich Ilvessalos (1933) bei der ersten Reichswaldtaxierung erhaltene Statistik über das Verhältnis der Bodenart zum Waldtypus. Nach ihr verteilt sich das Areal der häufigsten Waldtypen prozentual auf die verschiedenen Bodenarten folgendermassen:[1])

Waldtyp	Osgrus-boden	Sand-boden	Moränen-boden	Lehm-boden	Ton-boden
			%		
ClT	2.3	14.4	83.3	—	—
CT	9.4	38.0	52.6	—	—
VT	6.1	10.6	82.1	1.1	0.1
MT	2.0	3.4	86.9	1.9	5.8
HMT	0.7	14.0	84.1	1.1	0.1
OMT	0.6	2.0	73.2	6.2	18.0
Hainwälder	0.4	7.0	73.4	5.5	13.7

Diese Statistik erweist kein eigentlich festes Verhältnis zwischen Bodenart und Waldtyp. Soviel lässt sich jedoch feststellen, dass die trockenen Heide-

[1]) *ClT* = *Cladina*-Typ
CT = *Calluna*-Typ
VT = *Vaccinium*-Typ
MT = *Myrtillus*-Typ
HMT = *Hylocomium-Myrtillus*-Typ (oder dickmoosiger Typ) in N-Finnland
OMT = *Oxalis-Myrtillus*-Typ

wälder *(ClT, CT, VT)* und die Hainwälder (sowie *OMT)* hinsichtlich der Bodenart verhältnismässig deutlich voneinander abweichen. Es erscheint in gewissem Masse befremdend, dass z.B. der dickmoosige Typus (*HMT*) zu einem bedeutenden Teil auf Sandboden auftritt und sich im allgemeinen auf die verschiedenen Bodenarten in gleicher Weise wie der Flechtentypus (*CIT*) verteilt. Es ist zu bemerken, dass die Klasse Moränenboden bei dieser Statistik in der Kornverteilung, Steinigkeit usw. sehr verschiedene Böden umfasst. Ebensowenig hat sich die Bestimmung der Bodenart auf eigens angelegte und untersuchte Bodenprofile und -bohrungen gegründet, vielmehr hat sie sich auf die Topographie, augenscheinliche Schätzung u. a. gestützt.

Was insbesondere den Luftgehalt des Bodens angeht, haben u. a. die Untersuchungen von B u r g e r (1924 a) erwiesen, dass die Bonität sich mit wachsender Luftkapazität verbessert. Nach B u r g e r (1924 b) wäre auch »die Frage der Waldbodenbonität wesentlich ein physikalisches Problem». Auch N ě m e c und K v a p i l (1925) haben festgestellt, dass die Luftkapazität von grosser Bedeutung ist. Jedoch haben nicht alle Untersuchungen selbst hinsichtlich der Luftkapazität zu übereinstimmenden Ergebnissen geführt.

Das Grundwasser hat, wie im allgemeinen festgestellt, auf den Ertrag eingewirkt, aber in einigen Fällen ist auch sein Einfluss belanglos oder völlig unmerklich. Aus den oben bereits genannten Untersuchungen von H a r t m a n n und G a n s s e n ging die vorteilhafte Wirkung des Grundwassers hervor. Nach H a r t m a n n wirkte das Grundwasser auch in magerem Talsand vorteilhaft auf das Wachstum der Kiefer ein, aber die Bodenvegetation ist in diesem Fall unter seinem Einfluss nicht in demselben Masse wie durch eine tiefer gelegene Lehmschicht üppiger und artenreicher geworden. Nach einer anderen Untersuchung H a r t m a n n s (1930) nahm die Kiefernbonität von 80 cm Tiefe an mit zunehmender Tiefe des Grundwassers langsam ab. Auch H o l l s t e i n (1933) hat festgestellt, dass auf norddeutschen Flugsandböden das Wachstum der Kiefer von der Höhe des Grundwassers abhängig ist. Als das Grundwasser von 4—5 Metern auf 0—1 Meter stieg, nahm die Bonität (nach der Höhe) von 2.7—1.5 zu. Die Bodenflora (einheitliche *Hylocomium*-Decke + *Vacc. vitis idaea* und *Vacc. myrtillus)* blieb jedoch, als der Grundwasserspiegel unter 80 cm sank, gleichartig, indem sie erst am Dünenkamm der Bonität der Kiefer entsprechend wurde. H e n n e c k e (1935) kam in seinen Untersuchungen über Sandböden zu dem Ergebnis, dass das Grundwasser nicht von nennenswerter Bedeutung für das Wachstum der Kiefer gewesen ist. In diesem Zusammenhang können noch die Untersuchungen von T a m m (1937) über gewisse wenig ergiebige Sandböden in Südschweden erwähnt werden. Weder das Grundwasser noch die Feuchtigkeitsverhältnisse überhaupt scheinen in diesen Fällen auf den Ertrag eingewirkt zu haben. — Im allgemeinen ist überall festgestellt worden, dass nährstoff- und insbesondere kalkreiches Grundwasser günstig einwirkt.

Untersuchungen, welche die Beziehung der chemischen, physikalisch-chemischen und mikrobiologischen Eigenschaften des Waldbodens zu seiner Bonität beleuchten, sind in bedeutend höherem Masse als physikalische Untersuchungen angestellt worden. Hinsichtlich der Mineralstoffe ist insbesondere die Beziehung von Kalk, Phosphorsäure und Kali zur Ertragsfähigkeit des Bodens Gegenstand der Erforschung gewesen. Die Bedeutung dieser Stoffe ist auch durch Düngungsversuche auf Waldboden beleuchtet worden, wie auch durch Untersuchungen, die sich auf die Wirkung der Streunutzung auf den

Boden beziehen und die bisher vorwiegend in Deutschland zur Ausführung gelangt sind.

Hinsichtlich des Kalks haben die Untersuchungen im allgemeinen erwiesen, dass mit zunehmender Kalkmenge die Bonität sich verbessert (abgesehen natürlich von allzu trockenen Kalkböden). Schon Schütze (1869, 1871) hat dieses bei norddeutschen Sandböden festgestellt. Aus den Untersuchungen von Ganssen (1932) in Kiefernwäldern ging hervor, dass das Wachstum immer dann gut war, wenn sich nahe der Oberkrume Karbonatkalk fand, aber zwischen silikatischem Kalk und Bonität bestand kein klares Verhältnis. Auf Buchenstandorten (Ganssen 1934) zeigte der austauschfähige Kalk an sich (Bestimmung mit 10 % NH_4Cl) keine feste Beziehung zur Bonität, vielmehr waren ausserdem der Feinheitsgrad und insbesondere der Tonerdegehalt oder CaO : Al_2O_3 in Betracht zu ziehen. An mageren Kiefernstandorten in Ostdeutschland schwankte die Menge der Nährstoffe stark; am besten entsprach der Bonität die Kalkmenge (Ganssen 1936). Auch die Analysen von Hennecke (1935) erwiesen, dass die Menge des (in Salzsäure löslichen) Kalkes mit besserwerdender Bonität zunimmt. Bei einigen anderen Untersuchungen hat sich das Verhältnis zwischen Kalk und Bonität nicht als gleich deutlich erwiesen (vgl. z. B. Bujakowsky 1930 und Chirita 1931). — Hinsichtlich Phosphorsäure und Kali hat die chemische Analyse im allgemeinen wechselnde Ergebnisse geliefert. Zwar hat u.a. Schütze (1869, 1871) über diese Stoffe festgestellt, dass auch sie in einem deutlichen Verhältnis zur Kiefernbonität ständen, und z.B. Hennecke (1935) ermittelte den Zusammenhang zwischen der in Zitronensäure löslichen Phosphorsäure und der Bonität, aber die Ergebnisse vieler anderen Untersuchungen sind unsicher geblieben. Aus den von Hackmann (1930) angestellten Untersuchungen, die sich auf die Bedeutung der Phosphorsäure für das Wachstum der Fichte bezogen, geht kaum irgendein deutliches Verhältnis zwischen Ertragsklasse und Phosphorsäuregehalt des Bodens hervor.

Die von Valmari (1921) veröffentlichten Analysen erweisen, dass in Südfinnland der Humus-, Elektrolyten-, Stickstoff- und Kalkgehalt des Bodens bei wachsender Ergiebigkeit des Waldtyps zunehmen, aber die Menge der Phosphorsäure eine entgegengesetzte Richtung aufweist (als Lösungsmittel wurde kaltes 0.2 n HCl verwandt). Das Verhältnis ist am klarsten mit Rücksicht auf Stickstoff und Kalk.[1]) In Nordfinnland zeigt der Kalk dasselbe Verhältnis, aber Phosphorsäure und Stickstoff schwanken, mit dem Ertrag verglichen, unregelmässig (die Analysen sind in diesem Fall unter Anwendung desselben Verfahrens angestellt, und ihre Ergebnisse hat Heikinheimo 1922 veröffentlicht). Heimburger (1934), der in den Vereinigten Staaten im Adirondack-Gebirge Waldtypen untersuchte, bediente sich bei der Bestimmung des im Boden enthaltenen Kalks derselben Methode wie Valmari. Der Kalkgehalt des Mineralbodens zeigte nach Heimburgers Analysen

[1]) Das Analysenmaterial Valmaris hat später Ilvessalo (1923) mathematisch-statistisch behandelt, indem er zwischen Ertrag und Bodeneigenschaften folgende Korrelationskoeffizienten ermittelte:

für den	Glühverlust	$r = 0.435 \pm 0.078$
» »	Gesamtelektrolytgehalt	$r = 0.407 \pm 0.081$
» »	Stickstoffgehalt	$r = 0.736 \pm 0.056$
» »	Phosphorsäuregehalt	keine Korrelation
» »	Kaligehalt	$r = 0.214 \pm 0.091$
» »	Kalkgehalt	$r = 0.612 \pm 0.069$

kein deutliches Verhältnis zum Waldtyp, aber der Kalkgehalt des Humus wuchs im allgemeinen mit steigender Bonität.

Fehér (1935 a) kam bei seiner Untersuchung des Kali- und Phosphorsäuregehalts von Sandböden in Ungarn zu dem Ergebnis, dass zwischen den Pflanzenassoziationen und dem Nährstoffgehalt des Bodens keine sichere Beziehung bestand. Unter Berücksichtigung des in Zitronensäure löslichen Kalis und der in gleicher Weise löslichen Phosphorsäure wie auch des Nitratstickstoffs und des Humusgehalts lassen sich jedoch nach Fehér (1935 b) die einzelnen Pflanzenassoziationen im bodenkundlichen Sinne charakterisieren. Zu einer eingehenderen Bonitierung gelangt man jedoch nicht mit Hilfe der Pflanzengesellschaften, vielmehr erfordert sie chemisch-physikalische und bodenbiologische Untersuchungen.

Die Frage nach der Bedeutung der Mineralstoffe ist häufig auch bei der Erörterung der Ursachen für den schwachen Ertrag gewisser Kiefernböden der norddeutschen Flachländer hervorgetreten. Als Beispiel für die chemische Zusammensetzung dieser Böden seien hier folgende von Albert (1924) veröffentlichte Analysenergebnisse angeführt:

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5
				%				
Lieberose Nr. 2	94.90	1.74	0.46	0.31	0.59	0.46	0.30	0.11
» » 4	94.88	2.27	0.47	0.44	0.40	0.52	0.37	0.12
Eberswalde	92.05	2.32	1.05	0.31	0.33	1.35	0.83	0.10
Bärenthoren ...	93.00	2.12	1.03	0.26	0.26	1.78	0.75	0.09

Albert hält jedoch z.B. die Böden von Lieberose nicht für mineralisch schwach. Es sei nur, um die Feuchtigkeit im Boden festzuhalten, sein Humusgehalt zu vermehren. Später erwähnt Albert (1934), dass die magersten Böden von Nordwestdeutschland vor der letzten Eiszeit entstanden seien und aus ihnen der Karbonatkalk schon bis in eine Tiefe von 20 m und mehr ausgewaschen sei. Die diluvialen Böden von NO-Deutschland, die jungeiszeitlich sind, fallen besser aus, obgleich auch von ihnen ein Teil mineralisch schwach ist, weil sie von den Ausgangsgebieten der Gletscher weit entfernt gelegen sind. Auch viele andere Forscher haben den in Frage stehenden mageren Böden Aufmerksamkeit zugewandt. Aus Dänemark ist eine beträchtliche Reihe von Analysenergebnissen über ähnliche Böden veröffentlicht (vgl. z.B. Müller 1887, 1924 und Weis 1929, 1932). Meist ist jedoch eine schwache Mineralzusammensetzung an sich nicht als entscheidend angesehen worden, dagegen hat man die Bedeutung eines schwachen Mineraluntergrundes unter dem Gesichtspunkt der Rohhumusbildung stärker betont. Müller (1887) hielt die Mineralzusammensetzung auch in dieser Beziehung nicht für wesentlich; nach ihm sei es hauptsächlich von der Bodenfauna abhängig, ob an einer Stelle Mull oder Torf entstehe und ob das Wachstum demgemäss besser oder schlechter sei. Auf Heideflächen kommen nach Müller (1924) 3 Pflanzenassoziationen vor, nämlich Heidevegetation, Birkenvegetation und Eichenwald, auf geologisch gleichem Boden. Neben die in Frage stehenden ertragsarmen Böden sind diejenigen bereits oben angeführten in Südschweden anzutreffenden Sandböden zu stellen, die Tamm (1937) vor kurzem untersucht hat. Bei diesen Böden ist nach Tamm die Ursache zu dem schwachen Waldzuwachs die mineralogische Schwäche der Sande. Für die mineralogische Analyse des Bodens benutzt Tamm den sog. Basenmineralindex (vgl. weiter unten, S. 47). Zum

Vergleich mit den oben dargestellten Analysen von Albert sei hier folgende von Tamm über die von ihm untersuchten Böden veröffentlichte Analyse angeführt:

	Si_2O	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O
				%			
a)	85.59	7.39	1.42	0.52	0.28	2.31	1.28
b)	86.55	7.46	1.44	0.53	0.28	2.33	1.29

Z.B. mit deutschen Böden verglichen ist dieser Boden also mineralisch deutlich besser. Tamm (1933) erwähnt ebenfalls, dass guter Mineraluntergrund in Südschweden die Bildung von Braunerde begünstigt habe und dass die Braunerde auf derartigem Untergrund fruchtbarer als auf mineralogisch armem Untergrund sei.

Über das Verhältnis zwischen Mineralstoffen und Bonität des Bodens lässt sich ferner dadurch, dass der Charakter der Vegetation und die Flora neben die Beschaffenheit des Felsgrundes an der betreffenden Stelle gehalten werden, eine Auffassung gewinnen. In dieser Weise ist insbesondere der Einfluss des Kalks durch zahlreiche pflanzengeographische u.a. Untersuchungen klargestellt worden. Aus Finnland seien in diesem Zusammenhang die von Pesola (1928) angestellten Beobachtungen erwähnt. Nach ihnen ist der Einfluss des Kalkgehalts selbst im nahe anzutreffenden Felsgrund in Ost- und Nord-Finnland auf trockenen ebenen Waldböden nicht zu spüren. Alle Wälder vom *Geranium*- und *Geranium-Dryopteris*-Typ dagegen finden sich im Gebiet kalkreichen Felsgrundes und im allgemeinen an Gehängen oder in Senken. *MT*- und *HMT*-Wälder können sowohl auf kalkarmem als auch auf kalkreichem Untergrunde auftreten. Soweit sie auf letzterem auftreten, unterschieden sie sich von den Hainwäldern darin, dass ihr Boden mehr oder weniger eben und hochgelegen ist. Im allgemeinen ist die Bedeutung des Kalks für Flora und Vegetation der Bodenfeuchtigkeit direkt proportional. Je feuchter der Boden, um so deutlicher der Einfluss, vorausgesetzt dass das Wasser fliessend ist. Aus dem Auftreten gewisser Pflanzenarten kann auch geschlossen werden, dass fliessendes Wasser im allgemeinen hinsichtlich des Bodens in einer oder der anderen Weise pflanzenbiologisch eine dem Kalkreichtum des Bodens in gewissen Masse entsprechende Bedeutung hat. Auch aus Lukkalas (1919) Untersuchungen, welche die Verteilung der fruchtbaren Bodenfläche betreffen, geht hervor, dass die fruchtbarsten Gegenden gleichzeitig im allgemeinen durch ihre Kalkstein- und Dolomitvorkommnisse bekannt sind. Aarnio (1934, 1935) hat dieselbe Frage behandelt, indem er die wichtigsten Pflanzennährstoffe (Ca, K, P und N) aus Bodenproben, in Gegenden mit verschiedenartigem Felsgrund entnommen, bestimmt hat. An sonstigen bedeutenderen Unterschieden zwischen den Gebieten ist bei diesen Untersuchungen nur der reichliche Kalkgehalt im Boden der Kalksteingebiete hervorgetreten.

Es sei hier auch auf die von Tamm (1921) in Schweden ausgeführten Untersuchungen hingewiesen, aus denen hervorgeht, dass der Einfluss der verschiedenen Gesteinsarten auf die Vegetation in entscheidender Weise davon abhängig ist, in welchem Masse sie lösliche Kalksalze hervorzubringen vermögen.

Die Ergebnisse von Düngungsversuchen in Deutschland, Dänemark und Holland sind im allgemeinen wechselnd und widersprechend gewesen. Soviel scheint jedoch klar zu sein, dass die Kalk- und Phosphatdüngemittel in den meisten Fällen zum mindesten auf das Wachstum der Fichtenaufschläge günstig

eingewirkt haben (vgl. z.B. Vater-Sachsse 1927 und Wiedemann 1931, 1932).

Mehr als den Mineralstoffen ist bei den forstlichen Bodenuntersuchungen jedoch dem Stickstoff des Bodens und den Umsetzungen der Stickstoffverbindungen sowie im allgemeinen den mikrobiologischen Prozessen Aufmerksamkeit zugewandt worden. Insbesondere hat man das Auftreten von Nitratstickstoff als ein Kennzeichen guten Bodens zu betrachten versucht, und die Untersuchungen haben im allgemeinen auch erwiesen, dass die Menge des Totalstickstoffs mit wachsender Bonität des Standortes zunimmt.

Umgekehrt wie Schütze und Ramann (1911), die bei diluvialen Sandböden die Mineralstoffe als die wichtigsten Nährstoffe betrachteten, stellte v. Falckenstein (1912, 1913) fest, dass die Ergiebigkeit des Bodens vor allem durch den Stickstoff- und Humusgehalt und insbesondere durch den Nitratstickstoff bestimmt wird. Auch die gründlichen Untersuchungen von Hesselman (1916—1917, 1937) in Schweden haben erwiesen, dass die Art und Weise, in der sich der Stickstoff im Waldboden umsetzt, pflanzenbiologisch von wichtiger und in vielen Fällen von geradezu entscheidender Bedeutung für die Zusammensetzung und die physiognomische Struktur der Pflanzengesellschaft ist. Meine eigenen Untersuchungen in Finnland (Aaltonen 1926) erwiesen wie die obengenannten Untersuchungen von Valmari als Ergebnis, dass, je besser der Waldtypus ist, der Stickstoffgehalt des Bodens einen um so grösseren Betrag erlangt, und ausserdem, dass eine um so grössere Menge vom Totalstickstoff in mineralisierter Form vorkommt. Je nach den Waldtypen waren die Mengen prozentual in der Humusschicht folgende:

	N %	NH_3 — und NO_3 — N vom Totalstickstoff %
CT	1.50	0.22
VT	1.67	0.34
MT	1.80	0.38
OMT	2.23	0.48
OMaT	2.80	0.55

Im Boden der Heidewälder fand sich (oder er vermochte zu produzieren) so gut wie überhaupt kein Nitratstickstoff. Der Boden von *OMT* unterschied sich jedoch schon deutlich von den schlechteren Waldtypen, und der Boden der Hainwälder war so nitratreich, dass man durch Bestimmung des Nitratgehalts im Boden mit ziemlicher Sicherheit den Boden der Heidewälder von dem der Hainwälder unterscheiden konnte. Auch die übrigen Untersuchungen haben im allgemeinen zu ähnlichen Ergebnissen geführt, doch ist in vielen Fällen die Bonität nur z.B. als Nadelwald, Laubwald oder Mischwald festgelegt worden, so dass sie sogar bei einer und derselben Klasse bzw. Beobachtungsreihe stark hat wechseln können. (Frühere Untersuchungen werden u. a. in meiner obengenannten Veröffentlichung besprochen: Aaltonen 1926). Nach Fehér (1932) können bei den Schätzungen der Bodengüte als verlässliche Grundlagen die biologischen Eigenschaften des Bodens benutzt werden (Bakterienzahl, quantitatives Verhältnis der physiologischen Bakteriengruppen, Nitrifikation, Humusgehalt u. a.), doch ist der Komplexcharakter der Erscheinungen immer in Betracht zu ziehen. Einzelne Bodeneigenschaften dürfen nur in der Gesamtheit der fraglichen Erscheinungen ausgewertet werden.

In bezug auf die Azidität des Bodens mag im allgemeinen die Auffassung bestehen, dass die Azidität mit steigender Bonität des Bodens abnimmt. Es

gibt jedoch Beispiele für ein entgegengesetztes Verhältnis, und in vielen Fällen ist nicht festgestellt worden, dass die Azidität mit der Bonität in nennenswertem Zusammenhang gestanden hätte.

Aus meinen eigenen Untersuchungen in Finnland (Aaltonen 1925) ging u. a. hervor, dass zum mindesten bei den Heidewäldern die Wasserstoffionenkonzentration der Humusschicht bei wachsendem Ertrag des Waldtypus abnimmt. In Südfinnland war das Verhältnis folgendes:

CIT	*CT*	*VT*	*MT*	*OMT*
		pH		
3.6	4.2	4.6	4.8	5.2

Meine späteren (noch unveröffentlichten) Untersuchungen weisen darauf hin, dass die Beziehung zwischen pH und dem Waldtypus in Mineralboden umgekehrt wie in der Humusschicht wäre. Unter den übrigen Untersuchungen erweisen z.B. die von Hartmann (1925) und Rühl (1936) angestellten, dass die Azidität sich beim Übergang von trockenen Heidewäldern zu frischen Heidewäldern und Hainwäldern vermindert. Die Untersuchungen von Frank (1927), Wiedemann (1928) und Ganssen (1932, 1934) erweisen keine feste Beziehung zwischen pH und Bonität. Weis (1924) erwähnt, dass in den Buchenwäldern Dänemarks kein bestimmter Zusammenhang zwischen Azidität und Ertrag festgestellt werden kann. Der Boden war in einigen der besten dänischen Buchenbestände am allersauersten (pH = 4.0—4.6, 0—10 cm tief). Ebenfalls sei erwähnt, dass nach Wiedemann (1925) in Bärenthoren die Azidität des Bodens unter dem Einfluss des Dauerwaldbetriebs zugenommen hatte. — Ebensowenig wie die früheren Untersuchungen (vgl. Aaltonen 1925) haben auch die späteren im allgemeinen erwiesen, dass pH des Waldbodens in irgendeiner klaren und bemerkenswerten Weise seine Bonität bestimmte.

Als Gesamtergebnis der Untersuchungen, die einige einzelne Eigenschaften des Bodens und ihren Einfluss auf seine Bonität behandelt haben, kann man sagen, dass auf diesem Wege weder ein Bonitierungsverfahren noch -system erreicht worden ist. Zwar sind z. B. bei den auf Grund der Waldtypen ausgeführten Bodenuntersuchungen bestimmte Mittelwerte für die häufigsten Waldtypen ermittelt worden, aber nur an Hand eines umfangreichen Materials, denn die einzelnen Werte der Beobachtungsreihen schwanken oft in beträchtlichem Masse. Der Ertrag wird offenbar im allgemeinen von mehreren gleichzeitig und zusammen wirkenden einzelnen Faktoren bestimmt; nur in wenigen Fällen ist ein Faktor unbedingt herrschend. Der fast einzige Faktor, der beinahe regelmässig eine gewisse quantitative Beziehung zur Ergiebigkeit des Bodens erwiesen hat, ist dessen Kalkgehalt (vorausgesetzt, dass kein Mangel an Wasser bestanden hat). Aber auch der Kalk ist nicht unersetzbar. Soweit mehrere Bodeneigenschaften gleichzeitig untersucht worden sind, wie z. B. Fehér (1932), Ganssen (1932, 1934, 1936), Hartmann (1933—34), Barth (1928) u. a. es getan haben, hat es den An-

schein, wie wenn die Bonität im allgemeinen das Gesamtergebnis vieler verschiedenen Faktoren wäre, deren gegenseitiges Verhältnis und Bedeutung im Vergleich zueinander zum mindesten vorläufig unmöglich festzustellen ist.

Da sich im Bodentypus das Gesamtergebnis mehrerer vom Standpunkt des Ertrages wichtigen Wachstumsfaktoren widerspiegelt, wäre zu erwarten, dass er sich als Bonitierungsunterlage besser als irgendwelche Einzeleigenschaften des Bodens eignete. In gewissem Masse ist es auch der Fall, wie z. B. die Untersuchungen von Hollstein (1931), Hartmann (1932, 1933, 1936), Ganssen (1932, 1934, 1936) und Tamm (1920, 1930, 1931) erweisen, aber zum mindesten bisher ist man auch auf Grund des Bodentypus zu keinerlei Bodenklassifizierung gekommen. Höchstens kann gesagt werden, dass Podsol und Braunerde ungleichwertige Standorte vertreten, aber zum mindesten der Podsolierungsgrad kann ohne entsprechenden Unterschied in der Ergiebigkeit des Standortes sehr merklich schwanken. Meine eigenen Untersuchungen über die Beziehung des Bodentyps zum Waldtyp sind noch unvollendet. Nach den bisherigen Ergebnissen (Aaltonen 1933) besteht beim alten Boden Südfinnlands im Aussehen des Bodenprofils kein grosser Unterschied zwischen den verschiedenen Heidewaldtypen. In Nordfinnland dagegen wächst die Mächtigkeit des A-Horizonts und der Humusschicht (in den Heidewäldern) ziemlich regelmässig beim Übergang von den trockenen Heidewaldtypen zu den frischen. Bei jungen Böden erscheint im allgemeinen der Unterschied zwischen den Waldtypen deutlicher als bei den alten. Bei fortgeführten Untersuchungen hat sich jedoch erwiesen, dass auch die Bodenart auf die Podsolierung des Bodens so sehr einwirkt, dass über das in Frage stehende Verhältnis lediglich durch gegenseitigen Vergleich der Waldtypen an sich kein klares Bild gewonnen werden kann (Aaltonen 1935). Kötz (1929), der im Erzgebirge das Verhältnis des Bodenprofils zu den (nach Cajander unterschiedenen) Waldtypen untersuchte, kam zu dem Ergebnis, »dass strenge und eindeutige Beziehungen zwischen dem Profil der mineralischen Bodenschichten und den Waldtypen nicht bestehen». Cajander selbst (1909 und in anderen Abhandlungen über die Waldtypen) erklärt, dass der Waldtyp als Ergebnis der Gesamtwirkung aller Standortsfaktoren auf die Pflanzendecke zu gelten habe. Der Waldtyp wird weder durch die Bodenart, noch durch die chemische Beschaffenheit des Bodens, seine Exposition, Höhenlage usw. ausschliesslich bestimmt. Einer und derselbe Waldtypus kann nicht allein auf Grusboden, Sandboden, Lehmboden und Tonboden, sondern auch auf Torfboden auftreten (Cajander 1913).

3. Die im Folgenden zu beschreibenden Untersuchungen.

Aus dem oben gegebenen Überblick über die das in Frage stehende Problem behandelnden bisherigen Untersuchungen geht hervor, dass man von einer unmittelbaren, naturgemässen Klassifizierung der Standorte noch weit entfernt ist. Fast erscheint es zweifelhaft, ob eine derartige ausser als in einigen wenigen Fällen im allgemeinen überhaupt möglich sei. Handelt es sich doch im grossen und ganzen um die Gesamtwirkung mehrerer verschiedenen Faktoren, und die Zerlegung eines derartigen Komplexes in seine ursprünglichen Faktoren erscheint als übermächtige Aufgabe denjenigen wenigen Forschern, die in der Lage sind, auf dem Gebiet der Waldbodenforschung zu arbeiten. Die Frage ist jedoch so wichtig, dass es sich lohnt, zu ihrer Lösung die Forschungen auch fernerhin fortzusetzen. In der Tat zeigt eine kritische Betrachtung der bisherigen Ergebnisse, dass eine zielbewusste Forschungsarbeit mit modernen Methoden auch dieser Frage gegenüber keineswegs ergebnislos zu bleiben braucht.

Früher strebte ich nach einer bodenkundlichen Analyse der Standorte und ihrer Bonitierung durch Untersuchung der Bodenazidität (A a l t o n e n 1925), der Umsetzungen der Stickstoffverbindungen und des Einflusses der Holzart auf den Boden (1932). Auf Grund dieser Untersuchungen und andernorts gemachter Erfahrungen kam ich zu dem Ergebnis (A a l t o n e n 1929), dass im allgemeinen bei dem Bemühen, mit Hilfe von Bodenuntersuchungen die Waldstandorte zu bonitieren, folgendes auszuführen sei:

1) zunächst sind die Standorte nach den Pflanzengesellschaften zu klassifizieren (in Finnland also nach C a j a n d e r s Waldtypen);

2) die Untersuchungen haben sich gleichzeitig auf möglichst viele Eigenschaften des Bodens zu erstrecken;

3) die zu untersuchenden Stellen sind so zu wählen, dass sie möglichst typische Vertreter ihrer Klasse wären;

4) an der zu untersuchenden Stelle hat sich die Erforschung möglichst vielen Parallelstellen zuzuwenden.

Bei der Fortführung der Untersuchungen wurden unter Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte anfangs Kiefernbestände vom *Calluna*-, *Vaccinium*- und *Myrtillus*-Typ in einem klimatisch und in sonstiger Beziehung verhältnismässig einheitlichen Gebiet in Südfinnland der Untersuchung unterzogen. Für die chemische und mikrobiologische Analyse wurden aus einer Tiefe von 0—10 cm, für die physikalische aus einer Tiefe von 0—10, 20—30, 40—50 und 60—70 cm (von der Oberfläche des Mineralbodens an gerechnet) entnommen.

Bei der Ausführung der Untersuchungen in den Jahren 1926—29 stellte es sich jedoch heraus, dass sie auf halbem Wege stehenbleiben müssten, wenn nicht auch überall die allgemeine Podsolierungserscheinung einer besonderen Klärung unterzogen würde. Die Folge davon war, dass das Arbeitsprogramm um ein Vielfaches erweitert wurde, und die in den letzten Jahren ausgeführten Untersuchungen haben sich ganz der Podsolierung des Bodens nicht allein in Finnland sondern auch in vielen anderen europäischen Ländern zugewandt. Während diese Untersuchungen weiter fortgeführt werden, ist es geeignet und empfehlenswert erschienen, die in dem obengenannten sozusagen anfänglichen Stadium der Arbeit erhaltenen Ergebnisse gesondert zu veröffentlichen.

Von den physikalischen Eigenschaften wurde nur das Wasserhaltungsvermögen des Bodens bestimmt, und auch dies nur für einen Teil der Proben. Da nach den später gesammelten Erfahrungen die Tiefe (60—70 cm), bis in welche die Bodenproben entnommen wurden, in vielen Fällen offenbar ungenügend ist, ist auf die in Frage stehenden Bestimmungen verzichtet worden. Im Folgenden werden also nur die durch chemische und mikrobiologische Untersuchungen erhaltenen Ergebnisse sowie ein Teil von den Bestimmungen des Wasserhaltungsvermögens dargestellt.

Ausserdem wird die allgemeine Bedeutung der Mineralzusammensetzung des Bodens unter dem Gesichtspunkt der Bonität kurz betrachtet und werden einige Beobachtungen über das Verhältnis der physikalischen Zusammensetzung des Bodens zum Waldtyp wiedergegeben.

*

Die Laboratoriumsarbeiten haben hauptsächlich der Assistent cand. phil. R. R. Kalajoki sowie die Laboratoriumsgehilfen Fräulein Tyyne Mantere und Herr Rudolf Rinne ausgeführt. Ihnen allen bin ich dankbar für die sorgfältig ausgeführte Arbeit!

Ein Teil der zur Beziehung der Bodenart zum Waldtypus angestellten Beobachtungen, über die im Folgenden einige vorläufige Mitteilungen dargestellt werden, ist 1936 auf einer gemeinsamen Exkursion mit meinem schwedischen Kollegen Dr. Olof Tamm in Ost- und Nordfinnland gemacht worden.

II. Chemische und mikrobiologische Bodenuntersuchungen in Beständen des *Calluna-* (*CT*), *Vaccinium-* (*VT*) und *Myrtillus-Typs* (*MT*).

1. Probeflächen.

Die Untersuchungen wurden in 30 Beständen ausgeführt, darunter 10 vom *CT*, 10 vom *VT* und 10 vom *MT*, fast alle reine Kiefernbestände. Die Stellen sind in den südlichsten Teilen Finnlands, ungefähr zwischen dem 60. und 62. Breitengrad gelegen. Ihre geographische Lage geht aus der Kartenbeilage Fig. 1 hervor.

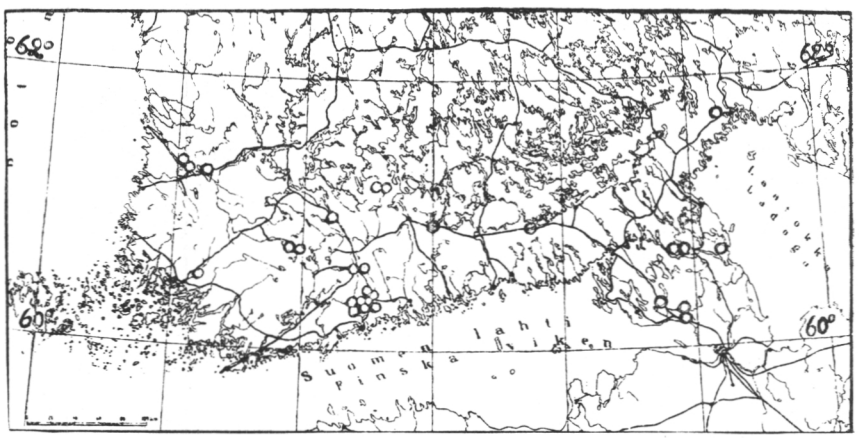


Fig. 1. Geographische Lage der Untersuchungsstellen (o).
Kuva 1. Tutkimuspaikkojen maantieteellinen asema (o).

In jedem untersuchten Bestand wurde an 8 Stellen (in einem Fall an 10 Stellen) eine Bodenprobe aus dem Mineralboden, aus 0—10 cm Tiefe entnommen. Der Abstand der Stellen wechselte zwischen 5—10 m. Eine derartige 8 (á 10) Bodenproben umfassende Untersuchungsstelle wird im Folgenden als Probefläche bezeichnet.

Die Stellen der Probeflächen sowie die Beschaffenheit ihres Bestandes und Bodens sind, kurz beschrieben, folgende:

a) Die *CT*-Probeflächen:

Probefläche 1, Proben 83—90, Versuchsgebiet Ruotsinkylä. 80—90-jähriger Kiefernbestand, Dichte 0.7, etwas Fichtenunterwuchs. Osgrusboden. Humusschicht 3—4 cm, Auswaschung schwach.

Probefläche 2, Proben 107—114, Versuchsgebiet Ruotsinkylä. Ziemlich lichter, ungleichaltriger, schwachwüchsiger Kiefernbestand. Osgrusboden, wenig Steine. Humusschicht 3—4 cm, Auswaschung schwach.

Probefläche 3, Proben 131—138, Eisenbahnstation Lappohja. Etwa 80jähriger, ziemlich lichter Kiefernbestand. Sandboden. Auswaschung verhältnismässig stark (ziemlich dicker A-Horizont des jungen Bodens). Humusschicht ca. 3 cm.

Probefläche 4, Proben 147—54, Station Harjavalta. 60—70jähriger, ziemlich gutwüchsiger Kiefernbestand. Verhältnismässig feiner Sandboden. Humusschicht 2—3 cm, Auswaschung schwach.

Probefläche 5, Proben 155—162, Station Harjavalta. Ungleichaltriger, ziemlich lichter Kiefernbestand, reichlich Kiefernpflanzen. Flechte in diesem Fall verhältnismässig reichlich. Sandboden. Humusschicht 2—3 cm, Auswaschung schwach.

Probefläche 6, Proben 139—146, Station Harjavalta. 70—80jähriger normaldichter Kiefernbestand. Etwas grober Sandboden. Humusschicht 4—5 cm, Auswaschung verhältnismässig stark.

Probefläche 7, Proben 187—194, Station Perkjärvi. Mittelalter, ziemlich lichter Kiefernbestand. Sandboden. Humusschicht 2—3 cm. Auswaschung schwach.

Probefläche 8, Proben 195—202, Station Kaipiainen. Alter, langsamwüchsig aussehender Kiefernbestand, hier und da Birke. Osgrusboden, kleine Steine reichlich. Humusschicht 3—4 cm. Auswaschung schwach.

Probefläche 9, Proben 227—234, Tuusula, Hyrylä. Ungleichaltriger (60—100 J.), verhältnismässig dichter Kiefernbestand, etwas Fichte als Unterwuchs. Sandboden. Humusschicht 3—4 cm, Auswaschung kaum merkbar.

Probefläche 10, Proben 243—250, Station Peipohja. 80—100jähriger, etwas lichter, langsamwüchsiger Kiefernbestand, in den Lichtungen in geringem Masse kleiner Kiefernjungwuchs. Sandboden. Humusschicht 2—3 cm, Auswaschung schwach.

b) Die *VT*-Probeflächen:

Probefläche 11, Proben 91—98, Versuchsgebiet Ruotsinkylä. Alter Kiefernbestand, darunter in geringen Mengen (jüngere) Fichte, Dichte 0.7. Steinloser, feiner Sandboden. Humusschicht 2—3 cm, Auswaschung schwach.

Probefläche 12, Proben 99—106, Untersuchungsgebiet Ruotsinkylä. Bestand und Boden im allgemeinen wie auf der vorhergehenden Probefläche.

Probefläche 13, Proben 115—122, Station Uusikylä. Etwa 70jähriger Kiefernbestand, Dichte 0.8, darunter etwas Fichte. Osgrusboden, Südhang eines Oses. Humusschicht 3—4 cm, Auswaschung schwach.

Probefläche 14, Proben 163—170, Evo, nahe der Forstschule. 60—70-jähriger, normaldichter Kiefernbestand. Osgrusboden. Humusschicht 3—4 cm, Auswaschung schwach.

Probefläche 15, Proben 171—178, Evo, nahe der Forstschule. Bestand und Bodentyp im allgemeinen wie bei der vorhergehenden Probefläche; Boden Sand.



Fig. 2. *CT*-Kiefernbestand (Hankoniemi).
Kuva 2. CT-männikkö (Hankoniemi).



Fig. 3. *VT*-Kiefernbestand (Karelische Landenge).
Kuva 3. VT-männikkö (Kannas).

Brobefläche 16, Proben 179—186, Station Raivola. Etwa 60jähriger, normaldichter Kiefernbestand. Steinloser Sandboden. Humusschicht 3—4 cm, Auswaschung schwach.

Probefläche 17, Proben 203—210, Station Hyvinkää. Alter, fast unberührter Kiefernbestand. Steinloser, ebener Sandboden. Humusschicht ca. 3 cm, Auswaschung schwach.

Probefläche 18, Proben 211—218, Station Hyvinkää. 60—70jähriger Kiefernbestand, Dichtigkeit 0.8. Boden ziemlich steiniger Osgrus. Humusschicht 2—3 cm, Auswaschung schwach.

Probefläche 19, Proben 219—226, Tuusula, Station Järvenpää. 40—50jähriger, ziemlich dichter Kiefernbestand, darunter in geringen Mengen kleine Fichte. Osgrusboden, verhältnismässig steinige Humusschicht 3—4 cm, Auswaschung schwach.

Probefläche 20, Proben 235—242, Kirchdorf Tuusula. 50—60jähriger, langsamwüchsig aussehender, normaldichter Kiefernbestand. Osgrusboden, wenig Steine. Humusschicht ziemlich dicht, 4—8 cm stark, Auswaschung schwach.

c) Die *MT*-Probeflächen:

Probefläche 21, Proben 1—10. Versuchsgebiet Raivola, ständige Probefläche 12. Alter Fichten-Kiefernmischbestand. Moränenboden, wenig Steine. Nach dem Bodenprofil zu urteilen, wäre die Stelle einmal geschwendet gewesen. Humusschicht 3—5 cm, darunter 15—20 cm dunkler, lockerer Boden, in dem stellenweise Reste eines A-Horizonts vorkommen.

Probefläche 22, Proben 11—18, den Staatswäldern zugehöriges Revier Tammela. 150jähriger Kiefernbestand, darunter kleine Fichte. Moränenboden, sehr steinig. Humusschicht 3—5 cm, A-Horizont deutlich, 2—4 cm.

Probefläche 23, Proben 19—26, nahe der vorhergehenden Probefläche. Bestand wie bei dieser, aber der Unterwuchs höher. Der Boden ist nicht ganz gleich steinig, und die Auswaschung ist etwas schwächer.

Probefläche 24, Proben 27—34, Versuchsgebiet Veikkola, ständige Probefläche 15. 19jähriger guter Kiefernbestand, Kubikinhalt ca. 500 m^3, wahrscheinlich auf Schwendenfläche entstanden. Der Boden ist Sand, etwas tiefer Feinsand. Humusschicht ca. 3 cm, Auswaschung schwach.

Probefläche 25, Proben 35—42, Versuchsgebiet Veikkola, ständige Probefläche 16. Bestand und Boden im allgemeinen wie bei der vorhergehenden Probefläche. (Bestandesalter 105 J., Kubikinhalt ca. 500 m^3, darunter etwas Kiefernverjüngung).

Probefläche 26, Proben 43—50, Pyhäjärvi (Län Viipuri), Staatsforst Kuoppalampi. 80—100jähriger Kiefernbestand, darunter etwas Birke. Steinhaltiger Sandboden. Humusschicht ½—1 cm, A-Horizont 1—3 cm.

Probefläche 27, Proben 51—58, Versuchsgebiet Kymölä. Steiniger Moränenboden, etwas Gefälle. Humusschicht 3—5 cm, Auswaschung schwach.

Probefläche 28, Proben 59—66, Station Kerava. 60—70jähriger etwas lichter Kiefernbestand, darunter etwas Fichte. Humusschicht ca. 5 cm, Auswaschung schwach.

Probefläche 29, Proben 67—74, Station Parola. 60—70jähriger Kiefernbestand, Dichtigkeit 0.8 (etwas schlechterer *MT*). Sandboden. Humusschicht 3—5 cm, Auswaschung schwach.

Probefläche 30, Proben 75—82, Station Lieto, Gehöft Manni. Schöner, 60—70jähriger Kiefernbestand, darunter etwas Fichte. Verhältnismässig steiniger Moränenboden. Humusschicht 3—4 cm, Auswaschung schwach.

Der Bodentyp ist auf allen Probeflächen Podsol. Wo die Auswaschung als schwach angegeben worden ist, kann der A-Horizont kaum bemerkt werden und ist auch der B-Horizont undeutlich. Nur auf den Probeflächen 22 und 23 ist der Boden stärker podsoliert. (In bezug auf die Bodenbildung im allgemeinen in den hier in Frage



Fig. 4. *MT*-Kiefernbestand (Karelische Landenge. — Foto O. Tamm).
Kuva 4. MT-männikkö (Kannas. — Valokuv. O. Tamm).

stehenden Gegenden sei auf die Veröffentlichungen: Aaltonen 1933 und 1935 hingewiesen.)

Hinsichtlich der Bodenflora vertreten die Probeflächen den betreffenden Waldtyp. Um eine Auffassung von der Vegetation der untersuchten Waldtypen im allgemeinen zu gewinnen, sei hier eine Gesamtschilderung für *CT*-, *VT*- und *MT*-Normalbestände nach Cajander (1926) gegeben:

Calluna-Typ *(CT)*. Moosvegetation *(Hylocomium parietinum* und *H. proliferum, Ptilium crista castrensis, Dicranum undulatum* und *D. scoparium* u. a.) sowie Flechtenvegetation (insbesondere Renntierflechte) in wechselnden Verhältnissen, bald die eine bald die andere vorherrschend. Die Kräuter- und Grasvegetation ist spärlich. Die Zwergstrauchvegetation ist reichlich, die Heide im allgemeinen vorherrschende Art. An Sträuchern tritt der Wacholder ziemlich häufig auf. Der Wald wird meist durch Kiefer gebildet, doch treten auch Birke und Fichte als Mischhölzer sowie bisweilen auch als dominierende Holzarten auf.

Vaccinium-Typ *(VT)*. Moosvegetation, hauptsächlich Astmoose, so gut wie ununterbrochen; die Flechten häufige Arten, wenn auch im grossen und ganzen ziemlich wenig bedeutsam. Kräuter und Gräser etwas artenreicher und reichlicher als beim *Calluna*-Typ. Zwergstrauchvegetation ziemlich reichlich, enthält insbesondere Preisselbeere, daneben wechselnde Mengen Blaubeere und Heide. Wacholder sehr häufig. Der Wald kommt meist durch Kiefer zustande, aber Birke und Fichte treten allgemein als Mischholz und oft auch waldbildend auf, ja, bisweilen kommt auch buschartige Grauerle vor.

Myrtillus-Typ *(MT)*. Moosvegetation im allgemeinen reichlich oder fortgesetzt, als wichtigste Arten *Hylocomium proliferum, H. parietinun, Dicranum*-Arten u. a. Die Flechten von sehr geringer Bedeutung. Kräutervegetation verhältnismässig reichlich und artenreich, meist ganz häufige Arten. Verhältnismässig wenig Gräser. Neben vorherrschender Blaubeere im allgemeinen immer auch Preisselbeere. Spontaner Wald in Finnland wäre bei diesem Typ immer Fichtenwald, aber durch Schwenden, Waldbrände, Hiebe usw. sind als waldbildende Art im allgemeinen Kiefer und Birke anzutreffen, in früheren Schwendengegenden auch Grauerle und selbst Espe; edlere Holzarten treten meist nicht auf, ausser in Gegenden, in denen die Hainwaldtypen herrschen und aus ihnen edlere Holzarten auch auf diesen Typ sich verirrt haben.

Bei der Entnahme der Bodenproben wurde nur auf den Waldtyp, nicht auf die Bodenart geachtet. Um die physikalische Beschaffenheit der untersuchten Böden zu ermitteln, ist aus einer Mischprobe jeder Probefläche (vgl. S. 26) unter Sonderung der Fraktionen 2—1, 1—0.5, 0.5—0.2, 0.2—0.1, 0.1—0.05 und < 0.05 mm eine Analyse der Kornverteilung angestellt worden. Die Analyse kam ohne Vorbehandlung zur Ausführung, da es nur darauf ankam, im grossen und ganzen ein Bild von der Kornverteilung zu erhalten. Die Fraktionen 2—1 und 1—0.5 mm wurden durch ein Handsieb ausgesondert, die übrigen mit Wolffs u. a. (1931) Schlämmzentrifuge. Die Analysenergebnisse sind in der folgenden Tabelle 1 und als Diagramme in den Fig. 5 und 6 wiedergegeben.

Wie aus den Ergebnissen hervorgeht, ist der Boden des *CT* etwas grobkörniger als der des *VT* und der des *MT* am feinkörnigsten. Die Menge der feinsten Fraktion (< 0.05 mm) schwankt insbesondere im Boden des *MT* erheblich. (Hinsichtlich der in Fig. 5 dargestellten Mittelwerte sei bemerkt, dass in einigen Fällen und insbesondere beim *CT* ihre Bedeutung durch das starke Schwanken in den Zahlenreihen vermindert wird.)

Tabelle 1 — *taul. 1*

mm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Calluna-Typ — *Calluna-tyyppi*									
	%									
2—1	14.8	11.6	1.3	2.3	15.0	27.4	17.6	15.0	9.3	1.0
1—0.5	22.0	16.8	4.0	6.5	16.3	55.7	22.0	27.3	22.2	5.2
0.5—0.2	35.4	43.6	53.3	23.5	52.7	11.0	34.6	31.9	49.5	51.1
0.2—0.1	9.2	12.4	35.8	35.2	10.6	1.8	9.5	8.9	7.1	26.0
0.1—0.05	5.3	4.8	2.6	17.2	2.5	1.2	3.1	4.7	3.2	9.5
>0.05	86.7	89.2	97.0	84.7	97.1	97.1	86.8	87.8	91.3	92.8
<0.05	13.3	10.8	3.0	15.3	2.9	2.9	13.2	12.2	8.7	7.2
	Vaccinium-Typ — *Vaccinium-tyyppi*									
mm	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	%									
2—1	0.4	5.7	15.4	18.1	16.2	7.7	4.0	5.6	1.9	16.6
1—0.5	2.5	10.0	20.4	16.1	18.7	10.3	9.8	12.4	10.6	29.2
0.5—0.2	47.8	43.2	25.6	22.5	27.1	28.5	33.2	34.7	60.8	35.4
0.2—0.1	34.5	22.8	7.4	11.9	11.8	21.8	31.8	21.9	14.5	6.4
0.1—0.05	5.1	6.8	6.4	7.7	6.4	12.3	9.1	8.7	3.6	3.5
>0.05	90.3	88.5	75.2	76.3	80.2	80.6	87.9	83.3	91.4	91.1
<0.05	9.7	11.5	24.8	23.7	19.8	19.4	12.1	16.7	8.6	8.9
	Myrtillus-Typ — *Myrtillus-tyyppi*									
mm	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	%									
2—1	1.6	5.5	8.1	10.9	12.4	19.6	2.4	11.7	13.0	12.8
1—0.5	9.0	6.4	9.7	16.9	19.2	23.8	4.2	11.8	27.9	11.2
0.5—0.2	34.4	15.7	19.7	35.7	35.0	31.4	10.7	14.8	29.2	16.8
0.2—0.1	26.6	15.6	15.5	8.7	8.9	7.2	15.2	6.7	10.1	14.8
0.1—0.05	10.9	17.4	15.7	6.4	4.3	3.6	19.1	7.3	4.9	13.1
>0.05	82.5	60.6	68.7	78.6	79.8	85.6	51.6	52.3	85.1	68.7
<0.05	17.5	39.4	31.3	21.4	20.2	14.4	48.4	47.7	14.9	31.3

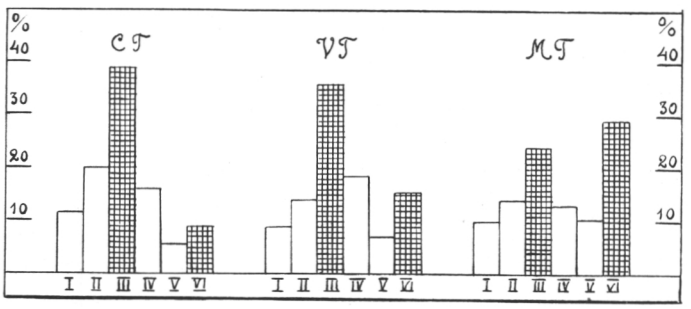


Fig. 5. Kornverteilung der untersuchten Böden.
I = 2—1, II = 1—0.5, III = 0.5—0.2, IV = 0.2—0.1, V = 0.1—0.05, VI = <0.05 mm.

Kuva 5. Tutkittujen maiden raekokoomus.

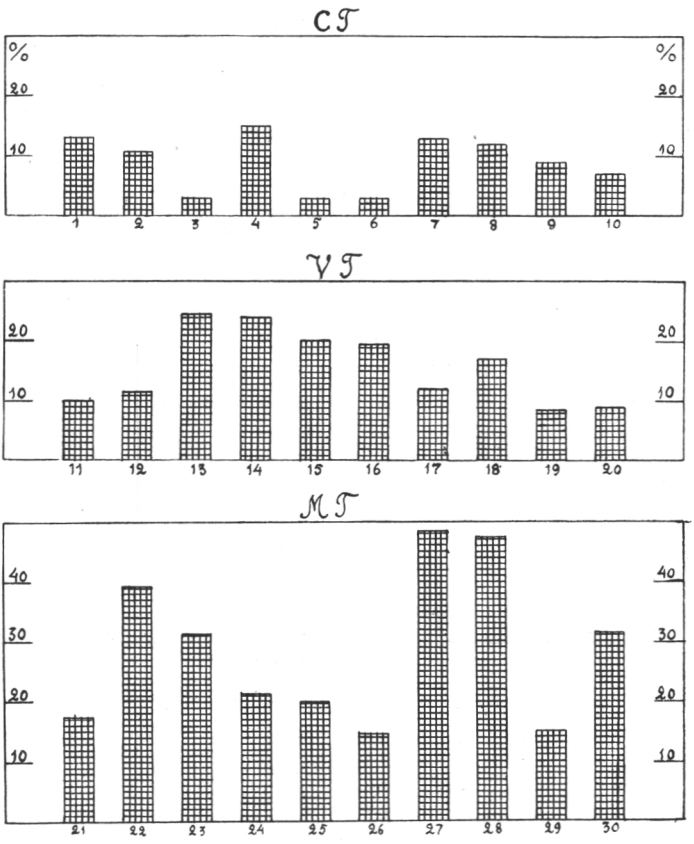


Fig. 6. Kornverteilung der untersuchten Böden. Fraktion; <0.05 mm.
Kuva 6. Tutkittujen maiden raekokoomus. Fraktio: <0.05 mm.

2. Analysen.

Für die Proben ist bestimmt worden: Mineralnährstoffe (Ca, P und K), Totalstickstoff, Ammoniak, Azidität (pH, Austauschazidität und hydrolytische Azidität), Glühverlust und Wassergehalt. Die Bestimmungen sind teils an einzelnen Proben, teils in der Weise ausgeführt worden, dass die Proben (8—10 St.) einer Probefläche gemischt und die Bestimmung an der so erhaltenen Mischprobe vorgenommen worden ist. Die für die einzelnen Proben erhaltenen Werte finden sich in den im Anhang dieser Veröffentlichung beigegebenen Tabellen, die aus ihnen sowie den Mischproben erhaltenen einzelnen Werte und Mittelwerte in der folgenden Beschreibung der Ergebnisse (Tabellen 2—4). Alle Resultate beziehen sich auf lufttrockene Feinerde (< 2 mm).

a) Analysenmethoden.

Der Kalk ist auf dreierlei Weise bestimmt worden, nämlich mit 0.2 n HCl nach Valmari (1921) bei den einzelnen Proben und mit 10 %igem HCl sowie 10 %igem NH_4Cl (austauschfähigem Kalk) für Mischproben.

Bei dem von Valmari entwickelten Verfahren wird der Bodenauszug so erhalten, dass man eine 200 g Trockensubstanz enthaltende Bodenmenge 4 Stunden im Apparat mit 2 l 0.2 n HCl schüttelt. Für die Einzelheiten dieses Verfahrens sei auf die Arbeit von Valmari verwiesen.

Die Kalkbestimmung mit 10 %igem HCl geschah folgendermassen. 10 g Boden werden in einem Erlenmeyerkolben von 300 g 3 Stunden im Wasserbade mit 100 ml 10 %igem HCl behandelt. (Inzwischen wird zur Entfernung organischer Stoffe etwas H_2O_2 hinzugefügt). Danach wird heiss filtriert und abwechselnd mit HCl und heissem Wasser gewaschen. Das Filtrat kommt in eine 200 ml-Messflasche, wird bis zu dem Zeichen angefüllt, 100 ml (= 5 g Boden) werden entnommen, in einer Quarzschale eingedampft und leicht geglüht. Ca wird in HCl aufgelöst, das ausgeschiedene SiO_2 filtriert und gewaschen (Blaubandpapier). Aus dem Filtrat werden Fe und Al mit NH_4-Azetat und NH_3 ausgefällt, filtriert und gewaschen (Weissbandpapier). Das farblose, klare Filtrat wird auf ein geringes Volumen eingedampft und aus ihm Ca mit NH_4-Oxalat und NH_3 ausgefällt. Am folgenden Tage filtriert man den Ca-Oxalat-Niederschlag (Blaubandpapier) und wäscht ihn mit NH_4-Azetathaltigem Wasser, bis die Chloride und das überschüssige Oxalat entfernt sind. Das reine Ca-Oxalat wird in HNO_3 aufgelöst und mit $KMnO_4$ titriert.

Der austauschfähige Kalk wurde in gleicher Weise wie zuvor bei meinen Untersuchungen über den Einfluss der Holzart auf den Boden mit NH_4Cl bestimmt (Aaltonen 1932).

Die Phosphorsäure wurde nach der obengenannten Methode von Valmari (1921) für die einzelnen Proben sowie ausserdem nach Dirks und Scheffer (1928, 1930) sowie Truog und Dean (1935) für die Mischproben bestimmt.

Nach der Methode von Dirks (etwas modifiziert) wurde die Bestimmung in folgender Weise ausgeführt. 20 g Boden werden im Apparat eine Stunde mit 50 ml eben destilliertem Wasser geschüttelt. Es wird filtriert (Schleicher und Schüll 589) und aus dem klaren Filtrat 10 ml in das Reagenzglas gemessen. Es kommen 0.5 ml Molybdenreagenz (gleiche Vol. konz. H_2SO_4 und 10 %iger Ammon-molybdatlösung) sowie 0.5 ml 1 %iges $SnCl_2$ hinzu, und nach etwa 10 Minuten wird der P_2O_5-Gehalt mit dem Kompensationskolorimeter bestimmt. (In der Standardskala 10 Reagenzgläser, in denen je 10 ml folgende Mengen P_2O_5 in mg: 0.002, 0.004, 0.006, 0.008, 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05, 0.06).

Nach der Methode von Truog wurden 3 g Boden und 150 ml Lösungsmittel, das 0.002 n H_2SO_4 mit 3 g $(NH_4)_2SO_4$ in einem Liter enthielt, genommen und ½ Stunde im Apparat geschüttelt. Dies blieb über Nacht stehen und wurde filtriert. Von dem Filtrat kamen 10 ml in ein Reagenzglas, von welcher Menge P_2O_5 wie oben (nach Dirks) kolorimetrisch bestimmt wurde.

Das Kali wurde nur für die einzelnen Proben nach Valmaris (1921) Methode bestimmt.

Totalstickstoff und Ammoniak wurden für die einzelnen Proben in gleicher Weise wie früher bei meinen Untersuchungen über Stickstoffverbindungen und den Einfluss der Holzart auf den Boden (Aaltonen 1926 und 1932) bestimmt. Das Extrahieren mit KCl geschah sowohl gleich

nach der Entnahme der Proben als auch nach 3monatlicher Aufbewahrung. Die erstere Bestimmung ist mit I, die letztere mit II bezeichnet. Der Nitratstickstoff ist nicht zur Bestimmung gelangt, da er in den in Frage stehenden Böden nur in ganz geringen Mengen vorkommt (vgl. Aaltonen 1926).

pH wurde für die einzelnen Proben und die Mischproben unter Benutzung der Kinhydronelektrode in Wasser und in 1 n KCl bestimmt, wobei das Verhältnis des Bodens zur Flüssigkeit 1: 2 ½ war. Für jede Probe kamen 2—3 Parallelbestimmungen zur Ausführung. Die Bodenaufschlämmung blieb über die Nacht stehen, das Kinhydron wurde unmittelbar vor der Messung hinzugefügt (die Messung geschah einige Sekunden nach der Mischung). Die pH-Mittelwerte sind nach den entsprechenden Wasserstoffionenkonzentrationen berechnet worden.

Die Austauschazidität wurde sowohl für die einzelnen Proben als auch für die Mischproben bestimmt, die hydrolytische Azidität nur für die Mischproben. Die Methode war dieselbe wie bei den früheren Untersuchungen über den Einfluss der Holzart auf den Boden (Aaltonen 1932). Die Austauschazidität ist durch Multiplikation der verbrauchten Menge an 0.1 n NaOH mit 3.5, die hydrolytische Azidität durch Multiplikation mit 3 angegeben.

b) Ergebnisse der Analysen.

Die Hauptergebnisse der angestellten Analysen sind in den Tabellen 2—4 dargestellt. Eine Betrachtung der Ergebnisse erweist, dass mit Rücksicht auf gewisse Eigenschaften des Bodens die untersuchten Waldtypen sich verhältnismässig deutlich voneinander unterscheiden, dass aber mehrere Eigenschaften ohne deutlichen Zusammenhang mit dem Waldtypus schwanken.

In bezug auf Kalk, Phosphorsäure und Kali kann höchstens festgestellt werden, dass die Menge des austauschfähigen Kalkes mit zunehmendem Ertrag des Waldtypus ziemlich deutlich wächst. Über die mit 10 %igem HCl erhaltenen Ergebnisse kann man sagen, dass aus *CT*-Boden sich weniger Kalk als aus *VT*- und *MT*-Boden gelöst hat, aber die mit 0.2 n HCl (nach Valmari) erhaltenen Kalkmengen schwanken ganz unregelmässig. Für *MT*-Boden ist an Kali und mit 0.002 n H_2SO_4 an Phosphorsäure etwas mehr als für *CT*- und *VT*-Boden ermittelt worden, aber sonst schwanken die Ergebnisse ziemlich unabhängig vom Ertrag des Waldtypus. (Es ist also zu bemerken, dass die mit 0.2 n HCl angestellten Kalk-, Phosphorsäure- und Kalibestimmungen die Einzelproben und die übrigen Bestimmungen die Mischproben betreffen.)

Wie bereits aus den Beschreibungen der Probeflächen hervorging, schwankt die Kornverteilung der untersuchten Böden bei einem und demselben Waldtypus beträchtlich, und dieses kann natürlich nicht ohne Einfluss auf die Ergebnisse der chemischen Analyse sein. Werden z. B. austauschfähiger Kalk und Kornverteilung (unabhängig

vom Waldtypus) miteinander verglichen, wächst die Kalkmenge mit zunehmendem feinem Bodenmaterial ziemlich regelmässig. Das in Frage stehende Verhältnis wird durch das beigefügte Diagramm, Fig. 7 beleuchtet. Da einer und derselbe Waldtyp auf hinsichtlich des Feinheitsgrades bzw. der Dispersität verschiedenen Bodenarten auftreten kann, ist es offenbar, dass die Ergebnisse von Analysen, wie sie hier in Rede stehen, immer mehr oder weniger schwanken werden, je nachdem wie das Untersuchungsmaterial ausgewählt ist. Werden die Untersuchungen ausschliesslich auf den Waldtyps gegründet,

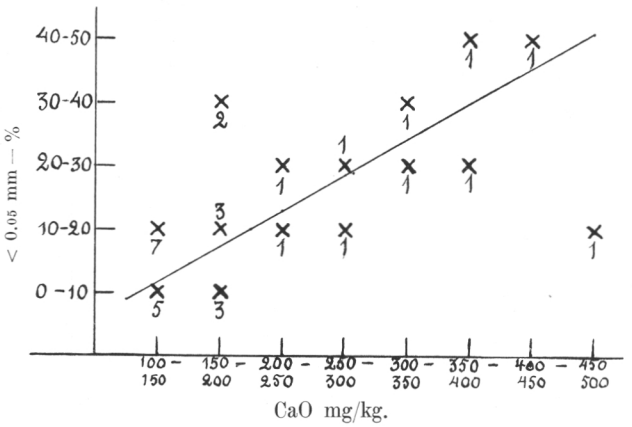


Fig. 7. Kornverteilung und die Menge des austauschfähigen Kalks. (Die Nummern geben die Anzahl der Probeflächen an).
Kuva 7. Raekokoomus ja vaihtokykyisen kalkin määrä. (Numerot tarkoittavat koealojen lukua).

kann nur ein umfangreiches Material zu charakteristischen Mittelwerten führen.

Aus Tabelle 3 ist ersichtlich, dass der Humusgehalt des Bodens mit besserwerdendem Ertrag des Waldtyps steigt. Gleichzeitig wächst auch die Menge des Totalstickstoffs. Die Ergebnisse sind also in diesen Verhältnissen dieselben wie die früher von V a l m a r i (1921) ermittelten. Die I Bestimmung des Ammoniakstickstoffs hat bei den verschiedenen Waldtypen ungefähr dasselbe Resultat gegeben, aber bei der Lagerung ist der Ertrag des Ammoniaks mit besserwerdendem Waldtypus gewachsen.

Was die Azidität angeht (Tabelle 4), zeigen die Ergebnisse, dass die pH-Zahl zunimmt, wenn die Ertragsfähigkeit des Waldtyps wächst. Nur die KCl-pH-Werte der Einzelproben bilden eine Ausnahme. Wie oben bereits erwähnt, sind für die Humusschicht in Südfinnland früher (A a l t o n e n 1925) folgende durchschnittlichen H_2O-pH-Werte erhalten worden: $CT = 4.2$, $VT = 4.6$, $MT = 4.8$.

Eine anschaulichere Auffassung über die Schwankung von pH bei den verschiedenen Waldtypen gibt Fig. 8, die die Anzahl des Vorkommens der verschieden grossen H_2O-pH-Werte bei den verschiedenen Waldtypen darstellt.

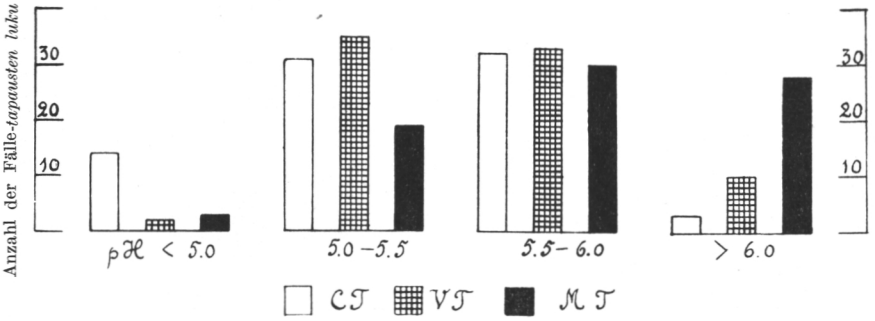


Fig. 8. Anzahl des Vorkommens der verschiedenen pH-Werte je Waldtyp.
Kuva 8. Eri pH-arvojen esiintymismäärä metsätyypeittäin.

Ein deutlicheres Bild von der Azidität als pH gibt cH (= Wasserstoffionenkonzentration), graphisch dargestellt in Fig. 9. Als Wert für cH ist darin die sogenannte spezifische Azidität benutzt, d. h. die für cH angeführte Zahl gibt an, wie viele Male die Lösung saurer

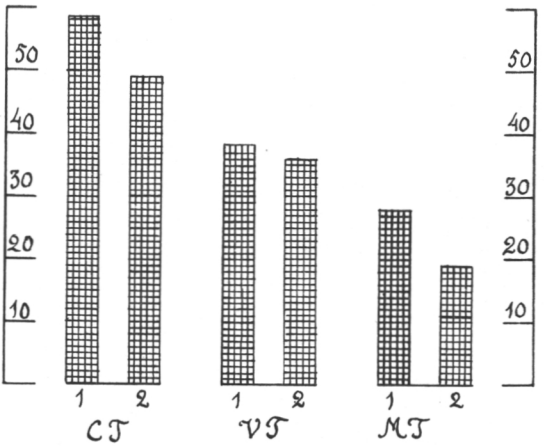


Fig. 9. cH (spezifische Azidität). 1 = Einzelproben, 2 = Mischproben.
Kuva 9. cH (ominaishappamuus). 1 = yksityisnäytteet, 2 = sekanäytteet.

als reines Wasser ist. Aus dem Diagramm ist ausserdem zu ersehen, dass die Einzelproben höhere cH-Werte als die Mischproben gegeben haben. Ein ähnlicher Unterschied zwischen den pH-Werten ist bei KCl-Lösung erhalten worden (vgl. Tab. 4). Es ist schwer zu

Tabelle 2 — *taul. 2*

Probefläche *koeala* Nr.	CaO			P_2O_5			K_2O
	0.2 n HCl	10 % HCl	NH_4Cl	0.2 n HCl	H_2O	0.002 n H_2SO_4	0.2 n HCl
	mg/kg						
				CT			
1	+	660	148	49	1	110	105
2	25	770	167	82	1	60	77
3	19	390	104	112	3	110	57
4	23	400	139	204	3	95	63
5	37	140	107	49	7	120	52
6	42	280	128	109	7	135	62
7	+	290	146	135	1	105	55
8	19	510	121	114	1	100	65
9	11	990	163	175	1	130	47
10	5	180	108	170	2	220	40
M	—	461	133	120	—	119	62
				VT			
11	+	690	125	114	1	210	84
12	8	480	153	113	1	140	69
13	18	1 080	389	554	4	70	71
14	+	1 740	347	129	1	70	56
15	23	1 910	288	204	1	65	55
16	+	260	146	87	2	120	54
17	+	950	167	153	2	85	54
18	+	860	139	152	2	65	61
19	+	630	173	327	2	105	57
20	17	880	184	281	1	130	34
M	—	948	211	211	—	106	59
				MT			
21	+	250	139	19	6	130	92
22	156	800	319	16	4	125	108
23	+	690	170	139	3	75	88
24	+	570	264	208	3	120	101
25	14	550	232	274	3	120	89
26	+	370	229	207	3	185	90
27	+	1 090	420	65	2	135	87
28	+	1 290	382	31	4	65	106
29	72	1 650	461	136	5	210	102
30	+	790	156	62	10	190	83
M	—	805	277	113	—	136	94

sagen, worauf dieser Unterschied beruht, aber eine Möglichkeit besteht darin, dass die Azidität während der Lagerung der Proben sich verändert hätte. Die Bestimmungen sind nämlich über die Mischproben später als über die Einzelproben angestellt worden. (Die inzwischen verflossene Zeit machte etwa 2 Jahre aus).

Die Austauschazidität zeigt sonst ein den pH-Werten entsprechendes Schwanken, aber nach den Mischproben haben sich für die ver-

Tabelle 3 — *taul. 3*

Probefläche *koeala* Nr.	Gesamt-N *kokonais-N* g/kg	NH_3—N I Best. *I määr.* mg/kg	NH_3—N II Best. *II määr.* mg/kg	Glühverlust *hehkutushäviö* %	H_2O 110° C %
		CT			
1	0.79	16	14	2.80	1.12
2	0.68	13	15	3.46	1.06
3	0.34	14	12	1.19	0.33
4	0.70	14	15	2.15	0.57
5	0.33	13	20	1.26	0.29
6	0.35	14	20	1.00	0.26
7	1.07	—	—	5.07	1.72
8	0.93	15	18	4.33	1.58
9	0.55	12	13	2.76	1.22
10	0.47	12	14	1.99	0.92
M	0.62	13	16	2.59	0.91
		VT			
11	0.68	12	19	3.26	1.04
12	0.66	12	—	2.85	1.14
13	1.61	13	23	6.86	2.11
14	1.20	13	—	6.67	2.48
15	0.85	12	—	4.67	1.76
16	0.96	—	—	3.35	0.85
17	1.02	15	25	4.49	1.76
18	0.94	14	22	4.27	1.80
19	0.85	15	21	3.32	1.70
20	0.72	13	26	3.22	1.57
M	0.95	14[1])	22[1])	4.30	1.62
		MT			
21	1.86	20	52	7.14	1.82
22	0.95	21	29	3.07	1.02
23	1.26	17	23	5.19	1.90
24	1.06	12	31	4.78	1.70
25	1.10	14	40	4.64	1.54
26	0.88	16	24	3.45	0.88
27	1.43	17	27	5.87	1.81
28	2.56	15	38	10.22	3.04
29	1.10	8	21	5.82	1.75
30	1.55	21	57	5.49	1.17
M	1.38	15	36	5.61	1.67

schiedenen Waldtypen ungefähr die gleichen Werte ergeben. Die hydrolytische Azidität wächst mit dem Ertrage des Waldtyps.

Im allgemeinen kann festgestellt werden, dass die jetzt ausge-

[1]) Bei den Mittelwerten sind nur diejenigen Probeflächen in Betracht gezogen worden, für die sowohl die I als auch die II Bestimmung vorliegen. (Der Mittelwert aller I-Bestimmungen ist 13.)

[1]) *Keskiarvoissa on otettu huomioon vain ne koealat, joilta on sekä I että II määräys. (Kaikkien I määräysten keskiarvo on 13).*

Tabelle 4 — *taul. 4*

Probefläche *koeala* Nr.	pH				Austauschazidität *vaihtohappamuus*		Hydrolytische Azidität *hydrolyyttinen happamuus* ml 0.1 n NaOH $3.0 \times T_1$
	der einzelnen Proben *yksityiset näytteet*		der gemischten Proben *sekanäytteet*		der einzelnen Proben *yksityiset näytteet*	der gemischten Proben *sekanäytteet*	
	H_2O	KCl	H_2O	KCl	ml 0.1 n NaOH—$3.5 \times T_1$		
				CT			
1	5.07	4.01	4.97	4.36	25.7	16.8	16.2
2	5.46	4.50	5.56	4.69	18.2	8.1	11.4
3	5.61	4.08	5.86	4.46	16.6	7.0	7.5
4	4.83	3.59	4.99	3.99	45.1	32.2	18.8
5	5.13	3.67	5.40	4.11	21.7	10.5	9.1
6	5.07	3.66	5.31	4.00	19.4	9.5	8.0
7	5.72	4.41	5.88	4.88	17.0	8.8	17.5
8	5.81	4.53	5.87	4.90	12.9	8.1	14.7
9	5.47	4.47	5.49	4.53	11.8	6.3	11.3
10	5.18	3.99	5.03	4.06	32.0	22.8	15.3
M	5.23	3.96	5.31	4.29	22.0	13.0	13.0
				VT			
11	5.14	4.14	5.13	4.33	24.8	16.8	17.9
12	5.20	4.17	5.15	4.45	22.3	15.8	15.0
13	5.49	4.33	5.68	4.63	25.2	14.0	24.1
14	5.61	4.45	5.77	4.89	17.1	11.2	21.3
15	5.61	4.59	5.77	4.98	7.8	5.6	15.2
16	5.38	4.14	5.66	4.58	23.7	13.7	18.0
17	5.60	4.35	5.57	4.42	20.7	12.3	17.9
18	6.06	4.65	5.95	4.75	12.8	6.0	14.2
19	5.24	4.08	5.26	4.23	23.6	13.7	19.8
20	5.45	4.45	5.37	4.49	13.8	9.1	15.4
M	5.41	4.31	5.45	4.52	19.2	11.8	17.9
				MT			
21	5.82	4.29	5.94	4.66	28.6	18.0	28.2
22	6.39	4.92	6.09	5.01	11.1	7.0	11.6
23	6.10	4.64	5.89	4.99	13.5	9.1	16.0
24	5.30	4.18	5.67	4.62	12.9	12.3	17.3
25	5.52	4.11	5.57	4.53	13.9	14.4	18.8
26	5.22	3.90	5.28	4.43	16.6	11.2	15.2
27	5.30	4.01	5.68	4.60	20.4	15.4	23.3
28	5.45	4.23	6.10	4.85	27.4	17.5	30.8
29	5.63	4.28	5.67	4.58	13.3	11.9	19.6
30	6.14	4.51	6.21	4.87	18.1	13.0	19.1
M	5.55	4.23	5.72	4.67	17.9	13.0	20.0

führten Analysen zu gleichsinnigen Ergebnissen geführt haben wie die früher in Finnland ausgeführten gleichartigen Untersuchungen. Es ist ebenfalls klar, dass, wählt man für seine Bodenart zur Untersuchung nur solche Böden aus, auf denen jeder Waldtypus am häufigsten auftritt, die verschiedenen Waldtypen sich am deutlichsten voneinander unterscheiden werden. Trotzdem ist es gewiss, dass die Ergebnisse einer chemischen Analyse zum mindesten nicht bei ge-

meinen Heidewäldern von grossem Nutzen sind, wenn es sich um die Bonitierung des Bodens in einem bestimmten Fall handelt. In Einzelfällen tritt sogar bei einem und demselben Waldtypus nicht allein der wechselnden Bodenart wegen, sondern auch im allgemeinen infolge der Heterogenität des Waldbodens beträchtliches Schwanken hervor. Hinsichtlich des Wesens der Waldtypen sind die erhaltenen Ergebnisse natürlich insofern bemerkenswert, als sie ihrerseits erweisen, wie die Waldtypen sich auf die ursprünglichen, naturgegebenen Eigenschaften des Standortes gründen.

III. Bedeutung der Mineralzusammensetzung des Bodens.

1. Der Felsgrund und die Bonität des Bodens in Finnland.

Oben sind bereits einige Untersuchungen erwähnt worden, in denen die Mineralzusammensetzung des Felsgrundes und die Vegetation bzw. Bonität des Bodens miteinander verglichen werden. Es besteht Anlass, dieses Verhältnis noch auf Grund der Kenntnisse zu betrachten, die über das Auftreten der Gesteinsarten und der für die Bodenfruchtbarkeit als Massstab benutzten Waldtypen in ganz Finnland gegenwärtig vorliegen.

a) Felsgrund

Der dem Felsgrund Finnlands eigene hohe Kieselsäuregehalt, der — nach Sederholm (1925) — durchschnittlich 67.7 % ausmacht, erweist den granitischen bzw. granodioritischen Charakter und gleichzeitig auch den präkambrischen Ursprung des Felsgrundes. Den Hauptbestandteil der Felsen bilden Magmagesteine und kristallinische Schiefer. Von den ersteren sind vor allem die Granite zu erwähnen, von den letzteren die Gneise. Unter den übrigen Magmagesteinen sind die wichtigsten Diorit, Gabbro, Diabas, Peridotit und Syenit, unter den kristallinischen Schiefern Glimmerschiefer, Phyllit, Quarzit, Amphibolit und die kristallinischen Karbonatsteine. Vom Flächeninhalt des Felsgrundes Finnlands entfallen schätzungsweise folgende Beträge auf die verschiedenen Gesteinsarten (Sederholm 1925):

granitische Gesteinsarten	52.5 %
Konglomerate (Migmatite)	21.8 »
Schiefergesteinsarten	9.1 »
Gabbros, Peridotite, Amphibolite und Magnesiumsilikatschiefer	8.2 »
Quarzite und Sandsteine	4.3 »
Granulite	4.0 »
Kalksteine und Dolomite	0.1 »

Nach dem Atlas der Geographischen Gesellschaft Finnlands habe ich die relativen Flächeninhalte der verschiedenen Gesteinsarten berechnet, indem diese folgendermassen gruppiert worden sind:

I. Paläozoische Sandsteine, jotunische Sandsteine, jatulische Sandsteine, kalevische und ladogische Quarzite, älteste Quarzitschiefer, ungleichaltrige Konglomerate.

II. Rapakivigranite.

III. Postkalevische Granite, postbottnischer, massiger und streifiger Granit.

IV. Älteste Gneisgranite, Quarzporphyre.

V. Migmatite, zwei Gruppen.

VI. Granulit.

VII. Paläozoische Schiefer, Phyllit und Glimmerschiefer (vorwiegend kalevischer), ladogischer Phyllit und Glimmerschiefer, bottnischer Phyllit und Glimmerschiefer, älteste Glimmerschiefer und Glimmergneise.

VIII. Älteste Hornblendeschiefer, ladogischer Hornblendeschiefer, Nephelitsteine, Andesit und Dasit, älteste Gabbros und Metabasite, jotunische Diabase, paläozoische Diabase und Olivinsteine, Anostosit, Ossipit und Diabas, bottnischer Metabasalt und Tuffschiefer, jatulischer und kalevischer Metabasit, bottnischer und postbottnischer Metabasit.

IX. Ungleichaltrige Kalksteine und Dolomite.

(X. Quartär, das den Felsgrund ganz überlagert.)

Als Flächeninhalte der verschiedenen Gesteinsartgruppen haben sich ergeben:

I.	4.2 %
II.	3.5 »
III.	33.5 »
IV.	22.0 »
V.	14.9 »
VI.	5.0 »
VII.	7.8 »
VIII.	8.8 »
IX.	0.3 »

Eine Vorstellung von der geographischen Verteilung der verschiedenen Gruppen gibt Fig. 10.

Es handelt sich also zur Hauptsache um schwer verwitternde Gesteinsarten. Infolge der geologischen Entwicklung des Landes hat die Verwitterung ausserdem erst verhältnismässig kurze Zeit auf den Felsgrund einwirken können, und da das Klima auch während dieser Zeit der Verwitterung nicht besonders günstig gewesen ist, beschränken sich ihre bisherigen Einflüsse auf ein verhältnismässig Geringes. Hauptsächlich hat nur die physikalische Verwitterung sichtbare Spuren hinterlassen, indem sie die Felsen zu Blöcken und feinerem Material zerbrochen, den Rapakivi zu *moro* zerbröckelt und die Felsen abgetragen hat (Inlandeis und Wellentätigkeit an den Ufern von Gewässern). Die Spuren chemischer Verwitterung sind ganz unbe-

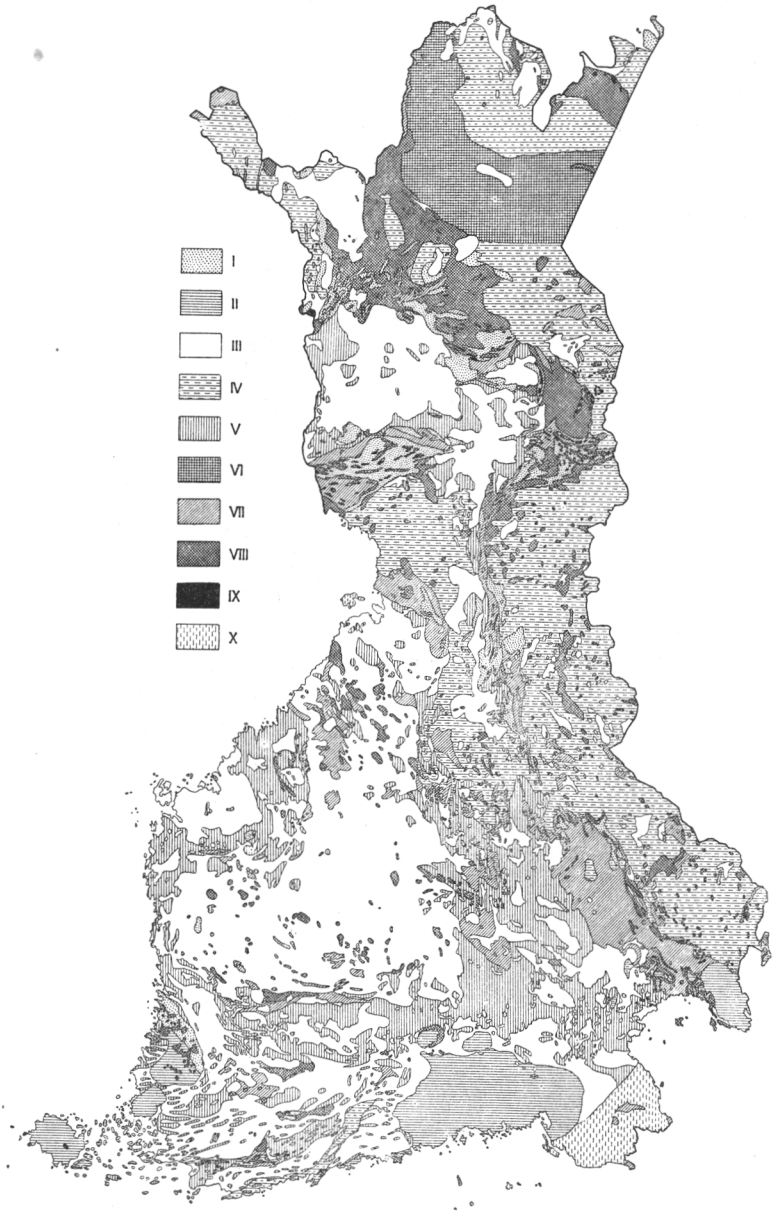


Fig. 10. Felsgrund (Erklärung im Text S. 36).
Kuva 10. Kallioperä (selitys tekstissä s. 36).

deutend; nur an der Oberfläche von Kalkstein sind sie beträchtlicher, in gewissem Masse auch am Olivindiabas von Satakunta.

Schätzt man die Fähigkeit eines derartigen Felsgrundes, den Pflanzen Mineralnährstoffe zu bieten, kann zunächst geschlossen werden, dass als Kaliquelle der Glimmerschiefer an erster Stelle steht.

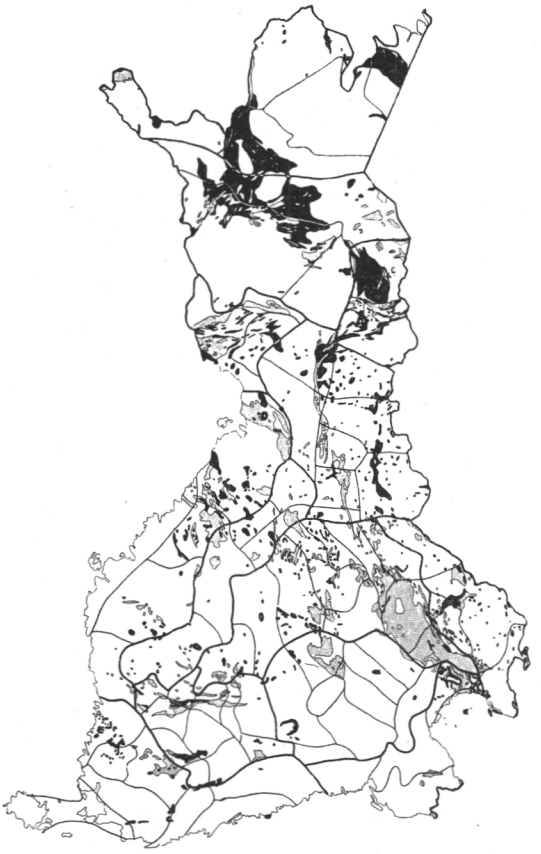


Fig. 11. Felsgrund. Die Gesteinsgruppen VII und VIII, erstere grau, letztere schwarz eingetragen.
Kuva 11. Kallioperä. Kivilajiryhmät VII ja VIII, edellinen merkitty harmaalla, jälkimmäinen mustalla.

Zwar enthalten Granit und Gneis ebenfalls reichlich Kali, aber der in den Glimmerschiefern — besonders ihrem Biotit — enthaltene Kali ist leichter löslich. Die Plagioklase geben zwar leichter als die Kalifeldspate Kali ab, aber sie enthalten ihn in geringeren Mengen als diese. In bezug auf die Phosphorsäure ist zu bemerken, dass in den meisten Gesteinsarten als Nebenbestandteil spärlich Apatit auftritt. Aus den basischen Gesteinsarten löst sich auch die Phosphorsäure

zweifellos leichter als aus den sauren. Als Kalkerzeuger sind natürlich Kalkstein und Dolomit unübertroffen. An zweiter Stelle stehen die basischen Gesteinsarten, an dritter die sauren.

Wird die Verbreitung der verschiedenen Gesteinsarten in Betracht gezogen, kann man sagen, dass der Felsgrund Finnlands kalk- und

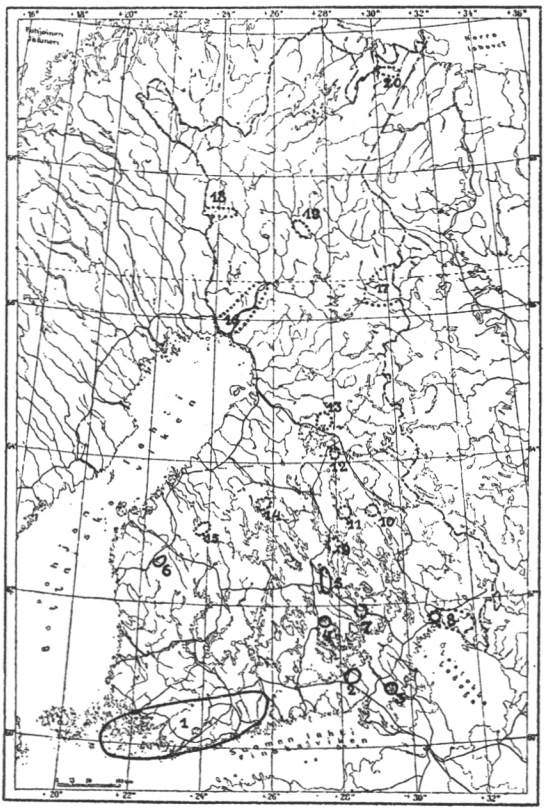


Fig. 12. Kalkstein- und Dolomitvorkommnisse (nach Frosterus).
Kuva 12. Kalkkikivi- ja dolomiittiesiintymät (Frosteruksen mukaan).

phosphorsäurearm, aber kalireich ist. Obgleich der Kali des Granits und des Gneises schwerer löslich ist als der der Glimmerschiefer, ist es dennoch möglich, dass im allgemeinen unabhängig von der Gesteinsart in genügenden Mengen Kali vorhanden ist. Kalkstein und Dolomit gibt es nur an wenigen Stellen, und da ebenfalls basische Gesteinsarten nur spärlich vorkommen, muss auch der Kalkbedarf hauptsächlich durch die granitischen Gesteinsarten befriedigt werden.

Um einen Überblick über die Gesteinsarten zu gewinnen, von denen angenommen werden kann, dass sie hinsichtlich der Vegetation am wichtigsten sind, werden im Folgenden zwei Kartenbeilagen dargestellt (Fig. 11 und 12). In die Karte Fig. 11 ist die Verbreitung der zu den obengenannten Gruppen VII und VIII gehörigen Gesteins-

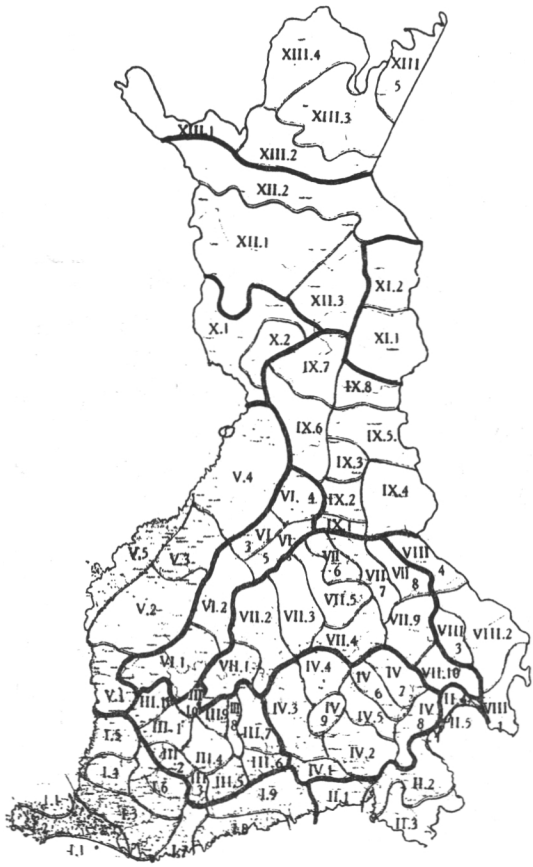


Fig. 13. Fruchtbarkeitsgebiete (nach Ilvessalo).
Kuva 13. Viljavuusalueet (Ilvessalon mukaan).

arten, also hauptsächlich der Glimmerschiefer und der basischen Hauptgesteinsarten, eingetragen (die auf der Karte vermerkten Gebiete sind Fruchtbarkeitsgebiete, auf die weiter unten zurückzukommen ist). Fig. 12 stellt nach Frosterus (1928) Kalkvorkommnisse dar, die alle sehr klein, hier und da über das Land verstreut auftreten. Es sei hier auch auf Eskolas u. a. (1919) Veröffentlichung über das Auftreten von Kalkstein in Finnland hingewiesen.

b) Die Fruchtbarkeit auf Grund der Waldtypen geschätzt.

Über die Fruchtbarkeitsverhältnisse des finnischen Waldbodens gibt es eine von Ilvessalo (1930) veröffentlichte Übersicht, die sich auf die bei der ersten allgemeinen Reichswaldtaxierung erhaltene

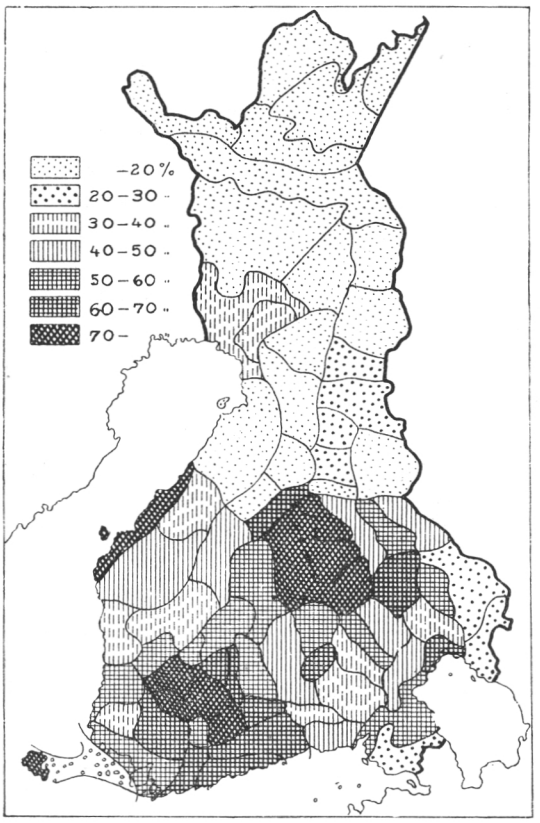


Fig. 14. Prozentualer Anteil der Hainwälder und der hainartigen sowie frischen Heidewälder an der Fläche der wüchsigen, mineralischen Waldböden (nach Ilvessalo).

Kuva 14. Lehtometsien, lehtomaisten ja tuoreiden kangasmetsien prosenttinen osuus kasvullisten kivennäismaiden alasta (Ilvessalon mukaan).

Statistik über die Verteilung der Waldtypen und auf die Gebietseinteilung gründet, die Linkola (1922) schon früher an Hand des Auftretens der verschiedenen Pflanzenarten und Pflanzengesellschaften ausgearbeitet hat. Ilvessalo hat das Land in 13 Hauptfruchtbarkeitsgebiete eingeteilt, und da diese ferner in Untergebiete gegliedert sind, haben sich in der in Fig. 13 dargestellten Weise insgesamt 78 (77) Fruchtbarkeitsgebiete ergeben. Von der relativen Be-

schaffenheit der Fruchtbarkeit in den verschiedenen Gebieten erhalten wir eine Vorstellung durch Fig. 14, die je Gebiet den Anteil der besten Waldtypen an der Fläche der wüchsigen mineralischen Waldböden darstellt.

c) Das Verhältnis des Felsgrundes zur Bonität des Bodens.

Ein Blick auf die Karte Fig. 14 zeigt, dass in der Fruchtbarkeit der Standorte grosse regionale Unterschiede bestehen. Es ist schon von vornherein klar, dass diese Unterschiede nicht ausschliesslich auf den Schwankungen in der Beschaffenheit des Felsgrundes und in der Bodengüte beruhen können. Vergleicht man z. B. die nördliche Hälfte Finnlands mit der südlichen, ist die Ursache zu der verschiedenen Fruchtbarkeit natürlich in erster Linie das verschiedene Klima. In Nordfinnland ist die »Bonität» des Klimas schlechter als in Südfinnland. Schon in der Länge der Vegetationszeit besteht ein grosser Unterschied. Im südlichen Nordfinnland beläuft sich z. B. die Anzahl solcher Tage, an denen die Mitteltemperatur über 0° steigt, auf 160—170, während in Südfinnland 220—230 derartige Tage, also eine um etwa 2 Monate längere Zeit, eintreten. Auch Mitteltemperatur und Niederschlagshöhe des Sommers sind im Norden kleiner als im Süden. Die klimatischen Unterschiede sind offenbar auch die Ursache zu der Erscheinung, dass in höher gelegenen Gegenden, wie an den grösseren Wasserscheiden, die ertragsarmen Waldtypen verhältnismässig reichlicher als in den tiefer gelegenen Gegenden vertreten sind.

Bevor die Beschaffenheit des Felsgrundes zu der Fruchtbarkeit in Beziehung gesetzt wird, ist — ausser gleichartigem Klima — vorauszusetzen, dass die miteinander zu vergleichenden Gegenden auch hinsichtlich ihrer Bodenart zum mindesten im grossen und ganzen gleichartig seien. Ferner muss es auf das Vergleichsergebnis einwirken, in welchem Masse die zu vergleichenden Gebiete in ihrer Topographie verschieden oder gleich sind. In einer Gegend, in der die Bodendecke dünner und das Gelände insofern abwechslungsreich ist, als Hügel und Senken in dichter Folge einander ablösen, muss der Einfluss des Felsgrundes offenbar am deutlichsten hervortreten. In ausgedehnten, ebenen Gegenden ist es viel weniger zu erwarten, dass der Einfluss einer in einer Tiefe von einigen Metern gelegenen, sogar guten Gesteinsart sichtbar würde.

Ferner ist zu bemerken, dass der Boden — abgesehen von einigen Ausnahmefällen — nicht *in situ* entstanden ist und nicht einmal aus den Gesteinen der nächsten Umgebung entstanden zu sein braucht. Besonders der Ton, aber auch die übrigen feinkörnigen Bodenarten

sind einmal von Grund auf durch das Wasser sortiert worden, ihre Bestandteile haben lange Strecken zurücklegen können, und sie können daher ein Gemisch von Verwitterungsprodukten mehrerer verschiedenen Gesteinsarten vertreten. In gewissem Masse ist dasselbe auch noch mit Rücksicht auf die Sandböden der Fall. Offenbar kann angenommen werden, dass der Moränenboden der Zusammensetzung des Felsgrundes am besten entspricht, obgleich auch er nicht aus seiner gegenwärtigen Felsunterlage entstanden ist. Offenbar ist man in diesen Hinsichten jedoch vorläufig sehr auf Annahmen angewiesen und bedarf der Untersuchungen. U. a. hat Salminen (1931) bei seiner Untersuchung der chemischen Zusammensetzung der Tone festgestellt, dass in einem Gebiet, in dem der Felsgrund reichlich Schiefer und basische Gesteinsarten enthielt, aus Tonboden grössere Mengen Kalk, Magnesium und Phosphorsäure (in 4 % HCl) sich auflösten als in einem Gebiet, in denen der Felsgrund zur Hauptsache granitisch war. Aarnio (1934) wiederum kam, wie oben bereits erwähnt, zu dem Ergebnis, dass der Felsgrund (abgesehen von Kalkstein) keinen nennenswerten Einfluss auf die Reichlichkeit der wichtigsten Pflanzennährstoffe ausübte.

Die angeführten Umstände machen den Vergleich, um den es sich hier handelt, in mancher Hinsicht unsicher und summarisch, aber ich habe dennoch den Versuch gemacht, indem ich berechnet habe, wie die verschiedenen Gesteinsarten sich auf die Fruchtbarkeitsgebiete verteilen. Das Ergebnis der Berechnung ist durch Tabelle 5 dargestellt (von der Berechnung ausgeschlossen sind die Gebiete

Tabelle 5 — *taul. 5*

Gebiet *alue*	Gesteinsartgruppen — *kivilajiryhmät*								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
	%								
I	3.4	21.2	44.3	6.2	18.9	—	2.8	2.9	0.3
II	1.7	—	17.2	9.2	26.4	—	22.3	22.9	0.3
III	0.2	0.8	54.9	0.5	32.6	—	7.0	4.0	—
IV	0.1	14.4	33.0	0.7	45.0	—	4.9	1.9	—
V	1.2	—	54.2	1.9	27.0	—	9.9	5.7	0.1
VI	0.4	—	77.4	8.1	5.3	—	6.0	2.8	—
VII	2.2	—	36.2	16.7	17.9	—	21.8	5.1	0.1
VIII	0.7	9.9	3.8	70.1	—	—	6.2	8.7	0.6
IX	6.7	—	15.0	58.0	4.7	—	5.1	10.2	0.3
X	22.7	—	13.5	21.3	12.5	—	16.9	11.2	1.9
XI	12.2	—	3.7	41.4	1.4	—	7.7	31.3	2.3
XII	11.1	—	38.5	21.4	9.7	—	4.8	14.2	0.3
XIII	1.1	—	11.6	31.8	—	39.4	1.4	14.6	0.1
I—XIII	4.2	3.5	33.5	22.0	14.9	5.0	7.8	8.8	0.3

II. 2 und II. 3 sowie vom Gebiet V Hailuoto, in welchen Gegenden der Felsgrund von Quartär überlagert ist). Da angenommen werden kann, dass die Gebiete der Glimmerschiefer und der basischen Gesteinsarten die fruchtbarsten Böden vertreten, ist zur Gewinnung eines Überblicks und zum Vergleich die Reichlichkeit der genannten

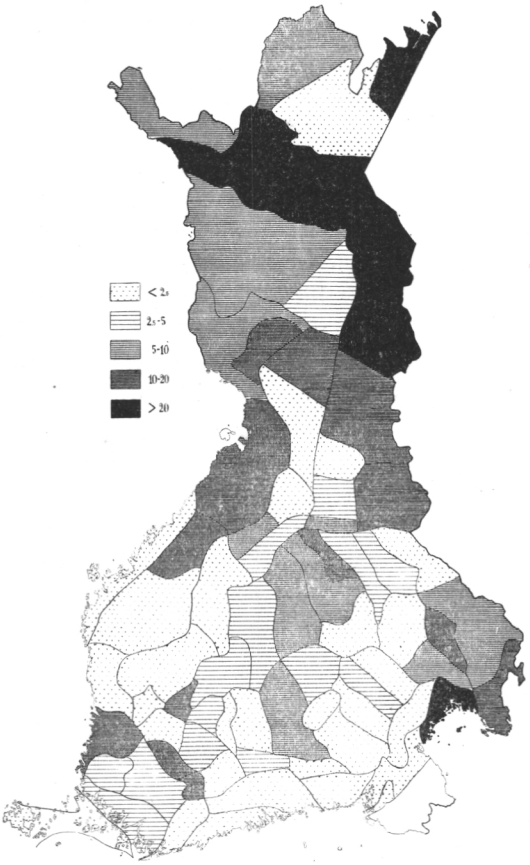


Fig. 15. Felsgrund. Prozentualer Anteil der basischen Gesteinsarten am Flächeninhalt der Fruchtbarkeitsgebiete.

Kuva 15. Kallioperä. Emäksisten kivilajien prosenttinen osuus viljavuusalueiden pinta-alasta.

Gesteine je Fruchtbarkeitsgebiet in den Fig. 15 und 16 dargestellt (Zu der Karte Fig. 16 ist zu bemerken, dass auf ihr Gebiet VII. 2 anstatt in die mit 10—20 % vertretene Klasse versehentlich in die Klasse < 10 % geraten ist).

Bei einem Vergleich dieser Karten mit derjenigen (Fig. 14, S. 41), die das Auftreten der ertragreichsten Waldtypen darstellt, ist mit

Rücksicht auf Nordfinnland zu bemerken, dass sein grösster Teil auf der Fruchtbarkeitskarte auf eine und dieselbe Fruchtbarkeitsklasse entfällt, und da dort ausserdem die Höhenunterschiede verhältnismässig gross sind, bleibt Nordfinnland grösstenteils bei dem in Frage stehenden Vergleich beiseite. Nur Gebiet X ist in erhebliche-

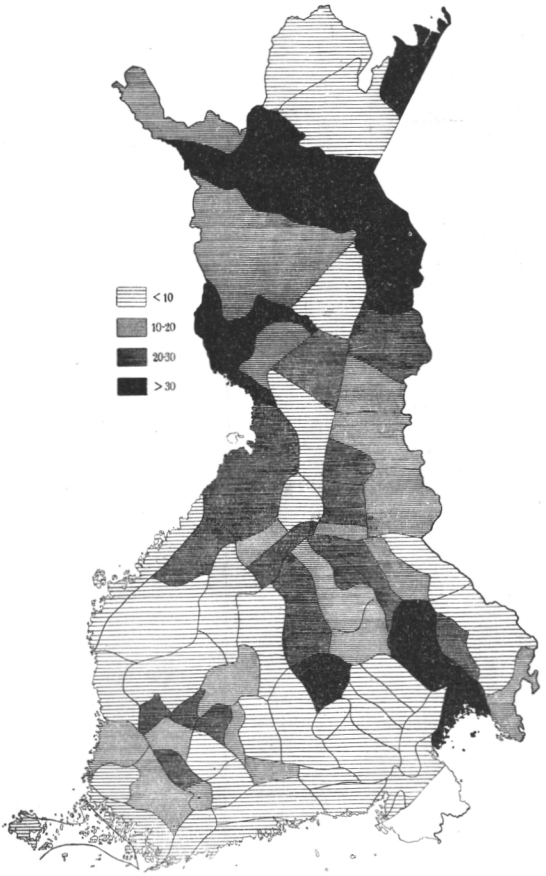


Fig. 16. Felsgrund. Prozentualer Anteil der Glimmerschiefer und der basischen Gesteinsarten am Flächeninhalt der Fruchtbarkeitsgebiete.

Kuva 16. Kallioperä. Kiilleliuskeiden ja emäksisten kivilajien prosenttinen osuus viljavuusalueiden pinta-alasta.

rem Masse fruchtbarer als die übrigen und entfällt auch auf der Gesteinsartkarte in die höchste Klasse.

Die Küstengebiete von Pohjanmaa sind grösstenteils ebene Böden, und in den nördlichen Teilen gibt es ausserdem ausgedehnte Sandgebiete, so dass kaum zu erwarten ist, dass auf ihnen der Einfluss des örtlichen Felsgrundes deutlicher hervorträte. Weiter südlich sind

wiederum in Gebiet I reichlicher als gewöhnlich Tonböden anzutreffen, die den Vergleich erschweren. Da Gebiet VI im Vergleich zur Südhälfte Finnlands im allgemeinen klimatisch zweifellos rauher ist, bleiben sachlich nur noch die Gebiete II, III, IV, VII und VIII vergleichbar. Die folgende Tabelle (Nr. 6) stellt für diese Gebiete die

Tabelle 6 — *taul. 6*

Gebiet *alue*	Waldtyp — *metsätyyppi*			Gesteinsart — *kivilaji*				Bodenart — *maalaji*		
	Hainwälder *lehtoja*	*MT*	insges. *yht.*	Gruppe — *ryhmä* VII	VIII	IX	insges. *yht.*	Ton *savi*	Sand u. Grus *hiekka ja sora*	Moräne *moreni*
	%									
II. 1 ...	3	35	38	—	—	—	—	5	5	90
4 ...	16	42	58	22	22	(0.3)	44	4	50	46
5 ...	18	24	42	29	36	—	65	4	—	96
III. 1 ...	15	50	65	11	2	—	13	35	2	63
2 ...	9	55	64	7	13	—	20	8	3	89
3 ...	1	38	39	—	12	—	12	2	20	78
4 ...	12	53	65	(0.6)	5	—	5	2	9	89
5 ...	27	44	71	—	—	—	—	?	?	?
6 ...	21	40	61	9	3	—	12	24	11	65
7 ...	6	46	52	2	1	—	3	4	11	85
8 ...	8	49	57	10	—	—	10	—	4	96
9 ...	4	64	68	19	4	—	23	1	4	95
10 ...	11	41	52	12	13	—	25	16	16	68
11 ...	5	41	46	19	1	—	20	13	43	44
IV. 1 ...	9	26	35	—	—	—	—	9	16	75
2 ...	4	28	32	—	—	—	—	7	29	64
3 ...	4	33	37	(0.3)	6	—	6	2	23	75
4 ...	6	44	50	28	3	—	31	3	7	90
5 ...	6	26	32	5	—	—	5	1	25	74
6 ...	10	43	53	—	3	—	3	1	18	81
7 ...	6	39	45	2	—	—	2	2	18	80
8 ...	4	38	42	2	1	—	3	13	16	71
9 ...	21	40	61	—	—	—	—	3	5	92
VII. 1 ...	3	41	44	7	4	—	11	4	11	85
2 ...	4	51	55	—	3	—	3	5	13	82
3 ...	8	51	59	11	10	—	21	3	7	90
4 ...	10	60	70	12	2	—	14	2	5	93
5 ...	10	59	69	14	6	—	20	8	8	64
6 ...	7	53	60	5	15	—	20	14	14	72
7 ...	1	39	40	24	4	—	28	1	13	86
8 ...	5	45	50	15	3	—	18	7	10	83
9 ...	10	43	53	77	2	—	79	7	29	64
10 ...	3	27	30	73	6	(0.6)	79	1	15	84
VIII. 1 ...	1	17	18	3	10	2	15	—	18	82
2 ...	(0.1)	17	17	7	9	(0.2)	16	1	14	85
3 ...	2	38	40	10	15	(0.6)	25	1	27	72
4 ...	(0.3)	43	43	5	2	—	7	1	17	82

relativen Flächeninhalte der besten Waldtypen sowie der in Frage stehenden Gesteinsarten und der Bodenarten dar. (Bodenarten nach Ilvessalo; nicht veröffentlicht).

Die Flächeninhalte sind, wie erwähnt, für alle Fruchtbarkeitsgebiete in gleicher Weise berechnet, doch ist hier die Wiedergabe der ganzen Statistik nicht erforderlich.

Im allgemeinen erweist ein gegenseitiger Vergleich des Waldtyps und der Gesteinsart mit den obengenannten wie auch übrigen Fruchtbarkeits-Untergebieten, dass zwischen ihnen — abgesehen von einigen Fällen — keine klare, eindeutige Beziehung besteht.

Werden dagegen die in Frage stehenden Fruchtbarkeits-Hauptgebiete berücksichtigt, lässt sich nicht leugnen, dass die Waldtypkarte und die Gesteinsartkarte im grossen und ganzen einander entsprechen. In diesem Zusammenhang kann ferner erwähnt werden, dass der Nordteil des III. Gebietes und der Mittelteil des VII. Gebietes sowie die Gebiete II. 4 und II. 5 bekannte Hainzentren sind (Cajander 1916, Lukkala 1919). Um irgendeine feste Beziehung zwischen Felsgrund und Bodenfruchtbarkeit handelt es sich zwar nicht, aber es ist auch gar nicht zu erwarten, dass eine solche hervorträte, wenn in Betracht gezogen wird, wie viele verschiedene Faktoren auf die Ergebnisse eines derartigen Vergleichs einwirken können. Mit Rücksicht auf die in Betracht zu ziehenden Gesteinsarten ist u. a. zu bemerken, dass in ihrer Frequenzstufe häufig verhältnismässig schroffe regionale Unterschiede bestehen. Viele Fruchtbarkeitsgebiete sind verhältnismässig gross, und wenn auf irgendeinen Teil eines derartigen Gebietes reichlich Glimmerschiefer und basische Gesteinsarten enthaltender Felsgrund entfällt, kommt das ganze Gebiet in Anbetracht seines Felsgrundes in eine »gute» Klasse. In den die Waldtypen wiedergebenden Zahlenreihen ist das Schwanken schwächer, selbst wenn nur die Hainwälder in Betracht gezogen würden. Werden die Waldtypen als Ausdruck für die Fruchtbarkeit der Standorte benutzt, ist ebenfalls nicht zu vergessen, dass die besten Standorte im allgemeinen schon für den Ackerbau urbar gemacht sind.

2. Bestimmungen der basischen Mineralien.

Tamm (1934, 1937) hat in Schweden in den letzten Jahren das Verhältnis zwischen der mineralogischen Beschaffenheit des Bodens und seiner Fruchtbarkeit klargestellt, indem er die Mineralien nach dem spezifischen Gewicht in zwei durch die Grenze 2.68 voneinander geschiedene Gruppen eingeteilt hat. Auf die leichtere Gruppe entfallen dann Quarz, Kalifeldspat, natriumreiche Plagioklase u. a. entweder nichtverwitternde oder schwer verwitternde Mineralien. Die Separation der Mineralien wird aus der Korn-

fraktion 0.6—0.2 mm ausgeführt, die man, wenn die Bodenprobe nicht aus mehr oder weniger unverwittertem und unveränderlichem Untergrund entnommen ist, von kolloid ausgefällten Stoffen zu befreien hat. Glimmerminerale können durch das Verfahren nicht ausgeschieden werden, doch ist dadurch kein bemerkenswerterer Fehler in den Ergebnissen verursacht worden. Die Zahl, die den prozentualen Anteil der schwereren Gesteinsgruppe am Gewicht der untersuchten Fraktion wiedergibt, bezeichnet T a m m als Basenmineralindex. Die Methode sollte nach T a m m befriedigende Ergebnisse zum mindesten bei gröberen Sand- und Grusböden geben. Bei feinkörnigen Moränenböden und tonhaltigen Sedimenten ist der reichliche Anteil der feinsten Partikel ein wichtigerer Faktor als die mineralogische Beschaffenheit. Durch seine in verschiedenen Gegenden Schwedens ausgeführten Untersuchungen ist T a m m zu dem Ergebnis gekommen, dass der Basenmineralindex in vielen Fällen und insbesondere in Verbindung mit der Bestimmung der Kornverteilung als Hilfmittel bei der Schätzung der Bodenfruchtbarkeit verwandt werden kann. In einigen Fällen, wie bei den obengenannten ertragarmen Sandböden in Südschweden, bei denen der Index weniger als 1 und bisweilen nur 0.5 ist, hat sich der schwache Mineraluntergrund als Hauptursache des geringen Ertrages erwiesen.

Bei meinen Untersuchungen über die Podsolierung in Finnland und anderen Ländern habe ich auch die mineralogische Beschaffenheit des Bodens berücksichtigt, da sie offenbar für die Stärke der Podsolierung von beträchtlicher Bedeutung ist. Ausser Silikatanalysen sind für die Proben auch Bestimmungen des Basenmineralindexes ausgeführt worden, und im Folgenden stelle ich einen Teil der Ergebnisse dieser Bestimmungen dar. Da über alle Proben eine Dispersoidanalyse ausgeführt worden ist, haben die Proben vor der Mineralanalyse die gewöhnliche Vorbehandlung durchgemacht (vgl. A a l t o n e n 1935, S. 49—50). Die Ergebnisse betreffen die Tiefe von 30—60 cm, und die Zahlen sind Mittelwerte zweier Tiefen, meist 30—40 und 40—50 cm (von der Oberfläche des Mineralbodens an gerechnet). Die Bestimmungen sind in den meisten Fällen von der Oberfläche an in Abständen von 5 cm bis in eine Tiefe von 50—60 cm ausgeführt worden, aber hier werden nur die für den Untergrund erhaltenen Werte dargestellt. Für die Proben ist ausserdem versuchsweise eine Kalkbestimmung mit 10 %igem HCl unternommen worden (vgl. oben S. 27). In Finnland gibt es u. a. in Lappland ein ausgedehntes Granulitgebiet, bei dem der in diesem Zusammenhang belanglose Granat auf die Grösse des Mineralindexes einwirken kann. Insbesondere bei ausländischen Proben kann auch Kalkspat in Frage kommen. Die bisherigen Ergebnisse, auf ein weiteres Material als das hier dargestellte gegründet, erweisen, dass zwischen dem Mineralindex und dem Kalkgehalt im allgemeinen ein gewisser Zusammenhang besteht, und zwar ein um so festerer, je geringer der Mineralindex ist. Bisher hat nur in einem Fall einem

hohen Mineralindex eine sehr kleine Kalkmenge entsprochen (die Stelle liegt im übrigen im Granulitgebiet von Inari). In den folgenden Tabellen 7—9 sind von dem auf Finnland sich beziehenden Material einige häufige Werte der Beobachtungsreihen von Sandböden und Moränenböden wiedergegeben.

Tabelle 7 — *taul. 7*

S-Finnland — *Etelä-Suomi*								N-Finnland — *Pohjois-Suomi*							
junger Boden *nuori maa*				alter Boden *vanha maa*				junger Boden *nuori maa*				alter Boden *vanha maa*			
Min.-ind.	Ca mval/100 g	Fraktionen *fraktiot*		Min.-ind.	Ca mval/100 g	Fraktionen *fraktiot*		Min.-ind.	Ca mval/100 g	Fraktionen *fraktiot*		Min.-ind.	Ca mval/100 g	Fraktionen *fraktiot*	
		0.02—0.002	< 0.002			0.02—0.002	< 0.002			0.02—0.002	< 0.002			0.02—0.002	< 0.002
		%				%				%				%	
6.0	6.0	0.1	0.1	13.4	5.5	3.0	0.4	11.8	8.1	0.2	0.1	10.8	8.8	5.1	0.5
4.6	3.5	0.3	0.1	14.7	5.3	1.2	0.4	8.0	4.1	0.3	0.2	13.2	7.2	1.7	0.1
4.5	4.3	0.1	0.2	16.1	5.7	1.6	0.5	8.8	3.7	0.1	0.1	—	4.6	0.3	0.1
11.1	3.5	8.4	2.4	17.1	3.6	2.2	0.2	7.6	3.8	0.2	0.1	—	6.2	0.1	0.3
3.8	4.8	4.4	0.5	14.7	5.5	0.4	0.5	5.8	2.7	0.4	0.2	5.2	6.4	1.7	0.3

Tabelle 8 — *taul. 8*

S-Finnland — *Etelä-Suomi*								N-Finnland — *Pohjois-Suomi*							
junger Boden *nuori maa*				alter Boden *vanha maa*				junger Boden *nuori maa*				alter Boden *vanha maa*			
Min.-ind.	Ca mval/100 g	Fraktionen *fraktiot*		Min.-ind.	Ca mval/100 g	Fraktionen *fraktiot*		Min.-ind.	Ca mval/100 g	Fraktionen *fraktiot*		Min.-ind.	Ca mval/100 g	Fraktionen *fraktiot*	
		0.02—0.002	< 0.002			0.02—0.002	< 0.002			0.02—0.002	< 0.002			0.02—0.002	< 0.002
		%				%				%				%	
4.4	7.6	13.2	5.3	7.1	8.5	21.1	6.9	4.4	13.9	15.8	3.7	9.1	8.9	11.1	2.7
9.1	16.7	42.2	27.3	12.5	8.3	10.3	7.0	4.2	13.0	12.5	4.0	7.7	7.3	12.8	2.9
4.8	3.3	11.5	9.2	8.3	11.7	47.6	13.2	7.7	11.9	11.5	5.5	16.6	6.1	15.2	3.5
4.7	4.5	4.0	2.9	11.0	7.2	14.4	3.2	7.4	11.6	14.5	1.2	11.0	6.7	11.2	3.9
6.0	4.7	5.1	2.7	15.9	7.8	18.3	5.3	4.4	13.0	15.1	1.7	6.5	8.3	15.0	4.7

Tabelle 9 — *taul. 9*

Lappland — *Lappi*			
Min.-ind.	Ca mval/100 g	Fraktionen *fraktiot*	
		0.02—0.002	<0.002
		%	
19.4	11.6	23.5	5.2
25.7	17.2	10.3	4.8
25.4	22.2	15.7	9.2
28.8	22.4	15.8	6.9
23.7	6.0	15.5	3.7

Im allgemeinen hat es den Anschein, wie wenn der Index bei Sand- und Grusböden höher als bei (feineren) Moränenböden und ausserdem bei alten Böden höher als bei jungen wäre (in bezug auf die Begriffe junger Boden und alter Boden sei hier auf meine Veröffentlichung hingewiesen: Aaltonen 1935, S. 17—19). Nach den bisherigen Ergebnissen erhält man für die Moränenböden und zwar unter Beachtung des ganzen Profils (0—50 cm, in Schichten von je 5 cm) folgende Mittelwerte:

Südfinnland, junger Boden	5.4 %
» alter Boden	10.2 »
Nordfinnland, junger Boden	5.6 »
» alter Boden	11.9 »
Lappland, (alter Boden)	23.5 »

Diese regionale Schwankung ist in mancher Beziehung eine interessante Erscheinung, doch besteht hier weder Anlass, sie eingehend zu betrachten, noch liegt vorläufig auch kein hinreichendes Material dafür vor. Die Beobachtungen weisen u. a. darauf hin, dass zwischen dem Index einer Gegend und der Zusammensetzung des Felsgrundes ein bestimmtes Verhältnis bestände.

Das Material ist nicht je nach den Waldtypen untersucht worden, aber im grossen und ganzen vertreten die Sandböden trockene Heidewälder und die Moränenböden frische Heidewälder (die ersteren sind also schwächere Ertragsklassen, letztere bessere). In der Regel kann zum mindesten nicht mit Rücksicht auf die gemeinen Heidewälder irgendein eindeutiges Verhältnis zwischen Mineralindex und Ertrag festgestellt werden, vorausgesetzt natürlich, dass hinsichtlich der Korngrösse ziemlich gleichartige und unter gleichen klimatischen Verhältnissen vorkommende Böden miteinander verglichen werden. Trifft es sich doch ferner auch so, dass im Material zwei Bestände, die in den in Finnland gegebenen Verhältnissen ziemlich hohe Erträge vertreten, auf mineralisch aussergewöhnlich armem Boden wachsen. Diese und einige andere Fälle sind in Tabelle 10 wiedergegeben. Die Örtlichkeiten 1 und 3 sind von der Karelischen Landenge, Nr. 2 von der Insel Valamo (Fig. 17). Nr. 2 und 3 sind ertragreiche Bestände vom *OMT* auf Sandboden, in dem weiter unten eine lehm- und sandreiche Schicht liegt (vgl. weiter unten S. 58, Nr. 1071, 1066). Nr. 4 ist aus dem Sandsteingebiet von Satakunta, ziemlich guter Fichtenwald vom *MT*, aber der Boden ist in diesem Fall doch verhältnismässig feinkörnig. Nr. 5 vertritt südfinnischen *MT*, Nr. 6 nordfinnischen *HMT* (Fichtenbestand des Dickmoostypus), Nr. 7 Hainwälder in Petsamo und Nr. 8 südfinnische Hainwälder.

Tabelle 10 — *taul. 10*

Nr.	Min. ind.	Ca mval/100 g	Fraktionen *fraktiot*	
			0.02—0.002	< 0.002
			%	
Finnland — *Suomi*				
1	1.3	—	0.1	0.1
2	3.4	[1])	0.6	0.3
3	2.4	2.0	8.2	3.1
4	2.0	6.5	17.1	4.0
5	21.3	10.5	1.7	1.4
6	26.8	11.4	14.5	3.6
7	70.8	30.6	19.9	4.3
8	40.2	14.5	12.5	3.4
Ausland — *ulkomaat*				
9	8.2	7.9	9.4	2.6
10	5.7	5.0	7.9	2.0
11	10.9	—	28.2	17.8
12	6.4	2.0	33.0	13.5
13	4.0	—	18.9	6.4

Der Mineralindex des Bodens der Hainwälder ist wahrscheinlich im allgemeinen höher als der des (ebenso feinen) Bodens der Heidewälder; aber in gleicher Weise und allem Anschein nach mit zuverlässigeren Ergebnissen als der Mineralindex kann als Kennzeichen der Bodenfruchtbarkeit eine gewöhnliche Kalkbestimmung benutzt werden. Der Mineralindex gibt natürlich ausserdem einen Begriff von der Grösse der Vorräte, aber auch diese Angabe ist zum mindesten vorläufig eher von theoretischer als praktischer Bedeutung. In gewissem Masse geht ausserdem auch aus den Ergebnissen einer chemischen Analyse mehr oder weniger, je nach dem benutzten Lösungsmittel, die Grösse der in Frage stehenden Vorräte hervor.

Oben wurden bereits einige in Norddeutschland, Dänemark u. a. Ländern anzutreffende magere Sandböden erwähnt, über die Albert, Müller, Weis u. a. Ergebnisse chemischer Analysen veröffentlicht haben. In der folgenden Tabelle (Nr. 11) sind die Ergebnisse einiger Bestimmungen des Mineralindexes über hinsichtlich ihrer Fruchtbarkeit schwankende Podsol- und Braunerden Norddeutschlands sowie einiger anderer Länder dargestellt.

Werden diese Zahlen zunächst mit den entsprechenden Werten aus Finnland verglichen, kann sogleich festgestellt werden, dass die

[1]) Ca 30.2 mval/100 g in 77—80 cm Tiefe.

Tabelle 11 — *taul. 11*

Nr.	Ort	Bodenart, Holzart und Waldtyp	Min.-ind.	C_a mval/100 g	Fraktionen *fraktiot* 0.02—0.002 %	Fraktionen *fraktiot* < 0.002 %
		Podsolböden — *podsolimaita*				
749	Dänemark, Jütland, Hastrup Plant.	Sandboden, Fichte, (*Myrtillus*-Typ?)	1.74	2.1	0.7	0.8
750	Dänemark, Jütland, Gludsted Plant.	Sandboden, baumlose Heide	0.26	—	0.1	0.0
764	Deutschland, Forstamt Harburg, b. Harburg-Wilhelmsburg.	—»—	0.49	—	0.5	0.1
775	Deutschland, Bärenthoren, Jagen 15 b.	Sandboden, Kiefer, *Vaccinium*-Typ	0.98	0.7	2.5	1.7
776	—»— Jagen 2 a	—»—	0.85	0.7	1.0	0.6
779	Deutschland, Eberswalde, Jagen 134, Versuchsfl. 1.	Sandboden, Kiefer, *Myrtillus*-Typ	1.98	1.6	0.8	1.1
782	Deutschland, Forstamt Neuenkrug, b. Viereck.	Sandboden, Kiefer, *Myrtillus*-Typ	0.46	—	0.3	1.0
786	Deutschland, Forstamt Misdroy, Jagen 163.	Sandboden, Kiefer, *Vaccinium*-Typ *(MT?)*	0.70	0.5	0.0	0.0
787	Deutschland, zw. Treptow u. Cammin.	Sandboden, Kiefer, *Myrtillus*-Typ	0.66	—		
791	Deutschland, Forstamt Steegen, Jagen 140.	Sandboden. Kiefer, *Vaccinium*-Typ	0.25	1.0	0.2	0.4
802	Litauen, bei Riga.	Sandboden, Kiefer, *Vaccinium*-Typ	1.07	—	0.1	0.0
805	Litauen, zw. Cesis u. Volmar.	—»—	1.25	—	1.9	0.5
1119	—»— bei Dünaburg.	—»—	1.07	1.2	0.7	1.5
1126	Polen, zw. Wilna u. Grodno.	—»—	1.02	—	0.5	1.0
1130	—»—, bei Krakau.	Sandboden, Kiefer, *Myrtillus*-Typ	0.12	0.5	1.5	2.3
1146	Deutschland, Schl., zw. Bunzlau u. Sprottau.	Sandboden, Kiefer, *Vaccinium*-Typ	0.56	0.6	1.4	1.2
1147	Deutschland, Herzögl. Forstamt Wiesau, Jag. 114, b. Sagan.	Sandboden, Kiefer, *Calluna*-Typ	0.32	—	2.3	1.6
1149	Deutschland, Ost-Pr., b. Deutsch-Eylau.	Sandboden, Kiefer u. Buche, *Oxalis-Majanthemum*-Typ	0.89	1.3	5.5	2.3
1153	Litauen, b. Riga.	Sandboden, Kiefer, *Vaccinium*-Typ	0.15	—	0.6	0.7
		Braunerden — *ruskomaita*				
744	Schweden, Schonen, Bokenäs, Karsholm.	Moränenboden, Buche, Hainwald m. *Oxalis*	1.80	—	16.5	3.2
746	Dänemark, b. Kopenhagen, Svenstrup Skovdistr.	—»—	2.20	3.3	12.3	12.7
753	Dänemark, Jütland, Rold Skov.	Moränenboden (sandig) Buche, (»degrad. Braunerde»)	1.33	2.5	4.2	1.4
763	Deutschland, Forstamt Reinfeld, Sattenfelde.	Sandiger Lehmboden, Buche, Hainwald	2.20	2.8	11.8	7.0
781	Deutschland, Eberswalde, Jagen 16.	Sand auf Lehm, Kiefer m. Buche, Hainwald	3.65	2.0	9.3	2.5
789	Deutschland, Forstamt Stolp.	Sandiger Lehm, Kiefer u. Lärche, Hainwald	1.43	—	16.1	14.3
813	Dänemark, Sorø, Bolborg Skov.	Lehm auf Ton (Mergel) Buche, *Galeobdolon*-Typ	3.65	4.7	13.7	10.8



Fig. 17. Untersuchungsstelle 1071. Finnland, Valamo. Mineralindex 3.4. (Foto O. T a m m).
Kuva 17. Tutkimuspaikka 1071. Suomi, Valamo. Minerali-indeksi 3.4. (Valokuv. O. T a m m).

Böden Finnlands unvergleichlich mineralreicher sind. Von Finnland weiter nach Süden beginnt ein Unterschied schon in Estland hervorzutreten und wird weiter südlich noch deutlicher. Auch in Südschweden tritt schon ähnlicher magerer Boden auf; am nördlichsten

vertritt er vielleicht die obengenannten von T a m m (1937) untersuchten Böden.

In die über die Podsolböden dargestellte Statistik sind zwei Fälle von Heideböden (Nr. 750 und 754) aufgenommen worden, im übrigen

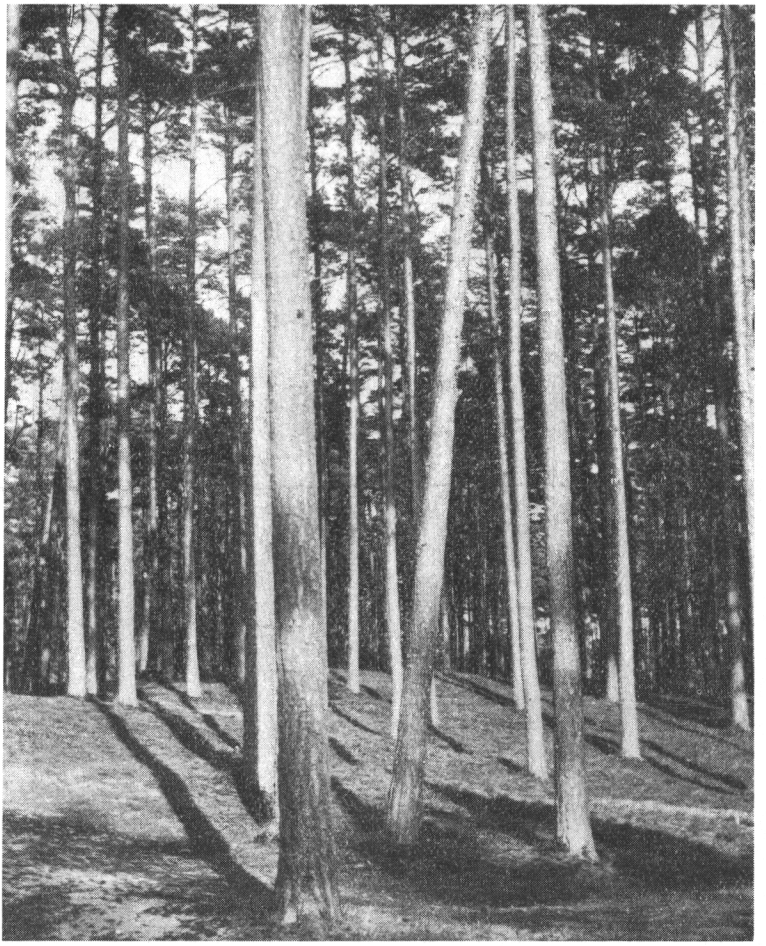


Fig. 18. Untersuchungsstelle 791. Deutschland, Forstamt Steegen. Mineralindex 0.25.

Kuv. 18. Tutkimuspaikka 791. Saksa, Forstamt Steegen. Minerali-indeksi 0.25.

aber vertreten die untersuchten Stellen trockene und frische Heidewälder, die im grossen und ganzen neben die finnischen *VT*- und *MT*-Wälder zu stellen sind. Abgesehen von einigen verhältnismässig ertragsarmen Beständen (Nr. 786, 1146 und 1147) sind die untersuchten Wälder verhältnismässig gut und gut, indem sie in vielen

Fällen die Bonität II vertreten. Auffallend sind u. a. der geringe Mineralindex und der niedrige Kalkgehalt des in Waldbaukreisen bekannten Bodens von Bärenthoren. In den dargestellten Fällen ist der Boden nur bis in eine Tiefe von 50—60 cm untersucht worden,

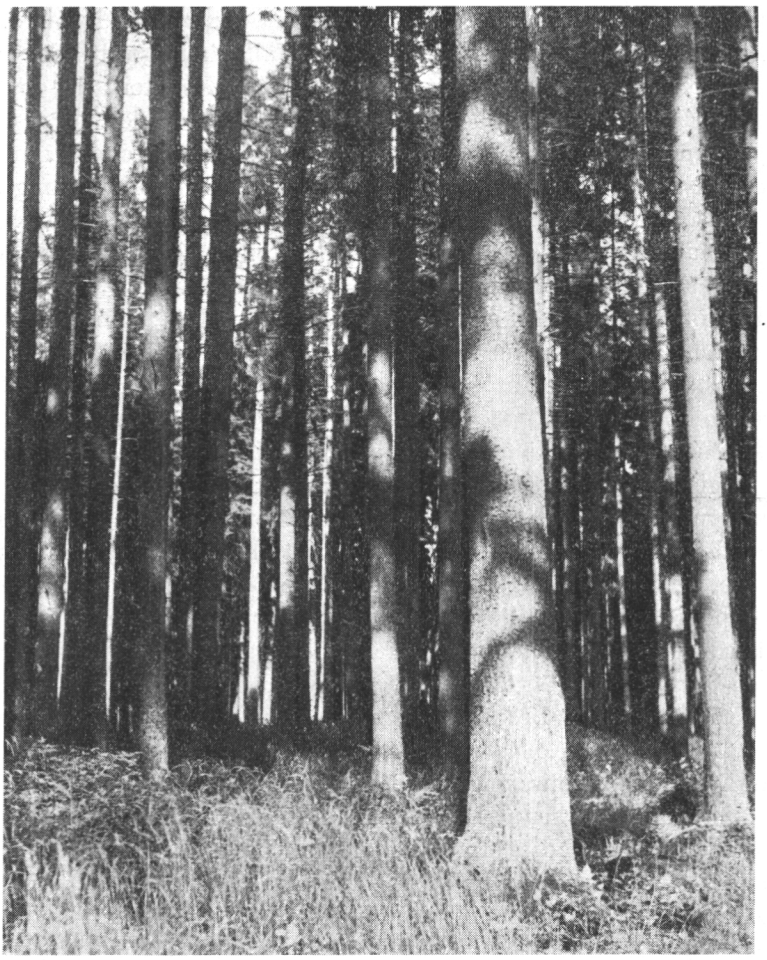


Fig. 19. Untersuchungsstelle 789. Deutschland, Forstamt Stolp. Mineralindex 1.43.
Kuv. 19. Tutkimuspaikka 789. Saksa, Forstamt Stolp. Minerali-indeksi 1.43.

aber nach dem Waldtyp zu urteilen, müssen diese ziemlich groben Böden in grösserer Tiefe irgendwelche wasserhaltenden Schichten führen. (Z. B. in dem Bestand 1130 nahe Krakau fanden sich in etwa 1 m Tiefe eine Tonschicht und Grundwasser.) Auch die untersuchten Braunerden sind unerwartet mineral- (und kalk-) arm. Zwar

sind sie in dieser Beziehung besser als die dargestellten Podsolböden, aber unaufgeklärt ist, inwieweit die bessere Bonität eine Folge der besseren Mineralzusammensetzung, inwieweit sie eine Folge des feinkörnigeren Bodens ist.

Die Moränen- u. a. Böden der mitteleuropäischen Gebirge sind allem Anschein nach mineralreicher als die der Tieflandgebiete. In Tabelle 10 (S. 51) sind zwei derartige Fälle dargestellt, der eine, Nr. 1134 (11), aus den Karpathen (Tschechoslowakei), der andere, Nr. 1145 (12), aus Zobtenberg nahe Breslau. (Der Index 10.9 ist der höchste für die bisher untersuchten ausländischen Proben erhaltene Wert). Nr. 734 (9) und 735 (10) derselben Zusammenstellung sind aus Südschweden (Tönnersjöheden), erstere aus *MT*-Fichtenbestand, letztere aus Braunerde-Buchenbestand, Nr. 1156 (13) aus Estland (Paide), aus gutwüchsigem *OMT*-Fichtenbestand.

Die oben angeführten Beispiele erweisen, dass zum mindesten das Wachstum der Kiefer sogar auf mineralisch sehr schwachem Boden verhältnismässig gut sein kann, wenn die Feuchtigkeitsverhältnisse günstig sind.

Auf schwachem Mineralgrund beruht jedoch offenbar eine Folge, die, obgleich sie nicht unmittelbar auf die Bonität des Bodens einwirkt, mittelbar ertragsvermindernd wirken kann. Die in Frage stehenden Böden (Podsolböden) sind nämlich, wie ich annehmen möchte, gerade wegen ihrer schwachen Mineralzusammensetzung stark podsoliert, und die Auswaschung der Oberflächenschicht des auch sonst schon mageren Bodens führt zur Anhäufung von Rohhumus an der Erdoberfläche. Es ist wahrscheinlich, dass in erster Linie die chemische Beschaffenheit und Feuchtigkeitsverhältnisse des Mineralbodens auf die Geschwindigkeit der Zersetzung und den Charakter der organischen Reste sowie die Podsolierung des Bodens bestimmend einwirken. Der Rohhumus wiederum erschwert die Verjüngung des Waldes und vielleicht auch die Nahrungszufuhr der älteren Bäume (vgl. z. B. Hesselman 1937).

Hinsichtlich der Eignung des Basenmineralindexes als Indikator für die Fruchtbarkeit des Bodens kann auf Grund der oben dargestellten Beobachtungen geschlossen werden, dass die Bedeutung des Indexes in dieser Beziehung ungefähr dieselbe wie die einer gewöhnlichen chemischen Bodenanalyse ist.

IV. Einige Beobachtungen über das Verhältnis der physikalischen Zusammensetzung des Bodens zum Waldtyp.

Im Zusammenhang mit meinen Untersuchungen über Podsolierung wurde insbesondere die Kornverteilung des Bodens beachtet, da sie mit Rücksicht auf seine Auswaschung von hervorragender Bedeutung zu sein schien, und so kamen auch einige Beobachtungen über das Verhältnis der physikalischen Eigenschaften des Bodens zum Waldtypus zusammen. Diese Beobachtungen erscheinen in gewissen Beziehungen so interessant, dass es sich lohnt, sie in diesem Zusammenhang kurz zu beschreiben.

Berücksichtigt man nur die Oberflächenteile des Bodens und fasst man die Bodenart im üblichen geologischen Sinne, so kann einer und derselbe Waldtyp auf mehreren verschiedenen Bodenarten angetroffen werden. Im allgemeinen verhält es sich zwar im grossen und ganzen so, dass die trockenen Heidewälder auf grobkörnigerem Boden als die frischen Heidewälder und die Hainwälder auftreten, doch können zum mindesten frische Heidewälder dann und wann auch auf Sand- und Grusboden angetroffen werden.

An und für sich hat es jedoch den Anschein, wie wenn auch die frischen Heidewälder fest an die Bodenart gebunden wären, wenn ihre Kornverteilung und Struktur von der Oberfläche bis in eine Tiefe von 1—2 Metern in Betracht gezogen werden. In der beigefügten Tabelle 12 sind zur Beleuchtung dieser Erscheinung die Ergebnisse einiger über den Boden von *MT*- und *OMT*-Untersuchungsstellen in Südfinnland ausgeführten Analysen zur Kornverteilung dargestellt (hinsichtlich der Analysenmethode sei hingewiesen auf die Veröffentlichung: Aaltonen 1935, S. 49—50). In die Zusammenstellung sind auch die in der oben S. 27 angeführten Weise erhaltenen Kalkmengen aufgenommen worden.

Wie aus den Ergebnissen festgestellt werden kann, handelt es sich bei den Oberflächenteilen um verhältnismässig grobe Sandböden, bei denen der Boden in tieferen Lagen feiner wird. Nur Nr. 1066 vertritt einen etwas feineren Boden. An der Stelle 975 verändert sich die Kornverteilung bis in die untersuchte Tiefe noch nicht merklicher, wenngleich die Tendenz immerhin symptomatisch ist (leider sind aus

Tabelle 12 — *taul. 12*

Nr.	Waldtyp *metsätyyppi*	Tiefe *syvyys* cm	Kornverteilung in % *raekokoomus %:na*						Ca mval/100 g
			2—0.5	0.5—0.3	0.3—0.05	0.05—0.02	0.02—0.002	<0.002	
975	*MT*	0—2.5	19.7	37.9	26.4	7.0	6.2	2.8	1.5
		2.5—5	22.9	38.7	24.8	6.0	5.5	2.1	1.0
		5—10	27.8	36.1	25.3	3.3	4.0	3.5	1.6
		10—15	28.1	39.3	22.8	4.8	2.9	2.1	2.6
		15—20	32.4	39.3	21.9	2.5	2.5	1.4	3.5
		20—25	30.5	40.7	24.5	2.2	1.5	0.6	4.4
		25—30	23.8	40.3	31.6	2.4	1.5	0.4	4.8
		30—35	16.6	35.4	42.9	3.6	1.1	0.4	—
		40—45	2.3	21.0	68.0	6.5	1.6	0.6	6.2
		50—55	1.2	10.2	78.7	7.3	2.0	0.6	—
		55—60	1.3	10.6	74.3	10.1	3.0	0.7	—
1062	*OMT*	0—5	—	—	—	—	—	—	—
		5—10	53.7	18.5	15.7	3.9	5.4	2.8	—
		10—15	—	—	—	—	—	—	—
		15—20	59.0	14.6	13.4	2.9	5.1	5.0	—
		20—25	—	—	—	—	—	—	—
		25—30	68.5	12.0	9.3	1.2	2.7	6.3	—
		30—35	59.9	12.2	11.8	2.1	3.9	10.1	—
		35—40	7.7	3.8	16.4	5.0	29.8	37.3	—
		40—45	0.8	0.6	15.1	10.3	25.6	47.6	—
1066	*OMT*	0—5	20.8	29.2	31.8	7.4	7.3	3.5	3.2
		5—10	21.3	29.4	31.7	6.4	7.5	3.7	2.8
		10—15	22.4	30.1	30.4	6.4	7.3	3.4	2.8
		15—20	25.7	29.0	27.8	6.5	7.2	3.8	2.4
		20—25	22.3	29.8	28.5	7.7	8.3	3.4	2.0
		25—30	21.4	29.5	29.3	7.9	8.6	3.3	1.9
		30—35	22.3	31.3	27.7	7.6	8.0	3.1	2.0
		40—45	20.4	30.3	29.8	7.9	8.5	3.1	1.9
		80—90	36.2	28.7	18.7	6.6	7.4	2.4	1.6
		90—100	3.0	4.4	31.0	26.1	30.7	4.8	—
1071	*OMT*	0—5	16.9	33.1	46.0	1.7	1.7	0.6	2.0
		5—10	19.8	36.6	40.2	1.5	1.3	0.6	—
		10—15	18.6	30.9	46.6	1.8	1.3	1.0	2.2
		15—20	17.7	37.1	42.2	1.1	1.1	0.8	—
		20—25	12.4	32.1	52.7	1.3	0.8	0.7	2.6
		25—30	14.5	31.2	51.8	1.2	0.8	0.5	—
		30—35	15.7	34.6	47.7	0.9	0.8	0.3	3.6
		40—45	10.9	37.5	49.7	1.1	0.4	0.4	3.1
		77—80	2.2	5.2	17.9	11.7	17.7	45.3	30.2
1162	*OMT*	0—5	—	—	—	—	—	—	2.1
		5—10	13.0	43.1	36.0	2.8	3.3	1.8	2.2
		10—15	—	—	—	—	—	—	3.7
		15—20	17.8	47.4	30.1	1.5	1.7	1.5	4.6
		20—25	—	—	—	—	—	—	4.7
		25—30	24.3	41.2	32.0	0.9	0.5	1.1	4.8
		30—35	—	—	—	—	—	—	5.7
		35—40	11.8	25.1	60.8	0.8	0.4	1.1	—
		40—45	—	—	—	—	—	—	5.6
		45—50	3.4	27.7	66.8	0.7	0.5	0.9	—
		130—140	0.0	4.6	52.7	2.0	19.0	21.7	9.7
		140—150	0.0	1.1	14.0	14.5	28.7	41.7	17.2

dem Profil keine Proben aus grösserer Tiefe entnommen worden). In anderen Fällen ist der betreffende Unterschied ziemlich schroff. Besondere Aufmerksamkeit verdienen vorwiegend die Stellen 1066 und 1071, erstere auf der Karelischen Landenge, letztere auf der Insel Valamo (Fig. 17), die hinsichtlich des Ertrages die in finnischen Verhältnissen besten Leistungen vertreten. Der Basenmineralindex schwankt im ersteren Falle von der Oberfläche bis in eine Tiefe von 50 cm zwischen 1.93—2.97, im letzteren beträgt er in 30—50 cm Tiefe unter Gelände 3.35.

Für das Auftreten der in Frage stehenden Waldtypen in diesen Fällen kann ich keine andere Erklärung ausser derjenigen finden, dass der tiefer gelegene feine Boden das Abfliessen des Wassers erschwert und die obere Bodenschicht ständig frisch erhält. (Grundwasser ist bis in die untersuchten Tiefen nicht angetroffen worden.) Der in 1 m Tiefe und sogar noch tiefer gelegene feinere Sand müsste also bis in die Oberflächenteile des Bodens auf die Feuchtigkeitsverhältnisse einwirken, denn sonst liesse sich das Auftreten einer solchen Untervegetation, wie sie hier in Frage steht, nicht erklären. Wenn die Bodenkrume in ihrer Gesamtheit verhältnismässig fein ausfällt, wie es in den *MT*- und *OMT*-Wäldern meistens der Fall ist, hält sie natürlich schon genügend Feuchtigkeit. Es ist wahrscheinlich, dass das in gleicher Tiefe anstatt einer feineren Schicht in Sandboden vorhandene Grundwasser nicht in gleicher Weise, d. h. gleich vorteilhaft, auf die Feuchtigkeitsverhältnisse des überlagernden Bodens einwirkte. Dies ist vorläufig nur eine Annahme, aber die mancherorts angestellten Beobachtungen scheinen ihr eine Stütze zu verleihen.

In Anbetracht der Grundlagen der Waldtypentheorie ist die betreffende Erscheinung insofern beachtenswert, als die tieferen Schichten offenbar sowohl mit dem Ertrag des Bestandes als auch mit der Beschaffenheit der Bodenflora gleicherweise in bestimmtem Kausalzusammenhang stehen. Ist doch behauptet worden, dass die Wasser- und Nährstoffaufnahme der Bodenflora sich nur auf die Oberflächenteile des Bodens, die der Bäume sich aber tiefer erstrecke. Z. B. Hartmann (1923) erwähnt, dass die Bodenflora, wenn sie überhaupt auf die Chemie und Physik des Mineralbodens reagiert, nur über den Zustand der obersten Schichten, in denen sie selbst wurzelt, etwas sagen kann. An und für sich ist es niemals durch exakte Forschungen erwiesen worden, einen wie grossen Teil des Wassers und der Nährstoffe die Bäume wirklich aus dem Grundwasser, einen wie grossen weiter aufwärts entnehmen. An Mineralnährstoffen kann zum mindesten von dem in Finnland anzutreffenden unverwitterten Untergrund nur eine sehr geringe Menge aufgelöst werden.

Mit Rücksicht auf die chemische Bodenanalyse bedeutet das Auftreten eines und desselben Waldtyps auf hinsichtlich der Kornverteilung der Oberflächenteile veränderlichem Boden u. a., dass die Nährstoffbestimmungen, die sich meist nur auf die oberflächlichen Partien beziehen, bei einem und demselben Waldtyp auf verschiedene Ergebnisse führen, je nachdem um welche Bodenart es sich jeweils handelt. Schon die chemische Zusammensetzung der verschiedenen Fraktionen ist verschieden, und aus feinerem Boden löst sich verhältnismässig mehr als aus gröberem auf. Ausserdem ist noch zu bemerken, dass gröberer Boden stärker oder zum mindesten bis in grössere Tiefe ausgewaschen ist als feinerer Boden (unter gleichen Feuchtigkeitsverhältnissen).

In diesem Zusammenhang erwähnt zu werden verdient noch ein Fall, in dem *MT*-Fichtenbestand auf verhältnismässig grobem Sandboden wächst. (Die Stelle liegt auf Uferkies des vorzeitlichen Ancylussees; unmittelbar oberhalb ihrer liegt ein gerölliger Uferwall). Bis zu 50 cm Tiefe ist die Kornverteilung in diesem Fall folgende:

Tabelle 13 — *taul. 13*

Nr.	Waldtyp *metsätyyppi*	Tiefe *syvyys* cm	Kornverteilung in % *raekokoomus %:na*						Ca mval/100 g
			2—0.5	0.5—0.3	0.3—0.05	0.05—0.02	0.02—0.002	<0.002	
1161	*MT*	0—5	—	—	—	—	—	—	2.5
		5—10	37.9	33.4	23.0	1.7	2.1	1.9	4.2
		10—15	—	—	—	—	—	—	4.5
		15—20	44.5	35.2	17.4	1.1	0.9	0.9	4.6
		20—25	—	—	—	—	—	—	4.7
		25—30	50.2	33.1	15.3	0.5	0.5	0.4	5.3
		30—35	—	—	—	—	—	—	5.5
		35—40	44.7	37.1	16.5	0.8	0.4	0.5	—
		40—45	—	—	—	—	—	—	5.5
		45—50	49.6	36.4	12.4	0.7	0.4	0.5	—

Von 50 cm Tiefe an abwärts ist der Boden nach augenscheinlicher Schätzung zum mindesten bis in eine Tiefe von 160 cm gröber als weiter oben. Die Oberkrume umfasst eine 30—40 cm mächtige stark steinhaltige Schicht, die stellenweise insbesondere zwischen 20—30 cm fest gepackt ist. Von etwa 130 cm Tiefe an wird zugleich der Boden steinig. Auf Grund der Erfahrungen, die ich bisher über die Beziehung des Waldtyps zum Boden gemacht habe, kann auf so grobem, steinfreiem Sandboden kein so typischer *MT*-Bestand auftreten, wie er in diesem Fall anzutreffen ist. Die einzige wahrscheinliche Erklärung ist, dass die steinhaltige Oberflächenschicht das Wasser wirksamer hält als eine steinfreie. Die Kornverteilung des

Bodens kann die gleiche, seine Wasserhaltefähigkeit dagegen veränderlich sein, je nachdem wie fest die Bodenkrümel gegeneinander gepresst sind. Die Steine wiederum pressen anscheinend mit ihrem Gewicht den Boden dichter.

Zum Vergleich mit den vorhergehenden Fällen sei hier noch im Folgenden eine Analysenreihe dargestellt, die ich als im allgemeinen kennzeichnend für den Boden der südfinnischen *MT*-Wälder halten möchte. Das Profil erstreckt sich bis in eine Tiefe von nur 60 cm, so dass allerdings leider das von ihm vermittelte Bild unvollständig bleibt.

Tabelle 14 — *taul. 14*

Nr.	Waldtyp *metsätyyppi*	Tiefe *syvyys* cm	Kornverteilung in % *raekokoomus %:na*						Ca mval/100 g
			2—0.5	0.5—0.3	0.3—0.05	0.05—0.02	0.02—0.002	<0.002	
1057	*MT*	0—5	2.1	1.9	58.4	23.1	11.3	3.2	3.3
		5—10	3.3	2.4	54.5	24.7	11.1	4.0	3.7
		10—15	2.8	2.3	55.3	25.0	11.1	3.5	4.4
		15—20	2.7	2.5	52.2	27.3	11.8	3.5	4.3
		20—25	2.0	1.9	52.4	28.6	11.9	3.2	6.1
		25—30	0.7	0.9	48.5	33.5	13.4	3.0	7.1
		30—35	0.6	0.8	50.1	31.7	13.7	3.1	7.4
		40—45	1.4	1.4	53.3	25.5	15.1	3.3	6.9

Oben ist also u. a. der *Myrtillus*-Typ auf drei in der Kornverteilung und Struktur bedeutend voneinander unterschiedenen Böden zur Darstellung gelangt. Es können natürlich auch noch mancherlei andere Fälle auftreten, aber wahrscheinlich ist, dass sie vom Standpunkt der Vegetation in ihren Feuchtigkeitsverhältnissen doch ± gleichwertig sind.

Wie eine tiefer im Boden vorhandene feinkörnige Schicht auf die Feuchtigkeitsverhältnisse der Oberkrume einwirken kann, erhellt beispielsweise aus einer Beobachtung an einem versumpften Sandboden. Das Aussehen des betreffenden Profils ist durch Fig. 20 wiedergegeben. Die Stelle ist vor einigen Jahren entwässert worden, und über den Grundwasserstand vor der Entwässerung liegen keine Angaben vor, aber offenbar hat die Tonschicht in einer Tiefe von 85—98 cm mit auf die Vermoorung eingewirkt und auch fernerhin die Oberkrume ständig frisch erhalten. Nach der Podsolierung des Bodens zu urteilen, hat das Grundwasser zum mindesten nicht höher als 70 cm stehen können.

Ausser den oben (S. 19—34) beschriebenen chemischen und mikrobiologischen Untersuchungen bestand, wie (S. 17—8) erwähnt, die Absicht, auch einige physikalische Laboratoriumsbestimmungen zu machen,

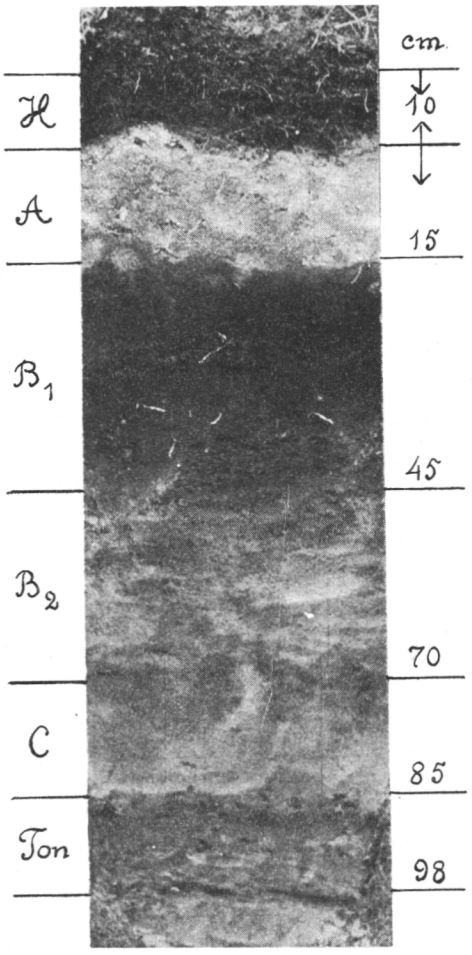


Fig. 20. Profil 1164. Sandboden. Feuchter Heidewald.

Kuva 20. Profiili 1164. Hiekkamaa. Kostea kangasmetsä.

und für diese wurden aus Tiefen von 0—10, 20—30, 40—50 und 60—70 cm Bodenproben entnommen. Da es sich später erwies, dass die untersuchte Tiefe nicht ausreichte, wurde auf diese Bestimmungen verzichtet. Die auf die Wasserhaltefähigkeit bezogenen Bestimmungen, die angestellt werden konnten, verdienen jedoch hier erwähnt zu werden, da auch sie ihrerseits das Verhältnis zwischen Bodenart und Bodenstruktur zum Waldtyp in gewissem Masse beleuchten. Zur Bestimmung wurde die von Bouyoucos dargestellte Methode (vgl. Aaltonen 1935, S. 56—7) benutzt, und die Untersuchungen betreffen ständige Probeflächen der Forstlichen Forschungsanstalt in Versuchsgebieten Raivola und Veikkola. Der Boden ist auf allen Sand, hier feinerer, dort gröberer; Steine gibt es nur in geringeren Mengen und in den meisten Fällen überhaupt nicht. Auf jeder Probefläche wurden 4 (in einem Fall nur 2) einige Meter voneinander entfernt gelegene Stellen untersucht. Die Bestimmungen wurden in 6 *VT*-Beständen, 5 *MT*-Beständen und 1 *CT*-Bestand ausgeführt. Die folgende Tabelle (Nr. 15) gibt die erhaltenen Ergebnisse wieder.

Die Mittelwerte des *Vaccinium*- und des *Myrtillus*-Typs sind folgende:

	0—10	20—30	40—50	60—70	cm
VT	9.1	5.4	4.2	3.4	%
MT	12.6	7.8	5.4	4.9 (6.5)	»

Tabelle 15 — *taul. 15*

Tiefe *syvyys* cm	Wasserhaltungsvermögen in % — *vedenpidätyskyky* %:*na*														
	Parallelstellen *parallelikohdat*				M	Parallelstellen *parallelikohdat*				M	Parallelstellen *parallelikohdat*				M
	1	2	3	4		1	2	3	4		1	2	3	4	
	Vaccinium-Typ														
	Probefläche 2 — *koeala 2*					Probefläche 4 — *koeala 4*					Probefläche 8 — *koeala 8*				
0—10	12.6	7.9	10.6	11.3	10.6	7.1	6.5	6.4	8.7	7.2	9.4	10.7	8.6	8.6	9.3
20—30	4.5	4.4	3.7	4.9	4.4	4.3	3.4	4.1	3.5	3.8	5.7	7.5	7.3	8.3	7.2
40—50	3.4	4.9	3.5	5.5	4.3	3.4	3.4	3.5	3.4	3.4	2.6	5.8	6.8	7.3	5.6
60—70	2.9	3.4	3.9	4.1	3.6	3.3	3.1	2.9	3.7	3.3	4.8	7.1	1.8	4.1	4.5
	Probefläche 12 — *koeala 12*					Probefläche 13 — *koeala 13*					Probefläche 14 — *koeala 14*				
0—10	7.6	6.2	7.8	8.4	7.5	9.0	8.5	8.5	4.9	7.7	10.0	9.9	9.9	9.2	9.8
20—30	3.4	3.6	4.8	4.5	4.1	6.3	4.3	6.7	4.0	5.3	5.8	8.2	8.0	8.7	7.7
40—50	3.8	2.8	2.3	3.7	3.2	4.7	3.1	3.6	3.3	3.7	3.7	2.9	6.1	6.8	4.9
60—70	4.1	2.6	2.3	3.2	3.1	2.4	3.4	2.6	2.6	2.8	2.6	2.7	2.3	3.7	2.8
	Myrtillus-Typ														
	Probefläche 1 — *koeala 1*					Probefläche 5 — *koeala 5*					Probefläche 6 — *koeala 6*				
0—10	15.0	13.7	13.6	15.9	14.6	15.9	12.6	—	—	14.3	14.7	16.1	12.6	13.7	14.3
20—30	9.0	9.1	9.3	10.0	9.4	9.7	8.6	—	—	9.2	5.5	10.9	8.1	6.3	7.7
40—50	8.3	7.0	7.7	6.8	7.5	8.1	6.1	—	—	7.1	3.4	4.9	3.0	4.5	4.0
60—70	7.8	8.2	(14.4)	7.9	(9.6)	5.9	6.1	—	—	6.0	3.0	3.6	4.1	3.5	3.6
	Probefläche 10 — *koeala 10*					Probefläche 11 — *koeala 11*					*Calluna*-Typ				
0—10	11.9	10.0	11.3	11.9	11.3	10.3	10.6	9.4	10.3	10.2	8.7	7.3	7.6	6.5	7.5
20—30	5.5	11.5	7.1	5.7	7.5	4.9	8.1	5.8	6.7	6.4	4.2	3.0	3.2	4.7	3.8
40—50	6.8	8.7	2.4	3.4	5.3	3.1	6.5	2.5	4.2	4.1	2.7	2.9	3.1	4.7	3.6
60—70	(14.9)	8.5	2.3	(13.7)	(9.9)	3.4	4.6	2.1	3.1	3.3	2.6	2.3	2.6	2.5	2.5

Nur aus dem Material einiger lediglich auf Grund der Pflanzendecke ausgewählten — Probeflächen lässt sich also in diesem Fall ein deutlicher Unterschied zwischen *VT* und *MT* ermitteln, ein Ergebnis, das z. B. mittels einer chemischen Bodenanalyse kaum erhalten worden wäre.

Die obengenannten Fälle sind aus den südlichsten Teilen Finnlands. Einige Beobachtungen aus Nordfinnland weisen darauf hin, dass dort das Verhältnis zwischen der physikalischen Zusammensetzung des Bodens und dem Waldtyp nicht so fest wie in Südfinnland wäre. Wie bereits oben erwähnt, hat auch in Nordschweden unter ungefähr entsprechenden Verhältnissen W r e t l i n d (1934, 1935) Untersuchungen über diese Erscheinung angestellt und ist zu dem Ergebnis gekommen, dass abgesehen von den allertrockensten Böden (»skarpmarkspodsol») der moos- oder flechtenreiche (»hedartad») Typ der Nadelwälder nicht von dem eigenen Feuchtigkeitsgrad des Bodens abhängt, vielmehr ist ihr Auftreten in erster Linie durch

die von der Vegetation durchlaufene Entwicklungsgeschichte zu erklären, in der vorwiegend die Waldbrände eine wichtige Rolle gespielt haben.

Meine eigenen Untersuchungen sind vorläufig für eine sachliche Erörterung und eine gründliche Erklärung der Erscheinung nicht ausreichend. Erwähnt werden können hier nur zwei eingehender untersuchte Fälle, die im Zusammenhang mit meinen Podsoluntersuchungen aufgetreten sind (um den 65. und 66. Breitengrad). In Tabelle 16 sind die Ergebnisse der Analysen der Kornverteilung dieser Stellen angeführt, Aluminium und Eisen des anorganischen Kolloidkomplexes (Bestimmung nach T a m m 1922, 1932) sowie organischer Kohlenstoff.

Tabelle 16 — *taul. 16*

Nr.	Waldtyp *metsätyyppi*	Tiefe *syvyys* cm	Kornverteilung in % *raekokoomus %:na*						Al_2O_3	Fe_2O_3	Org. C
			2—0.5	0.5—0.3	0.3—0.05	0.05—0.02	0.02—0.002	<0.002	%		
1074	*CClT*	0—5	—	—	—	—	—	—	0.01	0.05	0.33
		5—10	5.6	7.5	47.2	17.6	20.0	2.1	0.05	0.10	0.23
		10—15	—	—	—	—	—	—	4.46	2.40	1.34
		15—20	5.2	7.8	51.6	15.6	16.7	3.1	2.09	1.15	0.41
		20—25	—	—	—	—	—	—	1.32	0.94	0.25
		25—30	4.8	7.1	43.8	17.7	22.7	3.9	1.16	0.82	0.21
		30—35	—	—	—	—	—	—	0.99	0.56	0.20
		40—45	3.9	4.3	33.0	19.7	33.7	5.4	0.72	0.41	0.15
		45—50	3.5	4.5	37.2	18.8	30.8	5.2	—	—	—
1077	*CClT*	0—5	—	—	—	—	—	—	0.03	0.16	0.48
		5—10	5.0	6.1	77.0	8.9	1.6	1.4	1.59	1.26	0.72
		10—15	—	—	—	—	—	—	1.68	1.05	0.45
		15—20	0.8	1.4	49.7	26.5	20.6	1.0	1.40	0.87	0.52
		20—25	—	—	—	—	—	—	0.75	0.65	0.22
		25—30	0.0	0.0	76.9	21.0	1.4	0.7	0.55	0.54	0.17
		30—35	—	—	—	—	—	—	0.50	0.48	0.09
		40—45	0.0	0.0	72.1	25.2	2.0	0.7	0.65	0.52	0.18
		45—50	0.0	0.0	21.5	27.7	49.2	1.6	—	—	—

Vorwiegend Nr. 1074 (Fig. 21) ist ein interessanter Fall. Der Boden ist fein, noch feiner als im allgemeinen der von Fichtenbeständen des dickmoosigen Typs. Die Podsolierung ist sehr stark, was unter diesen Verhältnissen zu erkennen gibt, dass insbesondere der Humus im B-Horizont deutlich angereichert ist. Eine derartige Podsolierung ist nur bei verhältnismässig frischem Boden möglich, und da der Boden doch von ununterbrochener Flechte bedeckt ist, in der hier und dort Heideflecken auftreten (ein grosser Teil des Heidekrauts ist abgestorben!), ist das Verhältnis zwischen Struktur und Vegetation des Bodens in diesem Fall aussergewöhnlich. An Stelle Nr. 1077 ist der Boden etwas gröber und auch die Podsolierung

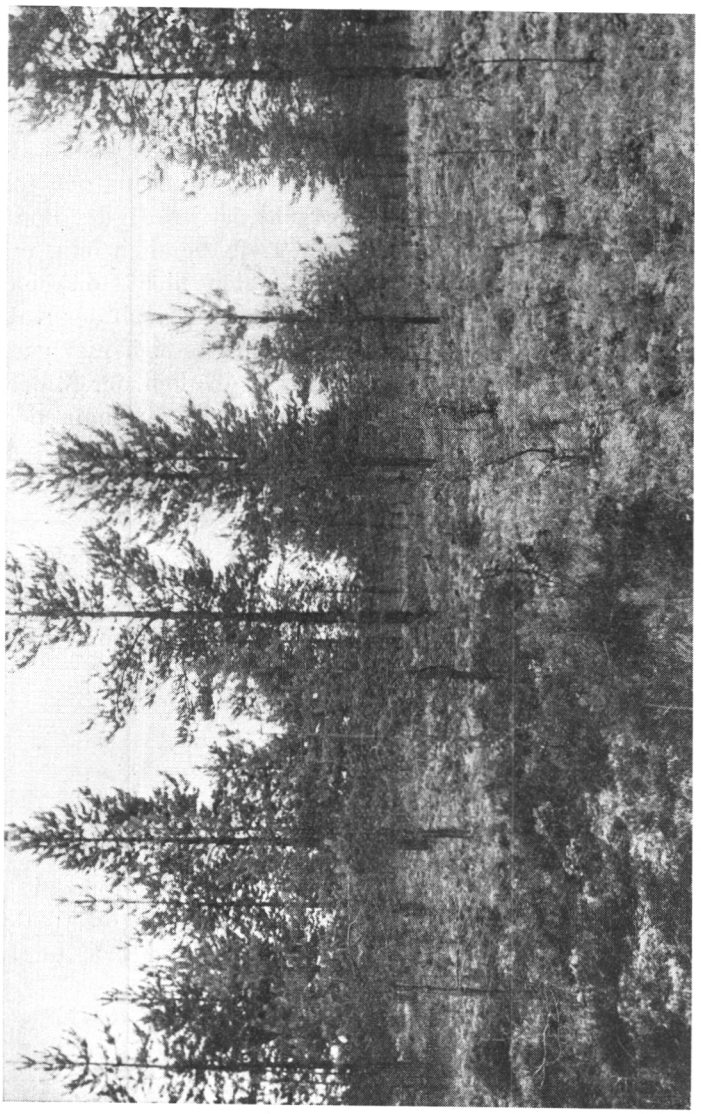


Fig. 21. Untersuchungsstelle 1074. Finnland, Suomussalmi. (Foto O. T a m m).
Kuva 21. Tutkimuspaikka 1074. Suomussalmi. (Valokuv. O. T a m m).

schwächer, aber auch in diesem Fall entspricht der Waldtypus nicht dem Feuchtigkeitsgrad des Bodens. An beiden Stellen wächst junger, lichter und ungleichaltriger Kiefernbestand, der nach den Abholzungen entstanden ist. Das Wachstum erscheint ziemlich gut und ist jedenfalls besser als bei dem gemeinen Flechtentypus trockenen Sandbodens.

Als e i n Beispiel kann noch aus nördlicherer Gegend (zwischen 68. und 69. Breitengrad) eine untersuchte Stelle erwähnt werden,

an der als Bodenflora zwar auch Zwergsträucher *(Empetrum nigrum, Vacc. vitis idaea)* und etwas Moos, aber dennoch Flechte vorherrschend und geprägeverleihend auftritt. Diese Stelle ist erwähnt worden in meinen früheren Podsoluntersuchungen (Aaltonen 1935, S. 32, Nr. 853), wo sie der Klasse der trockenen Heidewälder und dem Flechtentypus (*ECltT*) angegliedert ist. Wie aus den folgenden Analysenergebnissen (Tab. 17) hervorgeht, ist jedoch der Boden auch an dieser Stelle besonders in grösserer Tiefe ziemlich fein, und auch der Podsolierungsgrad erweist, dass es sich nicht um einen sehr trockenen Standort handelt. In die Tabelle sind auch der Kalkgehalt und Mineralindex aufgenommen worden, da es sich hier gerade um den obengenannten Fall (S. 49) handelt, in dem der Mineralindex verhältnismässig hoch und demgegenüber der Kalkgehalt niedrig ist.

Tabelle 17 — *taul. 17*

Nr.	Waldtyp *metsätyyppi*	Tiefe *syvyys* cm	Kornverteilung in % — *raekokoomus* %:*na*						Al_2O_3	Fe_2O_3	Org. *C* %	Ca *mval*/100 g	Min.-ind.
			2—0.5	0.5—0.3	0.3—0.05	0.05—0.02	0.02—0.002	<0.002	%				
853	*EClT*	0—4	18.8	29.9	37.7	5.7	5.0	2.9	0.04	0.04	0.75	0.7	18.2
		4—9	12.0	24.7	40.1	8.6	8.2	6.4	0.75	0.63	0.75	1.7	—
		9—14	12.6	25.3	39.9	8.4	7.8	6.0	0.52	0.49	0.55	1.5	19.3
		14—19	19.5	24.5	35.7	6.9	6.8	6.6	1.09	0.54	0.60	1.8	—
		19—24	11.8	23.6	44.6	9.1	7.6	3.3	1.62	0.44	0.44	2.3	25.4
		24—29	13.0	25.2	40.7	9.7	7.2	4.2	0.95	0.28	0.22	2.3	—
		29—34	9.0	21.2	39.1	12.3	11.4	7.0	0.80	0.24	0.20	2.4	21.2
		39—44	9.6	18.8	29.5	9.2	18.2	14.7	0.70	0.36	0.18	2.5	23.4

Zum Vergleich werden in folgender Tabelle ferner die Mittelwerte der Kornverteilung wiedergegeben, die für die Wälder des Flechtentyps alten Sandbodens in Nordfinnland erhalten worden sind (Aaltonen 1935):

Tabelle 18 — *taul. 18*

Tiefe *syvyys* cm	Kornverteilung in % — *raekokoomus* %:*na*				
	2—0.5	0.5—0.25	0.25—0.02	0.02—0.002	< 0.002
0—5	11.3	13.6	71.4	2.97	0.80
5—10	12.3	17.2	67.3	2.12	1.16
10—15	13.1	17.4	67.1	1.63	0.81
15—20	13.6	19.8	64.8	1.21	0.56
20—25	11.4	21.8	65.6	0.97	0.33
25—30	11.5	25.6	62.1	0.54	0.24
30—40	9.7	27.1	62.7	0.41	0.18
40—50	13.1	31.1	55.3	0.34	0.16

Ausser den zur Wasserhaltefähigkeit angestellten Bestimmungen, deren Ergebnisse oben besprochen worden sind, ist ferner eine gleiche Bestimmung über den Boden eines Bestandes vom Flechtentyp in Nordfinnland ausgeführt worden (Kirchdorf Kuusamo). Die Ergebnisse, die in der folgenden Zusammenstellung (Tabelle 19) angeführt sind, erweisen ebenfalls, dass der Flechtentyp in Nordfinnland auf einem Boden auftreten kann, dessen Wasserhaltefähigkeit im Vergleich zu den aus Südfinnland dargestellten Werten verhältnismässig hoch ist.

Tabelle 19 — *taul. 19*

Tiefe *syvyys* cm	Parallelstellen — *parallelikohdat*				M %
	1	2	3	4	
	Wasserhaltungsvermögen in % — *vedenpidätyskyky %:na*				
0—10	17.3	17.3	13.4	16.1	16.0
20—30	6.3	5.4	6.1	6.0	6.0
40—50	5.0	5.7	6.4	6.0	5.8
60—70	5.4	5.7	6.4	(19.2)	5.8

Wie allgemein derartige Fälle in Nordfinnland sind, darüber liegen vorläufig noch keine Angaben vor. Vielleicht vermag die gegenwärtig unternommene zweite allgemeine Reichswaldtaxierung weiteren Aufschluss über den Sachverhalt zu verschaffen. Bei dieser Arbeit nämlich wird auf jeder Probefläche neben anderen Beobachtungen auch die Stärke der Humusschicht und des A-Horizonts aufgenommen. Bevor hinreichend umfassendes Material über das Auftreten der in Frage stehenden Erscheinung in verschiedenartigen Verhältnissen vorliegt, kann auch über ihre Ursachen nichts Sicheres ausgesagt werden. Doch ist es wenig wahrscheinlich, dass das Auftreten der Waldtypen auch in Nordfinnland von der Bodenart in dem Masse und in der Weise unabhängig wäre, wie z. B. Wretlind (1934, 1935) es in Nordschweden dargestellt hat. Die Podsolierungsstufe des Bodens wird jedenfalls in erster Linie durch die Bodenfeuchtigkeit bestimmt. Die Vegetation ist ein sekundärer Faktor.

*

Die oben dargestellten Beobachtungen über die Beziehung zwischen den physikalischen Eigenschaften des Bodens und dem Waldtyp (in Süd- und in Nordfinnland) sind zusammenhangslose, in Verbindung mit anderen Untersuchungen gemachte gelegentliche Wahrnehmungen, doch berechtigen sie zu der Annahme, dass zum

mindesten in gemeinen Heidewäldern die ungleichwertigen Standorte durch physikalische Untersuchungen leichter als durch chemische voneinander unterschieden werden könnten. Entscheidend erscheinen die Feuchtigkeitsverhältnisse, und somit handelt es sich vor allem darum, wie sie quantitativ zu messen und in einfacher, aber hinreichend genauer Weise auszudrücken wären. Bei den Hainwäldern ist offenbar ausserdem die mineralische Beschaffenheit des Bodens in Betracht zu ziehen, wozu vielleicht eine in dieser oder jener Weise ausgeführte Kalkbestimmung ausreicht. Ob der Kalk an sich für die Bonität entscheidend ist, bedeutet in diesem Zusammenhang eine Nebensache. Die Hauptsache ist, dass nach den bisherigen Untersuchungen Kalkgehalt und Fruchtbarkeit des Waldbodens offenbar in direkt proportionalem Verhältnis zueinander stehen.

Es bleibt Aufgabe der fortzusetzenden Untersuchungen zu erweisen, wie weit man auf dem hier vorgezeichneten Wege vorwärts zu schreiten vermag.

Kurze Zusammenfassung für Referate

V. T. Aaltonen, Über die bodenkundliche Bonitierung der Waldstandorte. I. Comm. instit. forest. Fenn., 25, 1, 1937.

Die Ertragsfähigkeit des Bodens auf Grund seiner Eigenschaften zu bestimmen, ist eine der wichtigsten Aufgaben der forstlichen Bodenforschung. Gleichzeitig ist sie eine der schwierigsten, denn allem Anschein nach ist die Ertragsfähigkeit selten von einem oder auch nur einigen wenigen Faktoren abhängig, vielmehr ist sie meist das Ergebnis der Zusammenwirkung mehrerer Faktoren. In der zu besprechenden Veröffentlichung kommt es darauf an, hauptsächlich unter den in Finnland gegebenen Verhältnissen teils mit Hilfe chemischer und mikrobiologischer Analysen, teils durch Betrachtung des Verhältnisses der Mineralzusammensetzung des Bodens zur Ertragsfähigkeit und schliesslich durch Darstellung einiger Beobachtungen über die Bedeutung der physikalischen Eigenschaften des Bodens das in Frage stehende Problem zu beleuchten. Es ist wahrscheinlich, dass zum mindesten in Heidewäldern vor allem die Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens seine Ertragsfähigkeit bestimmen. Bei den besten Böden (in Hainwäldern) ist neben den Feuchtigkeitsverhältnissen anscheinend der Kalk der wirksamste Faktor. Es handelt sich somit vorwiegend darum, wie die Fähigkeit des Bodens, den Pflanzen Wasser zu bieten, in einfacher, aber hinreichend genauer Weise bestimmt und quantitativ zum Ausdruck gebracht werden könnte.

Brief English summary for abstracts

V. T. Aaltonen, Determination of the productive capacity of forest soils on the basis of soil properties. I. (German.). Commun. instit. forest. Fenn., 25, 1, 1937.

Determination of the productivity of soil on the basis of its properties is one of the most important objects of forest soil research. At the same time, it is one of its most difficult problems, for it seems that the productivity seldom depends upon a single factor or even a few factors, but is usually a result of the combined actions of several factors. The paper reviewed here is an attempt to throw light on this problem with regard to Finnish conditions, partly on the basis of chemical and microbiological analyses, partly by studying the relationship between the productivity of soil and its mineral composition, and lastly, by presenting certain observations concerning the significance of the physical properties of the soil. It is probable that at least in moss forests, the productivity of soil is primarily determined by its moisture conditions. In best soils (grassherb forests), lime is, next to the moisture conditions, apparently the most decisive factor. It thus remains to settle the question, how the ability of the soil to supply water to plants could be determined in a simple but sufficiently accurate way and how it could be expressed quantitatively.

Literaturverzeichnis

Aaltonen, V. T., 1925. Über den Aziditätsgrad (pH) des Waldbodens Comm. ex. instit. quaest. forest. Finl. edit., 9.
—»— 1926. Über die Umsetzungen der Stickstoffverbindungen im Waldboden. Comm. ex instit. quaest. forest. Finl. edit., 10.
—»— 1929. Über die Möglichkeit einer Bonitierung der Waldstandorte mit Hilfe von Bodenuntersuchungen. Acta forest. fenn., 34.
—»— 1932. Über den Einfluss der Holzart auf den Boden. Comm. instit. forest. Fenn., 17, 5.
—»— 1933. Über die postglazialen, natürlichen Veränderungen des Waldbodens in Finnlands. Comm. instit. forest. Fenn., 18. 4.
—»— 1935. Zur Stratigraphie des Podsolprofils. I. Comm. instit. forest. Fenn., 20, 6.
Aarnio, B., 1934. Über die Einwirkung der Gesteinsarten auf die Pflanzennährstoffe des Naturbodens. Soil Division of the Central Agricult. Experiment Station of Finland. Agrogeol. julk., 35.
—»— 1935. On the Factors acting upon the Qualities of the Humus containing Layer of Natural Soils. Soil Division of the Central Agricult. Experiment Station of Finland. Agrogeol. julk., 39.
Albert, 1924. Die ausschlaggebende Bedeutung des Wasserhaushaltes für die Ertragsleistungen unserer diluvialen Sande. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw., S. 193—202.
—»— 1925. Der waldbauliche Wert der Dünensande, sowie der Sandböden im allgemeinen. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw., S. 129—39.
—»— 1934. Die ärmsten Waldböden Norddeutschlands. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw., S. 275—82.
Barth, Hans, 1928. Eichenstandort und Bodeneigenschaften. Forstwiss. Centralbl., S. 793—809 u. 824—35.
Bujakowsky, Werner, 1930. Beitrag zur Bedeutung des Humus für die Nährstoffversorgung unserer Waldbäume. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw., S. 257—80.
Burger, Hans, 1924 a. Physikalische Eigenschaften der Wald- und Freilandböden. Mitt. d. Schw. Zentralanst. f. d. forstl. Versuchsw. 13, 1.
—»— 1924 b. Waldbodenphysik und Stockrodung. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw., S. 451—61.
Cajander, A. K., 1909. Über Waldtypen. Acta forest. fenn. 1 und Fennia 28.
—»— 1913. Studien über die Moore Finnlands. Acta forest. fenn., 2 (S. 85) und Fennia, 35.
—»— 1916. Metsänhoidon perusteet. I. Kasvibiologian ja kasvimaantieteen pääpiirteet. Porvoo.
—»— 1921. A. K. Cajander und Yrjö Ilvessalo, Ueber Waldtypen. II. Acta forest. fenn., 20 und Fennia, 43.
—»— 1926. The Theory of Forest Types. Acta forest. fenn., 29.

Chirita, Constantin D., 1931. Untersuchungen über den Nährstoffgehalt der Waldhumusauflagen unter Berücksichtigung der mineralischen Unterlage und Betrachtungen über ihre Bedeutung für die Ertragsfähigkeit der Waldböden. Forstwiss. Centralbl., S. 468—78 u. 499—513.

Coile. T. S., 1935. Relation of Site Index for Shortleaf Pine to certain. Physical Properties of the Soil. Journ. of Forestry, p. 726—30.

Dirks u. Scheffer, 1928, 1930. Refer. nach: Lemmermann—Fresenius, Methoden für die Untersuchung des Bodens, II. Teil, S. 83—4. Berlin.

Eskola, Pentti, u. a., 1919. Suomen kalkkikivi (Summary: Limestones in Finnland). Suomen geolog. toimisto, geotekn. tiedonant., 21.

von Falckenstein, K. Vogel, 1912. Untersuchungen von märkischen Dünensandböden mit Kiefernbestand. Intern. Mitteil. f. Bodenk., Bd. I, S. 495—517.

—»— 1913. Ueber Nitratbildung im Waldboden. Intern. Mitteil. f. Bodenk., Bd. III, S. 494—528.

Fehér, D. 1932. Die Auswertung der bodenbiologischen Analysen bei der Beurteilung der Bodengüte. Forstl. Wochenschr. Silva, S. 313—17.

—»— 1935 a. Vergleichende Untersuchungen über den Kali- und Phosphorgehalt der Sandböden auf der ungarischen Tiefebene mit besonderer Berücksichtigung ihrer Fruchtbarkeitmachung. Z. Pflanzenernährg. Düng. Bodenkunde, A, 37, S. 26—52.

—»— 1935 b. Untersuchungen über den bodenanzeigenden Wert der Pflanzenassoziationen einiger Sandböden. Z. Pflanzenernährg. Düng. Bodenkunde, A, 40, S. 129—37.

Frank, E., 1927. Über Bodenazidität im Walde. Freiburg i. B.

Frosterus, Benj., 1928. Yleiskatsaus Suomen kalkkikivivarastoista ja niiden merkityksestä maanviljelykselle. Valtion maatutkimuslaitos, agrogeol. julk., 24.

Ganssen, R. H., 1932. Ueber Standort und Ertragsleistung der Kiefer in Norddeutschland. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw., S. 193—228.

—»— u. a., 1933. R. H. Ganssen, G. Mitscherlich und J. Reier, Bodenuntersuchungen in Bärenthoren. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw., S. 449—61.

—»— 1934. Untersuchungen an Buchenstandorten Nord- und Mitteldeutschlands. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw., S. 225—49, 359—94, 472—94 u. 583—606.

—»— 1936. Beiträge zur Kenntnis geringer Kiefernstandorte Ostdeutschlands. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw., S. 449—92.

Gassert, Erwin, 1936. Ueber Kiefernböden der Grenzmark Posen. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw., S. 28—54.

Granlund, Erik, 1935. Skogstypernas geologiska betingelser. Sv. skogsv. tidskr., häfte I, S. 102—6.

Гулисашвили, В. З., — Стратонович, А. И., 1935. Физические свойства лесных почв. Ленинград.

Hackmann, Georg, 1930. Phosphorsäuregehalt von Waldböden und Fichtenwachstum. Mitteil. aus Forstwirtsch. u. Forstwiss., S. 242—95.

Haig, I. T., 1929. Colloidal Content and related Soil Factors as Indicators of Site Quality. Yale Univ. School of Forestry, Bull. 24.4.

Hartmann, F. K., 1923. Die Bestandesbodenflora als Ausdruck der Gesamtwirkung aller Standortsfaktoren. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw., S. 609—32.

Hartmann, H. F. K., 1925. Untersuchungen zur Azidität märkischer Kiefern- und Buchenstandorte unter Berücksichtigung typischer Standortsgewächse als Weiser. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw., S. 321—50.

Hartmann, Friedrich Karl, 1926. Die Abhängigkeit der Höhenbonität und der Bodenflora der Kiefer vom Feinerdegehalt und Untergrund gewisser diluvialer Sandböden. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw., S. 226—55.

Hartmann, F. K., 1930. Ueber den waldbaulichen Wert des Grundwassers. I. Mitteil. aus Forstwirtsch. u. Forstwiss., Heft 4, S. 385—437.

—»— 1933. Die Waldbodenkartierung. Mitteil. aus Forstwirtsch. u. Forstwiss., Heft 2, S. 324—46.

—»— 1933—34. Zur soziologisch-ökologischen Charakteristik der Waldbestände Norddeutschlands. Forstl. Wochenschr. Silva, 1933, S. 161—8, 241—7, 249—54, 313—18 u. 1934, S. 89—102, 129—33, 137—43.

—»— 1936. Ueber die Auswertung von Bodenuntersuchungen für die forstliche Praxis. I. Mitteil. aus Forstwirtsch. u. Forstwiss., Heft 2—3, S. 243—70.

Heikinheimo, Olli, 1922. Pohjois-Suomen kuusimetsien hoito. (Referat: Über die Bewirtschaftung der Fichtenwälder Nordfinnlands). Comm. ex instit. quaest. forest. Finl. edit. 5.

Heimburger. Carl C., 1934. Forest-Type Studies in the Adirondack Region. Cornell Univ. Agr. Exp. Stat. Mem. 165.

Hennecke, K., 1935. Vergleichende Standortsuntersuchungen in Kiefernbeständen. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw., S. 38—55 u. 137—56.

Hesselman, Henrik, 1916—17. Studier över salpeterbildningen i naturliga jordmåner och dess betydelse i växtekologiskt avseende. Meddel. från Stat. Skogsförsöksanst., häfte 13—14, s. 297—528.

—»— 1937. Om humustäckets beroende av beståndets ålder och sammansättning i den nordiska granskogen av blåbärsrik *Vaccinium*-typ och dess inverkan på skogens föryngring och tillväxt. Meddel. från Stat. Skogsförsöksanst., häfte 30, n:r 4, s. 529—668.

Hollstein, W., 1931. Bodentypus und Waldtypus auf Küstendünen. Forstwiss. Centralbl., S. 286—301.

Hollstein, Wilhelm, 1933. Über den Einfluss des Grundwasserstandes auf das Kiefernwachstum auf Küstendünen. Forstwiss. Centralbl., S. 67—71.

Ilvessalo, Yrjö, 1923. Ein Beitrag zur Frage der Korrelation zwischen den Eigenschaften des Bodens und dem Zuwachs des Waldbestandes. Acta forest. fenn., 25.

—»— 1930. Suomen metsät viljavuusalueittain kuvattuina. (Summary: The Forests of Suomi [Finland] described by areas of fertility). Comm-ex instit. quaest. forest. finl. edit., 15.

—»— 1933. Metsätyyppien esiintyminen eri maalajeilla. (Summary: Occurrence of Forest Types on the different Soils). Comm. instit. forest. Fenn., 18, 5.

Kötz, Fritz, 1929. Untersuchungen über Waldtyp und Standortsbonität der Fichte im oberen sächsischen Erzgebirge. Inaug.-Dissert. Freiburg i. B.

Linkola, K., 1922. Zur Kenntnis der Verteilung der landwirtschaftlichen Siedlungen auf die Böden verschiedener Waldtypen in Finnland. Acta forest. fenn., 22.

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 (Sawolaks) und Karjala (Karelien). Acta forest. fenn., 9.

Müller, P. E., 1887. Studien über die natürlichen Humusformen. Berlin.

—»— 1924. Bidrag til de jydske Hedesletters Naturhistorie. (Résumé: Etudes relatives à l'histoire naturelle du sol des landes à bruyère du Jytland, recherches pédologiques). Det Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Biolog. Meddel., 4, 2.

Němec, Antonin und Kvapil, Karel, 1925. Studien über einige physikalische Eigenschaften der Waldböden und ihre Beziehungen zur Bodenazidität. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw., S. 540—67.

Pesola, Vilho A., 1928. Kalsiumkarbonaatti kasvimaantieteellisenä tekijänä Suomessa. Suomal. eläin- ja kasvitieteell. seuran Vanamon julk., osa 9, n:o 1.

Ramann, E., 1911. Bodenkunde. 3 Aufl. Berlin.

Rühl, Arthur, 1936. Geobotanische Untersuchungen in den Wäldern des südwestlichen und nordöstlichen Eesti. Loodusuurijate Seltsi Aruanded. XLII, 3—4. S. 1—91.

—»— Angaben über die Humusazidität der Pflanzenunionen estländischer Wälder. Loodusuurijate Seltsi Aruanded XLII, 3—4, S. 186—202.

Salminen, Antti, 1931. Emäkallion vaikutuksesta savien liukenevien kasviravintoaineiden määriin. Maataloustiet. aikakausk., s. 153—9.

Schütze, W., 1869. Beziehungen zwischen chemischer Zusammensetzung und Ertragsfähigkeit des Waldbodens. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw., S. 500—15.

—»— 1871. —»—, S. 367—90.

Sederholm, J. J., 1925. The average Composition of the Earth's Crust in Finland. Bulletin de la Commission Géologique de Finlande, N:o 70.

Tamm, Olof, 1920. Markstudier i det nordsvenska barrskogsområdet. Meddel. från Stat. Skogsförsöksanst., häfte 17.

Tamm, O., 1921. Om berggrundens inverkan på skogsmarken. Meddel. från Stat. Skogsförsöksanst., häfte 18, n:r 3.

Tamm, Olof, 1922. Om bestämning av de oorganiska komponenterna i markens gelkomplex. Eine Methode zur Bestimmung der anorganischen Komponenten des Gelkomplexes im Boden. Meddel. från Stat. Skogsförsöksanst., häfte 19, n:r 4.

Tamm, O. 1930. Die Bodentypen und ihre forstliche Bedeutung. Sonderabdruck der Verhandl. des internat. Kongresses forstl. Versuchsanstalten, Stockholm 1929, S. 449—54.

Tamm, Olof, 1931. Studier över jordmånstyper och deras förhållande till markens hydrologi i nordsvenska skogsterränger. (Referat: Studien über Bodentypen und ihre Beziehungen zu den hydrologischen Verhältnissen in nordschwedischen Waldterrains). Meddel. från Stat. Skogsförsöksanst., häfte 26, n:r 2.

—»— 1932. Über die Oxalatmethode in der chemischen Bodenanalyse. Meddel. från Stat. Skogsförsöksanst., häfte 27, n:r 1—3.

—»— 1933. Om skogsbetingelserna inom Östra härad med särskild hänsyn till egendomarna Trollebo och Rödjenäs. Sv. Skogsvårdsför. exkursionsprogram.

—»— 1934. En snabbmetod för mineralogisk jordartsgranskning. (Referat: Eine Schnellmethode für mineralogische Bodenuntersuchung). Sv. skogsv. tidskr., häfte I—III, s. 231—50.

Tamm, Olof, 1937. Om de lågproduktiva sandmarkerna å Hökensås och i övre Lagadalen. (Referat: Über die schwachproduktiven Sandböden auf dem Hökensås und im oberen Lagatal, Südschweden). Meddel. från Stat. Skogsförsöksanst., häfte 30, n:r 1.

Truog, E. and Dean, L. A., 1935. Determination of the Phosphate and Potash Needs of Soils by Chemical Analysis. Transact. of the III Internat. Congr. of Soil Science 1935, Vol. I, p. 106—8.

Valmari, J., 1921. Beiträge zur chemischen Bodenanalyse. Acta forest. fenn., 20.

Vater, H. und Sachsse, H., 1927. Forstliche Anbauversuche, insbesondere Düngungsversuche. Arbeiten der Deutschen Landwirtschafts-Gesellsch., Heft 352.

Weis, Fr., 1924. Undersøgelser over Jordbundens Reaktion og Nitrifikationsevne. I. Typiske Danske Bøgeskove. Meddelelser fra Dansk Skovforenings Gødningsforsøg. IV. Saertryck af Dansk Skovforenings Tidskr., s. 79—232.

—»— 1929. Fysiske og kemiske Undersøgelser over danske Hedejorder. (Résumé: Physical and Chemical Investigations on Danish Heath Soils [Podsols], especially as to their Colloid and Nitrogen Content). Det Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Biolog. Meddel., 7, 9.

—»— 1932. Fortsatte fysiske og kemiske Undersøgelser over danske Hedejorder og andre Podsoldannelser. (Summary: Further Physical and Chemical Investigations on Danish Heath Soils and other Podsols). Det Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Biolog. Meddel., 10, 3.

Wiedemann, Eilhard, 1925. Die praktischen Erfolge des Kiefern-dauerwaldes. Braunschweig.

—»— 1928. Untersuchungen über den Säuregrad des Waldbodens im sächsischen oberen Erzgebirge. Zeitschr. f. Forst- u, Jagdw., S. 659—83.

—»— 1931. Die forstlichen Düngungsversuche Schwappach's. Forstarchiv, S. 398—403.

—»— 1932. Der gegenvärtige Stand der forstlichen Düngung. Arbeiten der Deutschen Landwirtschafts-Gesellsch., Heft 385.

Wolff, Ludwig, u. a., 1931. Über ein Schnellverfahren zur Bestimmung des Sandgehaltes von Böden. Bodenk. Forsch., Bd. II, No. 3, S. 220—31.

Wretlind, J. E., 1934. Naturbetingelserna för de nordsvenska järnpodsolerade moränmarkernas tallhedar och mossrika skogssamhällen. Sv. skogsv. tidskr., häfte I—II, s. 329—96.

—»— 1935. Om de geologiska betingelserna för de nordsvenska, ej påtagligt grundvatteninfluerade markernas skogstyper. Sv. skogsv. tidskr., häfte III, s. 265—302.

Selostus

Metsäkasvupaikkojen bonitoinnista maan ominaisuuksien perusteella. I.

I. Johdanto.

Metsäkasvupaikkojen tuoton mittana käytetään metsikön tuottoa ja kasvua tai — kuten meillä — metsätyyppiä. Tarkoitukseen käytetyt menettelytavat ovat siten välillisiä, ei itse kasvupaikkatekijöihin perustuvia. Ne saisivat varmemman pohjan, jos voitaisiin osoittaa, mistä syystä tuotto on paikoin heikompi, paikoin parempi, puhumatta siitä, että kasvupaikkojen biologisen arvon analysoinnin avulla ne voitaisiin mahdollisesti saada luokitetuiksi suoraan kasvupaikkatekijöiden pohjalla. Ilmaston puolesta samanlaisissa oloissa todettava metsäkasvupaikkojen tuoton vaihtelu johtuu tietenkin pääasiallisesti maan laadun vaihtelusta ja kysymys on siten siitä, millä tavoin ja missä määrin tuotto riippuu maan eri ominaisuuksista. Kysymyksellä on siksi kauaskantoinen ja monipuolinen merkitys, että sitä on pidettävä metsätieteellisen maatutkimuksen peruskysymyksenä ja tärkeimpänä problemana.

Metsämaatutkimuksia on aikojen kuluessa tehty melkoinen määrä, vaikka tietenkin mitättömän vähän verrattuna viljelysmaata koskeneisiin tutkimuksiin. Tehdyt tutkimukset ovat kohdistuneet maan fysiikallisiin, kemiallisiin ja mikrobiologisiin ominaisuuksiin. Niiden määrätietoisena pyrkimyksenä ei ole yleensä ollut maan ominaisuuksiin perustuvan luokitusjärjestelmän luominen, vaan tutkimukset ovat pääasiallisesti kohdistuneet joidenkin yksityisten ominaisuuksien merkityksen selvittelyyn. Eräissä tapauksissa on todettu maan fysiikalliset ominaisuudet, maalaji, pohjaveden korkeus y. m. kasvupaikan biologisen arvon kannalta tärkeimmiksi. Maan kemiallisista ominaisuuksista on varsinkin kalkkipitoisuus osoittautunut vaikuttavaksi tekijäksi, mikrobiologisista ominaisuuksista erityisesti organisten typpiyhdistysten mineralisatio. Tutkimuksen edistyessä on kuitenkin käynyt yhä ilmeisemmäksi, että kasvupaikan biologisen arvon useimmissa tapauksissa määräävät samanaikaisesti useat tekijät. Tämä todento on sama kuin mihin Cajander tulee metsätyyppien suhteen. Metsätyyppiä eivät määrää yksistään maan kemiallinen laatu, maalaji ym., vaan sitä on pidettävä kaikkien kasvupaikkatekijöiden yhteisvaikutuksen tuloksena kasvipeitteeseen. Kyseessä oleva problema on siten osoittautunut laajaksi, varsin vaikeasti selvitettäväksi kysymykseksi ja toistaiseksi ollaan kaukana päämäärästä, kasvupaikkojen välittömästä, luonnonmukaisesta luokituksesta.

Esillä olevassa julkaisussa pyritään valaisemaan tutkittavaa problemaa osaksi kemiallisten ja mikrobiologisten analyysien avulla, osaksi selvittelemällä maan kivennäiskokoomuksen suhdetta kasvupaikan tuottoon ja lopuksi esittämällä muutamia havaintoja maan fysiikallisten ominaisuuksien merkityksestä.

II. Kemiallisia ja mikrobiologisia tutkimuksia kanerva-, puolukka- ja mustikkatyypin metsiköissä.

Tutkimukset kohdistuvat 10:en kanervatyypin, 10:en puolukkatyypin ja 10:een mustikkatyypin männikköön Etelä-Suomessa. Koealojen paikat selviävät kuvan 1 esittämästä karttapiirroksesta.

Kultakin koealalta on otettu analyysiä varten kivennäismaanäyte 8:sta (yhdessä tapauksessa 10:stä) paikasta, 0—10 cm syvyydestä. Koealojen maan raekokoomusta valaisevat taulukko 1 (s. 25) sekä diagrammit kuv. 5 ja 6 (s. 25—6).

Maanäytteistä on määrätty kalkki, fosforihappo, kali, kokonaistyppi, ammoniakkityppi (määrätty heti näytteet otettua, merk. I., ja 3 kuuk. säilytyksen jälkeen, merk. II), happamuus (pH, vaihtohappamuus ja hydrolyyttinen happamuus), hehkutushäviö ja vesipitoisuus. Määräykset on tehty osittain yksityisistä näytteistä, osittain seoksesta, joka on saatu sekoittamalla koealan 8 (tai 10) näytettä yhteen. Yksityisistä näytteistä saadut alkuperäiset tulokset ovat esitetyt taulukoissa 20—30 julkaisun lopussa ja niistä saadut keskiarvot sekä sekanäytteitä koskevat tulokset taulukoissa 2—4 (s. 31—3). Kalkki, fosforihappo ja kali on määrätty 0.2 norm. suolahapolla (Valmari 1921), kalkki lisäksi 10-prosenttisella suolahapolla ja ammoniumkloridilla sekä fosforihappo lisäksi käyttämällä liuottimena vettä (Dirks ja Scheffer, 1928, 1930) ja 0.002 norm. rikkihappoa (Truog ja Dean 1935).

Analyysitulokset ovat pääpiirtein samansuuntaiset kuin aikaisemmin Suomessa tehdyistä samanlaisista tutkimuksista saadut tulokset. Vaihtokykyisen kalkin määrä osoittaa nousua metsätyypin tuoton parantuessa, samoin humuspitoisuus ja kokonaistyppi. Fosforihappo- ja kalimäärät vaihtelevat ilman selvää suhdetta metsätyyppiin. Happamuus pienentyy metsätyypin parantuessa. Näistä tuloksista huolimatta on selvää, ettei kemiallisen analyysin tulosten avulla yksityistapauksissa voida tehdä mitään varmoja päätelmiä maan tuottokyvystä ainakaan tavallisissa kangasmetsissä ja nykyisin mahdollisia analyysimenetelmiä käyttäen. Samassakin metsätyypissä ilmenee melkoista vaihtelua osaksi maalajin vaihtelun takia, osaksi metsämaan yleisen epähomogenisuuden takia ja on tietenkin sellaisiakin tapauksia, joissa kemiallisesti huonoksikin katsottava maa voi muiden tekijöiden suotuisuuden takia kuulua hyviin maihin tai päinvastoin.

III. Maan kivennäiskokoomuksen merkitys.

1. Kallioperä ja maan boniteetti Suomessa.[1])

Suomen geologisessa kartoituksessa kerääntynyt tilasto eri kivilajien levinneisyydestä ja valtakunnan metsien linja-arvioinnin antamat maan viljavuutta koskevat tulokset tarjoavat tilaisuuden vertailla toisiinsa kallioperän laatua ja maan boniteettia. Itse asiassa tällainen vertailu kohtaa kuitenkin useita vaikeuksia ja jää jotensakin ylimalkaiseksi. Ani harvoin maa on syntynyt kalliosta, jota se nykyisin peittää, vaan on kulkeutunut jään ja veden mukana milloin pitempiä, milloin lyhyempiä matkoja, ja sitä kauempaa, mitä hienompaa se on. Samalla ovat eri kivilajien ainekset sekoittuneet toisiinsa. Lisäksi on huomattava, että kallioperän vaikutus ei tule esille laajoilla, tasaisilla alueilla samalla tavalla kuin mäkisillä ja notkoisilla mailla. Useista tutkimuksista on selvinnyt, että esim. kalkin vaikutus, jota juuri on tässä yhteydessä pidettävä

[1]) Samaa aihetta käsittelee artikkelini julkaisusarjassa »Metsätietoa», n:o I, 10, v. 1935. Siinä on mm. yksityiskohtaisemmin kosketeltu eri kivilajien kykyä tarjota kasveille ravintoaineita.

tärkeimpänä, ilmenee voimakkaimpana rinnemailla, joilla vesi on liikkuvaa. Itsestään selvää on, että vertailtaviksi soveltuvat vain sellaiset seudut, joiden välillä ei ole ilmastollisesti merkittäviä eroja.

Nämä varaukset huomioonottaen, sikäli kuin se on yleensä mahdollista, voi kuitenkin verratessaan esim. kiilleliuskeiden ja emäksisten kivilajien levinneisyyttä sekä viljavuussuhteita esittäviä karttoja (kuvat 15, 16 ja 14, s. 44—5 ja 41) toisiinsa todeta, että nämä kartat maan eteläpuoliskoon katsoen ainakin osittain vastaavat toisiaan. Ns. lehtokeskuksetkin sijottuvat yleensä seuduille, joilla kyseessä olevat kivilajit ovat runsaimmin edustettuina

Taulukko 6 (s. 46) esittää muutamiin yksityisiin viljavuusalueisiin kohdistuvaa vertailua osoitukseksi siitä, että tarkasteltava suhde näin yksityiskohtaisessa vertailussa jää jokseenkin löyhäksi.

2. *Emäksisten kivennäisten määräyksiä.*

Maan kivennäiskokoomuksen analysointi tarjoaa yhden keinon maan viljavuuden arvioimiseksi. Analyysi on myöskin verraten yksinkertainen ja helppo suorittaa, jos se yksinkertaistutetaan jakamalla kivennäiset esim. kahteen luokkaan, rajana ominaispaino 2.68, niinkuin ruotsalainen tutkija T a m m (1934, 1937) on tehnyt eräissä viime vuosina Ruotsissa suorittamissaan tutkimuksissa. Kevyempään luokkaan joutuvat tällöin kvartsi, kalimaasälpä, natriumrikas plagioklaasi ym. vaikeasti rapautuvat tai rapautumattomat kivennäiset, raskaampaan luokkaan taas kasvillisuuden kannalta arvokkaammat, emäksiset kivennäiset. (T a m m nimittää lukua, joka osoittaa raskaampien kivennäisten prosenttista osuutta, »*basmineralindex*»; tässä julkaisussa on käytetty nimitystä minerali-indeksi).

Maan podsoloitumista koskevien tutkimusteni yhteydessä on kokeeksi tehty otetuista maanäytteistä myöskin minerali-indeksin määräys. Osa saaduista tuloksista on esitetty taulukoissa 7, 8, 9, 10 ja 11 (s. 49—52). Ilmoitetut luvut kohdistuvat 30—60 cm syvyyteen l. enemmän tai vähemmän muuttumattomaan maahan B-horisontin alapuolella.

Tuloksista ilmenee mm. että minerali-indeksi ja 10-pros. suolahappoon liukenevan kalkin määrä yleensä ovat suorassa suhteessa toisiinsa. Tulokset viittaavat myöskin siihen, että indeksi olisi hiekka- ja soramaassa korkeampi kuin (hienommassa) morenimaassa ja vanhassa maassa korkeampi kuin nuoressa. Vertailun vuoksi esitetyt luvut Keski-Euroopasta ym. (taulukot 10 ja 11) osoittavat, että meikäläinen maa sisältää raskaita kivennäisiä huomattavasti runsaammin kuin eteläisempien seutujen maat.

Minerali-indeksin suhteesta maan tuottokykyyn voi todeta, että indeksin perusteella heikoksi arvioitavan maan tuottokyky voi olla verraten hyvä, vieläpä erittäin hyvä. Suomesta sisältyy aineistoon mm. Karjalan kannakselta kaksi puisevaa *OMT*-metsikköä (toista esittää kuva 17, s. 53) joiden maan minerali-indeksi on verraten alhainen (2.4 ja 3.4). Useista samanlaatuisista tapauksista voi päätellä, että minerali-indeksin merkitys maan viljavuuden indikaattorina on jotensakin sama kuin esim. kalkkimääräyksen tai yleensä kemiallisen analyysin.

IV. Muutamia havaintoja maan fysiikallisen kokoomuksen suhteesta metsätyyppiin.

Jos kiinnitetään huomio vain maan pintaosiin ja maalaji käsitetään tavallisessa geologisessa mielessä, voi sama metsätyyppi epäilemättä esiintyä

useilla eri maalajeilla. Tosin kuivat kangasmetsät yleisimmin esiintyvät hiekka- ja soramailla sekä tuoreet kangasmetsät ja lehtometsät hienommilla mailla, morenimaalla ja savimaalla, mutta silloin tällöin voi ainakin tuoreita kangasmetsiä tavata verraten karkeallakin hiekka- ja soramaalla. Näyttää kuitenkin siltä kuin metsätyypit olisivat maalajiin kiinteämmässä yhteydessä kuin yleensä otaksutaan. Ei näet riitä, että otetaan huomioon vain maan pintaosat, vaan on oltava selvillä maan rakenteesta myöskin syvempänä.

Taulukossa 12 (s. 58) on esitetty muutamia esimerkkejä tapauksista, joissa maa pinnasta on verraten karkeaa, mutta muuttuu syvempänä hienommaksi. Kyseessä olevien *MT*- ja *OMT*-metsiköiden esiintymistä tällaisella maalla voi tuskin selittää muuten kuin siten, että syvempänä olevat hienommat kerrokset estävät veden valumista ja pysyttävät siten pintamaankin tuoreena. Tällä ilmiöllä on mielenkiintonsa myöskin metsätyyppiopin perusteiden kannalta, sillä onhan väitetty, että pintakasvillisuuden ja puiden veden- ja ravinnonotto kohdistuisi eri syvyyksiin ja pintakasvillisuus voisi enintään kuvastaa pintaosien kosteus- ym. suhteita. — Taulukossa 15 (s. 63) on vielä esitetty tulokset vedenpidätyskyvyn määräyksistä eräissä *VT*-, *MT*- ja *CT*-metsiköissä. Nekin ilmentävät verraten selvää eroa eri metsätyyppien välillä.

Edellä sanottu koskee Etelä-Suomea. On mahdollista, että suhde maan rakenteen l. etupäässä kosteusolojen ja metsätyypin välillä ei ole Pohjois-Suomessa yhtä kiinteä. Ainakin muutamat ruotsalaiset tutkijat ovat tulleet siihen käsitykseen, että Pohjois-Ruotsissa jäkälä- ja sammalrikkaat metätyypit esiintyvät maalajista jokseenkin riippumattomina. Omat havaintoni eivät ole toistaiseksi riittävät ilmiön asialliseen käsittelyyn, mutta siellä täällä Pohjois-Suomessakin voi kyllä tavata kuivia kangasmetsiä, vieläpä jäkälätyypin metsiä, verraten hienolla ja tuoreella morenimaalla, mitä en ole Etelä-Suomessa todennut. S:lla 64 taulukossa 16 ja s:lla 66 taulukossa 17 on esitetty muutamien tällaisten metsiköiden maasta tehtyjen raekokoomuksen määräysten tulokset ja kuva 21 s:lla 65 esittää yhtä näistä metsiköistä.

Esitetyt havainnot maan fysiikallisen kokoomuksen merkityksestä ovat hajanaisia, muiden tutkimusten yhteydessä tehtyjä havaintoja, mutta ne viittaavat siihen, että kosteussuhteilla olisi ainakin tavallisissa kangasmetsissä metsätyyppiin ratkaiseva merkitys. Kysymys on siten etupäässä siitä, miten kosteussuhteet saataisiin yksinkertaisella, mutta kuitenkin riittävän tarkalla tavalla kvantitatiivisesti määritellyiksi ja ilmaistuiksi. Jatkettavien tutkimusten selvitettäväksi jää, osoittautuuko näin hahmoiteltu tie kulkukelpoiseksi.

Tabellen 20—30

Taulukot 20—30

Tabelle 20. CaO, P_2O_5 und K_2O, löslich in 0.2 n HCl. *Calluna*-Typ.

Taul. 20. 0.2 n-suolahappoon liukeneva CaO, P_2O_5 ja K_2O. Calluna-tyyppi.

Probefläche *koeala* Nr.	Probe *näyte* Nr.	CaO	P_2O_5	K_2O	Probefläche *koeala* Nr.	Probe *näyte* Nr.	CaO	P_2O_5	K_2O
		mg/kg					mg/kg		
	83	+	5	86		139	42	62	51
	84	+	30	125		140	42	65	90
	85	+	120	86		141	56	132	55
1	86	+	50	137	6	142	28	136	47
	87	+	32	117		143	28	85	86
	88	+	6	86		144	42	118	47
	89	+	125	109		145	42	100	55
	90	+	27	90		146	56	175	63
	107	14	130	55		187	+	165	63
	108	14	65	78		188	+	165	63
	109	28	90	78		189	+	140	59
2	110	14	60	67	7	190	+	176	63
	111	7	44	98		191	+	200	47
	112	28	100	78		192	+	130	51
	113	42	90	71		193	+	12	47
	114	56	75	90		194	+	92	47
	131	28	40	39		195	28	111	71
	132	28	240	63		196	14	111	51
	133	14	155	55		197	28	103	59
3	134	+	110	55	8	198	14	132	63
	135	+	90	67		199	14	123	78
	136	28	40	63		200	14	109	63
	137	42	95	59		201	28	112	63
	138	14	125	53		202	14	112	71
	147	28	255	63		227	14	102	55
	148	14	308	47		228	14	219	59
	149	+	290	59		229	3	199	47
4	150	42	80	63	9	230	20	196	31
	151	+	226	63		231	3	137	55
	152	42	50	63		232	3	219	47
	153	+	255	71		233	+	190	43
	154	56	165	71		234	28	140	39
	155	42	45	47		243	+	223	27
	156	70	27	55		244	7	128	27
	157	42	57	47		245	+	157	35
5	158	42	23	63	10	246	+	129	35
	159	+	108	55		247	14	133	43
	160	28	37	55		248	7	210	47
	161	28	58	47		249	7	167	55
	162	42	37	47		250	7	210	51

Tabelle 21. CaO, P_2O_5 und K_2O, löslich in 0.2 n HCl. *Vaccinium*-Typ.

Taul. 21. 0.2 n-suolahappoon liukeneva CaO, P_2O_5 ja K_2O. Vaccinium-tyyppi.

Probefläche *koeala* Nr.	Probe *näyte* Nr.	CaO	P_2O_5	K_2O	Probefläche *koeala* Nr.	Probe *näyte* Nr.	CaO	P_2O_5	K_2O
		mg/kg					mg/kg		
11	91	+	91	78	16	179	+	111	55
	92	+	139	78		180	+	105	55
	93	+	78	67		181	+	126	55
	94	+	135	86		182	+	53	47
	95	+	202	90		183	+	85	55
	96	+	75	94		184	+	75	63
	97	28	93	78		185	14	44	51
	98	28	95	98		186	+	95	47
12	99	28	155	86	17	203	+	169	55
	100	14	122	47		204	+	159	55
	101	+	134	71		205	+	139	47
	102	7	119	59		206	+	202	55
	103	7	68	66		207	+	140	43
	104	+	89	71		208	+	142	74
	105	+	115	82		209	+	152	47
	106	7	100	71		210	14	117	55
13	115	28	465	90	18	211	+	162	51
	116	42	690	90		212	+	157	74
	117	+	521	63		213	7	132	55
	118	+	670	78		214	+	146	55
	119	14	580	59		215	+	151	51
	120	14	335	63		216	+	152	74
	121	14	518	59		217	+	160	55
	122	28	651	63		218	+	152	71
14	163	+	114	55	19	219	+	179	47
	164	+	157	39		220	14	165	63
	165	42	110	63		221	14	382	59
	166	+	149	47		222	+	268	55
	167	14	83	55		223	14	335	55
	168	28	150	63		224	+	404	71
	169	+	110	71		225	28	533	51
	170	+	160	58		226	14	347	51
15	171	14	220	67	20	235	28	287	31
	172	14	181	55		236	28	220	35
	173	42	174	55		237	20	190	35
	174	42	214	63		238	28	313	43
	175	42	239	31		239	+	300	39
	176	+	190	47		240	+	150	31
	177	28	211	55		241	20	367	27
	178	+	200	63		242	14	418	31

Tabelle 22. CaO, P_2O_5 und K_2O, löslich in 0.2 n HCl. *Myrtillus*-Typ.

Taul. 22. 0.2 n-suolahappoon liukeneva CaO, P_2O_5 ja K_2O. Myrtillus-tyyppi.

Probefläche *koeala* Nr.	Probe *näyte* Nr.	CaO	P_2O_5	K_2O	Probefläche *koeala* Nr.	Probe *näyte* Nr.	CaO	P_2O_5	K_2O
		mg/kg					mg/kg		
	1	+	26	109		43	28	122	82
	2	+	24	94		44	+	211	86
	3	+	+	90		45	+	257	129
	4	+	19	94		46	14	107	67
21	5	+	16	78	26	47	+	182	94
	6	+	12	78		48	+	261	106
	7	+	15	102		49	42	160	78
	8	+	+	86		50	42	356	78
	9	+	46	94					
	10	+	28	90					
	11	42	+	78		51	+	61	88
	12	336	28	102		52	+	53	88
	13	56	10	102		53	+	74	78
22	14	140	11	125	27	54	+	87	98
	15	84	+	129		55	+	98	94
	16	252	6	117		56	70	45	86
	17	112	20	82		57	322	13	78
	18	224	55	125		58	+	87	86
	19	+	175	94		59	+	29	87
	20	42	105	110		60	+	17	94
	21	+	160	85		61	+	+	55
23	22	+	130	89	28	62	+	23	94
	23	+	145	70		63	14	40	137
	24	+	134	85		64	+	47	117
	25	28	116	89		65	+	90	106
	26	+	147	85		66	+	+	157
	27	28	127	108		67	70	105	129
	28	42	136	82		68	+	130	102
	29	18	149	89		69	28	138	82
24	30	+	134	101	29	70	28	127	98
	31	+	276	124		71	70	165	94
	32	+	320	104		72	250	129	98
	33	+	225	101		73	56	147	86
	34	+	300	97		74	76	147	129
	35	28	256	97		75	42	89	98
	36	14	212	86		76	+	65	105
	37	14	345	75		77	+	63	90
25	38	28	265	82	30	78	+	103	67
	39	28	300	78		79	+	66	74
	40	+	276	86		80	+	37	78
	41	+	284	102		81	28	42	78
	42	+	256	106		82	+	34	74

Tabelle 23. Gesamtstickstoffgehalt.

Taul. 23. Kokonaistyppi.

CT						*VT*						*MT*					
Probefläche *koeala* Nr.	Probe *näyte* Nr.	mg/kg	Probefläche *koeala* Nr.	Probe *näyte* Nr.	mg/kg	Probefläche *koeala* Nr.	Probe *näyte* Nr.	mg/kg	Probefläche *koeala* Nr.	Probe *näyte* Nr.	mg/kg	Probefläche *koeala* Nr.	Probe *näyte* Nr.	mg/kg	Probefläche *koeala* Nr.	Probe *näyte* Nr.	mg/kg
	83	0.81		139	0.28		91	0.74		179	1.11		1	2.31		43	0.72
	84	0.67		140	0.38		92	0.48		180	1.01		2	2.04		44	0.64
	85	0.80		141	0.29		93	0.73		181	0.95		3	1.32		45	0.71
	86	0.67		142	0.39		94	0.69		182	0.94		4	1.83		46	0.57
1	87	0.76	6	143	0.38	11	95	0.69	16	183	0.80	21	5	1.66	26	47	1.11
	88	0.66		144	0.31		96	0.60		184	0.83		6	1.66		48	1.09
	89	0.76		145	0.31		97	0.48		185	0.88		7	1.75		49	1.26
	90	1.19		146	0.46		98	1.04		186	1.14		8	1.92		50	0.90
													9	2.08			
													10	1.99			
	107	0.70		187	1.01		99	0.76		203	1.18		11	0.86		51	1.66
	108	0.84		188	0.84		100	0.63		204	1.11		12	0.84		52	1.36
	109	0.67		189	1.28		101	0.39		205	1.02		13	0.80		53	1.48
2	110	0.67	7	190	1.40	12	102	0.70	17	206	1.39	22	14	0.93	27	54	1.47
	111	0.66		191	0.97		103	0.69		207	0.80		15	1.11		55	1.26
	112	0.52		192	0.73		104	0.59		208	0.70		16	0.93		56	1.11
	113	0.70		193	1.07		105	0.67		209	0.81		17	0.91		57	1.45
	114	0.69		194	1.24		106	0.81		210	1.15		18	1.24		58	1.66
	131	0.29		195	0.88		115	1.14		211	0.76		19	1.01		59	2.02
	132	0.29		196	0.70		116	1.45		212	1.35		20	1.80		60	1.45
	133	0.24		197	0.80		117	1.40		213	0.88		21	1.84		61	2.38
3	134	0.27	8	198	0.95	13	118	2.18	18	214	0.90	23	22	0.95	28	62	2.05
	135	0.27		199	0.86		119	2.13		215	0.73		23	1.54		63	3.44
	136	0.45		200	1.07		120	1.67		216	0.74		24	1.05		64	1.83
	137	0.38		201	0.93		121	1.38		217	0.86		25	1.08		65	3.53
	138	0.51		202	1.22		122	1.53		218	1.30		26	0.81		66	3.75
	147	0.59		227	0.44		163	1.02		219	0.86		27	1.08		67	0.68
	148	0.60		228	0.39		164	1.12		220	0.83		28	1.05		68	1.33
	149	0.55		229	0.39		165	1.14		221	0.93		29	1.24		69	0.82
4	150	0.73	9	230	0.60	14	166	2.06	19	222	0.67	24	30	1.21	29	70	1.02
	151	0.74		231	0.63		167	1.09		223	0.83		31	1.04		71	1.11
	152	0.83		232	0.57		168	1.19		224	0.77		32	0.95		72	1.27
	153	0.60		233	0.63		169	0.81		225	0.81		33	0.90		73	1.09
	154	0.97		234	0.74		170	1.19		226	1.12		34	1.02		74	1.48
	155	0.31		243	0.39		171	0.81		235	0.70		35	0.91		75	0.94
	156	0.27		244	0.51		172	0.67		236	0.88		36	1.04		76	1.90
	157	0.31		245	0.41		173	0.70		237	0.69		37	0.97		77	1.52
5	158	0.38	10	246	0.39	15	174	1.07	20	238	0.67	25	38	1.40	30	78	1.15
	159	0.46		247	0.42		175	0.74		239	0.66		39	0.69		79	2.04
	160	0.32		248	0.42		176	0.69		240	0.56		40	1.18		80	1.76
	161	0.31		249	0.52		177	0.73		241	0.70		41	1.23		81	1.19
	162	0.28		250	0.73		178	1.36		242	0.91		42	1.38		82	1.86

Tabelle 24. Ammoniakgehalt, Glühverlust und Wassergehalt. *Calluna*-Typ.

Taul. 24. Ammoniakkityppi, hehkutushäviö ja vesipitoisuus. Calluna-tyyppi.

Probefläche *koeala* Nr.	Probe *näyte* Nr.	NH_3—N I Best. *I määr.* mg/kg	NH_3—N II Best. *II määr.* mg/kg	Glühverlust *hehkutushäviö* %	H_2O 110°C %	Probefläche *koeala* Nr.	Probe *näyte* Nr.	NH_3—N I Best. *I määr.* mg/kg	NH_3—N II Best. *II määr.* mg/kg	Glühverlust *hehkutushäviö* %	H_2O 110°C %
	83	15	18	2.29	0.93		139	10	14	0.86	0.28
	84	8	12	2.35	0.78		140	15	27	0.96	0.23
	85	22	12	2.85	1.47		141	15	20	0.80	0.23
1	86	17	17	2.86	1.12	6	142	14	19	1.11	0.26
	87	13	13	3.07	1.13		143	13	20	0.98	0.23
	88	15	15	2.54	0.87		144	20	26	1.25	0.30
	89	24	9	3.23	1.57		145	8	5	1.07	0.30
	90	12	19	3.22	1.06		146	14	26	0.96	0.26
	107	10	15	3.46	1.17		187	—	—	5.23	1.87
	108	10	17	4.53	1.19		188	—	—	4.70	1.95
	109	9	19	3.08	0.97		189	—	—	5.75	1.61
2	110	13	14	2.85	0.97	7	190	—	—	5.53	1.43
	111	12	13	3.32	0.85		191	—	—	5.03	1.85
	112	22	13	2.81	1.11		192	—	—	3.81	1.17
	113	13	13	3.78	1.14		193	—	—	5.50	1.74
	114	13	14	3.87	1.08		194	—	—	5.00	2.14
	131	8	12	0.96	0.30		195	19	11	5.22	2.03
	132	9	13	1.02	0.41		196	13	13	3.33	1.18
	133	6	11	0.78	0.26		197	14	11	4.76	1.70
	134	20	16	1.41	0.31		198	14	22	4.60	1.46
3	135	18	10	1.23	0.34	8	199	14	30	3.93	1.56
	136	20	11	1.40	0.30		200	14	19	3.77	1.62
	137	16	12	1.18	0.35		201	15	15	4.30	1.65
	138	16	10	1.52	0.36		202	15	23	4.73	1.41
	147	13	8	1.99	0.56		227	18	11	2.76	1.12
	148	14	10	2.05	0.57		228	11	10	2.19	1.00
	149	14	20	1.95	0.51		229	11	19	1.97	1.54
	150	18	14	1.95	0.38		230	6	13	2.99	1.25
4	151	11	14	2.32	0.79	9	231	12	13	3.21	0.92
	152	15	20	1.75	0.43		232	10	17	2.91	1.25
	153	16	15	2.69	0.73		233	14	10	3.15	1.33
	154	12	16	2.48	0.62		234	12	14	2.92	1.32
	155	13	18	1.15	0.30		243	11	10	1.75	0.84
	156	12	16	1.00	0.26		244	8	16	1.86	1.27
	157	6	21	1.23	0.28		245	13	13	1.96	0.80
5	158	20	25	1.62	0.27	10	246	11	14	1.97	0.74
	159	13	21	1.95	0.46		247	11	14	2.10	0.71
	160	11	23	1.02	0.26		248	9	14	1.87	1.30
	161	13	16	1.21	0.28		249	19	18	2.28	0.92
	162	13	17	0.92	0.22		250	11	10	2.16	0.79

Tabelle 25. Ammoniakgehalt, Glühverlust und Wassergehalt. *Vaccinium*-Typ.

Taul. 25. Ammoniakkityppi, hehkutushäviö ja vesipitoisuus. Vaccinium-tyyppi.

Probefläche *koeala* Nr.	Probe *näyte* Nr.	NH_3—N I Best. *I määr.* mg/kg	NH_3—N II Best. *II määr.* mg/kg	Glühverlust *hehkutushäviö* %	H_2O 110°C %	Probefläche *koeala* Nr.	Probe *näyte* Nr.	NH_3—N I Best. *I määr.* mg/kg	NH_3—N II Best. *II määr.* mg/kg	Glühverlust *hehkutushäviö* %	H_2O 110°C %
	91	12	20	3.28	0.92		179	—	—	4.10	1.12
	92	12	19	3.42	1.41		180	—	—	3.60	0.92
	93	13	18	3.12	0.89		181	—	—	4.02	1.15
11	94	12	20	3.81	1.12	16	182	—	—	3.03	0.67
	95	12	20	3.44	1.10		183	—	—	2.74	0.84
	96	11	18	3.06	0.89		184	—	—	2.87	0.80
	97	13	19	2.36	0.81		185	—	—	3.10	0.52
	98	13	18	3.60	1.14		186	—	—	3.32	0.74
	99	5	—	2.77	1.17		203	20	15	5.96	2.30
	100	7	—	2.30	1.01		204	11	26	4.52	2.11
	101	10	—	2.26	1.29		205	15	26	4.57	1.81
12	102	16	—	3.69	1.17	17	206	12	31	4.47	1.60
	103	14	—	3.01	0.95		207	13	31	4.11	1.56
	104	18	—	2.53	0.81		208	10	20	3.69	1.52
	105	12	—	2.91	1.67		209	20	26	4.41	1.55
	106	12	—	3.32	1.08		210	18	26	4.20	1.61
	115	13	28	5.27	1.66		211	14	24	3.86	1.72
	116	13	14	6.92	2.23		212	14	11	6.02	2.21
	117	13	26	7.07	2.10		213	14	20	3.91	1.92
13	118	7	31	7.87	2.33	18	214	25	31	4.59	1.99
	119	8	24	9.15	2.78		215	4	20	3.59	1.63
	120	25	24	7.51	1.91		216	14	19	3.48	1.53
	121	12	15	6.65	2.41		217	15	19	4.28	1.73
	122	14	20	4.43	1.47		218	14	28	4.43	1.68
	163	9	—	5.80	2.15		219	7	20	3.13	2.26
	164	6	—	6.63	3.28		220	7	18	3.53	1.96
	165	22	—	7.24	2.37		221	20	25	3.12	1.79
14	166	11	—	10.06	3.34	19	222	19	20	3.00	1.22
	167	12	—	6.11	1.99		223	15	20	2.96	1.43
	168	14	—	6.37	2.45		224	17	20	2.50	1.50
	169	15	—	5.17	2.16		225	21	21	3.72	1.74
	170	11	—	5.99	2.09		226	13	22	4.62	1.70
	171	11	—	4.20	1.79		235	12	26	3.17	1.50
	172	12	—	3.61	1.55		236	21	25	3.40	1.38
	173	12	—	4.28	1.49		237	20	17	3.23	1.59
15	174	10	—	5.84	1.99	20	238	3	19	3.23	1.67
	175	18	—	4.67	1.85		239	12	26	3.27	1.70
	176	13	—	3.86	1.53		240	7	40	2.79	1.30
	177	10	—	4.30	1.70		241	12	24	3.27	1.44
	178	13	—	6.59	2.18		242	13	28	3.40	1.94

Tabelle 26. Ammoniakgehalt, Glühverlust und Wassergehalt. *Myrtillus*-Typ.

Taul. 26. Ammoniakkityppi, hehkutushäviö ja vesipitoisuus. Myrtillus-tyyppi.

Probefläche *koeala* Nr.	Probe *näyte* Nr.	NH_3—N I. Best. *I määr.* mg/kg	NH_3—N II. Best. *II määr.* mg/kg	Glühverlust *hehkutushäviö* %	H_2O 110°C %
21	1	6	55	9.12	2.20
	2	28	73	8.64	2.12
	3	18	58	4.74	1.54
	4	7	55	7.84	1.92
	5	22	53	6.00	1.58
	6	16	40	6.40	1.62
	7	14	38	5.70	1.49
	8	17	50	7.38	1.92
	9	14	47	8.07	2.00
	10	19	53	7.54	1.83
22	11	35	37	2.28	0.88
	12	20	27	2.97	1.20
	13	17	28	2.37	0.76
	14	20	29	3.31	0.80
	15	10	38	3.10	1.14
	16	29	38	2.63	0.74
	17	28	13	2.88	0.92
	18	7	23	5.04	1.68
23	19	10	21	3.89	1.73
	20	25	25	6.31	1.98
	21	18	24	7.73	2.34
	22	18	30	2.61	0.83
	23	16	25	7.10	2.35
	24	5	10	4.65	1.62
	25	25	30	5.36	2.21
	26	15	18	3.90	2.16
24	27	14	28	5.24	1.81
	28	6	28	4.65	1.66
	29	8	15	5.07	1.80
	30	19	46	5.35	1.80
	31	17	35	4.33	1.54
	32	11	34	4.93	1.76
	33	13	33	4.12	1.60
	34	10	29	4.54	1.66
25	35	17	33	4.40	1.51
	36	13	32	4.59	1.56
	37	12	34	3.79	1.42
	38	13	39	4.87	1.53
	39	13	46	4.28	1.32
	40	13	42	5.10	1.67
	41	14	51	4.78	1.60
	42	13	46	5.31	1.67
26	43	23	12	2.99	0.82
	44	24	37	3.26	1.05
	45	18	25	5.37	0.65
	46	8	20	2.71	0.63
	47	8	20	2.16	1.00
	48	18	31	4.62	1.09
	49	21	34	4.03	0.90
	50	6	9	2.49	0.87
27	51	17	28	7.08	1.69
	52	16	25	6.53	2.00
	53	20	15	5.53	1.98
	54	22	37	6.16	2.23
	55	15	30	5.29	1.58
	56	15	21	4.91	1.29
	57	15	33	6.39	1.97
	58	14	28	5.03	1.71
28	59	12	50	8.14	2.99
	60	14	55	7.27	2.51
	61	20	60	11.61	2.60
	62	12	42	8.39	2.10
	63	14	37	11.79	2.58
	64	10	39	8.54	2.91
	65	20	52	14.74	4.66
	66	16	40	11.32	3.94
29	67	6	21	5.30	1.67
	68	10	21	6.54	2.00
	69	6	35	4.37	1.44
	70	8	18	5.36	1.67
	71	9	25	6.29	1.92
	72	8	19	6.72	1.89
	73	9	17	5.56	1.66
	74	6	15	6.39	1.77
30	75	24	62	3.23	0.70
	76	20	51	6.54	1.59
	77	15	60	6.03	0.70
	78	27	44	4.39	1.25
	79	20	55	6.13	1.53
	80	22	80	6.85	1.39
	81	18	68	4.48	0.94
	82	18	37	6.27	1.25

Tabelle 27. pH-Werte. *Calluna*-Typ.

Taul. 27. pH-luvut. Calluna-tyyppi.

Probefläche *koeala* Nr.	Probe *näyte* Nr.	pH H_2O	pH KCl	Probefläche *koeala* Nr.	Probe *näyte* Nr.	pH H_2O	pH KCl
1	83	5.14	4.09	6	139	4.97	3.64
	84	4.64	3.60		140	4.88	3.64
	85	5.66	4.38		141	5.27	3.76
	86	5.21	4.10		142	5.23	3.77
	87	5.06	4.11		143	4.91	3.44
	88	5.04	3.99		144	5.02	3.63
	89	5.36	4.43		145	5.13	3.60
	90	5.14	3.93		146	5.44	4.02
2	107	5.77	4.79	7	187	5.91	4.59
	108	5.44	4.28		188	6.13	4.83
	109	5.49	4.50		189	5.48	4.17
	110	5.64	4.62		190	5.30	4.04
	111	5.82	4.42		191	5.80	4.44
	112	5.03	4.94		192	5.95	4.42
	113	5.34	4.37		193	5.96	4.56
	114	5.91	4.47		194	5.93	4.87
3	131	5.81	4.12	8	195	5.88	4.52
	132	5.70	4.33		196	5.83	4.50
	133	5.76	4.13		197	5.56	4.40
	134	5.62	4.23		198	5.57	4.31
	135	5.89	4.19		199	5.90	4.70
	136	5.88	3.88		200	5.91	4.66
	137	5.62	4.07		201	6.21	4.94
	138	5.16	3.89		202	5.95	4.49
4	147	4.89	3.61	9	227	5.56	4.42
	148	5.00	3.83		228	5.08	4.23
	149	4.79	3.69		229	5.52	4.81
	150	5.12	3.48		230	6.12	4.59
	151	4.75	3.89		231	5.36	4.38
	152	4.68	3.29		232	5.68	4.59
	153	4.76	3.61		233	5.40	4.37
	154	4.80	3.62		234	5.69	4.64
5	155	5.09	3.56	10	243	5.72	4.21
	156	5.29	3.69		244	5.13	4.03
	157	5.67	3.84		245	5.19	3.84
	158	4.97	3.50		246	4.79	3.80
	159	5.19	3.81		247	5.37	3.90
	160	5.59	3.78		248	5.03	4.08
	161	4.86	3.67		249	5.34	4.06
	162	4.97	3.62		250	5.55	4.25

Tabelle 28. pH-Werte. *Vaccinium*-Typ.

Taul. 28. pH-luvut. Vaccinium-tyyppi.

Probefläche *koeala* Nr.	Probe *näyte* Nr.	pH		Probefläche *koeala* Nr.	Probe *näyte* Nr.	pH	
		H_2O	KCl			H_2O	KCl
	91	4.95	4.03		179	5.41	4.21
	92	5.38	4.55		180	5.54	4.21
	93	4.98	3.93		181	5.55	4.30
11	94	5.38	4.16	16	182	5.65	4.18
	95	5.23	4.25		183	5.68	4.29
	96	5.00	3.98		184	5.17	3.98
	97	5.43	4.37		185	5.00	3.88
	98	5.19	4.14		186	5.59	4.26
	99	5.46	4.32		203	5.21	4.03
	100	5.15	4.08		204	5.60	4.49
	101	5.53	4.76		205	6.06	4.50
12	102	5.20	4.13	17	206	5.75	4.44
	103	5.11	3.93		207	5.29	4.30
	104	5.03	4.04		208	5.90	4.55
	105	5.01	4.27		209	6.28	4.53
	106	5.38	4.23		210	5.75	4.27
	115	5.96	4.37		211	6.03	4.65
	116	5.49	4.35		212	5.90	4.49
	117	5.27	4.29		213	5.64	4.36
13	118	5.86	4.54	18	214	6.21	4.78
	119	5.19	4.19		215	6.41	4.87
	120	5.34	4.03		216	6.67	5.12
	121	5.46	4.39		217	6.16	4.77
	122	6.44	4.93		218	6.28	4.58
	163	5.70	4.51		219	5.28	4.33
	164	5.49	4.49		220	5.10	4.09
	165	5.61	4.29		221	5.21	4.16
14	166	5.61	4.43	19	222	5.61	4.17
	167	5.66	4.48		223	5.36	4.06
	168	5.80	4.54		224	5.28	4.18
	169	5.51	4.39		225	5.15	4.18
	170	5.61	4.55		226	5.11	3.75
	171	5.70	4.76		235	5.11	4.18
	172	5.62	4.68		236	5.81	4.39
	173	5.67	4.70		237	5.65	4.51
15	174	5.71	4.83	20	238	6.00	4.74
	175	5.75	4.73		239	5.65	4.62
	176	5.40	4.35		240	5.39	5.57
	177	5.61	4.58		241	5.15	4.19
	178	5.55	4.36		242	5.64	4.42

Tabelle 29. pH-Werte. *Myrtillus*-Typ.

Taul. 29. pH-luvut. Myrtillus-tyyppi.

Probefläche *koeala* Nr.	Probe *näyte* Nr.	pH H_2O	pH KCl	Probefläche *koeala* Nr.	Probe *näyte* Nr.	pH H_2O	pH KCl
	1	5.99	4.56		43	5.06	3.61
	2	5.93	4.50		44	5.03	3.98
	3	5.93	4.31		45	5.34	4.21
	4	5.58	4.09		46	5.27	4.00
21	5	5.91	4.27	26	47	5.21	4.09
	6	6.46	4.91		48	5.50	3.84
	7	5.56	4.00		49	5.00	3.60
	8	5.71	4.13		50	5.93	4.57
	9	6.01	4.52				
	10	5.76	4.31				
	11	6.16	4.59		51	4.80	3.60
	12	6.51	4.99		52	5.43	4.15
	13	6.33	4.82		53	5.30	4.20
22	14	6.43	4.95	27	54	5.34	4.20
	15	6.36	4.99		55	5.56	4.26
	16	6.49	5.18		56	5.31	3.70
	17	6.57	5.12		57	5.71	4.18
	18	6.39	5.03		58	5.96	4.85
	19	6.21	4.97		59	6.02	4.47
	20	6.14	4.72		60	6.26	4.64
	21	6.00	4.36		61	5.53	4.18
23	22	6.42	4.60	28	62	5.76	4.32
	23	6.13	4.57		63	4.69	3.60
	24	6.01	4.59		64	5.93	4.50
	25	6.01	4.70		65	6.50	5.16
	26	6.02	4.99		66	6.56	5.16
	27	5.79	4.44		67	5.78	4.44
	28	5.09	4.12		68	5.48	4.04
	29	5.53	4.12		69	5.99	4.54
24	30	4.97	4.04	29	70	5.90	4.27
	31	5.65	4.35		71	5.20	4.12
	32	5.25	4.09		72	5.72	4.26
	33	5.34	4.24		73	5.54	4.22
	34	5.35	4.21		74	6.28	4.67
	35	5.96	4.12		75	6.68	5.10
	36	5.69	4.14		76	6.44	4.91
	37	5.70	4.21		77	5.65	4.10
25	38	5.92	4.15	30	78	5.90	4.16
	39	5.58	4.05		79	6.46	4.69
	40	5.55	4.08		80	6.18	4.75
	41	5.37	4.26		81	6.37	4.53
	42	5.10	3.96		82	6.53	4.94

Tabelle 30. Austauschazidität.

Taul. 30. Vaihtohappamuus.

CT						*VT*						*MT*					
Probefläche *koeala* Nr.	Probe *näyte* Nr.	ml 0.1 n NaOH $3.5 \times T_1$	Probefläche *koeala* Nr.	Probe *näyte* Nr.	ml 0.1 n NaOH $3.5 \times T_1$	Probefläche *koeala* Nr.	Probe *näyte* Nr.	ml 0.1 n NaOH $3.5 \times T_1$	Probefläche *koeala* Nr.	Probe *näyte* Nr.	ml 0.1 n NaOH $3.5 \times T_1$	Probefläche *koeala* Nr.	Probe *näyte* Nr.	ml 0.1 n NaOH $3.5 \times T_1$	Probefläche *koeala* Nr.	Probe *näyte* Nr.	ml 0.1 n NaOH $3.5 \times T_1$
	83	23.8		139	20.2		91	34.2		179	24.9		1	35.3		43	19.4
	84	35.6		140	20.5		92	8.4		180	23.1		2	27.1		44	17.7
	85	14.6		141	15.8		93	36.6		181	21.7		3	21.7		45	14.5
1	86	22.4	6	142	20.3	11	94	29.4	16	182	25.9	21	4	31.7	26	46	13.6
	87	32.4		143	18.9		95	22.6		183	18.9		5	28.5		47	17.3
	88	30.5		144	21.0		96	29.9		184	26.1		6	28.5		48	20.8
	89	11.9		145	22.1		97	14.2		185	27.7		7	26.2		49	23.8
	90	34.5		146	16.7		98	23.1		186	20.9		8	30.0		50	5.4
													9	28.3			
													10	28.9			
	107	8.3		187	13.5		99	11.7		203	35.4		11	13.8		51	28.2
	108	28.9		188	5.6		100	23.5		204	13.3		12	7.3		52	17.1
	109	16.3		189	30.0		101	3.5		205	19.9		13	12.9		53	16.1
2	110	9.0	7	190	33.3	12	102	27.8	17	206	15.8	22	14	9.7	27	54	18.2
	111	17.7		191	15.0		103	38.7		207	22.3		15	15.0		55	20.8
	112	33.3		192	15.4		104	30.5		208	13.7		16	8.0		56	38.1
	113	17.9		193	17.0		105	19.3		209	19.5		17	13.1		57	20.5
	114	14.2		194	5.8		106	23.5		210	25.4		18	9.3		58	4.4
	131	17.0		195	14.4		115	24.4		211	14.0		19	10.8		59	13.8
	132	12.5		196	10.7		116	25.6		212	21.0		20	12.9		60	16.0
	133	14.4		197	17.9		117	27.5		213	18.2		21	25.0		61	37.1
3	134	17.7	8	198	19.6	13	118	15.9	18	214	8.4	23	22	15.0	28	62	32.0
	135	15.0		199	5.6		119	37.1		215	7.9		23	17.9		63	32.9
	136	18.2		200	7.9		120	38.9		216	6.2		24	14.3		64	21.5
	137	16.5		201	11.6		121	21.7		217	10.4		25	8.6		65	44.4
	138	21.4		202	15.4		122	10.4		218	16.4		26	3.5		66	21.3
	147	44.1		227	17.7		163	15.0		219	14.7		27	11.5		67	8.7
	148	42.2		228	14.6		164	19.5		220	24.7		28	15.5		68	17.0
	149	47.6		229	5.5		165	21.2		221	22.8		29	12.1		69	9.1
4	150	42.2	9	230	7.9	14	166	21.0	19	222	18.6	24	30	16.1	29	70	10.8
	151	42.6		231	14.4		167	17.0		223	25.9		31	9.7		71	14.3
	152	36.3		232	10.0		168	18.8		224	19.5		32	11.0		72	14.5
	153	51.8		233	17.2		169	13.7		225	21.7		33	13.9		73	15.9
	154	53.8		234	7.4		170	10.9		226	40.6		34	13.3		74	15.9
	155	22.9		243	22.6		171	4.2		235	22.3		35	13.3		75	14.0
	156	17.0		244	35.9		172	5.1		236	14.7		36	14.7		76	19.2
	157	19.3		245	36.3		173	4.6		237	11.2		37	9.6		77	18.5
5	158	20.8	10	246	35.7	15	174	3.5	20	238	6.2	25	38	12.6	30	78	20.5
	159	32.2		247	28.7		175	4.2		239	7.0		39	13.8		79	17.0
	160	20.2		248	34.2		176	16.1		240	15.1		40	14.2		80	18.9
	161	22.6		249	32.2		177	9.1		241	20.2		41	15.6		81	17.8
	162	18.6		250	30.5		178	15.8		242	13.5		42	17.7		82	18.7

METSÄTIETEELLISEN TUTKIMUSLAITOKSEN JULKAISUJA 25.2
COMMUNICATIONES INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE 25.2

EINIGE pH-BESTIMMUNGEN IN WALDBÖDEN

SELOSTUS: MUUTAMIA pH-MÄÄRÄYKSIÄ METSÄMAISSA

V. T. AALTONEN

HELSINKI 1937

Helsinki 1937. Valtioneuvoston kirjapaino.

Inhalt

	Seite
Einleitung	5
Die Stabilität der pH-Werte beim Aufbewahren der Proben	8
Die vertikale Verteilung der Azidität	16
pH-Werte in Wasser und in Kaliumchlorid	38
Kurze Zusammenfassung für Referate	43
Brief English summary for abstracts	43
Literaturverzeichnis	44
Selostus: Muutamia pH-määräyksiä metsämaissa	45
Tab. 19—21 — Taulukot 19—21	50—2

Einleitung

Neuentstandener bzw. unverwitterter Boden in den Urgesteingebieten humiden Klimas ist beinahe neutral oder etwas alkalisch. Wenn der Boden altert und verwittert, tritt an die Stelle der hydrolytisch sich abspaltenden und sich auswaschenden Basen das Wasserstoffion, und der Boden wird sauer. Im Podsolprofil ist, soweit nur der Mineralboden im Auge behalten wird, wie zahlreiche Forschungen erwiesen haben, die Azidität in den Oberflächenteilen am grössten und nimmt nach unten zu allmählich ab bis in eine Tiefe, wie sie der Einfluss der Atmosphärilien erreicht. Experimentell erhält man in der Elektrodialyse den entsprechenden pH-Gradienten von der Anodenmembran nach der Kathodenmembran (M a t t s o n 1933).

An und für sich sind jedoch über die Verteilung der Azidität je nach der Tiefe bisher in verhältnismässig geringem Masse eigentliche systematische und gründliche Untersuchungen ausgeführt worden. G a a r d e r und G r a h l-N i e l s e n (1935) haben nachgewiesen, dass die Bodenreaktion von dem zwischen Basoiden und Azidoiden bestehendem Verhältnis in der Weise abhängig ist, dass die Reaktionszahl der Bodenprobe um so niedriger ausfällt, je reichlicher die Azidoide im Vergleich zu den Basoiden vertreten sind, aber auch sie richten sich nicht insbesondere nach der vertikalen Verteilung der Azidität im Bodenprofil. K a p p e n (1929) erwähnt, dass bei aluminium- und eisenreichem Ortstein seiner grösseren Pufferungsfähigkeit wegen die Reaktionszahl immer höher als bei den ihn überlagernden basenarmen Schichten sei, doch treten in der Literatur auch Belege für entgegengesetzte Fälle auf. So ermittelten N ě m e c und K v a p i l (1926) im Ortstein eine schroffe und merkliche Abnahme des pH-Wertes; unterhalb des Ortsteins wiederum stieg pH rasch zu neutraler oder schwach alkalischer Reaktion an. Auf Kahlschlagflächen, bei jungen Kulturen und lichten Laubholzbeständen war cH (= Wasserstoffionenkonzentration) an der Oberfläche am kleinsten und nahm nach unten zu ab. W e i s (1932) stellte fest, wie bei urwüchsigem Heideboden pH mit der Tiefe regelmässig zunimmt, z. B. in der Grindstedter Heide folgendermassen (pH als Mittelwerte von 10 Profilen):

A_1	A_2	A_3	B_1	C
Rohhumus	Bleichsand	Humusortstein	Eisenortstein	Untergrund
3.6	3.9	4.1	4.5	4.8

Die für dieselben Profile ausgeführten Humusbestimmungen und Bestimmungen von Sesquioxyden sowie Kieselsäure des Kolloidkomplexes (mit Ammoniumoxalat) gaben folgende Resultate:

	A_1	A_2	A_3	B_1	C
Humus %	27.03	1.79	12.65	2.65	0.24
Al_2O_3 »	0.12	0.03	0.96	0.57	0.17
Fe_2O_3 »	0.11	0.04	0.57	0.95	0.17
SiO_2 »	0.02	0.02	0.03	0.07	0.05

Trotz dieses beträchtlichen Wechsels in der vertikalen Verteilung der Azidoid- und Basoidmengen wächst pH gleichmässig mit der Tiefe. Auch andere ähnliche Beispiele liessen sich aus der einschlägigen Literatur beibringen. Nach Doyne (1936) nehme die Azidität in tropischen Böden mit der Tiefe zu.

Die in Frage stehende Erscheinung ist in mancher Hinsicht von so grosser Bedeutung, dass eigens ihr zugewandte eingehende Untersuchungen wünschenswert wären. Wie insbesondere aus den interessanten Untersuchungen von Mattson hervorgeht, ist der pH-Gradient bei der Bodenbildung von grundlegender Bedeutung. Ist pH in den Oberflächenteilen des Bodens auf einen gewissen Wert gesunken, beginnen die ihrem Charakter nach amphoteren Kolloide mit dem Wasser zu versickern, bis sie in eine Reaktion, die ihrem isoelektrischen Punkt entspricht, geraten und ausgefällt werden. Der isoelektrische Punkt der weniger basischen Komplexe ist niedriger, und derartige Komplexe werden weiter oben ausgefällt, die übrigen dringen tiefer ein. Aus den anorganischen Kolloiden tritt zuoberst das Eisen aus, dann folgt Aluminium und zutiefst Kieselsäure (Aaltonen 1935). — Solche Untersuchungen, von denen hier die Rede ist, könnten auch über die Bedeutung der Bodenreaktion mit Rücksicht auf den biologischen Wert des Standortes weiteren Aufschluss geben. Ausser dem Reaktionseinfluss im allgemeinen ist u. a. zu beachten, dass die Bewurzelung des Baumes sich in der Vertikalrichtung über einen so weiten Raum ausbreitet, dass die Nahrungsaufnahme einiger Wurzeln bei andersartiger Reaktion als der der anderen eintritt. Ausserdem herrscht in der Umgebung der zu der Bodenflora gehörigen Wurzelsysteme eine andere Reaktion wie weiter abwärts (vgl. z. B. Pankakoski 1935).

Meine weiter unten darzustellenden eigenen Beobachtungen sind im Zusammenhang mit umfassenderen die Bodenpodsolierung im allgemeinen behandelnden Untersuchungen angestellt worden. Gegenstand dieser Forschungen ist nicht so sehr die theoretisch-chemische

Seite des Podsolierungsprozesses wie seine praktische Bedeutung für die Ertragsfähigkeit des Bodens. Demgemäss kommt es auch in der folgenden Darstellung nicht auf eine tiefere theoretische Betrachtung des Problems an, vielmehr mögen sich die untenstehenden Ausführungen auf die Wiedergabe einiger Ergebnisse von pH-Messungen beschränken, damit die Frage das Interesse der Bodenforscher errege und Gegenstand eingehenderer Erforschung werde.

Bei meinen Untersuchungen, von denen der auf die trockenen Heidewälder bezügliche Teil bisher veröffentlicht ist (A a l t o n e n 1935) und die nur den Mineralboden (nicht die Humusschicht) betreffen, hat es sich im allgemeinen herausgestellt, dass pH an der Oberfläche am niedrigsten ist und nach unten zu wenigstens bis in eine Tiefe von 50—60 cm wächst, bis in welche die Profiluntersuchungen ausgedehnt worden sind. Doch sind dann und wann auch Fälle hervorgetreten, für die eine solche Gesetzmässigkeit nicht gilt. Dies ist insbesondere für die frischen und feuchten (mehr oder weniger versumpften) Heidewälder zutreffend gewesen. Als Beispiele für derartige Fälle seien hier folgende Messungsergebnisse angeführt, nicht darum, weil sie besonders typisch oder häufig auftretend gewesen wären, sondern aus dem Grunde, dass diese und sonstige gleichsinnige Ergebnisse eigentlich zu eingehenderer und umfassenderer Betrachtung der Erscheinung den ursprünglichen Anstoss gegeben haben.

Profil Nr.	833	838	848	891	1004	1023
Tiefe cm			H_2O - pH			
0—5	6.13	6.41	6.60	6.43	5.85	6.60
5—10	5.52	6.39	6.38	6.49	6.15	6.70
10—15	5.30	5.05	6.10	5.87	6.53	6.70
15—20	4.91	5.71	6.05	5.57	6.50	6.30
20—25	6.18	5.84	6.26	5.83	4.88	6.78
25—30	6.36	5.77	6.27	6.41	5.10	6.45
30—35	6.24	5.49	6.12	6.68	5.37	6.43
35—40	—	5.98	6.39	6.52	—	—
40—45	6.18	5.98	—	7.11	5.59	6.74
45—50	—	—	—	7.02	—	—
50—55	—	—	—	7.94	5.68	—
55—60	—	—	—	7.88	—	—

Die Profile sind alle aus Nordfinnland, aus feuchten Heidewäldern. Der Boden ist verhältnismässig stark podsolierter Sandboden oder gröberer Moränenboden. Der A-Horizont — soweit sich seine untere Grenze deutlich unterscheiden lässt — ist 5-10 cm stark.

Die aus diesen Beispielen ersichtliche Verteilung der Azidität ist eigenartig. Ist doch u. a. die Reaktion in dem am stärksten ausgewaschenen Teil (A-Horizont) des Profils fast neutral. An und für sich hat es denn auch den Anschein, wie wenn die oben dargestellten

Werte, zum mindesten was die Oberkrume angeht, nur »Messungsergebnisse» wären und nicht in Wirklichkeit in der Natur aufträten. Die Ergebnisse sind anscheinend dadurch zu erklären, dass die Aufbewahrung der Proben die pH- Werte verändert hat, und zwar in den verschiedenen Teilen des Profils in verschiedener Weise. Einige nach längerer Verwahrungszeit zufällig wiederholte Messungen gaben zunächst Anlass zu einer derartigen Annahme, und die fortgeführten Messungen haben sie unter gewissen Bedingungen und innerhalb gewisser Grenzen bestätigt.

Dadurch wurden die Untersuchungen von der Hauptfrage, dem pH-Gradienten, zuerst abgeführt. Bevor über diesen sichere Schlüsse gezogen werden konnten, war über den Einfluss des genannten Nebenfaktors, der Verwahrungszeit der Proben, auf die Ergebnisse Klarheit zu gewinnen. Im Folgenden seien darum zunächst einige diesbezügliche Beobachtungen dargestellt und erst danach die vertikale Verteilung der Azidität betrachtet. Zum Schluss werden ferner noch die pH-Werte in Wasser und in Kaliumchlorid miteinander verglichen.

Die pH-Bestimmungen wurden unter Benutzung der Kinhydronelektrode ausgeführt, und zwar war das Verhältnis des Bodens zum Wasser (oder 1 n KCl-Lösung) 1 : 2 ½ (abgesehen von einigen Versuchen, bei denen das Verhältnis 1 : 10 war). Nach der Mischung wurde die Bodenaufschlämmung in verschlossenen Flaschen die Nacht über oder c. 18 Stunden stehengelassen. Die Messung ist einige Sekunden nach dem Mischen des Kinhydrons ausgeführt worden; man hat also nicht gleichzeitig Kinhydron in mehrere Flaschen gemischt. Die Elektrode ist mit dem Boden selbst etwas in Berührung gewesen. Der Apparat ist am Morgen jedes Arbeitstages mit einer Standardlösung geprüft worden. Die pH-Mittelwerte sind nach den entsprechenden cH-Werten berechnet worden, und die angegebenen Zahlen beziehen sich auf eine Temperatur von +18° C. (Bei einigen Messungsreihen ist die Bestimmung für 2—3 Parallelproben zur Ausführung gelangt).

Die ausser den pH-Zahlen angegebenen Sesquioxyde sind bestimmt worden mit Ammoniumoxalatlösung, deren pH 3.23 ist (T a m m 1922, 1932). — Der Humus ist in einigen Fällen als Glühverlust ermittelt worden, im allgemeinen jedoch als organischer Kohlenstoff bei Anwendung nasser Verbrennung (die Resultate sind ohne Korrektionsfaktor ausgedrückt).

Alle Resultate beziehen sich auf lufttrockene Feinerde (< 2 mm).

Die Stabilität der pH-Werte beim Aufbewahren der Proben

Über die Stabilität der pH-Werte bei der Aufbewahrung der Proben sind zahlreiche Untersuchungen ausgeführt worden, wenn auch meist nur gelegentliche Beobachtungen im Zusammenhang mit anderen Untersuchungen. Ohne sie hier jedoch eingehender wiederzugeben, sei nur erwähnt, dass die Ergebnisse wechselnd und unbestimmt gewesen sind. Nach den Feststellungen hat sich die Reaktion der Proben bald in saurer, bald in alkalischer Richtung verändert,

bald ist sie wiederum so gut wie unverändert geblieben. Z. B. stellte Teräsvuori (1930) fest, dass die pH-Werte der Proben sich in 1—3 Jahren nur in Ausnahmefällen verändert hatten. Lehmann (1930) teilt mit, dass bei einjähriger Aufbewahrung Humus- und humushaltige Proben saurer geworden seien; die Mineralbodenproben hätten sich weder in dieser noch in jener Richtung deutlich verändert. Da in Verbindung mit den genannten Messungen im allgemeinen keine eingehenden Angaben über die Zusammensetzung des Bodens in anderer Beziehung (über seine physikalischen, chemischen u. dgl. Eigenschaften) dargestellt worden sind, kann auf Grund der Literaturangaben unmöglich geschlossen werden, aus welchem Grunde die Untersuchungen im allgemeinen zu so verschiedenen Ergebnissen geführt haben. —Das allgemeinste Verfahren bei den pH-Messungen mag sein, dass die Bestimmungen an lufttrockenem Boden möglichst bald nach der Probenahme ausgeführt werden, und dabei sind die in Rede stehenden Veränderungen somit von nicht nennenswerter praktischer Bedeutung gewesen.

Bei meinen eigenen Untersuchungen an mehr oder weniger humusarmen Mineralböden habe ich bei der Aufbewahrung der Proben der Stabilität der pH-Werte keine besondere Aufmerksamkeit zugewandt. Die meist im Mittsommer entnommenen Proben wurden, nachdem sie ins Laboratorium gebracht worden waren, lufttrocken gemacht, dann in mit einem Deckel versehene Pappschachteln gelegt, und die pH-Bestimmungen wurden im allgemeinen im Verlaufe des folgenden Herbstes, bisweilen sogar erst im nächsten Winter angestellt. Die Probenkästen befanden sich teils im Vorraum des Laboratoriums, teils in gut gelüfteten, üblichen Laboratoriumsräumen.

Die wiederholten Messungen haben erwiesen, dass die pH-Werte sich in verschiedenen Richtungen verändert hatten, bisweilen nur wenig, jedoch in gewissen Fällen sogar recht beträchtlich. Eigentliche systematische, umfangreichere Untersuchungen zur Beleuchtung der Frage konnten auch in diesem Zusammenhang nicht ausgeführt werden, aber die folgenden Beobachtungen geben immerhin ein ungefähres und an dieser Stelle ausreichendes Bild von den hier in Rede stehenden Wandlungen.

Die beigegebenen Tabellen 1 a, 1 b und 1 c enthalten die Ergebnisse einiger Bestimmungen, die bei einer Zwischenzeit von etwa 4 Jahren über dieselben Proben ausgeführt worden sind. Die erste Bestimmung ist mit pH I (oder cH I), die zweite mit pH II (oder cH II) bezeichnet. Die Messungen sind sowohl in Wasser als auch in 1-norm. KCl-Lösung ausgeführt worden. Das Material ist im grossen und ganzen nach dem Podsolierungsgrad des Bodens in der

Weise geordnet, dass auf Tabelle 1 a fast alle Böden stark podsoliert, auf Tabelle 1 c schwach podsoliert sind und auf Tabelle 1 b beiderlei Fälle auftreten. Die Böden sind alle gemeine, kalkarme Urgesteinböden Finnlands. (Der A-Horizont bedeutet eine mehr oder weniger ausgewaschene Oberflächenschicht des Mineralbodens, also keine Humusschicht; unter den Waldtypen sind Cajanders Waldtypen [1]) zu verstehen).

Ein Blick auf die gegebenen Tabellen erweist, dass die Azidität stark podsolierten Bodens im allgemeinen abgenommen, die schwach podsolierten zugenommen hat und dass die Veränderungen in Wasser grösser als in Kaliumchlorid sind.

Am meisten hat der in Wasser gemessene cH stark podsolierter Böden abgenommen; in einigen Fällen hat das Ergebnis der zweiten Messung nur einige Hundertstel der ersten ausgemacht. Bei denselben Böden hat cH des B-Horizonts sich im allgemeinen etwas weniger verändert, aber durchschnittlich doch fast bis auf die Hälfte von Wert I abgenommen. Bei den schwach podsolierten Böden scheint der H_2O-cH des A-Horizonts weniger als der des B- und der des C-Horizonts gewachsen zu sein, der KCl-cH ist dagegen in den verschiedenen Horizonten ungefähr gleich viel gewachsen.

Diese Ergebnisse bleiben insofern unvollständig, als die Verwahrungszeit in diesem Fall verhältnismässig lang gewesen ist, und mit Rücksicht auf die pH-Messungen wäre es natürlich wichtig zu wissen, wie rasch nach der Probenahme die Wandlungen eingetreten sind. Jedenfalls ist in diesem Zusammenhang insbesondere zu beachten, dass durch die Aufbewahrung cH des stark podsolierten Bodens bzw. des stark ausgewaschenen A-Horizonts sich merklich verringert.

Tabelle 2 S. 15 gibt die Ergebnisse einiger anderen Messungsreihen wieder. Der Zeitraum zwischen den Messungen I und II beträgt in diesem Fall etwa 1 ½ Jahre. Die Zahlen stellen Mittelwerte folgender Anzahlen von Profilen dar:

Gruppe	1, ...	4	Profile
»	2, ...	7	»
»	3, ...	6	»
»	4, ...	5	»
»	5, ...	7	»
»	6, ...	8	»

[1]) *CT* = *Calluna* Typ
VT = *Vaccinium*-Typ
MT = *Myrtillus*-Typ
OMT = *Oxalis-Myrtillus*-Typ

Tab. 1 a — *taul. 1 a*

Nr.		Horizont — *horisontti*						Bodenart	Bodentyp	Waldtyp *metsätyyppi*
		A	B	C	A	B	C			
		H_2O			KCl					
376	pH I	4.14	4.49	4.32	3.67	4.39	4.51	Moränenboden	Ziemlich stark podsoliert. Humusschicht 3—4 cm, A-Horiz. 15 cm.	*VT*
	» II	5.11	4.67	4.82	3.85	4.50	4.63			
	cH II: I	0.11	0.66	0.32	0.66	0.77	0.76			
	KCl—cH II: H_2O—cH I	1.95	0.97	0.49						
378	pH I	5.08	5.23	5.40	4.11	4.56	4.32	Moränenboden	Schwach podsoliert. Humussch. 3 cm, A-Horiz. 4—8 cm, ins Graue fallend, undeutlich.	*OMT*
	» II	5.19	5.14	5.52	4.20	4.66	4.57			
	cH II: I	0.78	1.24	0.75	0.81	0.79	0.56			
	KCl—cH II: H_2O—cH I	7.60	3.74	6.71						
382	pH I	4.32	5.01	4.70	3.82	4.68	4.54	Sandboden	Stark podsoliert. Humussch. 3 cm, A-Horiz. 5—15 cm. Stellenweise Ortstein.	*CT*
	» II	5.41	5.08	5.13	4.12	4.70	4.70			
	cH II: I	0.08	0.84	0.37	0.51	0.95	0.69			
	KCl—cH II: H_2O—cH I	1.58	2.03	1.00						
394	pH I	4.01	5.08	5.36	3.29	4.22	4.03	Moränenboden	Mittelmässig podsoliert. Humussch. 7 cm, A-Horiz. 4—5 cm.	*VT*
	» II	4.69	5.36	5.71	3.64	4.54	4.52			
	cH II: I	0.21	0.53	0.45	0.45	0.48	0.32			
	KCl—cH II: H_2O—cH I	2.36	3.49	6.91						
402	pH I	3.89	5.48	5.39	3.43	5.34	5.03	Moränenboden	Stark podsoliert. Humussch. 2—3 cm. A-Horiz. 7—8 cm.	*VT*
	» II	5.43	5.73	5.36	3.89	5.49	5.13			
	cH II: I	0.03	0.56	1.06	0.34	0.71	0.79			
	KCl—cH II: H_2O—cH I	1.00	0.98	1.80						
404	pH I	4.05	5.23	5.27	3.47	4.67	4.93	Moränenboden	Wie beim vorigen	*VT*
	» II	5.16	5.30	5.55	3.77	4.80	5.13			
	cH II: I	0.08	0.85	0.53	0.50	0.74	0.63			
	KCl—cH II: H_2O—cH I	1.92	2.70	1.39						
405	pH I	3.99	5.15	4.92	3.58	4.93	4.81	Sandboden	Ziemlich stark podsoliert. Humussch. 3—4 cm, A-Horiz. 5—6 cm.	*VT*
	» II	5.59	5.53	5.82	3.91	5.13	5.10			
	cH II: I	0.04	0.42	0.13	0.47	0.63	0.51			
	KCl—cH II: H_2O—cH I	1.20	1.04	0.67						
408	pH I	4.11	5.33	5.29	3.57	5.10	4.99	Moränenboden	Sehr stark podsoliert. Humussch. 5—6 cm, A-Horiz. 7—10 cm.	*MT*
	» II	6.25	5.63	5.77	4.65	5.37	5.36			
	cH II: I	0.01	0.50	0.33	0.08	0.54	0.43			
	KCl—cH II: H_2O—cH I	0.29	0.91	0.85						
414	pH I	4.25	5.18	4.93	3.76	4.68	4.84	Osgrusboden	Schwach podsoliert. Humussch. 2 cm, A-Horiz. 2—3 cm, grau.	*CT*
	» II	4.99	5.32	5.30	3.73	4.95	5.03			
	cH II: I	0.18	0.72	0.43	1.08	0.54	0.64			
	KCl—cH II: H_2O—cH I	3.34	1.69	0.80						
430	pH I	4.63	5.05	4.71	4.12	5.04	4.64	Feiner Sandboden	Ziemlich stark podsoliert. Humussch. 1 cm, A-Horizont 8—10 cm.	*CT*
	» II	5.60	5.63	5.46	4.62	5.30	5.00			
	cH II: I	0.11	0.26	0.18	0.32	0.55	0.44			
	KCl—cH II: H_2O—cH I	1.04	0.57	0.51						
431	pH I	4.02	5.09	4.43	3.43	5.12	3.88	Moränenboden	Stark podsoliert. Humussch. 3—4 cm, A-Horiz. 8 cm.	*MT*
	» II	4.94	5.59	5.36	3.75	5.34	4.99			
	cH II: I	0.12	0.32	0.11	0.47	0.60	0.08			
	KCl—cH II: H_2O—cH I	1.86	0.56	0.27						

Tab. 1 b — *taul. 1 b*

Nr.		Horizont — *horisontti*						Bodenart	Bodentyp	Waldtyp *metsätyyppi*
		A	B	C	A	B	C			
		H_2O			KCl					
384	pH I	4.36	5.09	5.15	3.68	4.64	4.79	Moränenboden	Stark podsoliert. Humussch. 8 cm, A-Horiz. 12 cm.	*MT* (Versumpft)
	» II	4.72	5.29	5.44	3.77	4.69	5.00			
	cH II: I	0.44	0.64	0.52	0.81	0.89	0.62			
	KCl—cH II: H_2O—cH I	3.89	2.54	1.42						
419	pH I	4.39	4.92	4.89	3.86	4.41	4.76	Osgrusboden	Mittelmässig podsoliert. Humussch. 2—3 cm, A-Horiz. dunkel, 5 cm.	*VT*
	» II	5.05	5.21	5.32	3.99	4.73	5.08			
	cH II: I	0.22	0.52	0.37	0.74	0.48	0.48			
	KCl—cH II: H_2O—cH I	2.50	1.56	0.64						
313	pH I	4.23	3.94	5.09	3.65	4.59	4.53	Moränenboden	Stark podsoliert. Humussch. 4—5 cm, A-Horiz. 12 cm.	*MT*
	» II	5.20	4.86	4.83	3.83	4.52	4.47			
	cH II: I	0.11	0.12	1.80	0.67	1.15	1.14			
	KCl—cH II: H_2O—cH I	2.54	0.29	4.12						
315	pH I	4.23	5.04	5.05	3.68	4.75	4.71	Moränenboden	Stark podsoliert. Humussch. 4—5 cm, A-Horiz. 12 cm.	*MT*
	» II	4.98	4.91	5.15	3.89	4.67	4.82			
	cH II: I	0.18	1.35	0.78	0.62	1.19	0.78			
	KCl—cH II: H_2O—cH I	2.17	2.35	1.68						
366	pH I	4.78	4.28	4.50	4.35	4.93	4.81	Moränenboden	Wahrscheinlich geschwendet. In dem Oberboden eine 10—15 cm dicke, dunkle Schicht.	*MT*
	» II	4.88	4.99	4.65	4.34	4.90	4.75			
	cH II: I	0.79	0.20	0.71	1.03	1.06	1.14			
	KCl—cH II: H_2O—cH I	2.73	0.24	0.57						
331	pH I	4.28	5.24	5.40	3.58	4.79	4.93	Sandboden	Schwach podsoliert. Humussch. 1—2 cm, A-Horiz. grau, 2 cm.	*CT*
	» II	4.37	4.98	5.07	3.58	4.78	4.97			
	cH II: I	0.82	1.85	2.12	1.00	1.03	0.90			
	KCl—cH II: H_2O—cH I	5.00	2.93	2.66						
332	pH I	4.00	5.02	5.02	3.37	4.50	4.73	Moränenboden	Ziemlich stark podsoliert. Humussch. 5 cm, A-Horiz. 3—4 cm.	*OMT*
	» II	4.29	4.78	4.92	3.39	4.43	4.73			
	cH II: I	0.50	1.74	1.28	0.95	1.18	1.00			
	KCl—cH II: H_2O—cH I	4.02	3.90	1.97						
334	pH I	4.37	5.35	5.46	4.71	4.52	5.04	Sandboden	Schwach podsoliert. Humussch. 1—2 cm, A-Horiz. grau, 2 cm.	*CT*
	» II	4.41	4.90	4.87	3.53	4.86	4.83			
	cH II: I	0.91	2.87	3.86	1.50	0.47	1.60			
	KCl—cH II: H_2O—cH I	6.92	3.14	4.21						
364	pH I	4.67	4.82	4.71	4.59	4.96	4.55	Sandboden	Schwach podsoliert. Humussch. 1 cm, unten eine 10—12 cm dicke, dunkle Schicht.	*CT*
	» II	4.73	4.73	4.61	4.25	4.71	4.69			
	cH II: I	0.88	1.22	1.25	2.17	1.80	0.72			
	KCl—cH II: H_2O—cH I	2.65	1.27	1.04						

Tab. 1 c — *taul. 1 c*

Nr.		Horizont — *horisontti*						Bodenart	Bodentyp	Waldtyp *metsätyyppi*
		A	B	C	A	B	C			
		H_2O			KCl					
352	pH I	4.78	5.01	4.85	4.18	4.79	5.01	Moränenboden	Schwach podsoliert. Humussch. 2—3 cm, unten eine 10—12 cm dicke, dunkle Schicht.	*VT*
	» II	4.90	4.91	4.61	4.09	4.64	4.86			
	cH II: I	0.76	1.27	1.74	1.22	1.40	1.42			
	KCl—cH II: H_2O—cH I	4.89	2.36	0.99						
365	pH I	4.58	4.71	4.71	4.23	4.55	4.66	Moränenboden	Wahrscheinlich geschwendet. Im Oberboden eine 10—15 cm dicke, dunkle Schicht.	*MT*
	» II	4.63	4.65	4.55	4.10	4.48	4.54			
	cH II: I	0.89	1.14	1.45	1.34	1.17	1.30			
	KCl—cH II: H_2O—cH I	3.02	1.69	1.48						
327	pH I	5.18	5.27	5.39	4.26	4.69	4.77	Feiner Sandboden	Schwach podsoliert. Humussch. 2—3 cm, unten eine 10—15 cm dicke, dunkle Schicht.	*MT*
	» II	4.92	4.88	5.12	4.17	4.56	4.71			
	cH II: I	1.83	2.45	1.89	1.23	1.33	1.15			
	KCl—cH II: H_2O—cH I	10.29	5.10	4.81						
329	pH I	4.87	5.18	5.31	4.18	4.58	4.74	Feiner Sandboden	Wie beim vorigen	*OMT*
	» II	4.81	4.79	4.00	3.98	4.44	4.65			
	cH II: I	1.15	2.45	2.01	1.56	1.38	1.33			
	KCl—cH II: H_2O—cH I	7.66	5.45	4.74						
330	pH I	4.72	5.25	5.26	4.14	4.74	5.01	Osgrusboden	Schwach podsoliert. Humussch. 3 cm, A-Horiz. grau, 2—3 cm.	*VT*
	» II	4.51	4.79	4.59	4.03	4.64	4.95			
	cH II: I	1.60	2.91	4.74	1.30	1.24	1.14			
	KCl—cH II: H_2O—cH I	4.94	4.09	2.05						
333	pH I	4.42	5.40	5.39	3.76	4.92	4.96	Osgrusboden	Wie beim vorigen	*VT*
	» II	4.37	4.93	4.00	3.53	4.79	4.86			
	cH II: I	1.12	2.91	2.48	1.68	1.35	1.25			
	KCl—cH II: H_2O—cH I	7.80	4.08	3.42						
353	pH I	4.96	5.24	4.89	4.39	4.97	4.81	Sandboden	Schwach podsoliert. Humussch. 2 cm, unten eine 5—8 cm dicke, dunkle Schicht.	*VT*
	» II	4.77	4.92	4.79	4.21	4.78	4.63			
	cH II: I	1.55	2.11	1.25	1.52	1.57	1.52			
	KCl—cH II: H_2O—cH I	5.61	2.91	1.80						
355	pH I	4.62	5.15	4.91	4.25	4.86	5.15	Moränenboden	Wahrscheinlich geschwendet	*MT*
	» II	4.61	4.81	4.63	4.11	4.79	4.88			
	cH II: I	1.03	2.17	1.91	1.38	1.17	1.84			
	KCl—cH II: H_2O—cH I	3.24	2.27	1.07						
356	pH I	4.97	4.92	4.72	4.34	4.67	4.78	Moränenboden	Wie beim vorigen	*MT*
	» II	4.71	4.64	4.55	4.23	4.57	4.66			
	cH II: I	1.82	1.89	1.49	1.29	1.27	1.32			
	KCl—cH II: H_2O—cH I	5.50	2.22	1.16						

In die Tabelle sind auch die Beträge der Sesquioxyde und des Humus aufgenommen worden.[1]) Bei den Gruppen 1—4 ist das Material dasselbe wie bei meinen früheren Podsoluntersuchungen (A a l t o n e n 1935), nur sind bei Gruppe 4 drei Profile weggelassen, deren Probenmaterial nicht für eine zweite Bestimmung ausgereicht hat. Die Böden sind alle alte Böden, die ausländischen Proben stammen alle aus Norddeutschland, Dänemark und Südschweden. (Die pH-Bestimmungen sind das erste Mal nur in Wasser ausgeführt worden).

Von den Gruppen können in diesem Zusammenhang die Nummern 1, 2, 4 und 5 als ungefähr gleichwertig erachtet werden. Von diesen sind die ausländischen Böden (die Gruppen 4 und 5) am stärksten podsoliert. — Bei Gruppe 3 ist die Podsolierung verhältnismässig schwach und bei Gruppe 6 am schwächsten.

Werden zunächst die Gruppen 1, 2, 4 und 5 betrachtet, kann festgestellt werden, dass cH bei allen während der Aufbewahrungszeit erheblich abgenommen hat. Die Veränderung ist in den Oberflächenteilen am grössten und in 20—40 cm Tiefe oder in den unteren Teilen des B-Horizonts durchschnittlich am kleinsten. — Bei Gruppe 6 (den ausländischen Braunerden) sind die Veränderungen am kleinsten und im ganzen Profil gleicher Grössenklasse. — Gruppe 3 bildet insofern den übrigen gegenüber eine Ausnahme, als bei ihr cH in den unteren Teilen des B-Horizonts zugenommen hat.

Als Gesamtergebnis kann auch hier über die wiedergegebenen Beobachtungen festgestellt werden, dass cH bei den am stärksten podsolierten Böden am meisten abgenommen hat. Ob dieser Sachverhalt so aufzufassen sei, dass nach beendeter Auswaschung der Boden bei fortgeführter Verwitterung seiner ursprünglichen Reaktion zustrebe, ist eine Frage, deren Beantwortung Sonderuntersuchungen erforderte. Bei der Durchsicht der Ergebnisse erheben sich auch andere Fragen. Warum ist z. B. nur bei den trockenen Böden Südfinnlands (in den unteren Teilen des B-Horizonts) cH gewachsen? Warum hat sich — wie es den Anschein hat — im allgemeinen bei den stärker podsolierten Böden gerade der untere Teil des B-Horizonts am wenigsten verändert? Die Braunerde ist vielleicht besser gepuffert als Podsolboden, aber wie sind die Pufferstoffe verteilt, und welche Bedeutung haben sie im Podsolprofil? Zwischen der Verteilung der Basoide und der Humusstoffe und den Veränderungen

[1]) Ausser Sesquioxyden und Humus ist bei diesen wie auch bei den weiter unten zu beschreibenden Analysen ebenfalls die Kieselsäure bestimmt worden. Ihre Menge ist jedoch nicht angeführt, weil sie im allgemeinen so gering ist, dass sie für die Azidität des Bodens kaum von erheblicherer Bedeutung sein kann.

Tab. 2 — *taul. 2*

Gruppe *ryhmä*	Tiefe [1]) *syvyys*[1]) cm	pH H_2O I	pH H_2O II	cH II : I	pH KCl II	cH KCl II : H_2O II	Al_2O_3 + Fe_2O_3 %	Humus [2]) %
1	Trockene Heidewälder (Sandböden) — *Kuivat kangasmetsät (hiekkamaat)* Lappland — *Lappi*							
	0—5	5.40	6.42	0.10	4.58	67.9	0.47	2.06
	5—10	5.64	6.58	0.11	5.02	36.2	1.07	2.65
	10—15	5.99	6.53	0.29	5.18	22.1	0.90	2.12
	15—20	5.79	6.58	0.16	5.38	16.1	0.84	1.88
	20—25	6.06	6.64	0.26	5.47	14.8	0.85	1.62
	25—30	6.06	6.68	0.24	5.44	17.6	0.75	1.33
	30—40	5.87	6.72	0.14	5.45	18.1	0.56	1.37
	40—50	5.86	6.53	0.21	5.11	26.4	0.55	1.52
2	Trockene Heidewälder (Sandböden) — *Kuivat kangasmetsät (hiekkamaat)* N-Finnland — *P.-Suomi*							
	0—5	4.33	6.46	0.01	4.76	50.3	0.32	1.92
	5—10	5.09	6.36	0.05	5.03	21.4	1.45	2.05
	10—15	5.52	6.18	0.22	5.28	8.1	2.20	1.76
	15—20	5.53	6.20	0.24	5.34	7.2	1.70	1.33
	20—25	5.52	6.14	0.26	5.40	5.5	1.20	1.13
	25—30	5.63	6.07	0.38	5.39	4.8	0.70	0.77
	30—40	5.72	6.10	0.40	5.34	5.7	0.58	0.64
	40—50	5.68	6.25	0.26	5.33	8.4	0.39	0.56
3	Trockene Heidewälder (Sandböden) — *Kuivat kangasmetsät (hiekkamaat)* S-Finnland — *E.-Suomi*							
	0—5	4.56	5.24	0.21	4.13	13.0	1.01	4.34
	5—10	5.02	5.10	0.83	4.39	5.2	1.28	3.17
	10—15	5.19	5.26	0.86	4.69	3.7	1.54	2.62
	15—20	5.42	5.39	1.08	4.81	3.8	1.46	2.26
	20—25	5.57	5.43	1.37	4.89	3.5	1.21	1.89
	25—30	5.67	5.38	1.95	4.92	2.9	0.97	1.63
	30—40	5.74	5.44	2.00	4.98	2.9	0.82	1.32
	40—50	5.85	5.38	2.98	5.03	2.2	0.53	0.97
4	Trockene Heidewälder (Sandböden) — *Kuivat kangasmetsät (hiekkamaat)* Ausland — *ulkomaat*							
	0—5	4.11	4.93	0.15	3.63	20.1	0.22	4.16
	5—10	4.36	4.92	0.27	3.80	13.3	0.67	4.43
	10—20	4.83	5.28	0.35	4.31	9.5	1.05	3.37
	20—30	4.86	5.04	0.66	4.54	3.2	1.06	2.54
	30—40	5.08	5.37	0.52	4.73	4.3	0.37	1.34
	40—50	5.34	5.79	0.36	4.87	8.3	0.21	0.74
5	Frische Heidewälder (Sandböden) — *Tuoreet kangasmetsät (hiekkamaat)* Ausland — *ulkomaat*							
	0—5	4.20	4.96	0.17	3.74	16.5	0.41	1.27
	5—10	4.50	4.88	0.42	3.87	10.2	0.95	1.22
	10—20	4.82	5.30	0.33	4.26	10.7	1.00	0.80
	20—30	5.18	5.45	0.54	4.58	7.3	1.07	0.79
	30—40	5.26	5.46	0.63	4.72	5.6	0.89	0.46
	40—50	5.13	5.49	0.44	4.74	5.7	0.76	0.34
6	Hainwälder (Braunerden) — *Lehtometsät (ruskomaat)* Ausland — *ulkomaat*							
	0—5	4.50	4.64	0.72	3.83	6.5	0.69	3.26
	5—10	4.61	4.68	0.84	3.94	5.5	0.79	2.03
	10—20	4.68	4.92	0.58	4.13	6.1	0.90	1.35
	20—30	4.76	4.92	0.68	4.25	4.7	0.97	1.02
	30—40	4.76	4.94	0.68	4.26	4.8	1.00	0.68
	40—50	4.78	4.94	0.69	4.26	4.8	1.14	0.46

[1]) Die Tiefe ist immer als ein von der Oberkante des Mineralbodens gemessener Betrag gegeben. — [2]) Bei den Gruppen 1—4 bedeuten die Zahlen den Glühverlust, bei den Gruppen 5—6 org. C.

[1]) *Syvyys on ilmoitettu mineralimaan pinnasta mitattuna.* — [2]) *Ryhmissä 1—4 tarkoittavat luvut hehkutushäviötä, ryhmissä 5 ja 6 org. C.*

der Reaktion scheint keine deutliche gesetzmässige Beziehung zu bestehen. Der Kalk zeigt bei den in Frage stehenden Böden im allgemeinen regelmässiges Wachstum mit zunehmender Tiefe, also ohne Anreicherung in gewissen Horizonten. Als Beispiel hierfür seien die folgenden Ergebnisse angeführt, die über verhältnismässig stark podsolierte Böden nordfinnischer frischer Heidewälder erhalten worden sind (die Zahlen vertreten Mittelwerte von sechs Profilen; der Kalk ist mit 10prozentiger Salzsäure bestimmt worden):

Tiefe cm	0—5	5—10	10—15	15—20	20—25	25—30	30—40	40—50
Ca, mval/100 g	2.3	4.9	5.9	6.6	6.8	7.1	7.3	8.6
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$ % ..	0.14	3.47	3.86	3.39	2.24	1.80	1.46	0.95
Org. C %	0.57	1.39	1.62	1.29	0.69	0.43	0.34	0.20

So interessant diese Fragen theoretisch auch sind, mögen sie sich hier nur auf diese Hinweise beschränken. Die Hauptsache in diesem Zusammenhang ist, dass die Reaktion der Bodenproben sich während deren Aufbewahrungszeit beträchtlich verändern kann, und zwar in den verschiedenen Teilen des Profils und in den verschiedenartigen Böden in verschiedener Weise, wovon die Folge sein kann, dass die Messungsergebnisse wenigstens bei stärker podsolierten Böden ein unrichtiges Bild von der wirklichen Verteilung der Azidität geben. Unter Berücksichtigung der oben dargestellten Ergebnisse und auch der KCl-pH-Werte neben den H_2O-pH-Werten lassen sich jedoch mit so grosser Sicherheit die betreffenden auf messungstechnischen Ursachen beruhenden Fehler schätzen und eliminieren, dass sie in den folgenden die vertikale Verteilung der Azidität betreffenden Ausführungen nicht wesentlich auf die Ergebnisse einwirken.

Die vertikale Verteilung der Azidität

1.

Aus den in Tabelle 2 wiedergegebenen pH-Werten (H_2O-pH-I) ist ersichtlich, wie sie im allgemeinen ziemlich regelmässig mit der Tiefe zunehmen. In Gruppe 1 findet sich jedoch eine deutliche Ausnahme; dort liegt zwischen 20—30 cm ein schwaches Maximum (bei den KCl-Werten in gleicher Weise). Als ähnliches Maximum mögen auch die bei Gruppe 2 zwischen 20—30 cm liegenden pH-Werte (20—25 cm = 5.40 und 25—30 cm = 5.39) anzusehen sein. Ferner kann bei Gruppe 5 in einer Tiefe von 30—40 cm ein Maximalwert festgestellt werden (H_2O-pH-I). Es sei weiter erwähnt, dass für die ausländischen jungen Heideböden folgende Werte ermittelt worden sind (Aaltonen 1935, S. 80):

Tiefe cm	0—5	5—10	10—15	15—20	20—30	30—40	40—50
H_2O-pH	4.72	5.02	5.34	5.46	5.53	5.89	5.55

Wie die weiter unten zu beschreibenden Beobachtungen erweisen, ist ein Messungsabstand von 10 cm bei vielen Böden als bei derartigen Untersuchungen zu weit zu betrachten, und vorwiegend aus diesem Grunde bleiben die in Frage stehenden Messungsergebnisse mit Rücksicht auf den pH-Gradienten unsicher. Die festgestellten, wenn auch schwachen Maximalwerte zwischen 20—40 cm erscheinen jedoch nicht bedeutungslos. Schon in diesem Zusammenhang ist auch zu bemerken, dass die genannten Maxima im allgemeinen im Profil unterhalb der Maxima der Sesquioxyde und des Humusgehalts auftreten.

2.

In den Tabellen 3, 4, 5 und 6 sind einige Messungsreihen aus Finnland dargestellt. Möglich ist, dass bei den stärker ausgewaschenen Böden pH des A-Horizonts (infolge der Aufbewahrung der Proben) etwas höher ausfällt, als er sein sollte, aber nur bei dem alten groben Boden Nordfinnlands, Tabelle 4, ist dieser Fehler so gross, dass er teilweise ein unrichtiges Bild von der Verteilung der Azidität vermittelt. — Die Messungsreihen vertreten Mittelwerte folgender Profilanzahlen:

Tabelle 3,	Nordfinnland, junger, grober Boden,	5	Profile
» 3,	Lappland, alter, mittelgrober Boden	4	»
» 4,	Nordfinnland, alter, mittelgr. Boden	9	»
» 4,	» » grober Boden	8	»
» 5,	Lappland, frische Heidewälder	8	»
» 5,	Südfinnland, Hainwälder, Gruppe 1	6	»
» 5,	» » » 2	11	»
» 6,	» frische Heidewälder	7	»
» 6,	feuchte Heidewälder,		
	Nordfinnland	7	»
	Lappland	7	»

Das Material der Tabellen 3 und 4 stammt aus frischen Heidewäldern. Die in den Tabellen 5 und 6 wiedergegebenen Reihen vertreten alte, mittelgrobe Böden, abgesehen davon, dass es sich in Tabelle 6 bei den feuchten Heidewäldern Nordfinnlands um mittelgroben und groben Boden und bei den feuchten Heidewäldern Lapplands um groben Boden handelt. — Das Material ist nach der Korngrösse geordnet, weil sie offenbar von bemerkenswerter Bedeutung für die Auswaschung und Podsolierung des Bodens ist.

Über die Verteilung der Azidität kann auf Grund des betreffenden Materials in den Hauptzügen folgendes festgestellt werden.

Tabelle 3. Bei beiden Messungsreihen ist das Schwanken der pH-Werte gleichsinnig. Beim Boden Nordfinnlands liegt sowohl das erste Maximum des H_2O- als auch das des KCl-pH zwischen 20—25 cm (unter Gelände), dann fällt pH, um danach weiter unten wieder zu steigen. Beim Boden Lapplands liegt dasselbe Maximum etwas tiefer, vielleicht darum, weil er stärker podsoliert ist. Auch in ihm scheint pH weiter unten zuzunehmen. In diesen wie auch sonst in vielen anderen Fällen hat es sich erwiesen, dass die Messungen sich etwas tiefer zu erstrecken hätten, aber als die Zusammenbringung des Materials geplant wurde, kam diesem Gesichtspunkt noch keine Geltung zu.

Tabelle 4. Bei dem alten, mittelgroben Boden Nordfinnlands liegt auch in diesem Fall ein deutliches Maximum des pH-Wertes zwischen 30—35 cm. Dann fällt pH, doch scheint es unter Berücksichtigung der allgemeinen Reaktion des Untergrundes klar zu sein, dass pH auch hier weiter unten wieder zunimmt. Der Boden ist stärker podsoliert als bei den in Tabelle 3 dargestellten Reihen (u. a. liegt das Maximum von C nicht mehr wie bei den schwächer ausgewaschenen Böden an der Oberfläche, sondern zwischen 5—15 cm). Bei der zweiten Gruppe, dem alten groben Boden Nordfinnlands, ist die Podsolierung stärker als bei jeder der vorhergehenden Gruppen. Wie bereits oben bemerkt, ist der pH der Oberflächenschicht in diesem Fall während der Aufbewahrungszeit der Proben offenbar gewachsen. Der H_2O-pH erscheint 35—45 cm unter Gelände am höchsten, aber beim KCl-pH fehlt ein entsprechender Anstieg. Insbesondere bei einem derartigen tief ausgewaschenen Boden hätten sich die Messungen tiefer erstrecken müssen.

Tabelle 5. Bei allen drei Gruppen liegt das Maximum des KCl-pH-Wertes in einer Tiefe von 20—35 cm. Die Werte der lappländischen und von Gruppe 2 der südfinnischen Wälder weisen darauf hin, dass der auf das Maximum folgende Abfall bald in einen Anstieg übergeht. Die H_2O-pH-Werte steigen ziemlich regelmässig mit der Tiefe. Hinsichtlich seines Podsolierungsgrades ist der Boden der Wälder Lapplands mit dem der Wälder Lapplands von Tabelle 3 zu vergleichen, dagegen ist der Boden der südfinnischen Hainwälder so gut wie gar nicht podsoliert (vgl. Tabelle 7).

Tabelle 6. Die Ergebnisse sind gleichsinnig mit den oben dargestellten Beobachtungsreihen. Das Maximum der pH-Werte liegt im allgemeinen in einer Tiefe von 25—35 cm. Aus den über

Tab. 3 — *taul. 3*[1])

Tiefe *syvyys* cm	N-Finnland — *P.-Suomi* junger, grober Boden *nuori, karkea maa*					Lappland — *Lappi* alter, mittelgrober Boden *vanha, keskihieno maa*				
	pH		cH KCl : H_2O	Al_2O_3 + Fe_2O_3 %	Org. C %	pH		cH KCl : H_2O	Al_2O_3 + Fe_2O_3 %	Org. C %
	H_2O	KCl				H_2O	KCl			
0—5	4.59	3.52	11.7	0.13	0.85	4.37	3.12	15.6	0.94	2.67
5—10	4.78	3.76	10.4	0.31	0.42	5.50	4.80	4.0	3.62	1.46
10—15	5.28	4.34	8.6	0.75	0.42	5.52	4.90	3.8	2.47	0.78
15—20	5.70	4.56	14.0	0.71	0.32	5.73	4.94	3.5	2.13	0.58
20—25	5.85	4.66	15.3	0.71	0.27	5.87	4.86	4.5	2.15	0.44
25—30	5.59	4.57	10.5	1.01	0.25	5.88	4.93	8.0	1.66	0.30
30—35	5.65	4.54	12.9	0.86	0.20	5.76	4.95	5.7	1.49	0.31
35—40	5.53	4.47	11.5	—	—	5.95	4.75	8.4	—	—
40—45	5.79	4.73	11.5	0.81	0.12	5.98	4.77	8.4	1.29	0.20
45—50	6.05	4.77	18.7	—	—	6.15	5.05	6.4	—	—

Tab. 4 — *taul. 4*[2])

Tiefe *syvyys* cm	N-Finnland — *P.-Suomi* alter, mittelgrober Boden *vanha, keskihieno maa*					N-Finnland — *P.-Suomi* alter, grober Boden *vanha, karkea maa*				
	pH		cH KCl : H_2O	Al_2O_3 + Fe_2O %	Org. C %	pH		cH KCl : H_2O	Al_2O_3 + Fe_2O_3 %	Org. C %
	H_2O	KCl				H_2O	KCl			
0—5	4.86	3.90	9.2	0.12	0.49	5.76	3.95	63.3	0.06	0.45
5—10	5.45	4.34	12.9	3.18	1.22	5.32	3.87	28.3	0.33	0.48
10—15	5.80	4.87	8.6	3.78	1.13	5.24	3.96	18.9	2.06	1.45
15—20	5.89	5.12	6.0	2.70	0.59	5.38	4.19	15.5	3.00	1.66
20—25	5.98	5.19	6.3	1.94	0.36	5.94	4.49	27.9	2.91	0.87
25—30	5.91	5.12	6.2	1.50	0.25	6.03	4.70	21.3	2.56	0.51
30—35	6.14	5.19	8.8	1.30	0.25	6.09	4.94	14.0	1.87	0.55
35—40	5.99	5.01	9.4	—	—	6.21	5.12	12.4	—	—
40—45	5.94	5.00	8.6	0.94	0.16	6.12	5.11	10.1	1.30	0.13
45—50	5.88	4.91	9.2	—	—	6.07	5.16	8.2	—	—

[1]) Die ursprünglichen Analysenergebnisse sind in Tabelle 19 S. 50 dargestellt; zu der Gruppe Nordfinnlands gehören die Profile 896, 1001, 1025, 1082 und 1085, zu der Gruppe Lapplands gehören die Profile 853, 1034, 1035 und 1048.

[2]) Die ursprünglichen Analysenergebnisse sind dargestellt in den Tabellen 20 und 21 S. 51 und 52, die mittelgroben Böden in Tab. 20 und die groben in Tab. 21.

[1]) *Alkuper. analyysitulokset on esitetty taulukossa 19 s. 50; P.-Suomen ryhmään kuuluvat profilit 896, 1001, 1025, 1082 ja 1085, Lapin ryhmään profilit 853, 1034, 1035 ja 1048.*

[2]) *Alkuper. analyysitulokset on esitetty taulukoissa 20 ja 21 s. 51 ja 52, keskihienot maat taulukossa 20 ja karkeat maat taulukossa 21.*

Tab. 5 — *taul. 5*

Tiefe *syvyys* cm	Lappland — *Lappi* Frische Heidewälder *tuoreet kangasmetsät*					S-Finnland — *E.-Suomi* Hainwälder — *lehtometsät*							
						Gruppe 1 — *ryhmä 1*					Gruppe 2 — *ryhmä 2*		
	H_2O			KCl 1 : 2 ½ pH	KCl (1 : 2½) : H_2O (1 : 2½) cH	H_2O			KCl 1 : 2 ½ pH	KCl (1 : 2½) : H_2O (1 : 2½) cH	1 : 2 ½		
	1 : 2½	1 : 10	(1 : 10) : (1 : 2½) cH			1 : 2½	1 : 10	(1 : 10) : (1 : 2½) cH			H_2O	KCl	KCl : H_2O cH
	pH					pH					pH		
0—5	4.52	5.00	0.33	3.31	16.3	4.77	4.99	0.61	3.87	8.1	4.62	3.74	7.5
5—10	5.33	5.73	0.39	4.47	7.1	4.85	5.02	0.66	3.91	8.8	4.85	3.92	8.4
10—15	5.39	5.69	0.50	4.64	5.7	4.82	5.14	0.47	3.99	6.8	4.95	4.06	7.7
15—20	5.62	5.93	0.48	4.66	9.0	5.10	5.34	0.60	4.13	9.3	5.18	4.20	9.6
20—25	5.71	6.00	0.51	4.70	10.2	5.19	5.47	0.52	4.20	9.9	5.31	4.27	11.0
25—30	5.81	6.13	0.47	4.78	10.5	5.24	5.49	0.57	4.20	11.1	5.37	4.27	12.4
30—35	5.87	6.13	0.62	4.92	8.8	5.44	5.67	0.59	4.17	18.6	5.50	4.30	16.1
35—40	6.02	6.19	0.66	4.80	16.6	—	—	—	—	—	5.55	4.22	21.8
40—45	6.00	6.24	0.57	4.86	13.7	5.55	5.85	0.50	4.17	24.4	5.57	4.26	20.7
45—50	6.19	6.33	0.72	5.02	14.7	—	—	—	—	—	5.66	4.25	25.6

Tab. 6 — *taul. 6*

Tiefe *syvyys* cm	S-Finnland — *E.-Suomi* Frische Heidewälder *tuoreet kangasmetsät*			Feuchte Heidewälder *kosteat kangasmetsät*					
				N-Finnland — *P.-Suomi*			Lappland — *Lappi*		
	1 : 2½								
	pH		KCl : H_2O cH	pH		KCl : H_2O cH	pH		KCl : H_2O cH
	H_2O	KCl		H_2O	KCl		H_2O	KCl	
0—5	4.51	3.67	6.9	4.86	3.67	15.5	4.50	3.69	6.5
5—10	4.98	3.90	11.8	5.23	4.04	14.6	4.97	3.97	10.1
10—15	5.27	4.40	7.5	5.17	4.12	10.7	5.26	4.12	14.0
15—20	5.35	4.51	7.1	5.37	4.31	11.1	5.32	4.34	9.8
20—25	5.37	4.56	6.4	5.59	4.50	11.9	5.47	4.46	10.4
25—30	5.50	4.60	7.9	5.80	4.63	14.1	5.64	4.57	11.9
30—35	5.45	4.59	7.2	5.91	4.78	13.9	5.64	4.59	11.3
35—40	5.17	4.57	4.1	—	—	—	—	—	—
40—45	5.57	4.68	7.9	5.95	4.77	14.5	5.54	4.57	9.4
45—50	5.41	4.70	5.1	—	—	—	—	—	—

Tab. 7 — *taul. 7*

Tiefe *syvyys* cm	S-Finnland — *E.-Suomi* Hainwälder — *lehtometsät*		S-Finnland — *E.-Suomi* Frische Heidewälder *tuoreet kangasmetsät*		N-Finnland *P.-Suomi* Feuchte Heidewälder *kosteat kangasmetsät*
	$Al_2O_3+Fe_2O_3$	Org. C	$Al_2O_3+Fe_2O_3$	Org. C	$Al_2O_3+Fe_2O_3$
	%				
0—5	3.34	16.50	0.65	3.60	0.28
5—10	3.99	12.50	1.09	1.72	0.56
10—15	4.62	10.25	1.44	1.50	2.45
15—20	4.33	9.46	1.65	1.26	3.51
20—25	3.33	6.37	1.80	1.13	3.17
25—30	2.78	4.23	1.58	1.00	3.84
30—35	2.54	2.00	1.57	0.83	2.05
40—45	1.75	0.80	1.44	0.55	1.34

dieselben Böden ausgeführten Sesquioxyd- und Humusbestimmungen, deren Ergebnisse in Tabelle 7[1]) wiedergegeben sind, lässt sich ein Bild von ihrem Podsolierungsgrad gewinnen. Die Böden Lapplands sind etwas schwächer podsoliert als die Nordfinnlands.

Über alle oben dargestellten Bodengruppen kann ausgesagt werden, dass das Maximum der pH-Werte unterhalb der Maximalwerte von Sesquioxyd- und Humusgehalt liegt.

Für die zwei Gruppen des in Tabelle 5 aufgeführten Materials sind die pH-Bestimmungen auch bei dem Verhältnis Boden : Wasser wie 1 : 10 ausgeführt worden. Die Verdünnung hat, wie zu bemerken, den cH bei der einen Gruppe stärker vermindert als bei der anderen, doch hätte das Material zweifellos grösser sein müssen, um schliessen zu können, worauf sich der verschiedene Einfluss der Verdünnung gründet. Es sei nur bemerkt, dass der Boden der Hainwälder feinkörniger, kalkreicher und schwächer ausgewaschen als der der in Frage stehenden frischen Heidewälder ist.

Zur weiteren Beleuchtung des zur Untersuchung vorliegenden Problems sind in Tabelle 8 die Analysenergebnisse einiger einzelnen

Tab. 8 — *taul.* 8

Tiefe *syvyys* cm	900				983				1062			
	pH		$Al_2O_3+Fe_2O_3$	Org. C	pH		$Al_2O_3+Fe_2O_3$	Org. C	pH		$Al_2O_3+Fe_2O_3$	Org. C
	H_2O	KCl	%		H_2O	KCl	%		H_2O	KCl	%	
0—5	6.39	4.58	0.13	0.26	4.40	3.36	0.39	2.43	4.47	3.60	0.82	3.96
5—10	6.88	5.24	0.11	0.14	4.58	3.66	0.41	1.48	4.73	3.93	0.29	0.60
10—15	6.92	5.27	0.10	0.12	5.07	4.09	1.53	1.30	4.85	4.16	0.48	0.49
15—20	6.99	5.30	0.08	0.03	5.13	4.24	1.70	1.28	4.87	4.19	0.93	0.49
20—25	6.90	5.09	0.12	0.09	5.21	4.28	1.95	1.00	4.90	4.29	1.26	0.45
25—30	6.93	5.06	0.10	0.19	5.20	4.37	2.14	0.88	4.96	4.33	0.86	0.30
30—35	6.49	4.59	0.22	0.69	5.19	4.30	2.42	0.85	4.94	4.26	0.82	0.44
35—40	5.76	4.34	—	—	5.21	4.29	—	—	4.86	3.99	—	—
40—45	—	—	—	—	5.10	4.26	2.15	0.53	4.87	3.89	2.09	0.61
45—50	—	—	—	—	5.22	4.36	—	—	—	—	—	—
	986				991				996			
0—5	5.49	4.41	1.62	4.92	5.44	4.28	1.80	3.16	6.64	5.27	1.31	2.19
5—10	5.52	4.20	1.65	2.31	5.47	4.51	3.12	1.04	6.05	4.85	1.58	1.57
10—15	5.60	4.17	1.43	1.18	5.52	4.60	2.97	1.36	5.87	4.75	1.98	1.30
15—20	5.61	4.13	1.16	0.59	5.35	4.57	2.37	1.03	5.94	4.77	2.39	1.32
20—25	5.68	4.07	1.36	0.46	5.72	4.69	1.84	0.57	5.69	4.65	2.28	1.50
25—30	5.94	4.17	1.37	0.39	5.60	4.66	1.38	0.37	5.84	4.67	2.05	1.26
30—35	6.01	4.22	1.38	0.39	5.41	4.48	1.12	0.24	5.83	4.70	1.90	1.08
35—40	6.17	4.37	—	—	5.86	4.37	—	—	5.69	4.70	—	—
40—45	6.38	4.53	1.53	0.36	5.87	4.49	0.67	0.08	5.75	4.77	2.66	0.83
45—50	6.57	4.67	—	—	6.18	4.27	—	—	5.56	4.84	—	—

[1]) Im Material der Tabelle fehlen einige Profile, die in den entsprechenden Bodengruppen in den Tabellen 5 und 6 enthalten sind, doch wirkt dieses nicht wesentlich auf die Vergleichsergebnisse ein.

Profile dargestellt. Die Profile sind alle aus Südfinnland: Nr. 900, 983 und 1062 sind junge Böden, Nr. 986, 991 und 996 alte. — Nr. 900 ist grober Sandboden, Nr. 983 etwas feiner. Bei Nr. 1062 liegt an der Oberfläche eine 35 cm starke Sandschicht und unter ihr Ton. Der Boden von Profil 900 ist insofern aussergewöhnlich, als er sich seinerzeit auf älterem Boden abgesetzt hat und dessen humusreiche Oberflächenschicht in einer Tiefe von 40—50 cm entgegenkommt. — Zur Beleuchtung der in den Profilen 986, 991 und 996 vertretenen Korngrösse sind die prozentualen Beträge ihrer zwei feinsten Kornfraktionen in Tabelle 9 angeführt.

Tab. 9 — *taul. 9*

Tiefe *syvyys* cm	986		991		996	
	0.02—0.002	<0.002	0.02—0.002	<0.002	0.02—0.002	<0.002
	%					
0—5	46.4	22.0	23.8	6.5	14.4	6.4
5—10	46.1	21.6	23.1	6.4	14.0	6.7
10—15	51.6	23.6	28.1	7.2	12.5	7.6
15—20	46.5	25.0	26.4	7.2	14.8	6.4
20—25	24.4	16.3	19.6	6.3	10.0	6.3
25—30	23.8	18.6	15.7	6.3	7.8	7.2
30—40	21.7	21.0	19.1	7.1	8.6	6.6
40—50	18.2	26.5	23.0	6.7	11.9	7.5

Wie festgestellt werden kann, findet sich in Nr. 900 ein deutliches pH-Maximum zwischen 15—20 cm und in Nr. 1062 zwischen 25—30 cm. Auch Nr. 983 hat schwache Anzeichen einer ähnlichen Verteilung aufzuweisen. — Die dargestellten Profile alten Bodens sind hinsichtlich der Aziditätsverteilung insofern eigenartig, als die bei den Profilen 986 und 996 in KCl erhaltenen Minimalwerte in einer Tiefe von 20—25 cm liegen (bei Nr. 996 auch in Wasser, wenngleich es eigentlich den Anschein hat, wie wenn der pH-Wert in Wasser mit zunehmender Tiefe ständig geringer würde). Die in Frage stehenden Böden, insbesondere Nr. 986, sind verhältnismässig feinkörnig, wie aus Tabelle 9 hervorgeht, und schwach ausgewaschen. In Profil 991 ist die Verteilung der Azidität gleichsinnig wie bei den früheren gleichartigen Böden; der pH-Wert wächst anfangs langsam, fällt dann, um danach verhältnismässig rasch zu steigen.

Es wäre interessant, im allgemeinen junge und alte Böden in der hier in Betracht kommenden Beziehung miteinander zu vergleichen, aber das für junge Böden vorliegende Material ist dazu nicht aus-

reichend. Ausserdem sind die Messungen gerade in der Tiefe 30—50 cm, die in diesem Zusammenhang am wichtigsten ist, meist nur in Abständen von 10 cm ausgeführt. Erwähnt seien hier jedoch folgende Werte, die über verhältnismässig grobkörnige, frische, junge Böden Südfinnlands erhalten worden sind (die Zahlen sind Mittelwerte nach 7 Profilen):

Tiefe cm	0—5	5—10	10—15	15—20	20—25	25—30	30—40	40—50
H_2O-pH	5.43	5.65	5.79	5.89	6.01	6.11	6.11	6.31
KCl-pH	4.03	4.34	4.49	4.60	4.65	4.74	4.76	4.94

Nach diesen Ergebnissen hat es den Anschein, wie wenn der Anstieg des pH-Wertes wenigstens in einer Tiefe von ca. 30 cm schwächer würde, um dann wieder steiler anzusteigen. — Die Verteilung der Sesquioxyde und des Humus ist in den Profilen folgende:

Tiefe cm	0—5	5—10	10—15	15—20	20—25	25—30	30—40	40—50
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$ % ..	0.26	0.43	0.55	0.62	0.82	0.76	0.69	0.28
Org. C %	0.95	0.59	0.51	0.44	0.45	0.29	0.27	0.12

Die in Tabelle 3 (S. 19) angeführten jungen Böden Nordfinnlands sind bedeutend feinkörniger als die hier dargestellten südfinnischen Böden. Diese Böden sind ebensowenig den in den Tabellen 6 und 7 (S. 20) angeführten alten Böden Südfinnlands (denen der frischen Heidewälder) vergleichbar, weil die letztgenannten feinkörniger sind.

Als Beispiel für Podsolboden im »Embryostadium» seien in folgender Tabelle (Nr. 10) ferner die Messungsergebnisse von 5 Profilen erwähnt, von denen der Boden der Nummern 1194, 1195 und 1196 (Höytiäinen, Karjala) fast 80 J. und der der Nummern 1281 a und b (Vesijärvi, Häme) etwa 100 J. alt ist. Die Profile 1195, 1196, 1281 a, 1281 b sind verhältnismässig grobe Sandböden, 1196 jedoch etwas feiner als 1195 und 1281 b feiner als 1281 a (besonders die Oberflächenteile). Der Boden von Profil 1194 ist feiner als der der übrigen und wird weiter unten lehmig. Hinsichtlich der Vegetation vertritt 1195 den *Cladina*-Typ, 1196, 1281 a und 1281 b den *Vaccinium*-Typ, 1194 ist hainartig.

Wie bei so jungem Boden zu erwarten, hat er sich bisher verhältnismässig wenig verändern können. Für die Proben sind weder organische Gele noch Kohlenstoff bestimmt worden, aber aus der folgenden Zusammenstellung, die die pH-Werte in 0.02 n Oxalsäure wiedergibt (1195, 1196, 1281 a und b), geht hervor, dass die Podsolierung in ihrem Anfangsstadium steht. (Wie sich weiter unten — S. 33—

Tab. 10 — *taul. 10*

Tiefe *syvyys* cm	1194		1195		1196	
	H_2O	KCl	H_2O	KCl	H_2O	KCl
	pH		pH		pH	
0—5	5.81	4.26	5.60	3.79	5.63	4.12
5—10	5.94	4.45	5.77	3.86	5.58	4.02
10—15	5.81	4.30	5.69	3.92	5.65	3.94
15—20	5.94	4.22	5.52	3.84	5.70	3.91
20—25	5.90	4.27	5.76	3.96	5.79	4.02
25—30	6.18	4.46	**6.20**	**4.06**	**5.87**	**4.04**
30—35	6.10	4.52	**6.12**	**3.97**	**5.94**	**4.05**
35—40	**6.34**	**4.63**	**6.18**	**4.06**	**5.88**	**4.08**
40—45	**6.38**	**4.63**	5.77	3.85	5.62	3.88
45—50	5.79	4.46	6.02	3.96	5.62	3.84
50—55	6.37	4.53	6.08	4.11	5.46	3.73
55—60	6.81	4.25	6.32	4.22	5.53	3.65
	1281 a		1281 b			
0—5	5.47	4.20	5.27	3.99		
5—10	5.85	4.54	5.59	4.38		
10—15	6.17	4.79	5.99	4.70		
15—20	6.34	4.98	6.27	4.71		
20—25	6.52	5.07	6.27	4.81		
25—30	6.54	5.15	6.28	4.87		
30—35	**6.71**	**5.30**	6.11	4.80		
35—40	**6.79**	**5.21**	6.18	4.85		
40—45	6.72	5.10	**6.35**	**4.96**		
45—50	6.59	4.98	**6.39**	**4.95**		
50—55	6.48	5.03	6.33	4.88		
55—60	6.43	5.02	6.21	4.85		

zeigen wird, gibt im allgemeinen eine verdünnte Säure ein annähernd des Bild von der Podsolierungsstufe).

Tiefe cm	1195	1196	1281 a	1281 b
	pH			
0—5	2.38	2.40	2.53	2.41
5—10	2.31	2.39	2.41	2.52
10—15	2.28	2.39	2.39	2.43
15—20	2.30	2.39	2.33	2.50
20—25	2.27	2.37	2.32	2.40
25—30	2.24	2.33	2.31	2.39
30—35	2.30	2.34	2.32	2.41
35—40	**2.35**	2.34	2.28	2.36
40—45	**2.38**	**2.45**	2.29	2.34
45—50	2.28	2.42	2.29	2.35
50—55	2.28	2.42	2.28	2.31
55—60	2.26	2.39	2.28	2.34

Nach seiner Farbe zu schliessen, ist der Boden der Profile 1281 a und b schwächer verwittert als der der Profile 1195 und 1196. (Das Verhältnis des Bodens zur Säure war bei den Bestimmungen = 1 : 5, pH der Säure 2.14).

Bei der Durchsicht der in Tabelle 10 angeführten Werte lässt sich nicht leugnen, dass die Verteilung der Azidität auch schon bei derartig jungen Böden eine bestimmte Tendenz verrät. Zwar schwanken die pH-Werte besonders in den Oberflächenteilen etwas unregelmässig, doch kann in den Profilen — abgesehen von Nr. 1281 b — ungefähr zwischen 30—40 cm ein schwacher Maximalwert festgestellt werden. In Profil 1281 b liegt er etwas tiefer.

Zur Erleichterung des Überblicks sind in folgenden Zusammenstellungen ferner nach den Beobachtungsreihen der Tabellen 3—6 die KCl-pH-Werte sowie die entsprechenden Mengen der Sesquioxyde und des organischen C nebeneinander angegeben.[1]) Das Material von Nr. 8 vertritt vier zum Material von Nr. 6 und 7 gehörige Profile, über die Kolloid- und C-Bestimmungen ausgeführt worden sind. Sowohl die Sesquioxyd- als auch die C-Mengen der Reihen 7 und 8 sind dieselben wie bei der Profilreihe 6. Weil bisher nicht zu allen Profilen Kolloid- und C-Bestimmungen ausgeführt worden sind, ist das Material der Reihen 6, 10 und 11 etwas kleiner als die entsprechenden von den pH-Werten vertretenen Materiale, doch ist dies nicht von wesentlichem Einfluss auf die Vergleichsergebnisse.

KCl-pH

Tiefe cm	Nr. 1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
0—5 ..	3.52	3.12	3.90	3.95	3.21	3.87	3.74	3.92	3.67	3.67	3.69
5—10 ..	3.76	4.80	4.34	3.87	4.47	3.91	3.92	4.02	3.90	3.04	3.97
10—15 ..	4.34	4.90	4.87	3.96	4.64	3.99	4.06	4.16	4.40	4.12	4.12
15—20 ..	4.56	4.94	5.12	4.19	4.66	4.13	4.20	4.19	4.51	4.31	4.34
20—25 ..	4.66	4.86	5.19	4.49	4.70	4.20	4.27	4.36	4.56	4.50	4.46
25—30 ..	4.57	4.93	5.12	4.70	4.78	4.20	4.27	4.36	4.60	4.63	4.57
30—35 ..	4.54	4.95	5.19	4.94	4.92	4.17	4.30	4.32	4.59	4.78	4.59
35—40 ..	4.47	4.75	5.01	5.12	4.80	—	4.22	—	4.57	—	—
40—45 ..	4.73	4.77	5.00	5.11	4.86	4.17	4.26	4.39	4.68	4.77	4.57
45—50 ..	4.77	5.05	4.91	5.16	5.02	—	4.25	—	4.70	—	—

$Al_2O_3+Fe_2O_3$ %

Tiefe cm	Nr. 1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
0—5 ..	0.13	0.94	0.12	0.06	0.97	3.34	—	—	0.65	0.28	0.32
5—10 ..	0.31	3.62	3.18	0.33	3.26	3.98	—	—	1.09	0.56	0.88
10—15 ..	0.75	2.47	3.78	2.06	3.12	4.61	—	—	1.44	2.45	2.49
15—20 ..	0.71	2.13	2.70	3.00	2.63	4.33	—	—	1.65	3.51	3.01
20—25 ..	0.71	2.15	1.94	2.91	2.24	3.33	—	—	1.80	3.17	2.26
25—30 ..	1.01	1.66	1.50	2.56	1.74	2.78	—	—	1.58	3.84	1.98
30—35 ..	0.86	1.49	1.30	1.87	1.54	2.54	—	—	1.57	2.05	—
35—40 ..	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
40—45 ..	0.81	1.29	0.94	1.30	1.28	1.75	—	—	1.44	1.34	—
45—50 ..	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

[1]) Die pH-Mittelwerte von Reihe 8 sind aus den pH-Werten berechnet worden!

Tiefe cm	Org. C % Nr. 1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
0—5 ..	0.85	2.67	0.49	0.45	3.34	16.50	—	—	3.60	—	—
5—10 ..	0.42	1.46	1.22	0.48	1.64	12.50	—	—	1.72	—	—
10—15 ..	0.42	0.78	1.13	1.45	1.16	10.25	—	—	1.50	—	—
15—20 ..	0.32	0.58	0.59	1.66	0.94	9.46	—	—	1.26	—	—
20—25 ..	0.27	0.44	0.36	0.87	0.73	6.37	—	—	1.13	—	—
25—30 ..	0.25	0.30	0.25	0.51	0.52	4.18	—	—	1.00	—	—
30—35 ..	0.20	0.31	0.25	0.55	0.41	2.00	—	—	0.83	—	—
35—40 ..	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
40—45 ..	0.12	0.20	0.16	0.13	0.24	0.55	—	—	0.55	—	—
45—50 ..	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Die Beobachtungsreihen der Zusammenstellung vertreten hinsichtlich der Podsolierung usw. verschiedene Böden, so dass man auch in den pH-Werten keine ähnliche Gesetzmässigkeit erwarten kann, doch lässt sich nicht leugnen, dass

der pH-Wert mit zunehmender Tiefe zunächst steigt, indem er sein Maximum (bei altem Boden) im allgemeinen zwischen 25—35 cm erreicht, dann fällt er zwischen 35—45 cm, und weiter unten steigt er auf den für den betreffenden Boden eigenartigen ursprünglichen Wert.

Ein anschauliches Bild von der in Frage stehenden Erscheinung bieten des weiteren die beigefügten graphischen Darstellungen zweier Reihen (Nr. 5 und 4), Fig. 1 und 2, auf denen ausser den pH-Werten zum Vergleich auch die Verteilung der Sesquioxyde und des Kohlenstoffs wiedergegeben sind.

Eine Darlegung der Ursachen, auf denen die Verteilung der Azidität in der obengenannten Weise beruht, gehört nicht in den Rahmen dieser Untersuchungen. Die Erscheinung lässt sich ausschliesslich auf Grund des Verhältnisses zwischen Azidoiden und Basoiden kaum erklären, vielmehr ist sie bedeutend verwickelter. Es ist u. a. in Betracht zu ziehen, dass schon in ganz jungem Boden ein Anfang besteht zu dem in Frage stehenden Zwischenmaximum, wie man das Maximum in der obengenannten Tiefe nennen könnte, obgleich die Menge der Basoide in derselben Tiefe so gering ist, dass sie kaum auf die Reaktion des Bodens einwirken kann.

Die festgestellte Verteilung der Azidität in jungem Boden ist in bezug auf seine Podsolierung interessant, denn sie trägt dazu bei zu verstehen, warum der B-Horizont bzw. das Niederschlagsmaximum in jungem Boden tiefer als in altem gelegen ist (Aaltonen 1935), soweit die Entstehung des B-Horizonts als isoelektrischer Niederschlag aufgefasst wird (Mattson und Gustafsson 1934). Eingehende

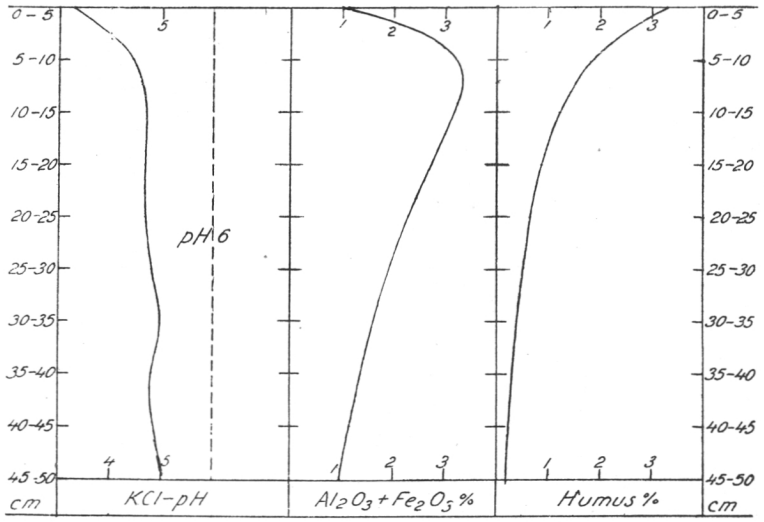


Fig. 1. Verteilung der pH-Werte, der Sesquioxyde und des Humus. Beobachtungsreihe 5 (Zusammenstellung S. 25—6), 8 Profile.

Kuva 1. pH-arvojen, seskvioksidien ja humuksen jakautuminen. Havaintosarja 5 (asetelma s. 25—6), 8 profiilia.

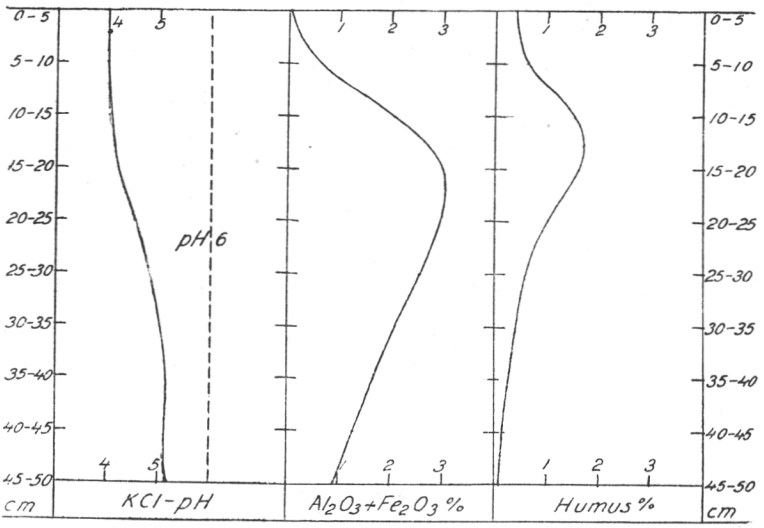


Fig. 2. Verteilung der pH-Werte, der Sesquioxyde und des Humus. Beobachtungsreihe 4 (Zusammenstellung S. 25—6), 8 Profile.

Kuva 2. pH-arvojen, seskvioksidien ja humuksen jakautuminen. Havaintosarja 4 (asetelma s. 25—6), 8 profiilia.

Untersuchungen in Gegenden, in denen ungleichaltrige zweckentsprechende Böden anzutreffen sind (in Finnland z. B. an den Gewässern des Flusses Oulujoki), würden gewiss interessante Beiträge zur Klärung der Theorie der Podsolierung liefern.

In diesem Zusammenhang lohnt es sich, auch den in der Mineralzusammensetzung des Bodens je nach der Tiefe eintretenden Schwankungen Aufmerksamkeit zuzuwenden. Die Bestimmungen des sogenannten Basenmineralindexes (T a m m 1935) erweisen nämlich, dass zum mindesten bei stark podsoliertem Boden der Anteil der

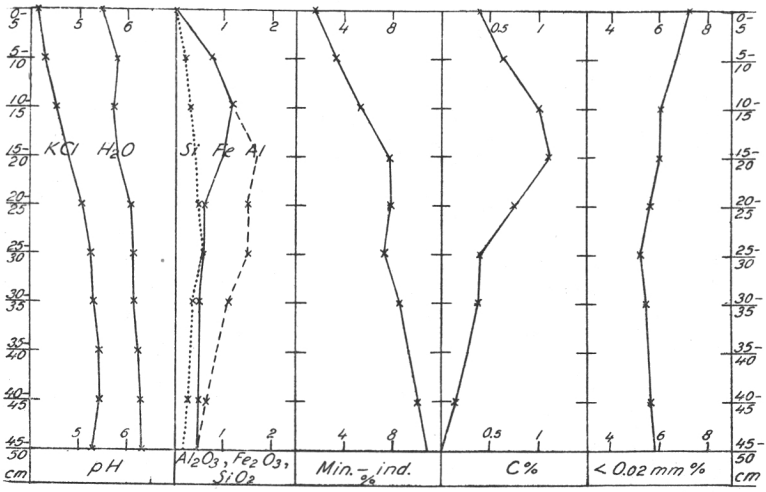


Fig. 3. Verteilung der pH-Werte, des Kolloidkomplexes, Basenmineralindexes, Humusgehalts und der Kornfraktion <0.02 mm in verhältnismässig stark podsoliertem Boden (8 Profile).

Kuva 3. pH-arvojen, kolloidikompleksin, emäskivennäisindeksin, humuspitoisuuden ja raefraktion <0.02 mm jakautuminen verraten voimakkaasti podsoloituneessa maassa (8 profilia).

schwereren Mineralien (spez. Gew. >2.68) anfangs verhältnismässig steil ansteigt, dann zwischen 20—30 cm ziemlich unverändert bleibt oder abnimmt und danach wieder wächst. Dieses mag dadurch zu erklären sein, dass der Boden anfangs mehr oder weniger gleichmässig mit zunehmender Tiefe verwittert und ausgewaschen ist, an der Oberfläche am stärksten und weiter unten allmählich schwächer, später aber beim B-Horizont die Verwitterung abgenommen hat. Gewiss wäre auch die Möglichkeit denkbar, dass schwerere Mineralien sich durch Einschlämmung beim B-Horizont angereichert hätten. Jedenfalls kann eine derartige Differenzierung der Mineralzusammensetzung vielleicht ebenfalls auf die Verteilung der Azidität einwirken. Zwar zeigt das vorliegende Material in dieser Beziehung nicht immer eine deutliche Korrelation, aber schon lediglich die Ungenauigkeit

der Messungsmethoden kann, wenn das Material nicht gross ist, Unregelmässigkeiten in den Ergebnissen bewirken. Als Beispiele für das gegenseitige Verhältnis verschiedener Eigenschaften finden sich in Fig. 3 die nach 8 Profilen berechneten Mittelwerte für die pH-Zahlen (die Mittelwerte aus den pH-Zahlen), den Kolloidkomplex, Basenmineralindex, C-gehalt und für die Kornfraktion <0.02 mm.

3.

Um die Verteilung der Azidität auch unter hinsichtlich Klima, Bodentyp u. dgl. andersartigen Verhältnissen (als in Finnland) zu beleuchten, seien in den folgenden Tabellen 11 und 12 noch einige Messungsergebnisse für südlichere Gegenden, Mitteleuropa, England usw., dargestellt.

Die Profile der Tabelle 11 vertreten Heideböden, Nr. 750 aus Dänemark (Jütland), Nr. 764 aus Deutschland (bei Harburg-Wilhelmsburg) und Nr. 1153 aus Lettland (bei Riga). Die beiden ersteren Stellen sind unbewaldet. Der Boden ist an jeder Stelle stark ausgewaschener Sandboden und mineralisch schwächer als z. B. der Boden Finnlands, wie auch schon aus den Sesquioxydmengen zu schliessen ist. Aus den Ergebnissen kann geschlossen werden, dass bei den in Frage stehenden Böden in einer Tiefe von etwa 20 cm ein deutliches Sinken des pH-Wertes eintritt. In derselben Zone liegen die Maxima der Sesquioxyde und des Humusgehalts. Es erscheint klar, dass die Verteilung der Azidität in diesen Fällen entscheidend vom Humusgehalt abhängt.

Die Profile von Tabelle 12 vertreten gegenüber den vorhergehenden schwächer ausgewaschene und auch feinkörnigere Böden, bei denen im allgemeinen weder in der Verteilung der Sesquioxyde noch in der des Humus recht steile Sprünge auftreten. Nr. 1099, 1104 und 1108 sind baumlose Heiden, die erstere aus Holland, die zwei letzteren aus England, Nr. 1091, 1097 und 1110 sind Braunerden, die zwei ersteren aus England, die letztere aus Deutschland (nahe Hann.-Münden). — Das erste Maximum bzw. Zwischenmaximum von pH ist bei diesen Profilen im allgemeinen in einer Tiefe von 30—40 cm festzustellen (die H_2O- und die KCl-Werte entsprechen jedoch einander nicht, und in zwei Profilen haben die pH-Werte zwei Zwischenmaxima). Auch in diesen Fällen ist die allgemeine Richtung der chemischen Differenzierung derart, dass das Maximum des Humus zuoberst auftritt, dann folgt das der Sesquioxyde und darunter das pH-Maximum. Bei Profil 1108 drückt das Maximum des Humus zwischen 15—25 cm den pH-Wert in Wasser deutlich herab. (Bei drei Profilen sind die Messungen nur in Abständen von 10 cm aus-

geführt worden, was leicht verursachen kann, dass die feineren Schwankungen bei den Analysen überhaupt nicht hervortreten).

Ausser den hier angeführten Beobachtungen sei noch auf die in Tabelle 2 (S. 15) dargestellten, ausländische Böden betreffenden Messungsreihen hingewiesen, desgleichen auf die S. 17 wiedergegebenen ausländischen, jungen Sandböden.

Tab. 11 — *taul. 11*

750				764					1153				
Tiefe *syvyys* cm	pH H_2O	Al_2O_3 + Fe_2O_3	Glühverlust *hehkutushäviö*	Tiefe *syvyys* cm	pH		Al_2O_3 + Fe_2O_3	Glühverlust *hehkutushäviö*	Tiefe *syvyys* cm	pH		Al_2O_3 + Fe_2O_3	Org. C
		%			H_2O	KCl	%			H_2O	KCl	%	
0—5	4.87	0.11	21.68	0—5	4.09	3.93	0.09	4.49	0—5	5.78	4.40	0.08	1.00
5—10	4.80	0.04	6.61	5—10	4.38	4.06	0.07	2.13	5—10	6.32	4.67	0.05	0.48
10—15	5.85	0.03	1.39	10—15	4.59	4.40	0.07	1.63	10—15	6.21	4.63	0.04	0.23
15—20	5.46	0.03	1.27	15—20	4.59	4.06	2.65	6.83	15—20	5.52	4.26	0.04	0.21
20—26	4.55	0.43	7.45	20—30	4.81	4.64	1.43	2.38	20—25	5.26	4.35	2.53	1.38
26—33	5.46	0.15	0.91	30—40	5.00	4.85	0.32	0.96	25—30	5.88	4.86	1.76	0.58
38—43	5.51	0.16	1.07	40—50	5.09	4.84	0.27	0.82	30—35	6.13	5.00	0.88	0.23
50—60	5.02	0.09	0.58	50—60	5.39	4.92	0.18	0.65	40—45	6.15	5.07	0.55	0.11

Tab. 12 — *taul. 12*

1099					1104					1108				
Tiefe *syvyys* cm	pH		Al_2O_3 + Fe_2O_3	Org. C	Tiefe *syvyys* cm	pH		Al_2O_3 + Fe_2O_3	Org. C	Tiefe *syvyys* cm	pH		Al_2O_3 + Fe_2O_3	Org. C
	H_2O	KCl	%			H_2O	KCl	%			H_2O	KCl	%	
0—10	4.60	3.54	1.22	7.40	0—10	5.04	3.33	0.03	1.30	0—5	4.06	3.00	0.10	5.10
10—20	4.97	3.91	1.23	3.92	10—20	4.83	3.37	0.02	0.86	5—10	4.23	3.20	0.06	1.86
20—30	4.78	4.04	2.20	0.98	20—30	4.17	3.37	0.37	2.70	10—15	4.62	3.41	0.03	0.87
30—40	4.93	4.07	1.33	0.49	30—40	5.26	4.39	0.78	0.94	15—20	4.08	3.53	0.56	3.40
40—50	4.90	3.99	1.55	0.28	40—50	5.06	4.50	0.55	0.35	20—25	4.19	3.77	0.83	4.66
50—60	4.97	3.97	1.58	0.27	50—60	5.14	4.54	0.34	0.16	25—30	4.48	4.10	0.72	1.71
60—70	4.98	3.92	1.86	0.23	60—70	5.45	4.49	0.15	0.14	30—35	4.66	4.28	0.90	1.13
70—80	5.01	3.86	1.84	0.15	70—80	5.78	4.58	0.12	0.11	35—40	4.91	4.45	0.67	0.52
					80—90	5.71	4.56	0.18	0.07	40—45	4.88	4.48	0.56	0.42
					90—100	5.69	4.52	0.18	0.11	45—50	4.88	4.52	0.68	0.36
										50—55	4.89	4.54	0.90	0.30
1091					1097					1110				
0—5	4.63	3.60	1.16	1.98	0—10	4.77	3.97	5.89	8.62	0—5	4.67	3.87	0.88	1.28
5—10	4.52	3.66	1.54	1.15	10—20	4.99	4.28	6.70	3.49	5—10	4.82	3.96	0.96	1.51
10—15	4.61	3.84	1.51	0.91	20—30	5.26	4.49	5.12	1.86	10—15	4.76	3.95	1.12	1.59
15—20	4.62	3.81	1.71	0.71	30—40	5.40	4.38	3.91	0.42	15—20	4.76	4.04	1.18	1.50
20—25	4.45	3.88	1.57	0.40	40—50	5.36	4.07	3.49	0.14	20—25	4.84	4.09	1.17	1.35
25—30	4.38	3.87	1.50	0.29	50—60	5.27	3.98	3.29	0.21	25—30	4.75	4.14	1.16	0.84
30—35	4.52	3.90	1.58	0.34	60—70	5.29	4.06	2.85	0.17	30—35	4.85	4.13	1.10	0.64
35—40	4.35	3.86	1.50	0.23	70—80	5.66	4.21	3.34	0.29	35—40	4.84	4.09	1.10	0.40
40—45	4.55	3.89	1.52	0.35	80—90	5.69	4.16	3.20	0.25	40—45	4.79	4.12	1.01	0.32
45—50	4.52	3.79	1.41	0.31	90—100	5.70	4.22	2.76	0.14	45—50	4.79	4.07	1.08	0.28
50—55	4.53	3.73	2.10	0.38	100—110	5.79	4.23	1.10	0.11	50—55	4.75	4.01	1.15	0.47
55—60	4.71	3.75	2.00	0.31	110—120	6.28	4.47	1.34	0.10	55—60	4.79	4.05	1.05	0.30

4.

Das Verfolgen der Aziditätsschwankungen bis in eine grössere Tiefe, als es bei diesen Untersuchungen geschehen ist, hätte über die Ursachen der in Rede stehenden Schwankungen weiteren Aufschluss geben können, doch war in diesem Zusammenhang keine Gelegenheit dazu gegeben. Nur einige Messungsreihen haben bis in eine Tiefe von 150—200 cm ausgedehnt werden können, und auch in diesen Fällen hat sich die Analyse im allgemeinen nur auf die pH-Bestimmungen beschränkt. Die Ergebnisse der angestellten Messungen sind in Tabelle 13 angegeben. Die in Frage stehenden Profile vertreten im allgemeinen Sandböden, von denen einige grobkörniger, andere etwas feiner sind. Nr. 1016—1048 stammen aus Nordfinnland, Nr. 1160 und 1162 aus Südfinnland.

Im allgemeinen scheint bei derartigen Böden der Einfluss der Verwitterung und Auswaschung ungefähr bis in 1 m Tiefe spürbar zu sein; weiter unten weichen die pH-Werte nach dieser oder jener Seite etwas von der neutralen Richtung ab.

Bei den Profilen 1160 und 1162 scheint die Verteilung der Azidität aussergewöhnlich zu sein. Bei ersterem liegt das Maximum (in KCl) in einer Tiefe von etwa ½ m, bei letzterem bei etwa 1 m. An Hand der für diese Profile ermittelten übrigen analytischen Angaben ist nicht ersichtlich, was die Ursache zu diesem Schwanken der pH-Werte ist. Das Grundwasser ist bis in die untersuchte Tiefe nicht sichtbar geworden; bei Profil 1162 ist es jedoch verhältnismässig nahe (zwischen 150—200 cm). Hinsichtlich Profil 1162 ist ausserdem zu bemerken, dass in ihm der Boden in einer Tiefe von ca. 150 cm merklich feinkörniger wird. Einige andere Beobachtungen erweisen jedoch, dass auch die Veränderung der Korngrösse nicht ohne weiteres als Ursache zu den Schwankungen der pH-Werte gelten kann. — Auch bei Profil 1050 dürfte ca. 150 cm unter Gelände eine schwache Senkung des pH-Wertes liegen.

5.

Unter Berücksichtigung der Zusammensetzung des B-Horizonts bei derartigen Böden, von denen hier die Rede ist, muss angenommen werden, dass er wegen der in ihm enthaltenen Pufferstoffe gegen die Veränderungen der Reaktion verhältnismässig widerstandsfähig ist. Die Beobachtungen, die bei meinen Untersuchungen über die Stratigraphie des Podsolprofils in Zusammenhang mit den Phosphorsäurebestimmungen gemacht worden sind, können in dieser Beziehung als instruktiv gelten. Als Lösungsmittel ist bei diesen Bestimmungen die von T r u o g und D e a n (1935) empfoh-

Tab. 13 — *taul. 13*

Tiefe[1]) *syvyys*[1]) cm	1016	1050	1036	1037	1039	1045	1048	1160		1162	
	H_2O-pH							H_2O-pH	KCl-pH	H_2O-pH	KCl-pH
5	6.42	5.02	5.75	5.73	6.22	4.91	4.38	5.04	4.27	4.40	3.52
10	6.63	5.43	6.14	5.70	5.32	5.28	5.59	5.28	4.46	4.85	4.05
15	6.65	5.80	6.39	5.66	5.04	5.61	5.40	5.49	4.69	5.31	4.37
20	6.45	6.16	6.79	6.21	5.23	5.62	5.90	5.56	4.75	5.55	4.49
25	6.78	6.44	6.65	6.50	5.58	5.68	5.93	5.65	4.90	5.59	4.60
30	6.83	6.49	6.97	6.73	5.92	5.71	5.87	5.78	5.27	5.68	4.71
35	6.42	6.55	6.99	7.01	6.19	6.05	5.50	5.89	5.66	5.80	4.84
40	6.88	6.60	7.08	6.70	6.23	6.07	5.92	6.06	5.84	5.94	4.91
45	6.91	6.53	6.94	6.55	6.90	5.71	6.18	6.10	5.89	5.99	4.94
50	7.03	6.62	7.18	6.93	6.94	6.45	6.00	5.96	5.66	6.04	4.96
55	7.02	6.45	7.38	6.88	7.09	6.19	6.10				
60	7.09	6.50	7.17	6.73	6.83	5.91	6.20	6.59	5.61	6.58	5.02
65	6.95	6.62	7.29	6.55	6.83	6.40	6.24				
70	6.93	6.71	7.19	6.61	6.98	6.20	5.84	6.48	5.69	6.52	5.04
75	6.95	6.61	7.14	6.74	6.62	5.88	6.19				
80	7.38	6.52	6.99	6.93	7.21	5.80	5.91	6.60	5.51	6.37	5.04
85	7.07	6.67	6.76	6.95	7.42	6.22	6.24				
90	7.03	6.65	7.04	7.07	7.34	6.18	6.55	6.61	5.43	6.60	5.08
95	7.01	6.84	7.27	7.39	7.05	5.58	6.18				
100	7.02	6.79	7.46	7.53	7.32	6.77	6.34	6.53	5.33	6.68	5.04
105	7.17	6.85	7.18	7.22	7.53	7.12	6.21				
110	7.48	6.81	7.30	7.42	—	6.76	6.45	6.43	5.11	6.63	4.95
115	7.40	6.99	7.04	7.23	7.13	6.43	6.12				
120	7.43	6.82	7.04	7.33	7.33	6.62	6.30	6.70	5.24	6.60	4.94
125	7.40	6.70	7.26	7.04	7.03	6.76	6.25				
130	7.19	6.50	6.98	7.03	7.15	6.79	6.75	6.43	5.16	6.34	4.66
135	7.19	6.40	7.17	7.25	7.60	6.84	6.49				
140	7.34	6.19	7.10	7.33	7.15	6.78	6.84	6.57	5.21	6.03	4.18
145	7.42	6.28	7.28	7.65	7.13	6.37	6.86				
150	7.57	6.11	7.12	7.43	7.61	6.80	7.06	6.45	5.00	6.09	3.93
155	7.47	6.58		7.23	7.45	7.36					
160	7.18	6.72		7.33	—	7.24					
165	7.43	6.61		6.93	7.01	6.90					
170	7.38	6.71		6.82	7.04	7.01					
175	7.46	6.62		6.83	7.58	6.97					
180	7.38	6.67		7.03	7.06	6.84					
185	7.16	6.78		6.96	7.39	7.39					
190	7.45	6.80		7.08	7.73	7.60					
195	7.46	6.71		7.21	7.11	7.68					
200	7.48	6.92		7.39	7.13	8.01					

lene Lösung, die 0.002 n H_2SO_4 mit 3 g $(NH_4)_2SO_4$ in einem Liter enthält, benutzt worden. pH der Lösung war 3.12. In den Tabellen 14 und 15 sind die Ergebnisse gewisser Messungsreihen dargestellt.

In Tabelle 14 vertreten die Profile 235, 249, 844 und 890 Sandböden trockener Heidewälder und Nr. 815 jungen, sandigen Hainboden aus Finnland. Die Profile 750 und 764 sind Heideböden aus

[1]) 5, 10, 15 . . . . cm = 0—5, 5—10, 10—15 . . . cm.

Tab. 14 — *taul. 14*[1])

pH		Al_2O_3 - Fe_2O_3 %	pH		Al_2O_3 + Fe_2O_3 %	pH		Al_2O_3 + Fe_2O_3 %	pH		Al_2O_3 + Fe_2O_3 %
H_2O	H_2SO_4		H_2O	H_2SO_4		H_2O	H_2SO_4		H_2O	H_2SO_4	
235			249			844			890		
4.85	3.05	0.04	4.29	3.31	0.39	6.21	3.24	0.46	5.26	3.15	0.31
4.73	3.11	0.09	4.95	3.62	1.91	6.75	3.60	2.02	5.02	3.12	0.31
5.13	3.33	0.24	5.68	**3.82**	2.56	6.80	**3.84**	2.45	5.26	3.09	0.30
5.33	3.38	0.29	5.85	**3.83**	2.15	6.71	3.60	1.54	5.44	**3.20**	0.40
5.73	**3.47**	0.28	5.78	3.52	1.41	6.86	3.49	1.19	5.30	**3.18**	0.54
5.70	3.32	0.24	5.82	3.40	0.75	6.89	3.39	0.86	5.84	3.11	0.43
5.87	3.32	0.13	5.68	3.33	0.52	6.87	3.31	0.73	5.92	3.09	0.48
5.80	3.21	0.10	5.65	3.29	0.24	6.61	3.39	0.71	6.15	3.16	0.38
750			764			746			815		
4.87	**3.49**	0.11	4.09	3.23	0.09	4.17	3.39	0.65	4.89	**4.12**	0.84
4.80	3.18	0.04	4.38	3.20	0.07	4.19	3.27	0.90	5.29	4.00	0.80
5.85	3.08	0.03	4.59	3.32	0.07	4.24	3.27	0.90	5.79	3.81	0.62
5.46	3.08	0.03	4.59	**4.01**	2.65	4.26	3.33	1.06	6.25	3.83	0.47
4.55	**3.59**	0.43	4.81	4.00	1.43	4.32	3.50	1.22	6.52	3.88	0.37
5.46	3.39	0.15	5.00	3.57	0.32	4.42	**3.62**	1.27	7.05	3.84	0.35
5.51	3.40	0.16	5.09	3.49	0.27	4.67	3.51	1.22	6.91	3.73	0.29
5.02	3.30	0.09	5.39	3.37	0.18	—	—	—	6.90	3.50	0.43

Tab. 15 — *taul. 15*[1])

pH			Al_2O_3 + Fe_2O_3 %	pH			Al_2O_3 + Fe_2O_3 %	pH			Al_2O_3 + Fe_2O_3 %	pH			Al_2O_3 + Fe_2O_3 %
H_2O	KCl	H_2SO_4		H_2O	KCl	H_2SO_4		H_2O	KCl	H_2SO_4		H_2O	KCl	H_2SO_4	
1006				1018				1019				1034			
6.74	4.76	3.09	0.04	5.12	3.27	3.09	0.07	5.46	3.86	3.24	0.09	4.03	2.58	3.36	0.80
6.06	3.90	3.15	0.03	5.21	3.42	3.11	0.06	5.88	5.01	**4.89**	7.33	5.18	4.62	**4.52**	4.95
4.90	3.90	3.53	2.77	5.09	3.55	3.13	0.17	6.20	5.44	**4.91**	5.31	5.32	4.90	4.44	3.53
5.31	4.42	4.33	3.62	4.98	3.84	3.39	1.28	6.08	5.57	**4.93**	3.99	5.40	4.94	4.38	2.80
6.11	4.95	**4.62**	3.79	5.70	5.01	4.63	5.41	6.08	5.73	4.86	2.65	5.44	4.82	4.40	2.79
6.42	5.17	4.30	1.98	6.21	5.79	**4.98**	7.07	6.17	5.85	4.77	2.49	5.45	4.81	4.38	2.69
6.27	5.30	3.88	1.48	6.30	6.07	4.82	4.02	6.04	5.62	4.68	2.12	5.50	4.81	4.38	2.76
6.62	5.34	3.39	1.06	6.47	6.21	4.61	2.26	5.96	5.41	4.49	0.74	5.53	4.84	4.10	2.06
978				995				1031				1041			
5.23	4.30	4.12	1.61	4.54	3.52	3.74	3.64	6.72	5.54	3.53	3.41	4.44	3.88	3.91	3.91
5.25	4.19	3.92	1.58	4.76	3.64	3.25	3.42	6.35	5.03	3.42	2.82	5.07	3.77	3.82	3.92
5.32	4.14	3.93	1.90	4.55	3.82	4.01	2.55	6.18	4.99	3.39	2.48	5.31	3.89	4.05	3.58
5.56	4.41	3.77	1.52	5.93	3.95	4.03	1.82	6.25	4.72	3.32	2.17	5.31	3.89	4.05	2.52
5.97	4.53	3.58	0.97	4.82	3.97	3.89	1.20	6.18	4.61	3.53	1.93	5.28	3.99	4.20	3.49
6.14	4.41	3.57	1.43	4.90	3.95	4.01	1.42	6.01	4.40	3.41	1.32	5.40	4.10	4.25	3.86
6.28	4.48	3.87	1.64	5.21	3.80	3.41	1.38	5.80	4.22	3.36	1.17	5.59	4.18	4.22	2.94
6.57	4.66	3.89	1.44	5.48	3.80	3.31	1.12	5.61	3.94	3.42	1.42	6.02	4.33	3.74	2.61

[1]) Die Ergebnisse beziehen sich auf die Tiefenlagen:

[1]) *Tulokset kohdistuvat syvyyksiin:*

0—5, 5—10, 10—15, 15—20, 20—25, 25—30, 30—40, 40—50 cm.

Dänemark und Deutschland, Nr. 746 Braunerde aus Dänemark. — In Tabelle 12 sind die Profile 1006, 1018, 1019 und 1034 Moränenböden frischer Heidewälder, die Profile 978, 995, 1031 und 1041 Moränenböden von Hainwäldern, alle aus Finnland.

Wie zu bemerken, hat cH des Bodens sich beim Maximum der Sesquioxyde am wenigsten verändert. Bei den Hainböden ist die Verteilung der Sesquioxyde durch das Profil hin (bis in eine Tiefe von 50 cm) gleichmässiger, demgemäss sind auch die Reaktionsveränderungen geringer. — Die Korrelation zwischen den Reaktionsveränderungen und der Verteilung der Sesquioxyde ist im allgemeinen so eng, dass man von dem Podsolierungsgrad des Bodens allein mit Hilfe der in Frage stehenden Reaktionsbestimmungen ein relatives Bild gewinnen kann.

Aus einigen Profilen wurden noch pH-Bestimmungen in Ammoniumoxalatlösung gemacht, die als Lösungsmittel für die anorganischen Kolloide angewandt wurde, und in 0.02 n Oxalsäure. pH der ersteren war 3.23, der letzteren 2.10. Resultate, die in der Tab. 16 angeführt sind, gehen in dieselbe Richtung wie die im vorigen erhaltenen.

Tab. 16 — *taul. 16*

Tiefe *syvyys* cm	235		890		996		1006	1018		1019
	Oxals. + Ammon.-oxal.	Oxals. 0.02 n	Oxals. + Ammon.-oxal.	Oxals. 0.02 n		$Al_2O_3 + Fe_2O_3$ %	Oxals. 0.02 n	Oxals. + Amm.-oxal.		Oxals. 0.02 n
	pH						pH			
0—5	3.20	2.18	3.24	2.31	3.80	1.31	2.21	3.25	3.29	2.21
5—10	3.20	2.25	3.24	2.25	3.77	1.58	2.18	3.27	**3.77**	**4.50**
10—15	3.22	**2.55**	3.23	2.22	3.66	1.98	2.72	3.29	3.57	4.00
15—20	3.23	**2.52**	3.23	2.23	**3.91**	2.39	3.70	3.33	3.49	3.84
20—25	3.24	**2.52**	3.23	2.24	3.84	2.28	**4.00**	3.57	3.45	3.79
25—30	3.24	2.44	3.23	2.23	3.52	2.05	3.24	**4.02**	3.41	3.66
30—35	3.23	2.36	3.24	2.24	3.66	1.90	2.96	3.57	3.39	3.63
35—40			3.23	2.26	3.48	—	2.68	3.46	3.39	3.39
40—45	3.22	2.27	3.23	2.26	3.62	2.66	2.52	3.41	3.34	2.89
45—50			3.23	2.21	3.71	—	2.52	—	—	2.81

Die Profile 235 und 890 vertreten junge Böden, die übrigen alte. Besonders in Profil 890 hat der Boden erst zu einer sehr schwachen Veränderung Zeit gefunden. (Die Sesquioxydmengen der Profile 235, 890, 1006, 1018 und 1019 sind in den Tabellen 14 und 15 angeführt, die von Profil 996 auch in Tabelle 8, S. 21). — Unter den in den Versuchen berücksichtigten Reagenzien scheint im allgemeinen die Verteilung der Sesquioxyde sich in den Veränderungen der Reaktion der 0.02 normaler Oxalsäure am besten widerzuspiegeln.

Es wäre denkbar, dass auch in der Natur ein Teil der von der Bodenoberfläche tiefer sickernden Azidoide und Säuren beim Maximum der Sesquioxyde des B-Horizonts gebunden würde und ihr Einfluss dadurch weiter unten geringer wäre. Zur Klärung des Problems wurde in diesem Zusammenhang folgender Versuch angeordnet.

Der Versuch wurde in sehr stark ausgewaschenem Humuspodsolboden ausgeführt, der durch eine vor einigen Jahren vorgenommene Entwässerung jetzt verhältnismässig trocken ist. Die Bodenart war mittelgrober Sand, die Torfschicht 10—15 cm und ebenso der A-Horizont 10—15 cm stark. Der Versuch wurde an zwei einige Meter voneinander entfernten Stellen (Parallelstellen) ausgeführt, und zwar an jeder von beiden an zwei Punkten, in den einen von diesen wurden 20 l Wasser, in den anderen 20 l der obengenannten T r u o g-D e a nschen Lösung gegossen. Von den Flüssigkeiten wurden zuerst 10 l und nach drei Tagen wieder 10 l zugeführt (in der Zwischenzeit regnete es verhältnismässig reichlich), und sie wurden auf die Oberfläche des Mineralbodens gegossen. Nach 5 Tagen (von der ersten Wasserzufuhr an) wurden die Proben aus dem Boden entnommen. — Bestimmungen der Bodenfeuchtigkeit vor und nach dem Versuch wären notwendig gewesen, doch konnten sie im Zusammenhang mit dem Versuch nicht ausgeführt werden.

Die Ergebnisse der pH-Bestimmungen sind in folgender Tabelle dargestellt. Die Nummern der Versuchsstellen sind 1279 und 1280; a = »Wasserprofil», b = »Säureprofil». In der Zusammenstellung ist auch die Menge des organischen Kohlenstoffs angegeben.

Tab. 17 — *taul. 17*

Tiefe *syvyys* cm	1279						1280					
	a (Wasser — *vesi*)			b (Säure — *happo*)			a (Wasser — *vesi*)			b (Säure — *happo*)		
	H_2O	KCl	Org. C %	H_2O	KCl	Org. C %	H_2O	KCl	Org. C %	H_2O	KCl	Org. C %
	pH			pH			pH			pH		
0—5	5.89	3.99	1.53	5.16	3.80	1.40	5.80	3.88	2.18	5.24	3.90	1.72
5—10	6.02	4.17	0.82	5.29	4.07	0.38	5.93	4.09	1.33	5.04	4.12	0.55
10—15	5.91	4.32	0.87	5.54	4.28	0.63	5.90	4.22	0.35	5.35	4.24	0.36
15—20	5.87	4.39	1.22	5.47	4.39	0.98	5.88	4.28	0.39	5.23	4.23	0.62
20—25	5.85	4.45	2.18	5.27	4.43	1.14	5.83	4.28	0.27	5.17	4.28	0.86
25—30	5.83	4.49	1.54	5.32	4.49	0.88	5.93	4.37	0.67	5.23	4.33	1.32
30—35	5.88	4.49	1.44	5.21	4.51	0.79	6.00	4.40	0.70	5.25	4.40	1.36
35—40	5.81	4.51	0.92	5.27	4.56	0.59	5.94	4.42	0.69	5.22	4.44	1.17
40—45	5.93	4.54	0.79	5.34	4.58	0.56	5.97	4.47	0.69	5.20	4.44	1.14
45—50	6.22	4.61	0.71	5.49	4.59	0.53	6.06	4.48	0.78	5.20	4.47	0.70
50—55	6.12	4.61	0.63	5.52	4.59	0.64	5.93	4.52	0.69	5.23	4.54	0.64
55—60	5.97	4.59	0.37	5.67	4.60	0.44	6.01	4.57	0.62	5.35	4.54	0.62

Wie zu bemerken, hat die Säure pH des Bodens gleichmässig durch das Profil in ziemlich gleichem Masse vermindert, im Profil 1279 durchschnittlich um ca. 0.5 pH, in Profil 1280 um ca. 0.7 pH. In KCl gemessen ist pH im Wasser- und im Säureprofil gleich. Bemerkenswert ist ebenfalls, dass die ursprüngliche relative Verteilung der Azidität offenbar weder durch die Wasser- noch durch die Säurebehandlung verändert worden ist. — pH-Bestimmungen sind zwar für den unbehandelten Boden nicht gemacht worden, aber vom vorhergehenden Jahre liegt folgende Messungsreihe, Nr. 1165, aus der Nähe der Versuchsstelle vor.

cm	0–5	5–10	10–15	15–20	20–25	25–30	30–35	35–40	40–45	45–50	50–55	55–60
H_2O-pH	4.37	4.93	5.25	5.22	5.01	5.24	5.10	5.02	5.41	5.50	5.54	5.60
KCl-pH	3.37	3.72	4.08	4.09	3.96	4.09	4.09	4.20	4.27	4.32	4.38	4.45

Der allgemeine Verlauf der Verteilung ist also bei den in Frage stehenden Profilen derart, dass pH anfangs bis 10—15 cm steigt, dann fällt und in einer Tiefe von etwa 40 cm wieder zu steigen beginnt. In KCl gemessen ergibt sich jedoch ein ziemlich gleichmässiger Anstieg durch das ganze untersuchte Profil. Im Podsolierungsstadium des Bodens besteht ein bedeutender Unterschied zwischen Profil 1165 und der jetzt untersuchten Versuchsstelle. Die Summe der anorganischen Kolloide und die Menge des org. C sind in Profil 1165 wie folgt:

cm	0–5	5–10	10–15	15–20	20–25	25–30	30–35	35–40	40–45	45–50	50–55	55–60
Σ %	0.06	0.03	0.3	0.04	0.16	3.06	3.00	—	2.80	—	2.15	[1]
C %	0.91	0.36	0.18	0.20	0.36	2.32	3.50	3.18	2.81	1.77	1.67	1.16

In seiner Kornverteilung ist der Boden feiner Sand. Die Beträge der verschiedenen Fraktionen sind, als Mittelwerte von 8 Analysen (für verschiedene Tiefen) berechnet, bei der 1-m starken Oberflächenschicht folgende:

mm	2—0.5	0.5—0.25	0.25—0.05	0.05—0.02	0.02—0.002	<0.002
%	2	20	75	1	1	1

Der Boden der Profile 1279 und 1280 ist nach augenscheinlicher Schätzung dem von Profil 1165 gleich.

In der zu den Profilen 1279 und 1280 aufgestellten Tabelle erweist die Verteilung von C, dass der Boden in diesen Fällen und insbesondere bei Profil 1279 schwächer als bei Nr. 1165 podso-

[1] 65—75 cm = 0.86 %.

Tab. 18 — *taul. 18*

Tiefe *syvyys* cm	1279 a		1279 b	1280 a
	0.002 n H_2SO_4 +3g $(NH_4)_2SO_4$ pr l	0.002 n H_2SO_4	0.002 n H_2SO_4 +3 g $(NH_4)_2SO_4$ pr l	
	pH			
0—5	3.52	3.50	3.35	3.58
5—10	3.62	3.50	3.35	3.54
10—15	4.06	4.10	3.84	3.40
15—20	4.37	4.48	4.28	3.64
20—25	**4.57**	**4.72**	4.40	3.90
25—30	**4.57**	**4.70**	**4.43**	4.10
30—35	**4.58**	4.60	**4.46**	4.25
35—40	4.50	4.40	4.42	4.32
40—45	4.50	4.35	4.38	4.33
45—50	4.50	4.38	4.40	4.42
50—55	4.46	4.28	4.34	4.42
55—60	4.32	4.09	4.29	4.39

liert ist. Dasselbe bezeugen auch die folgenden pH-Bestimmungen (Tab. 18).

Das Profil 1165 kann man fast als ein Schulbeispiel betrachten für einen Boden, bei dem der Humusgehalt in erster Linie die Verteilung der Azidität bestimmt, wenn die Azidität als pH-Wert in Wasser ausgedrückt wird. (Bei den Profilen 1279 und 1280, deren Boden schwächer ausgewaschen ist, gestaltet sich das Verhältnis zwischen den pH-Werten und dem C-Gehalt nicht ganz gleich klar, wenn auch symptomatisch). Bei Profil 1165, dessen Analysenergebnisse durch das Diagramm Fig. 4 dargestellt sind, sinkt cH (von der Oberfläche an) zunächst schroff, steigt dann beim B-Horizont und wird unter ihm wieder kleiner. Der Basoidengehalt des B-Horizonts bewirkt offenbar, dass cH an seiner Stelle nicht mehr wächst.

Bei dem angestellten Versuch (Profile 1279 und 1280) hat die in den Boden eingedrungene Säure den pH-Wert also in den verschiedenen Tiefen trotz der Differenzierung des Profils in Horizonte in ungefähr gleichem Masse verringert und nicht, wie es erwartet war, beim B-Horizont am wenigsten.

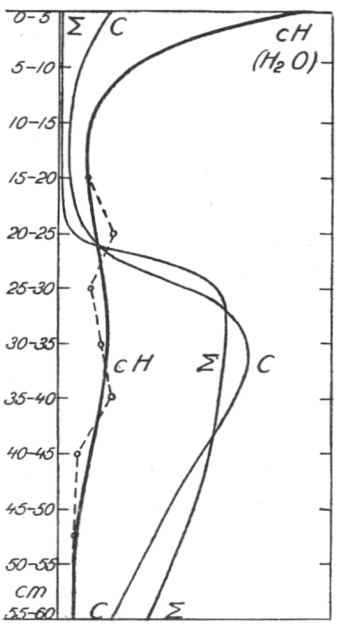


Fig. 4. Verteilung der Summe der anorganischen Kolloide (Σ), des organischen Kohlenstoffs (C) und der Wasserstoffionenkonzentration (cH) im Profil 1165. (Für cH sind in das Diagramm auch die unausgeglichenen Werte eingetragen; bei den übrigen Kurven ist der Ausgleich ganz gering).

Kuva 4. Epäorganisten kolloidien summan (Σ), organisen hiilen (C) ja vetyjonikonsentration (cH) jakautuminen profilissa 1165. (cH:lle on diagrammiin merkitty myöskin tasoittamattomat arvot; muissa käyrissä tasoitus on aivan vähäinen).

Ob dies an der zu grossen Säuremenge, dem hohen Humusgehalt, dem sehr wasserdurchlässigen Boden oder an irgendetwas anderem liegt, lässt sich aus diesem einen Versuch nicht schliessen.

pH-Werte in Wasser und in Kaliumchlorid

Das oben dargestellte Material bietet ausserdem die Gelegenheit, die pH-Werte in Wasser und die in Kaliumchlorid miteinander zu vergleichen.

Bekanntlich ist pH zum mindesten bei sauren Böden in KCl (und im allgemeinen in einer Lösung von Neutralsalzen) immer kleiner als in Wasser. In alkalischen Böden scheint bisweilen dasselbe Verhältnis zu bestehen, bisweilen ein entgegengesetztes. Auch bei sauren Böden ist die pH-Spanne bald grösser, bald kleiner. Über die Ursachen, auf denen diese Schwankungen beruhen, bestehen verschiedene Anschauungen. Teräsvuori (1930), der diese Erscheinung am gründlichsten dargelegt hat, hält den Elektrolytengehalt des Bodens für entscheidend. In Böden, die in geringen Mengen leichtlösliche Elektrolyten enthalten, wirken nach Teräsvuori die Säure- und Salzzufuhren viel stärker als in elektrolytenreichen Böden auf den pH-Wert ein.

Überhaupt mag die Erfahrung erwiesen haben, dass die KCl-Werte stabiler und gleichmässiger als die H_2O-Werte sind, und daher hat man es bei den Bodenuntersuchungen für wünschenswert gehalten, dass im allgemeinen beide Werte bestimmt würden. Auch nach Teräsvuori soll pH in Salzlösungen einen besseren Begriff von der Azidität des Bodens verschaffen als in Wasseraufschlämmungen, da deren Elektrolytengehalt stark schwanken kann. Wie oben bereits nachgewiesen, hat sich z. B. bei der Aufbewahrung der Proben der pH-Wert in Wasser etwas mehr als in KCl verändert.

Das vorliegende Material reicht für eine gründlichere Darlegung der Frage nicht aus. Höchstens kann nach ihm geschlossen werden, dass bei den untersuchten Böden in der betreffenden Beziehung beträchtliche Schwankungen eintreten und dass diese auf vielen verschiedenen Ursachen beruhen können.

Um einen Überblick über die Ergebnisse zu gewinnen, sind in folgender Zusammenstellung die Zahlen der verschiedenen Messungsreihen der Tabellen 3—6 wiedergegeben, Zahlen, die angeben, wievielmal die Wasserstoffionenkonzentration in KCl grösser ist als in Wasser. Die Numerierung der Reihen ist dieselbe wie in der Zu-

sammenstellung S. 25 (für Reihe 8 sind die betreffenden Werte nicht berechnet worden).

Tiefe	KCl-cH × grösser als H_2O-cH									
	Nr.									
cm	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	9.	10.	11.
0— 5	11.7	15.6	9.2	63.3	20.5	8.1	7.5	6.9	15.5	6.5
5—10	10.4	4.0	12.9	28.3	7.1	8.8	8.4	11.8	14.6	10.1
10—15	8.6	3.8	8.6	18.9	5.7	6.8	7.7	7.5	10.7	14.0
15—20	14.0	3.5	6.0	15.5	9.0	9.3	11.4	7.1	11.1	9.8
20—25	15.3	4.5	6.3	27.9	10.2	9.9	11.0	6.4	11.9	10.4
25—30	10.5	8.0	6.2	21.3	10.5	11.1	12.4	7.9	14.1	11.9
30—35	12.9	5.7	8.8	14.0	8.8	18.6	16.1	7.2	13.9	11.3
35—40	11.5	8.4	9.4	12.4	16.6	—	21.8	4.1	—	—
40—45	11.5	8.4	8.6	10.1	13.7	24.4	20.7	7.9	14.5	9.4
45—50	18.7	6.4	9.2	8.2	14.7	—	25.6	5.1	—	—

Die Reihen 1—5 vertreten also häufige, mehr oder weniger stark podsolierte Böden (Heidewälder), die Reihen 6 und 7 schwach podsolierte Hainwälder. Zwischen diesen beiden Gruppen kann der allgemeine Unterschied festgestellt werden, dass bei letzteren die cH-Spanne mit zunehmender Tiefe verhältnismässig stark wächst und bei ersteren dagegen entweder fast konstant bleibt oder sich mit zunehmender Tiefe verringert. In beiden Fällen ist jedoch die Veränderung weder gleichmässiges Zunehmen noch gleichmässiges Abnehmen. Auffallend ist insbesondere die Tiefe von 10—20 cm, wo die pH-Spanne im allgemeinen kleiner als darüber oder darunter zu sein scheint. Die genannte Tiefenlage entspricht gleichzeitig im grossen und ganzen dem sesquioxydreichsten Teil des B-Horizonts, so dass es den Anschein hat, wie wenn die cH-Spanne der Verteilung der Sesquioxyde folgte. Auch der Humusgehalt hat gewiss Bedeutung, doch ist sie offenbar geringer. Die Erscheinung wird am besten beleuchtet durch die beigegebenen Diagramme, die Abbildungen 5 und 6, in denen die KCl-Koeffizienten und die entsprechenden Sesquioxydmengen nebeneinander gestellt sind. (Bei Fig. 5 ist Reihe 4 nicht in Betracht gezogen worden, weil bei ihr die cH-Zunahme an der Oberfläche aussergewöhnlich gross ist.)

In den Fig. 7 und 8 sind ferner die Diagramme einiger einzelnen Profile dargestellt, in Abb. 7 drei stark podsolierte Böden aus Finnland, in Abb. 8 ausländische Profile, unter diesen die Nummern 1099, 1104 und 1108 Heideböden, die Nummern 1091, 1097 und 1110 Braunerden (vgl. Tabelle 12, S. 30).

Im allgemeinen kann festgestellt werden, dass cH in KCl beim B-Horizont oder in den Oberflächenteilen des Hainbodens am wenigsten, im stark ausgewaschenen A-Horizont und im Untergrund

der Hainböden am meisten gewachsen ist. Wird in Betracht gezogen, dass bei feinkörnigem Boden, wie der Hainboden ihn im allgemeinen darstellt, das Ammoniumoxalat offenbar auch unverwitterte Mineralien angreift, sind die den anorganischen Kolloidkomplex ausdrückenden Prozentsätze bei einem derartigen Boden vermutlich etwas zu hoch. Daher vertreten der Untergrund und der stark ausgewaschene A-Horizont des Hainbodens in bezug auf die Anreicherung der Kolloide gleichwertigen Boden. Es ist jedoch ungewiss, ob dieser Sachverhalt ohne weiteres auch hinsichtlich der festgestellten pH-Spanne zutrifft. Zu berücksichtigen ist u. a. die Feinkörnigkeit des Hainbodens; viele Hainböden sind Tonböden. Über die Verteilung der Salze sind in diesem Zusammenhang keine Sonderuntersuchungen ausgeführt worden, doch müssen sie zum mindesten in den gewöhnlichen Podsolböden in so geringen Mengen enthalten sein, dass sie nicht von nennenswertem Einfluss auf die pH-Werte sein können. Selbst wenn der Hainboden in den Oberflächenteilen reichlicher Elektrolyten enthielte, dürfte er sich hinsichtlich der Elektrolytenmenge weiter unten nicht nennenswert vom Podsolboden unterscheiden. Jedoch wären weitere Untersuchungen in dieser Beziehung gewiss notwendig.

Auch der auf S. 35 beschriebene Versuch ist in diesem Zusammenhang interessant. Wird pH in Wasser gemessen, ist das »Säureprofil» saurer als das »Wasserprofil», aber in KCl sind die pH-Werte bei beiden gleich. Wahrscheinlich erklärt in diesem Fall der Elektrolytengehalt den Unterschied zwischen dem pH-Wert in Wasser und dem in KCl.

Alles in allem lässt sich feststellen, dass die in Frage stehende pH-Spanne auch bei saurer Reaktion in entscheidender Weise von der Bodenbeschaffenheit abhängig ist. Zum mindesten ist der Basoidengehalt ein beachtenswerter Faktor und vermutlich auch die Kornverteilung, doch erforderte die Frage gründlichere Untersuchungen, als sie in diesem Zusammenhang möglich gewesen sind. cH des Bodens kann in KCl sogar hundertmal grösser als in Wasser sein und ist bisweilen wiederum in beiden ungefähr gleich gross, so dass man bei den Bodenuntersuchungen zu ganz verschiedenen Ergebnissen kommt, je nachdem pH in Wasser oder KCl (oder überhaupt in Salzlösung) bestimmt worden ist. Es wäre somit erforderlich, herauszustellen, welcher Wert der wirklichen Azidität des Bodens am besten entspricht und ob in dieser Beziehung ein Unterschied zu machen ist, je nachdem die Untersuchung den pflanzenphysiologischen Einfluss der Azidität oder ihre Bedeutung als rein bodenkundlicher Faktor betrifft.

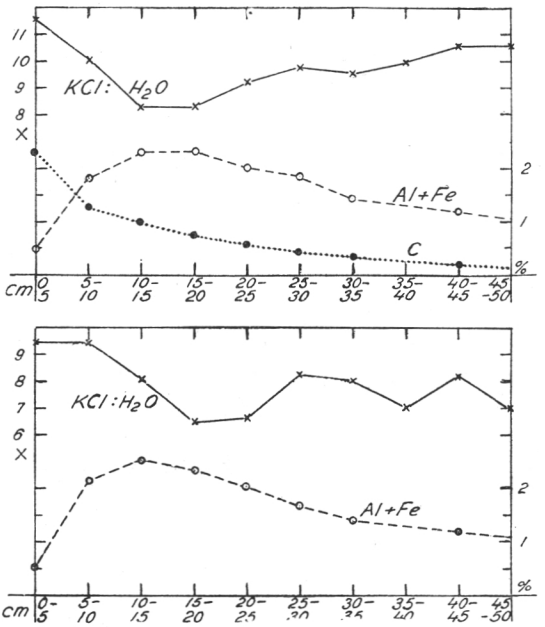


Fig. 5. cH in Wasser und in KCl. (KCl-cH × grösser als H_2O-cH.) Obere Figur: Die Reihen 1, 2, 3, 5, 9, 10 und 11, insgesamt 47 Profile. Untere Figur: Die Reihen 2, 3, 9 und 11, insgesamt 27 Profile.

Kuva 5. cH vedessä ja KCl:ssa. (KCl-cH × suurempi kuin H_2O-cH). Ylempi piirros: sarjat 1, 2, 3, 5, 9, 10 ja 11, yhteensä 47 profilia. Alempi piirros: sarjat 2, 3, 9 ja 11, yhteensä 27 profilia.

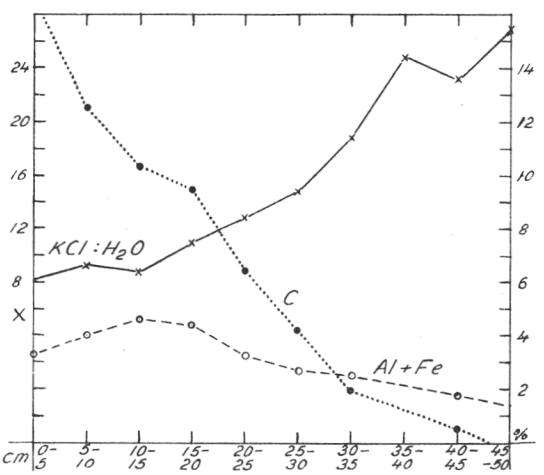


Fig. 6. cH in Wasser und in KCl. (KCl-cH × grösser als H_2O-cH.) Reihe Nr. 7; 11 Profile (Hainboden, S-Finnland).

Kuva 6. cH vedessä ja KCl:ssa. (KCl-cH × suurempi kuin H_2O-cH). Sarja n:o 7; 11 profilia (lehtomaa, E.-Suomi).

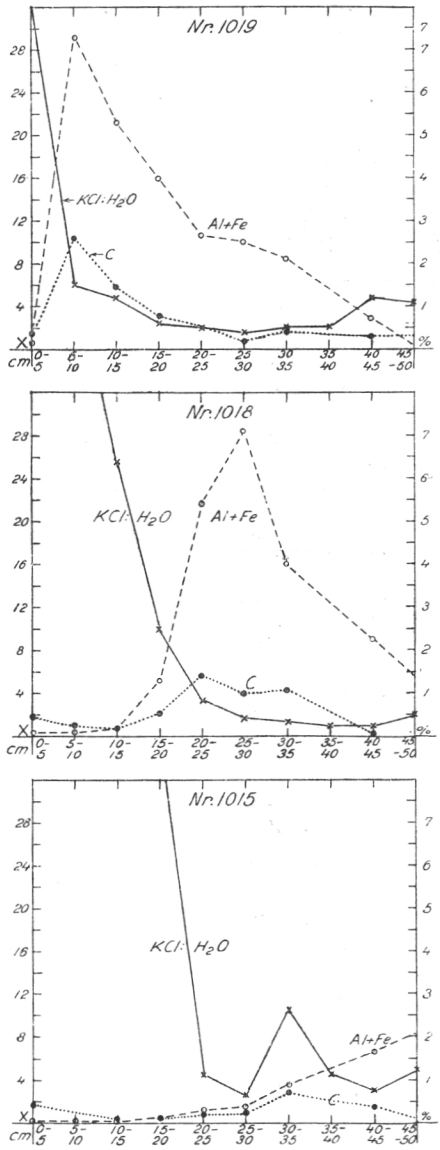


Fig. 7. cH in Wasser und KCl. (KCl-cH × grösser als H_2O-cH.)

Kuva 7. cH vedessä ja KCl:ssa. (KCl-cH × suurempi kuin H_2O-cH).

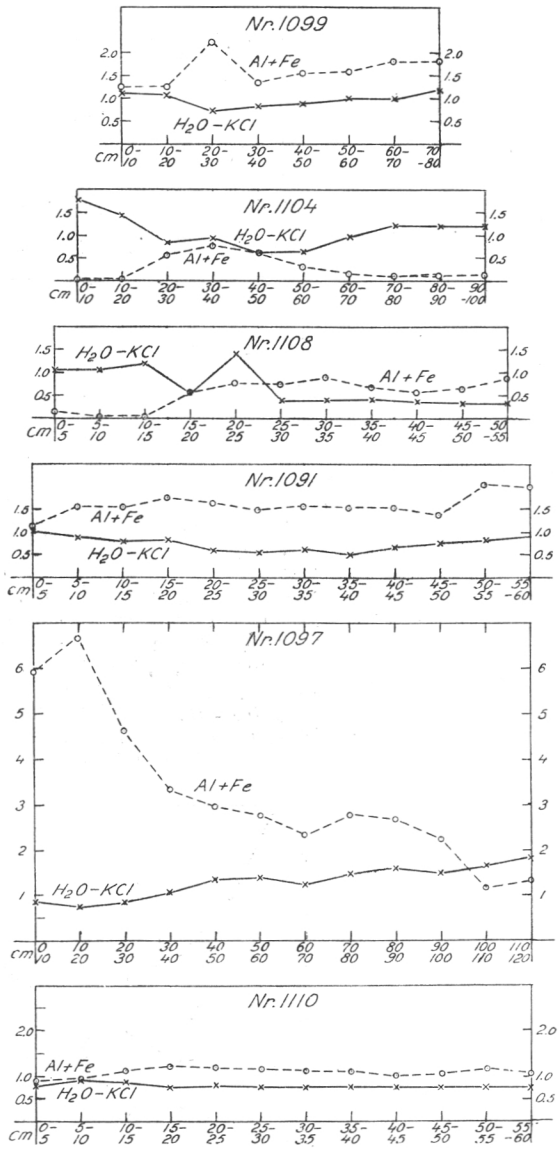


Fig. 8. cH in Wasser und in KCl. (H_2O-pH minus KCl-pH.)

Kuva 8. cH vedessä ja KCl:ssa. (H_2O-pH minus KCl-pH).

Kurze Zusammenfassung für Referate

V. T. Aaltonen, Einige pH-Bestimmungen in Waldböden. Commun. instit. forest. Fenn., 25, 2, 1937.

In der Veröffentlichung handelt es sich um Untersuchungen über die Verteilung der Azidität im Bodenprofil, vorwiegend in Podsolböden, und es werden einige Beobachtungen über den Einfluss der Aufbewahrung von Bodenproben auf die Azidität und über den Unterschied der pH-Werte in Wasser und KCl dargestellt. — Die Aufbewahrung der Proben hat im allgemeinen die Azidität vermindert, und zwar am deutlichsten in stark podsolierten Böden. Die Veränderung ist am kleinsten in Braunerde und in schwach podsoliertem Boden. — Über die Verteilung der Azidität erweisen die Untersuchungen, dass der pH-Wert zunächst (von der Oberfläche des Mineralbodens an) mit zunehmender Tiefe steigt, dass Maximum im unteren Teil des B-Horizonts erreicht und dann abnimmt, um danach sogleich auf die dem Untergrund jeweils eigenartige Reaktion zuzunehmen. In den gewöhnlichen nordischen Podsolböden liegt das genannte Maximum zwischen 25—35 cm und der Abfall zwischen 35—45 cm. Die chemische Differenzierung des Profils ist im allgemeinen derart, dass zuoberst das Maximum des Humus auftritt, dann das der Sesquioxyde und darunter das Maximum der pH-Werte. — Die pH-Spanne zwischen Wasser und KCl erwies sich beim B-Horizont als am kleinsten. Am grössten war sie beim stark ausgewaschenen A-Horizont und im Untergrund der Hainböden (der Böden der Hainwälder).

Brief English summary for abstracts

V. T. Aaltonen, Some pH-determinations on forest soils. (German). Commun. instit. forest. Fenn., 25, 2, 1937.

The paper describes the distribution of acidity in the soil profile, especially in the podzol profile, and gives some data regarding the effect of the storage of the soil samples on acidity, and the differences between the pH-values in water and in KCl.—Storage of the samples has generally lowered the acidity, particularly so in strongly podzolized soils. The changes were least in brown earth and in weakly podzolized soil. — Research on the distribution of acidity shows that the pH-value first rises (from surface of mineral soil onwards) with increasing depth, reaches a maximum at the lower part of the B-horizon, and thereupon falls, soon to rise to the value which is characteristic of the subsoil in question. In ordinary northern podzol soils, this maximum is found between 25 and 35 cm, and the decrease between 35 and 45 cm. The chemical differentiation of the profile is generally the following: the maximum of humus is uppermost, then the maximum of sesqui-oxides and underneath that of the pH-values. — The pH-difference between water and KCl was least in the B-horizon, and greatest in strongly washed A-horizon and in the subsoil of grass-herb forests.

Literaturverzeichnis

Aaltonen, V. T. 1935. Zur Stratigraphie des Podsolprofils. I. Commun. instit. forest. Fenn., 20, 6.

Doyne, H. C., 1936. Transact. of the III Internat. Congr. of Soil Science, Vol. III, S. 237.

Gaarder, Torbjørn und Grahl-Nielsen, O., 1935. Die Bindung der Phosphorsäure im Erdboden. Meddel. Nr. 18 fra Vestlandets forstl. forsøksst.

Kappen, H., 1929. Die Bodenazidität. Berlin 1929.

Lehmann, W., 1930. Zur Methodik der pH-Messung in Waldböden. Forstarchiv, S. 185—90.

Mattson, Sante, 1933. The Laws of Soil Colloidal Behavior: XI. Electrodialysis in Relation to Soil Processes. Soil Science, 36, S. 149—63.

Mattson, Sante and Gustafsson, Yngve 1934. The Chemical Characteristics of Soil Profiles: I. The Podzol. Annalen der Landwirtsch. Hochschule Schwedens, Vol. I, S. 33—68.

Němec, Antonin und Kvapil, Karel, 1926. Studien über einige chemische Eigenschaften der Profile von Waldböden. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw., S. 461—89 u. 525—54.

Pankakoski, A., 1935. Einige Beobachtungen über die vertikale Schwankung der Reaktion in den Oberflächenschichten von Moor- und Waldböden. Annal. Botan. Soc. Vanamo, Tom. 6, n:o 7.

Tamm, Olof, 1922. Om bestämning av de oorganiska komponenterna i markens gelkomplex. Eine Methode zur Bestimmung der anorganischen Komponenten des Gelkomplexes im Boden. Meddel. fr. stat. skogsförsöksanst., häfte 19, n:r 4.

— — 1932. Über die Oxalatmethode in der chemischen Bodenanalyse. Meddel. fr. stat. skogsförsöksanst., häfte 27, n:r 1—3.

Teräsvuori, Armo, 1930. Über die Bodenazidität. (Akadem. Abhandl., Helsinki).

Truog, E. and Dean, L. A.. 1935. Determination of the Phosphate and Potash Needs of Soils by Chemical Analysis. Transact. of the III Internat. Congr. of Soil Science, Vol. I, S. 106—8.

Weis, Fr., 1932. Fortsatte fysiske og kemiske Undersøgelser over danske Hedejorder og andre Podsoldannelser. (Summary: Further Physical and Chemical Investigations on Danish Heath Soils and other Podsols). Det Kgl. Danske Vidensk. Selsk., Biolog. Meddel., 10, 3.

Selostus:

Muutamia pH-määräyksiä metsämaissa

Selostettujen tutkimusten tarkoituksena on ollut päästä selville happamuuden jakautumisesta maannosprofiilissa. Eräät tätä koskevat alkuhavainnot antoivat aihetta koetella maanäytteiden happamuuden pysyväisyyttä säilytettäessä näytteitä pitempiä aikoja ja siksi kosketellaan julkaisun alussa ensiksi tämän ilmiön vaikutusta pH-mittausten tuloksiin. Varsinaisen tutkimusaiheen käsittelyn jälkeen verrataan vielä toisiinsa pH-arvoja vedessä ja kaliumkloridissa.

Happamuuden pysyväisyys näytteitä säilytettäessä

Taulukoissa 1 a, 1 b ja 1 c (s. 11—3) on esitetty tulokset eräistä, noin 4 vuoden väliajalla samoista näytteistä tehdyistä pH-määräyksistä. Ensimmäinen määräys on merkitty pH I tai cH I (cH = vetyjoniväkevyys), toinen pH II tai cH II. Mittaukset on tehty vedessä ja 1-norm. kaliumkloridissa. Taulukossa 1 a mainitut maat ovat yleensä voimakkaasti podsoloituneita, taulukossa 1 c mainitut heikosti ja taulukon 1 b maat ovat osaksi heikommin, osaksi voimakkaammin podsoloituneita. pH-arvojen pysyväisyyden suhteen voi yleensä todeta, että happamuus on tuntuvasti pienentynyt voimakkaasti podsoloituneessa maassa ja hieman kasvanut heikosti podsoloituneessa sekä että muutokset ovat suurempia vedessä kuin KCl:ssä.

Taulukossa 2 (s. 15) on esitetty eräiden muiden mittaussarjojen tulokset. I ja II mittauksen väliaika on tässä tapauksessa noin 1 ½ vuotta. Happamuus on, kuten huomataan, säilytyksen aikana yleensä pienentynyt, enemmän tai vähemmän, riippuen podsoloitumisasteesta. Poikkeuksena on vain maaryhmän 3 pohjamaa.

Syystä, että pH-arvot säilytyksen aikana näin muuttuvat ja eri tavalla maaprofilin eri osissa, voivat mittaustulokset antaa väärän kuvan happamuuden jakautumisesta ainakin, jos määräykset tehdään vasta pitemmän säilytysajan jälkeen. Ottamalla huomioon edellä esitetyt tulokset sekä pH-arvot vedessä ja KCl:ssä voi kuitenkin arvioida täten mahdollisesti aiheutuneiden virheiden merkityksen ja suuruuden siksi suurella varmuudella, ettei niillä voi tässä yhteydessä olla asiallista vaikutusta happamuuden jakautumista koskevien tutkimusten tuloksiin.

Happamuuden vertikalinen jakautuminen

Jo taulukon 2 tuloksia tarkastellessa voi todeta, että pH-arvot yleensä kasvavat syvyyden mukana. Muutamissa mittaussarjoissa esiintyy kuitenkin 20—40 cm välillä heikko pH:n maksimiarvo.

Aineiston perusteella, joka on esitetty taulukoissa 3, 4, 5 ja 6 (s. 19—20) sekä asetelmassa (s 25), voi yleensä todeta, että pH-arvo syvyyden mukana ensinnä nousee saavuttaen maksimin 25—35 cm välillä, sitten laskee 35—45 cm välillä ja syvempänä taas nousee kyseessä olevalle maalle ominaiseen alkuperäiseen arvoon. Mainittu pH-arvojen maksimi on yleensä humuspitoisuuden ja seskvioksidien maksimiarvojen alapuolella (vrt. myös kuv. 1 ja 2, s. 27). Jo aivan nuoressakin maassa on oireita pH-arvon maksimin esiintymiseen 20—40 cm välillä, kuten esim. s. 24 olevassa taulukossa 10 esitetyt, n. 80 v. vanhaa maata (1194, 1195 ja 1196; Höytiäisen ranta) ja n. 100 v. vanhaa maata (1281 a ja b; Vesijärven ranta) koskevat luvut osoittavat.

Happamuuden näin todetussa jakautumisessa kiinnittää huomiota varsinkin se seikka, ettei pH:n maksimi profilissa esiinny B-horisontin yläosassa 1. basoidien maksimin kahdalla. Toinen huomiota ansaitseva ilmiö on happamuuden kasvu heti B-horisontin alapuolella.

Taulukoissa 11 ja 12 (s. 30) on vielä esitetty eräiden ulkomaisten maiden analyysituloksia. Taulukon 11 esittämissä tapauksissa (kaikki nummihiekkamaita) happamuuden jakautuminen nähtävästi riippuu ratkaisevasti humuspitoisuudesta. Taulukon 12 maat ovat heikommin huuhtoutuneita nummi- ja ruskomaita. Suurin piirtein on kemiallisen differentioitumisen yleinen suunta näissäkin tapauksissa sellainen, että humuksen maksimi on ylinnä, sitten seuraa seskvioksidien maksimi ja sen alla on pH-arvojen maksimi.

Tutkimukset on yleensä ulotettu vain 50—60 cm syvyyteen. Taulukossa 13 (s. 32) on esitetty tulokset muutamista syvemmälle ulotetuista mittauksista. Kyseessä olevissa maissa, jotka ovat hiekkamaita ja karkeanpuoleisia morenimaita (n:ot 1016—1048 P.-Suomesta, n:ot 1160 ja 1162 E.-Suomesta), näyttää rapautumisen ja huuhtoutumisen vaikutus tuntuvan suunnilleen 1 m syvyyteen; syvempänä pH-arvot vaihtelevat jonkin verran puoleen ja toiseen neutralisesta reaktiosta.

Jos maan pH määrätään laimeassa hapossa, muuttuu maan reaktio vähimmän seskvioksidien maksimin kohdalla. Taulukoissa 14 ja 15 on esitetty muutamia profileja koskevat tulokset, jotka on saatu fosforihappomääräysten yhteydessä Truogin ja Deanin (1935) tähän tarkoitukseen suosittelemalla liuoksella (0.002 n H_2SO_4 ja 3 g' $(NH_4)_2SO_4$ litrassa). Samanlaisia tuloksia on saatu 0.02 n oksalihapolla sekä oksalihapon ja ammoniumoksalaatin seoksella (taul. 16). Koska voisi ajatella, että B-horisontin puskuroiva (reaktiota säätävä) vaikutus myöskin luonnon maassa tulisi näkyviin, tehtiin ilmiön selvittämiseksi koe, jossa maahan kaadettiin 20 litraa edellä mainittua Truogin ja Deanin liuosta ja vertailukohtaan sama määrä vettä. Koe tehtiin kahdessa kohdassa, profilit 1279 ja 1280, ja sen tulokset on esitetty taulukossa 17, s. 35. Niistä voi todeta, että maahan kaadettu happo on alentanut pH-arvoa jokseenkin samassa määrässä eri syvyyksissä, eikä niinkuin olisi odottanut, vähimmän B-horisontin kohdalla. Onko tähän syynä liian suuri happomäärä, korkea humuspitoisuus, helposti vettä läpäisevä maa tm., sitä ei voi tämän yhden kokeen perusteella päätellä.

pH-arvot vedessä ja kaliumkloridissa

pH on vedessä aina osoittautunut korkeammaksi kuin KCl:ssä. Asetelma s:lla 39 esittää eräiden mittaussarjojen tulokset; luvut tarkoittavat, montako kertaa cH on KCl:ssä suurempi kuin vedessä. Samaa ilmiötä valaisevat kuvien 5, 6, 7 ja 8 esittämät piirrokset.

Tulokset osoittavat, että cH on kaliumkloridissa suurentunut enimmän voimakkaasti huuhtoutuneessa A-horisontissa ja lehtomaiden pohjamaassa. B-horisontin kohdalla ja lehtomaan pintaosissa on muutos yleensä pienin. Näyttää siltä, että varsinkin maan basoidipitoisuus ja luultavasti myöskin raekokoomus vaikuttavat kyseessä olevaan pH-arvojen eroon. Maan elektrolyyttipitoisuudella ei ainakaan podsolimaassa liene tässä suhteessa sanottavaa merkitystä. Ilmiö vaatisi kuitenkin perusteellisempaa tutkimusta kuin mikä tässä yhteydessä on ollut mahdollinen.

Tabellen 19—21

Taulukot 19—21

Tab. 19 — *taul. 19*

Tiefe *syvyys* cm	853				1034				1035			
	pH		$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	Org. C	pH		$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	Org. C	pH		$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	Org. C
	H_2O	KCl	%		H_2O	KCl	%		H_2O	KCl	%	
0—5	6.66	4.27	0.08	0.75	4.03	2.58	0.80	3.12	4.17	3.33	0.47	5.58
5—10	6.58	4.72	1.38	0.75	5.18	4.62	4.95	1.92	5.18	4.38	4.67	2.19
10—15	6.59	4.84	1.01	0.55	5.32	4.90	3.53	1.11	5.48	4.89	3.42	0.78
15—20	6.60	5.48	1.63	0.60	5.40	4.94	2.80	0.83	5.51	4.92	2.78	0.42
20—25	6.54	5.68	2.06	0.44	5.44	4.82	2.79	0.71	5.71	4.82	2.30	0.30
25—30	6.68	5.48	1.23	0.22	5.45	4.81	2.69	0.65	6.60	4.51	1.58	0.17
30—35	6.65	5.34	1.04	0.20	5.50	4.81	2.76	0.60	6.77	4.69	0.99	0.09
35—40	6.63	4.56	—	—	5.61	4.75	—	—	6.44	5.00	1.11	0.09
40—45	6.64	4.54	1.06	0.18	5.53	4.84	2.06	0.38	6.23	5.11	0.95	0.03
45—50	6.75	4.95	—	—	6.05	5.30	—	—	6.46	5.28	—	—
	1048				896				1001			
0—5	4.38	4.02	2.39	1.24	5.92	4.42	0.08	0.33	4.99	3.56	0.22	1.77
5—10	5.59	5.26	3.48	0.97	5.94	4.50	0.11	0.15	5.31	3.91	0.23	0.72
10—15	5.40	5.07	1.90	0.68	6.08	4.69	0.18	0.24	5.63	4.34	0.20	0.26
15—20	5.90	4.80	1.32	0.48	5.98	4.74	0.19	0.23	5.91	4.46	0.12	0.13
20—25	5.93	5.17	1.46	0.30	6.11	4.71	0.18	0.21	6.47	4.77	0.72	0.20
25—30	5.87	5.11	1.13	0.15	5.76	4.60	0.37	0.22	5.79	4.46	2.63	0.18
30—35	5.50	4.87	1.15	0.35	5.95	4.63	0.45	0.23	5.50	4.26	1.79	0.13
35—40	5.92	4.83	—	—	5.29	4.26	0.41	—	5.80	4.29	—	—
40—45	6.18	5.01	1.08	0.20	6.58	5.07	0.30	0.07	6.02	4.56	1.43	0.09
45—50	6.00	4.89	—	—	6.26	4.82	0.49	—	6.43	4.70	—	—
	1025				1082				1085			
0—5	6.18	4.69	0.17	0.44	4.35	3.33	0.12	1.02	4.15	3.16	0.06	0.71
5—10	5.73	4.41	0.34	0.19	4.84	3.84	0.79	0.48	4.22	3.28	0.09	0.54
10—15	5.99	4.50	0.37	0.17	5.14	4.23	0.78	0.40	4.83	4.16	2.21	1.03
15—20	5.83	4.42	0.34	0.30	5.40	4.51	0.63	0.32	5.66	4.78	2.25	0.63
20—25	5.85	4.47	0.38	0.35	5.55	4.59	0.82	0.15	5.75	4.90	1.42	0.42
25—30	6.01	4.56	0.39	0.46	5.22	4.50	0.90	0.13	5.60	4.78	0.74	0.26
30—35	5.86	4.57	0.54	0.39	5.46	4.58	0.77	0.08	5.68	4.88	0.77	0.19
35—40	5.80	4.65	—	—	5.32	4.59	—	—	5.78	4.83	—	—
40—45	6.56	5.19	0.74	0.27	5.35	4.52	0.62	0.09	5.65	4.67	0.94	0.10
45—50	6.32	5.00	—	—	5.71	4.64	—	—	5.94	4.80	—	—

Tab. 20 — *taul. 20*

Tiefe *syvyys* cm	261				1005				1007			
	pH		$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	Org. C	pH		$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	Org. C	pH		$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	Org. C
	H_2O	KCl	%		H_2O	KCl	%		H_2O	KCl	%	
0—5	6.98	5.35	0.02	0.38	6.62	4.85	0.04	0.23	6.04	4.47	0.26	0.67
5—10	5.85	4.44	2.20	0.87	5.85	4.69	4.89	1.75	4.96	3.92	4.22	2.13
10—15	5.90	4.65	4.23	2.04	6.28	5.23	3.52	0.76	5.55	4.41	4.99	2.33
15—20	6.39	5.26	3.79	1.11	5.71	5.06	1.45	0.17	5.71	4.73	2.74	0.82
20—25	6.70	5.64	1.37	0.27	5.87	5.20	2.07	0.35	6.18	4.84	2.30	0.49
25—30	6.51	5.56	0.75	0.15	5.73	5.01	0.92	0.05	5.91	4.88	1.77	0.37
30—35	6.48	5.48	0.59	0.15	6.31	5.14	0.64	0.02	6.51	4.99	1.37	0.34
35—40	—	—	—	—	6.10	5.06	—	—	6.71	5.05	—	—
40—45	6.69	5.49	0.61	0.02	6.53	5.27	0.43	0.00	6.56	5.18	1.14	0.19
45—50	—	—	—	—	6.91	5.66	—	—	6.69	5.07	—	—
	1008				1019				1065			
0—5	5.18	4.11	0.11	0.96	5.46	3.86	0.09	0.35	5.16	3.85	0.03	0.27
5—10	5.67	4.93	1.95	0.72	5.88	5.01	7.33	2.56	5.36	4.08	0.04	0.19
10—15	6.63	5.27	1.91	0.54	6.20	5.44	5.31	1.42	5.56	4.61	0.38	0.27
15—20	6.65	5.22	1.71	0.38	6.08	5.57	3.99	0.73	5.80	4.95	1.29	0.39
20—25	6.20	4.92	1.42	0.34	6.08	5.73	2.65	0.47	6.17	5.46	1.51	0.24
25—30	6.39	4.90	1.40	0.24	6.17	5.85	2.49	0.25	6.22	5.50	1.24	0.19
30—35	6.11	4.97	1.42	0.29	6.04	5.62	2.12	0.37	5.96	5.47	1.20	0.18
35—40	6.30	5.02	—	—	5.82	5.41	—	—	5.90	5.35	—	—
40—45	6.44	5.10	1.28	0.20	5.96	5.20	0.74	0.32	5.97	5.22	0.86	0.15
45—50	6.21	4.90	—	—	5.90	5.18	—	—	6.06	5.15	—	—
	1074				1075				1077			
0—5	4.23	3.88	0.06	0.33	4.38	3.31	0.32	0.73	5.23	3.96	0.19	0.48
5—10	5.42	4.09	0.15	0.23	5.39	4.50	5.03	1.81	5.57	4.87	2.85	0.72
10—15	5.71	5.65	6.86	1.34	5.52	4.83	4.05	1.03	5.99	5.36	2.73	0.45
15—20	6.27	5.95	3.24	0.41	5.63	5.11	3.79	0.77	5.78	5.15	2.27	0.52
20—25	5.77	5.72	2.26	0.25	5.69	5.02	2.52	0.59	5.91	5.18	1.40	0.22
25—30	5.66	5.70	1.98	0.21	5.50	4.71	1.87	0.39	6.26	5.48	1.09	0.17
30—35	6.08	5.49	1.55	0.20	5.88	4.87	1.84	0.38	6.30	5.39	0.98	0.09
35—40	6.17	5.36	—	—	5.56	4.49	—	—	6.27	5.29	—	—
40—45	5.41	5.20	1.13	0.15	5.72	4.40	1.10	0.27	5.88	5.10	1.17	0.18
45—50	5.57	5.19	—	—	5.47	4.37	—	—	5.86	4.95	—	—

Tab. 21 — *taul. 21*

Tiefe *syvyys* cm	833				838				848			
	pH		$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	Org. C	pH		$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	Org. C	pH		$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	Org. C
	H_2O	KCl	%		H_2O	KCl	%		H_2O	KCl	%	
0—5	6.13	4.56	0.10	0.95	6.41	4.79	0.02	0.33	6.60	4.69	0.06	0.97
5—10	5.52	4.20	0.30	1.20	6.39	4.71	0.09	0.30	6.38	4.70	0.28	0.80
10—15	5.30	3.98	5.67	6.74	5.05	4.16	3.25	2.92	6.10	4.70	0.40	0.60
15—20	4.91	4.09	6.81	7.22	5.71	4.39	5.49	3.92	6.05	4.74	2.18	1.16
20—25	6.18	4.64	3.70	2.31	5.71	4.39	5.49	1.91	6.26	4.99	2.26	0.83
25—30	6.36	4.82	2.54	1.32	5.71	4.39	5.49	1.66	6.27	5.18	1.63	0.53
30—35	6.24	4.93	2.39	1.21	5.84	4.60	3.36	0.78	6.12	4.92	1.13	0.41
35—40	—	—	—	—	5.84	4.60	—	—	6.39	5.12	—	—
40—45	6.18	5.04	0.76	0.15	5.77	4.62	2.00	—	—	—	1.16	0.33
45—50	6.18	5.04	—	—	5.49	4.68	—	—	—	—	—	—
	894				969				1006			
0—5	5.60	4.17	0.08	0.48	6.21	4.75	0.08	0.30	6.74	4.76	0.04	0.17
5—10	4.60	3.55	1.57	1.18	6.09	4.50	0.22	0.20	6.06	3.90	0.03	0.08
10—15	5.28	4.09	1.95	0.24	5.42	4.51	2.20	0.62	4.90	3.90	2.77	0.80
15—20	6.40	4.81	1.55	0.18	6.03	5.10	2.98	0.48	5.31	4.42	3.62	1.47
20—25	6.40	4.89	1.68	0.18	6.34	5.42	0.67	0.05	6.11	4.95	3.79	1.06
25—30	6.79	5.34	0.92	0.07	6.01	5.26	0.41	0.02	6.42	5.17	1.98	0.38
30—35	6.74	5.52	1.15	0.05	6.24	5.31	0.50	0.03	6.27	5.28	1.48	0.20
35—40	6.76	5.59	—	—	6.39	5.33	—	—	6.82	5.32	—	—
40—45	6.87	5.79	0.88	0.06	5.88	4.97	0.60	0.17	6.62	5.33	1.07	0.05
45—50	6.87	5.79	—	—	6.18	5.27	—	—	7.03	5.35	—	—
	1015				1018							
0—5	5.75	3.73	0.02	0.41	5.12	3.27	0.07	0.42				
5—10	5.96	3.82	0.06	0.09	5.21	3.42	0.06	0.20				
10—15	5.73	3.79	0.08	0.12	5.09	3.55	0.17	0.18				
15—20	5.73	3.76	0.10	0.07	4.98	3.84	1.28	0.56				
20—25	5.62	3.84	0.31	0.21	5.70	5.01	5.41	1.43				
25—30	5.61	4.10	0.40	0.24	6.21	5.79	7.07	1.03				
30—35	5.70	4.54	0.90	0.77	6.30	5.93	4.02	1.07				
35—40	5.89	5.10	—	—	6.37	6.21	—	—				
40—45	6.01	5.42	1.65	0.30	6.47	6.29	2.26	0.03				
45—50	6.05	5.21	—	—	6.62	6.13	—	—				

METSÄTIETEELLISEN TUTKIMUSLAITOKSEN JULKAISUJA 25.3
COMMUNICATIONES INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE 25.3

UITTOHANKALUUSTUTKIMUKSIA

ILMARI VUORISTO

INVESTIGATIONS REGARDING FLOATING DIFFICULTIES

SUMMARY IN ENGLISH

*

HELSINKI 1938

Helsinki 1938. Valtioneuvoston kirjapaino.

Sisällysluettelo.

Sivu

Alkusanat 7

I. Johdanto 9
II. Tutkimusmenetelmä 15
III. Uittokustannusten jakaantuminen 21
IV. Uittotutkimukset 26

A. Uitto Pohjois-Suomessa 27
1. Tukkien ja pinotavaran negatiiviset uitto-ominaisuudet toisiinsa verrattuina 27
2. Uiton muasta jääneitten tukkien ja pinotavaran jakaantuminen eri jääntipaikkojen kesken 39
3. Erilaisten sahatukkien ja erilaisen pinotavaran negatiiviset uitto-ominaisuudet 56
4. Pohjois-Suomen uittotutkimustulosten yhdistelmä 76

B. Uitto Etelä-Suomessa 99
1. Uittotutkimukset Hartolan väylällä vv. 1934—35 99
a. Kuorittujen kuusipaperipuurankojen ja lehtipuisten polttopuurankojen uitto 100
b. Kuorittujen havutukkien uitto 102
c. Koivutukkien ja kuorittujen havutukkien uitto 103
d. Kuorittujen havupuutukkien uitto 106
e. Kuorittujen havupuiden uitto 109
f. Kuorittujen kuusipaperipuurankojen ja lehtipuisten polttopuurankojen uitto 112
g. Koivutukkien ja kuorittujen havupuutukkien uitto 116
h. Kuorittujen havupuutukkien uitto 120
i. Kuorittujen 2-metristen kuusipaperipuiden uitto 123
j. Uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden absoluuttinen ja suhteellinen määrä puutavaran uitettuun määrään verrattuna Hartolan väylän uitossa vv. 1934 ja 1935 124
k. Tuulen vaikutus uittohäiriöiden määrään 129
2. Uittotutkimukset Kymijoella v. 1934 131
a. Havutukkien uitto 131
b. Kuusipaperipuurankojen uitto 135
3. Uittotutkimukset Höytiäisen väylällä v. 1935 139
a. Talvella kaadettujen koivutukkien uitto 139
b. Kuorittujen havupuutukkien ja kuusipaperipuiden uitto 141
c. Kuorittujen havutukkien, koivutukkien ja paperipuiden uitto 144
4. Uittotutkimukset Ala-Koitajoella v. 1935 148
a. Kuorittujen havutukkien, koivujen ja pinotavaran uitto 148

Sivu

b. Kuorittujen ja kuorimattomien havutukkien, koivujen ja pinotavaran uitto 150
5. Uittotutkimukset Lieksanjoessa v. 1935 153
a. Kuorittujen havutukkien, koivujen ja pinotavaran uitto.. 153
6. Etelä-Suomen uittotutkimusten yhdistelmä 156
a. Tukkien läpimitan vaikutus niiden negatiivisten uitto-ominaisuuksien määrään 156
b. Tukkien pituuden vaikutus niiden negatiivisten uitto-ominaisuuksien määrään 167
c. Puiden kellumiskyvyn vaikutus niiden negatiivisten uitto-ominaisuuksien määrään..... 168
d. Eri puutavaralajien negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhteelliset määrät 169

C. Erilaisen puutavaran aikaansaamien uittohäiriöiden aiheuttama työaikamenekki 172
1. Työaikatutkimukset 172
a. Työaikamenekki rannalle jääneiden puiden väylään vierittämisessä 172
b. Työaikamenekki puomin taakse ja kosteeseen jääneiden puiden poistamisessa 173
c. Ruuhkien purkamisen aiheuttama työaikamenekki 176
2. Työtilastotutkimukset 178
3. Työaikamenekkitutkimusten yhdistelmä 182

D. Uittotutkimustulosten yhdistelmä 185
1. Uittohäiriöiden suhteellisen määrän vaikutus uitosta aiheutuvaan työaikamenekkiin ja varsinaisiin uittokustannuksiin.... 185

V. Erottelututkimukset 189

A. Tutkimukset poikittaisilla kujaerottelulaitoksilla 189
1. Tutkimukset Myllyniemen erottelupaikalla Kemijoen suulla vv. 1934 ja 1935 189
a. Sahatukkien erottelututkimukset Myllyniemen erottelulla v. 1934 191
b. Sahatukkien erottelututkimukset Myllyniemen erottelulla v. 1935. 194
c. Pinotavaran erottelututkimukset Myllyniemen erottelulla v. 1935 198
d. Työajan käyttö Myllyniemen erottelulla 200
2. Tutkimukset Tukkisaaren erottelupaikalla Oulunjoen suulla v. 1935 203
a. Sahatukkien erottelututkimukset Tukkisaaren erottelulla.. 204
b. Työajan käyttö Tukkisaaren erottelulla 206
3. Erottelututkimukset Kiehimän erottelupaikalla Emäjoen suulla v. 1934 207
a. Sahatukkien erottelututkimukset Kiehimän erottelulla 207
b. Pinotavaran erottelututkimukset Kiehimän erottelulla 209
4. Erilaisen puutavaran erotteluhankaluus poikittaisessa kujaerottelussa 210

Sivu

B. Tutkimukset pitkittäisillä, viuhkanmuotoisilla erottelulaitoksilla .. 221
1. Tutkimukset Haapakosken erottelulaitoksellä Päijänteen pohjoispäässä v. 1935 221
a. Työaikatutkimukset Haapakosken erottelulaitoksella 221
b. Työtilastotutkimukset Haapakosken erottelulaitoksella 224
2. Tutkimukset Ristisaaren erottelulaitoksella Pielisjoessa v. 1935 226
a. Työaikatutkimukset Ristisaaren erottelulaitoksella 228
b. Työtilastotutkimukset Ristisaaren erottelulaitoksella 233
3. Erottelututkimustulosten yhteenveto 234

VI. Niputustutkimukset 236
A. Erilaisen puutavaran niputushankaluus 236
1. Niputustutkimukset Nielsen'in niputtajalla 238
2. Niputustutkimukset Blackstad'in niputtajalla 246
3. Erikokoisten puiden niputushankaluus 251
Loppusanat 253
Kirjallisuusluettelo 256

Summary in English 259

Oikaisuja.

Sivulla 27: 1 005 rantakm:ltä p. o. **1 105** rantakm:ltä.
Taulukossa 17: merkinnät VI ja II p. o. **VI—II.**
» 77: Normaali 87.0 ja 0.96 p. o. **82.0** ja **1.02.**
» 98: luvut 109 000 ja 68 000 p. o. **101 000** ja **62 000.**
» 98: » 129 000 ja 81 000 p. o. **119 000** ja **71 000.**

Alkusanat.

Tuotantokustannusten jako erilaisille tuotteille niiden todellisuudessa aiheuttamien kustannusten mukaan on tuotantotoiminnan järkiperäisen johtamisen yleisiä perusedellytyksiä. Uittokustannusten jakoon nähden pitää tämä yleinen sääntö myös paikkansa, mutta oikeudenmukaisen kustannusten jaon tekee vielä tavallista tärkeämmäksi se, että vaihtelevat kustannukset joutuvat erilaisten puutavaroiden omistajien maksettaviksi, ja kustannusten jako saa siten tärkeän suoranaisen yksityistaloudellisen merkityksen. Yhteisuitossa syntyvien kustannusten jakoperusteista on tämän vuoksi aikojen kuluessa paljon neuvoteltu, jopa riideltykin. Siitä huolimatta ei asian selvittämiseksi ole suoritettu minkäänlaisia tutkimuksia. Syynä lienevät olleet ne monet vaikeudet, jotka uittohankaluutta selvittävissä tutkimuksissa on voitettava.

Uittohankaluustutkimuksen tärkeyden ja merkityksen, mutta samalla myös työssä esiintyvät monet vaikeudet tuntien, ryhtyi Suomen Uittajainyhdistys v. 1933 puuhaamaan sellaisen aikaansaamista. Toimenpiteet johtivatkin positiivisiin tuloksiin, niin että tutkimusaineiston kerääminen voitiin aloittaa uittokaudella 1934. Aineiston käsittelyä ja lisäaineiston keräystä jatkettiin vielä v. 1935, ja tutkimustulokset esitetään nyt tässä julkaisussa. Huolimatta huomattavan suuresta työmäärästä, mikä tutkimuksen suorittamiseen on uhrattu, eivät tulokset voi antaa vastausta moneenkaan yksityisseikkaan uittokustannusten jakokysymystä selvitettäessä, joten niitä on vielä jatkuvilla tutkimuksilla valaistava. Joka tapauksessa on tutkimus tuonut paljon lisävalaistusta kysymyksiin, jotka uittokustannusten jaon kannalta ovat tärkeimpiä, ja näin ollen korvannee tutkimus ne varat ja vaivat, jotka siihen on uhrattu.

Tutkimuksen teon on suurimmaksi osaksi rahoittanut Suomen Uittajainyhdistys jäseniltään keräämänsä erikoisveron avulla. Tutkimus on suoritettu Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen toimesta, ja mainittu laitos on osallistunut tutkimuskustannuksiin luovuttamalla allekirjoittaneen tutkimustyötä hoitamaan. Lisäksi on tutkimuslaitos kustantanut tutkimustulosten julkaisemisen. Erittäin merkittävä on myös taloudellinen tuki, jota useat uittoyhdis-

tykset ovat antaneet tutkimusapulaisten palkkauksen muodossa. Erikoisen maininnan tässä suhteessa ansaitsevat Kemijoen, Kymin ja Pohjois Karjalan uittoyhdistykset, muita nimeltä mainitsematta.

Lopuksi käytän tässä tilaisuutta lausuakseni kiitokseni kaikille uittopäälliköille ja uittoyhdistysten toimihenkilöille, samoin Uittajainyhdistyksen johtokunnalle ja etenkin yhdistyksen puheenjohtajalle, insinööri A. Oksalalle ja sihteerille, metsänhoitaja R. Saxén'ille, joita tutkimuksen teossa on ollut pakko monella tavoin vaivata, mutta jotka siitä huolimatta ovat myötämielisesti suhtautuneet tutkimukseen ja aina ystävällisesti antaneet apuaan. Kaikille tutkimusapulaisilleni, etenkin maatal.- ja metsätiet. kand. Jaakko Vörylle, lausun tässä kiitokseni heidän uutterasta ja uittoväylillä aineiston keräyksessä hankalasta ja vaivalloisesta työstään.

Helsinki, 15. 2. 1938.

Ilmari Vuoristo.

I. Johdanto.

Vesistörikkaassa maassa, kuten Suomessa, on puutavaran uitto yleisin puutavaran kuljetustapa. Vettä kevyempinä voidaan meikäläisistä puulajeista valmistettuja puutavaroita kuljettaa halvoin kustannuksin uittamalla niitä ilman kannattavaa alusta. Suomen uittoväylien yhteinen pituus on noin 50 000 km eli suunnilleen sama kuin maanteiden pituus. Uitettu puumäärä on muutamina viime vuosina vaihdellut seuraavasti:[1])

v. 1931	7 813 335	kuoretonta	k.-m³
» 1932	6 054 725	»	»
» 1933	7 612 695	»	»
» 1934	10 804 580	»	»
» 1935	10 666 117	»	»
» 1936	9 994 857	»	»

Uitettu puutavaramäärä on eri vuosina jonkin verran vaihdellut puutavaramarkkinoilla vallinneiden suhdanteiden mukaan. Määrältään vastaa uitettu puutavara suunnilleen rautateillämme kuljetettua koko tavaramäärää.

Puutavaran uitolle on ominaista, että sitä voidaan meillä harjoittaa vain kesän aikana, jolloin vesistömme ovat jäästä vapaat. Uittoaika on siten huomattavasti rajoitettu. Paitsi vesistöjen jäätyminen rajoittavat uittoaikaa käytännössä myös useat muutkin tekijät. Pienimmissä uittoväylissä on uittoa varten riittävästi vettä vain kevättulvan aikana muutamia viikkoja. Suuremmilla väylillä vesi taas usein alenee kesän kuluessa siksi nopeasti, että uitto jo keskikesällä vaikeutuu, ja uitto täytyy senvuoksi koettaa suorittaa alkukesällä. Ainoastaan suurimmilla uittoväylillä on vettä koko sulan ajan siksi paljon, että uittoa voidaan hankaluuksitta harjoittaa koko kesän.

Uittoväylien pituus, joka monessa tapauksessa on useita satoja kilometrejä, sekä se, että puutavarat usein täytyy uittaa väylän päästä päähän, asettavat myös rajoituksia uittoajalle. Jotta puu-

[1]) Uittotilaston mukaan (ns. todellinen määrä) (Puutekniikan tutkimuksen kanna tusyhdistyksen julkaisusarjassa),

tavara ehtisi ajoissa ennen talven tuloa väylän suulle, voi uitto väylän latvaosissa tapahtua vain aikaisin keväällä, sillä muussa tapauksessa muodostuu uitto kaksivuotiseksi ja aiheuttaa huomattavia korko- ym. häviöitä. Kehitys onkin johtanut siihen, ettei Suomessa nykyisin esiinny enää kaksivuotista uittoa juuri lainkaan.

Puutavaran hankinta Suomessa tapahtuu siten, että kukin puutavaran ostaja hankkii puutavaraa kaikkialta hankinta-alueeltaan. Eri ostajien puutavarat joutuvat uittoväylien varsille ajettuina niin muodoin tavallisesti sellaiseen järjestykseen, että saman omistajan puita on pitkin väylää eri paikoissa, ja niiden välillä on epämääräisessä järjestyksessä toisten omistajien puutavaroita. Ainoastaan pienillä, puron luontoisilla väylillä voi sattua, että tiettynä vuotena uitetaan vain yhden omistajan puutavaroita. Suurilla väylillä uitetaan sitävastoin aina useiden omistajien puutavaroita, ja puiden väylääntulojärjestys on myös aina epämääräinen. Pääväylään sivuhaaroilta tuleva puutavara sotkee vielä väylääntulojärjestystä. Kun uittokausi mainituissa olosuhteissa on rajoitettu, voidaan uitto ainoastaan poikkeustapauksissa järjestää siten, että kukin omistaja uittaa puunsa erikseen, aikajärjestykseen nähden perätysten. Jos tällaiseen menettelyyn aina pyrittäisiin, veisi puutavaroiden uitto siksi pitkän ajan, että viimeiset puutavaraerät joutuisivat uitettaviksi niin myöhään, että väylän vesivarat tekisivät uiton mahdottomaksi tai ainakin vaikeuttaisivat huomattavasti sitä. Siinäkin tapauksessa, että uitot voitaisiin erillisuittoina suorittaa, joutuisivat eri omistajien puut uitetuiksi sangen vaihtelevien uittoedellytysten vallitessa ja uittokustannukset olisivat vastaavassa määrin vaihtelevat. Koska lainsäädäntömme mukaan kaikilla uittajilla on samat oikeudet puutavaroiden uittamiseen, aiheutuisi edellä esitetyissä olosuhteissa suuria vaikeuksia uittojärjestyksen määräämisessä, ja lopputulos olisi joka tapauksessa joltakin näkökannalta epäoikeudenmukainen. Näiden epäkohtien välttämiseksi säätää voimassaoleva vesioikeuslaki uiton yleensä yhteiseksi. Lain mukaan tapahtuu yhteisuitto siten, että kaikki tietyllä väylällä tai vesistöllä toimivat uittajat muodostavat uittoyhdistyksen, joka toimittaa uittamisen jäsentensä laskuun.

Yhteisuitto voi tapahtua kahdella eri tavalla. Joko kunkin omistajan puut pidetään uiton aikana erillään toisistaan tai puut uitetaan sekaisin ja eri omistajien puut erotellaan uiton päätyttyä toisistaan. Edellisestä tavasta käytetään nimitystä yksityisuitto, jälkimmäisestä sekauitto. Käytettäköönpä kumpaa uittotapaa hyvänsä täytyy uiton aiheuttamat kustannukset jakaa eri uittajien kesken. Kysymys, minkä asteikon mukaan ja millä perusteella kustannusten jako on toimitettava, on aikojen kuluessa aiheuttanut uitta-

jien kesken paljon mielipiteiden vaihtoa. Se onkin yhteisuiton vaikeimmin ratkaistavia kysymyksiä. Lyhyt katsaus uittokustannusten jakokysymyksestä esitettyihin mielipiteisiin lienee tässä paikallaan.

Uittokustannusten jakoperusteena on aina pidetty jollakin tavoin mitattua uitettujen puutavaroiden määrää. Käytetyt mittayksiköt ovat sitävastoin paljon vaihdelleet. Ne ovat pääasiassa perustuneet joko puutavaroiden uittohankaluuteen tai puutavaran arvoon (Hellström 1912). Etenkin Ruotsissa on puiden arvoon perustuvaa uittokustannusten jakoa kokeiltu. Niin kauan kuin ainoastaan järeällä puutavaralla oli sellainen kauppa-arvo, että se pystyi kantamaan suhteellisen korkeatkin uittokustannukset, mutta pieni puutavara oli niin halpaa, että se jäi arvottomana metsään, ellei sen uittomaksua kuutiomäärään nähden tavalla tai toisella alennettu, voitiin puutavaran arvoon perustuvaa uittokustannusten jakoa metsänhoidollisista syistä puolustaa. Tällaiset perustelut ovat kuitenkin jo aikoja sitten menettäneet merkityksensä. Pienen puutavaran hinnat ovat paperiteollisuuden ansiosta sekä suhteellisesti että absoluuttisesti siksi paljon kohonneet, etteivät uittokustannukset enää tee pienen puutavaran hakkausta mahdottomaksi. Ruotsissa määrääkin jo v. 1880 uittolaki uittohankaluuden kustannusten jakoperusteeksi. — Suomessa ei puutavaran arvoon perustuvia uittokustannusten jakoperusteita ole koskaan käytetty, vaikkakin asiasta on mielipiteitä esitetty (Helander 1922). Uittohankaluuden voidaankin nykyisin katsoa olevan ainoan yleisesti tunnustetun ja käytännössä olevan perusteen uittokustannuksia jaettaessa. — Uittohankaluudella tarkoitetaan silloin sitä suhteellista uittokustannusten määrää, jonka tietynlaisen puutavaran uitto aiheuttaa.

Vaikka uittokustannusten jakoperusteen pääperiaatteesta nykyään ollaan yksimielisiä, on sitä enemmän erimielisyyksiä siitä, miten puutavaran uittohankaluus on mitattava. Uittohankaluuden mittana ja samalla uittokustannusten jakoperusteena käytetään uittoyksikköä. Mielipiteiden eroavaisuudet uittoyksikkökysymyksessä kuvastuvat selvästi käytännössä olleista uittoyksiköistä. Uittoyksiköt voidaan jakaa kahteen pääryhmään: kappaleperusteisiin ja kuutioperusteisiin uittoyksikköihin. Niin kauan kuin ainoastaan järeämpiä puita uitettiin, vastasi kappaleperusteinen uittoyksikkö, jonka mukaan uittomaksu kaikilta kappaleilta on sama, suunnilleen uittohankaluutta ja johti asiain näin ollessa oikeuden-

mukaisiin tuloksiin (Ålund 1904, Örtenblad 1905). Sen jälkeen kun järeän puun ohella alettiin uittaa yhä enemmän pientä puutavaraa, menetti kappaleperusteinen uittoyksikkö käyttökelpoisuutensa ja alettiin enenevässä määrin siirtyä kuutioperusteisiin uittoyksikköihin tai viimeksi mainittujen ja kappaleperusteisten uittoyksikköjen välimuotoihin (Kinnman 1919, Lindman 1904, Gyllenhammar 1904, Thunberg 1904, Fredenberg 1905, Ålund 1904, Löf 1912, Sandström 1911, Oksala 1926). Puhdasta kuutioperusteista uittoyksikköä käytettäessä jaetaan uittokustannukset pelkän kuutiomäärän perusteella. Puutavaroiden kuutiomääränä on osittain käytetty latvamittauksen mukaista kuutiota, mutta nykyään käytetään yleisesti todellista kuutiota, jota tällöin nimitetään »uittokuutioksi».

Kun kappaleperusteisista uittoyksiköistä alettiin siirtyä kehittyneempiin uittoyksikköihin, kiinnitettiin aluksi huomio puiden pituuteen. Koska tavallista pitemmät puut aiheuttivat huomattavasti enemmän hankaluutta uitossa kuin muut puut, rajoitettiin uittoyksiköksi luettavan puun pituus enintään 27—30 jalaksi. Keskimääräistä lyhyemmille puille alettiin sensijaan myöntää helpoituksia siten, ettei niitä laskettu täysiksi uittoyksiköiksi. Siten syntyi ns. pätkäjärjestelmä (kortlängdssystem) (Ålund 1904). Tämän menetelmän mukaisten uittoyksikköjen käytöstä on runsaasti esimerkkejä sekä Ruotsista että Suomesta.

Vaikkakin kappaleperusteisen uittoyksikön käyttökelpoisuus parani huomattavasti, kun puiden pituus otettiin huomioon määrätyllä tavalla pituutta rajoittaen, ei uittoyksikkö kuitenkaan uittajien mielestä vastannut uittohankaluutta, vaan alettiin yleisesti siirtyä kuutioperusteisiin uittoyksikköihin. Siirtyminen Suomessa tapahtui yleensä vähitellen siten, että kappaleperusteisen uittoyksikön rinnalla ruvettiin käyttämään kuutioperustetta. Tämä tapahtui siten, että laskettiin pm^3: varsinaista pinotavaraa vastaavan määrättyä uittoyksikkömäärää. Varsinaisen, määrämittoihin katkotun pinotavaran lisäksi laajennettiin kuutioperusteen käyttöoikeus myös kaikkeen yleensä 6 m lyhyempään uittotavaraan. Puiden pituuden huomioon ottava kappaleperusteinen uittoyksikkö pinotavaralisäyksin on nykyään vielä käytännössä Kokemäenjoella. Vaihtoehtoinen kappale- ja kuutioperusteinen uittoyksikkö on käytännössä Kymin ja Pohjois-Karjalan uittoyhdistysten alueilla. Kaikissa Pohjois-Suomen joissa on taas käytännössä puhdas kuutioperusteinen uittoyksikkö suurimman uitettavan kappaleen pituuden ollessa rajoitettu (Vuoristo 1931). Ruotsissa ja Norjassa on puutavaran kuutiomäärä uittokustannusten yleinen jakoperuste.

Paitsi puutavaran koko, siis läpimitta ja pituus, vaikuttavat uittohankaluuteen myös monet muut uittotavaran ominaisuudet. Uittokustannusten jakoperusteita määrättäessä on myös näihin seikkoihin kiinnitetty huomiota. Tärkeimmät tällaiset uittohankaluuteen vaikuttavat tekijät ovat puiden uintikyky ja pinnan laatu. Käytännössä olevissa uittoyksiköissä on puiden uintikyky huomioitu siten, että kuivalle tavaralle on myönnetty uittomaksun alennusta tuoreen tavaran uittomaksuun verrattuna. Puiden pinnan laadun vaihtelu on taas huomioitu siten, että kuorittu, sileäpintainen puu uitetaan halvemmalla kuin kuorimaton. Sekä uintikyky että pinnan laatu lienee otettu huomioon korotettaessa lehtipuiden uittomaksu huomattavasti korkeammaksi kuin havupuiden. Lehtipuiden epäsäännöllinen runkomuoto vaikuttanee myös osaltaan uittomaksua korottavasti (V u o r i s t o 1931). Erilaiselle puutavaralle määrätyt alennukset ja korotukset vaihtelevat eri uittoyhdistyksissä samoissakin uitto-olosuhteissa huomattavasti.

Paitsi yhteisuiton aiheuttamien kustannusten jakamista varten on erilaisen puutavaran uittohankaluuden tunteminen erittäin tärkeätä myös puun todellisen arvon mukaisen hinnan määräämiseksi. Kun erilaiset puutavarat aina uitetaan sekaisin ja toiminta sekä sen aiheuttamat kustannukset kohdistuvat koko uitettavaan puumäärään, ei uittokustannuksia ilman muuta voida jakaa erilaiselle puutavaralle sen mukaan, mitä kustannuksia niiden uitto todella aiheuttaa. Yleinen tapa onkin nykyään sellainen, että uittokustannukset jaetaan tasan koko uitetulle puumäärälle kuutiomäärän perusteella. Tällainen kustannusten jako ei omakustannuslaskennan kannalta kuitenkaan ole oikea. Helposti uitettava puutavara joutuu aiheettomasti kantamaan osan vaikeasti uitettavien puiden aiheuttamista uittokustannuksista, ja erilaisen puutavaran omakustannushinta tulee väärin määrätyksi. Etenkin siinä tapauksessa, e t t ä u i t t o k u s t a n n u k s e t o v a t v e r r a t t a i n s u u r e t, v o i v i r h e m u o d o s t u a s i k s i s u u r e k s i, e t t ä k ä s i t y k s e t p u i d e n k a n t o a r v o s t a m e n e v ä t t ä y s i n s e k a i s i n. Ainoastaan silloin kun uittokustannukset jaetaan todellisen uittohankaluuden perusteella, päästään puiden omakustannushinnan laskennassa oikeisiin tuloksiin.

Syy siihen, että käsitykset erilaisen puutavaran uittohankaluudesta ovat sangen vaihtelevat, johtuu monista seikoista. Pääsyynä on kuitenkin se, että käytännöllisen uiton perusteella on jokseenkin vaikea ilman muuta päätellä, miten uittohankaluus todellisuudessa vaihtelee. Asiaa vaikeuttaa lisäksi se, että puutavaran vaihteleva laatu vaikuttaa eri tavalla uittohankaluuteen erilaisilla uittoväylillä.

Ainoa mahdollisuus uittohankaluuskysymyksen selvittämiseksi on uittotutkimusten suorittaminen. Tutkimuksia asian suhteen ei kuitenkaan ole toistaiseksi suoritettu. Käsillä oleva tutkimus on tältä alalta laatuaan ensimmäinen. Kuten tutkimuksen nimikin osoittaa, on sen tarkoitus selvittää uittohankaluuskysymystä ja olla siten perusteena uittokustannusten jakoperusteiden mahdolliselle tarkistamiselle. Kysymyksen monipuolisuudesta johtuen ei tutkimuksessa voida yksityiskohtaisesti syventyä läheskään kaikkiin uittohankaluuteen vaikuttaviin tekijöihin. Tutkimus riittänee kuitenkin suuntaa antavaksi perustaksi uittokustannusten jakokysymystä maassamme järjestettäessä.

II. Tutkimusmenetelmä.

Koska uittohankaluustutkimuksia voidaan vain rajoitetussa määrin ja erittäin suurin kustannuksin suorittaa varsinaista kokeellista tutkimusmenetelmää käyttäen, ei tällainen tutkimusmenetelmä voinut tätä tutkimusta suunniteltaessa tulla kysymykseen. Rahavarojen niukkuus ja tutkimuksen tavoitteena oleva yleisluontoinen päämäärä sulkivat varsinaisen kokeellisen tutkimusmenetelmän mahdollisuuksien ulkopuolelle. Tutkimuksen tarkoituksesta johtuen täytyi tutkimus kokonaan kohdistaa käytännössä suoritettavaan uittoon ja koettaa uittotoimintaa tarkkailemalla koota aineistoa uittohankaluuskysymyksen selvittämiseksi.

Koska tutkimuksen tarkoituksena on selvittää erilaisen puutavaran uittohankaluuden vaihteluita, ts. niitä suhteellisia kustannuksia, jotka erilaisen puutavaran uitto aiheuttaa, olisi tutkimusmenetelmäksi lähinnä ollut ajateltavissa tilastollinen tutkimusmenetelmä. Sen käyttö on uittohankaluustutkimuksen kysymyksessä ollessa kuitenkin vain poikkeustapauksissa mahdollinen. Uittotoiminta kohdistuu näet koko uitettavaan puutavaraerään yleensä, eikä kustannuksia voida kirjanpidollisin keinoin jakaa suoraan erilaiselle puutavaralle. Tilastollisessa menetelmässä yleisesti käytettyä jakoavainmenetelmää ei tässä tapauksessa voida käyttää, syystä että tutkimus kohdistuu juuri oikean jakoavaimen, uittoyksikön määrittelemiseen. Kustannusten sijasta on tässä tutkimuksessa käytetty uittohankaluuden mittana uiton vaatimaa työmäärää käytetyn työajan perusteella määrättynä (K a i t i l a 1928). Määräämällä se työn määrä, jonka erilaisen puutavaran uitto aiheuttaa, voidaan laskea suhdelukuja, jotka kuvaavat erilaisen puutavaran uiton aiheuttamia suhteellisia työpalkkakustannuksia. Koska työpalkkakustannukset muodostavat vain osan kokonaisuittokustannuksista, ei erilaisen puutavaran uitosta aiheutuva työn määrä ilman muuta kuvaa uittohankaluutta. Työpalkkakustannusten osuus kokonaisuittokustannuksista on kuitenkin siksi suuri, kuten jäljempänä (s. 23) saamme nähdä, että niiden vaihtelu kuvaa melkoisen varmasti uittohankaluuden vaihteluita, varsinkin senvuoksi, etteivät toiset kustannuserät yleensä

sanottavasti vaihtele uittotavaran erilaisuudesta johtuen. Jos tutkimusaineiston perusteella siis voidaan määrätä erilaisen puutavaran uitosta aiheutuva työmäärä, voidaan sen perusteella määrätä riittävän tarkasti puutavaran uittohankaluus.

Erilaisen puutavaran uitosta aiheutuvan työmäärän mittaaminenkaan ei käytännössä ole mikään helppo tehtävä. Tutkimusta tehtäessä ei koko työmäärää olekaan ollut mahdollista mitata, vaan on ollut tyydyttävä tarkkailemaan uittotyön eri vaiheiden tyypillisimpiä ja uiton kulkuun ratkaisevimmin vaikuttavia töitä ja niiden perusteella määräämään eri tekijöiden vaikutus koko työvaiheen vaatimaan työmäärään.

Koska tämän tutkimuksen päätarkoituksena on selvittää uitettavan puutavaran koon ja laadun vaikutus uittohankaluuteen, on tutkimuksen rajoittamiseksi ollut välttämätöntä, että vaihtelevat uittoedellytykset ja olosuhteet on otettu huomioon vain sikäli, mikäli se on ollut pääkysymyksen, uittohankaluuden vaihtelun, selvittämiseksi välttämätöntä. Tutkimuksessa ovat tämän vuoksi monet uittoon ratkaisevastikin vaikuttavat tekijät jääneet erikoishuomiota vaille ja siten tulevaisuudessa tutkittaviksi.

Koska aineisto tutkimusta varten on kokonaisuudessaan koottu käytännössä suoritetusta uitosta, on aineisto uittotyön eri vaiheista pakosta muodostunut sangen erilaiseksi. Tiettyä tutkimusmenetelmää ja sen mukaista aineiston keräämistapaa ei mitenkään voida käyttää uittotyön kaikissa vaiheissa, vaan on aina valittava se menetelmä, jonka avulla asia parhaiten selviää ja aineisto saadaan kootuksi. Menetelmää mielivaltaisesti vaihtelemallakaan ei aina ole ollut helppoa saada aineistoa kokoon, vaikka aineiston laatuun ja tutkimusmenetelmään nähden on vaatimuksissa tingittykin.

Seuraavassa selostetaan lyhyesti ne tutkimusmenetelmät ja aineiston keräämistavat, joita uiton eri vaiheissa on käytetty. Tutkimuksessa uittotyö jaettiin seuraaviin päävaiheisiin: uitto, erottelu ja niputus.

Kuten tunnettua, tarkoitetaan uitolla puiden uittamista virtaavassa vedessä. Uitettavia puita kuljettaa siis vesi mukanaan, eikä siinä niin ollen uittajan puolelta tarvita toimenpiteitä. Jos uitto tapahtuisi ilman uittohäiriöitä, ei varsinainen uitto siis vaatisi työtä lainkaan, vaan tapahtuisi suurin piirtein kustannuksitta. Häiriöittä ei uitto kuitenkaan koskaan tapahdu. Sattuvat uittohäiriöt ja uittohäiriöiden ennakolta estäminen aiheuttavat suuret määrät työtä, ja tämä työ aiheuttaakin pääosan varsinaisista uittokustannuksista. Koska erilaisella puutavaralla on eri suuret taipumukset aiheuttaa uittohäiriöitä, riippuu uittokustannusten suuruus uitettavan

puutavaran laadusta. Puutavaran taipumusta aiheuttaa uittohäiriöitä nimitetään tässä tutkimuksessa negatiiviseksi uitto-ominaisuudeksi. Tutkimalla erilaisen puutavaran negatiivisia uitto-ominaisuuksia, voidaan päätellä, missä suhteessa minkinlaisen puutavaran uittokustannukset ovat toisiinsa ja tätä tietä määrätä puutavaran uittohankaluus.

Käytännössä esiintyvät negatiiviset uitto-ominaisuudet mitä moninaisimmissa muodoissa, mutta tutkimusta varten täytyy ne luokitella. Käsillä olevassa tutkimuksessa on luokitus tehty sillä perusteella, minne uittohäiriöitä aiheuttaneet puut joutuvat niiden jäädessä pois uiton muasta. Kysymykseen tulevat seuraavat neljä uiton muasta pois jäämispaikkaa ja -tapaa: rannalle, puomin taakse, ruuhkaan ja kosteeseen. Keräämällä tilastoa siitä, millaisia puita ja missä suhteessa keskenään sekä koko uitettavaan puumäärään nähden mihinkin paikkaan on uiton muasta jäänyt, voidaan määrätä erilaisten puiden negatiiviset uitto-ominaisuudet.

Negatiivisten uitto-ominaisuuksien selvittäminen ei vielä kuitenkaan sellaisenaan anna kuvaa erilaisen puutavaran uittohankaluudesta. Sen lisäksi on vielä tiedettävä, missä määrin työtä erilaisten puiden jäämispaikastaan uiton mukaan saattaminen vaatii. Viimeksi mainittua kysymystä on tutkittu työaikatutkimusten avulla.

Koska erilaisella puutavaralla on erisuuressa määrin erilaisia negatiivisia uitto-ominaisuuksia, jää niiden vaikutus määrätyllä väylällä riippuvaksi siitä, millainen väylä kulloinkin on kysymyksessä ja millaiseen uittokuntoon se uittolaitteiden avulla on kunnostettu. Väylän eri osissa vaihtelevat olosuhteet lisäksi huomattavasti. Näin ollen voidaankin esittää vain keskimääräisiä uittohankaluussuhdelukuja ja vain jossakin määrin osoittaa, mihin suuntaan väylän ominaisuudet suhdelukuihin vaikuttavat.

Negatiivisia uitto-ominaisuuksia puun laadusta riippuen tarkastettaessa on puun laatuominaisuuksina huomioitu seuraavat seikat: puun läpimitta ja pituus, puulaji ja kellumiskyky sekä puun pinnan laatu. Kaikki mainitut ominaisuudet on huomioitu verrattain väljää luokitusta käyttäen, syystä, ettei aiheettoman tarkka luokitus olisi satunnaisten tekijöiden vaikutuksesta johtanut sen parempiin tuloksiin.

Aineistoa kerättäessä on menetelty siten, että on yhtäjaksoisesti pitkin uittoreittejä koottu aineistoa kaikkien uitosta pois jääneiden puiden määrästä ja ominaisuuksista sekä poisjäämispaikoista. Kaikkiaan on tällaista aineistoa koottu 2 383 rantakilometriltä. Kaikkien väylillä uitettujen puiden laatujakaantumisen selvittämiseksi on osittain koottu tiedot eri uittajilta, osittain määrätty laatujakaantuminen kokeitten avulla.

Paitsi edellä mainittua tutkimusmenetelmää käyttäen, on uittohankaluutta tutkittu myös koeuittomenetelmää käyttäen, nim. Kymin lauttausyhdistyksen alueella Hartolan reitillä. Tämä käytännössä harvinainen tilaisuus tarjoutuu mainitulla väylällä sen vuoksi, että kunkin omistajan puutavarat siellä uitetaan erikseen. Myös puutavaran laatu vaihtelee eri uittajilla huomattavasti, koska jokaisella on suurin piirtein yhtä määrättyä puulajia.

Järjestyksessä seuraavaa uittotyön vaihetta, erottelua, on tutkittu pääasiassa työaikatutkimusmenetelmää käyttäen. Osaksi on myös käytetty tilastotutkimusta. Jos tarkastetaan erottelutyötä työaikatutkimusten suoritusta silmällä pitäen, täytyy todeta, että koko erottelutyöhön kohdistuvia työaikatutkimuksia on käytännöllisesti katsoen mahdoton suorittaa. Osaksi kohdistuu työaika erottelussa koko puuerään yleensä, osaksi käsittelevät määrättyä puuta useat henkilöt ja käsittelyn määrä riippuu täysin sattumasta, vaihdellen sen johdosta niin suuresti, että vaihtelu ylittää moninkertaisesti puun laadun vaikutuksen. Esitetyn vaikeuden poistamiseksi on työaikatutkimukset täytynyt kohdistaa sellaisiin ratkaiseviin erottelutyön vaiheisiin, joissa työn suorituksen ulkoiset edellytykset pysyvät kaikenlaatuisille puille suunnilleen samoina ja puun laadun vaikutus tulee täten selvästi ilmi. Kun tällaisten kuvaavien ja ratkaisevien työvaiheiden työhankaluus on saatu selvitetyksi, on tarkastettava, missä määrin tulokset voidaan yleistää koko erottelutyötä koskeviksi. Poikittaisessa kujaerottelussa on näin ollen tutkittu varsinaista erotteluaikaa ja poikittaisessa viuhkaerottelussa yhtä erotteluvaihetta. Viuhkaerottelun työhankaluuden selvittämiseksi on voitu käyttää myös työennätystilastoa, syystä että puutavaran laatu näillä erotteluilla on ajoittain siinä määrin vaihdellut, että sen vaikutus käy ilmi työennätystilastosta. Puutavaran laadun vaihtelun vaikutuksen tarkemman huomioimisen vuoksi on työennätykset Haapakosken ja Ristisaaren erottelupaikoilla merkitty tilastoon kahden tunnin ajanjaksoin uittoyhdistysten toimesta.

Niputushankaluutta on tutkittu työaikatutkimusmenetelmää käyttäen. Niputustyö onkin laadultaan siihen erityisen sopiva. Etenkin Nielsen'in koneella niputus on selvää yksikkökäsittelyä, jossa aikamittauksia on helppo suorittaa. Blackstad'in koneellakaan niputtaminen ei kuitenkaan tuota aikatutkimusten teolle mitään vaikeuksia.

Kuten edellä esitetystä tutkimusmenetelmän selostuksesta käy ilmi, on tutkimus sen eri vaiheissa voitu kohdistaa vain määrättyihin uittotyön osiin määrätyissä olosuhteissa. Senvuoksi eivät tulokset voi antaa tyhjentävää selvitystä uittohankaluuden vaihteluista yksityistapauksissa. Koska tutkimukset kuitenkin ovat kohdistu-

neet käytännössä suoritettavaan uittotyöhön, vastaavat olosuhteet niitä keskiarvoja, joissa uittotyöt nykyisin suoritetaan ja osoittavat tulokset myös erilaisen puutavaran aiheuttamien uittokustannusten vaihtelua käytännössä. On lisäksi huomattava, että uitettavan puutavaran laatukokoomus on tutkimuksissa ollut käytäntöä vastaava. Seikalla on tutkimustulosten kannalta tärkeä merkitys sen vuoksi, etteivät yksityisen puun uitto-ominaisuudet määrää sen uittohankaluutta sekauitossa, vaan riippuu käytännössä vaikuttava uittohankaluus yksityisen puun sekä koko puuerän uitto-ominaisuuksien yhteisvaikutuksesta (V u o r i s t o 1932).

Lopuksi on vielä syytä luoda lyhyt katsaus muutamiin matemaattisiin näkökohtiin ja menetelmiin, jotka tutkimuksen yhteydessä tulevat kysymykseen.

Tutkimuksen käytännöllistä suorittamista varten on uittohankaluuteen vaikuttavat ominaisuudet yleensä luokiteltu määrättyjä luokkavälejä käyttäen. Tutkimustulokset vastaavat täten ensi vaiheessaan ominaisuuksien luokkakeskiarvoja. Lopullisesti täytyy tutkimustulokset kuitenkin muuntaa absoluuttisia ominaisuuden määriä vastaaviksi ja sitä varten on määrättävä luokkakeskiarvot. Luokkakeskiarvoja määrättäessä voivat tulla kysymykseen useanlaatuiset menettelytavat. Joka tapauksessa on ensiksi kiinnitettävä huomio niiden ominaisuuksien laatuun, joiden vaikutusta toisiinsa tutkitaan. Tutkimuksen tarkoituksesta johtuu, että useimmassa tapauksessa on kysymyksessä puutavaran laadun vaikutus käsittelyaikaan. Puun laatu on näin ollen argumenttina ja käsittelyaika funktiona. Jos argumenttina oleva ominaisuus on mitattu sellaisin yksiköin, että mittayksikkö ainoastaan välillisesti kuvaa sitä ominaisuutta, jolla funktion arvoon on määräävä vaikutus, täytyy luokkakeskiarvoa määrättäessä ottaa tämä seikka huomioon. Tällaisessa tapauksessa täytyy luokkakeskiarvo määrätä punnittuna keskiarvona ja käyttää painolukuina ominaisuuden määrää sellaisissa yksiköissä mitattuna, että näin määrätty ominaisuus kokonaan tai ainakin ratkaisevalta osalta määrää funktion arvon.

Työaikatutkimuksissa vaihtelevat aikamittaustulokset aina huomattavasti, johtuen työntekijöiden suorituskyvyn vaihteluista samoinkuin työn suorituksen ulkoisten edellytysten erilaisuudesta. Tutkimustuloksina saatujen funktioiden arvot määrätyllä argumentilla voivat näin ollen olla ainoastaan keskiarvoina määrätyt, ja aineistojen rajoitetun laajuuden vuoksi eivät keskiarvotkaan vielä muodosta tasajuoksuista käyrää, kuten asian luonne vaatii, vaan täytyy satunnaiset poikkeukset funktion todennäköisesti oikeista arvoista tasoittaa. Siinä tapauksessa, että tutkimuksen tuloksena on suurin piir-

tein suoraviivainen funktio, on tämä määrätty korrelatiomenetelmää käyttäen (Lindeberg 1917). Siinä tapauksessa, että on ollut kysymyksessä vain muutamien harvojen keskiarvopisteiden tasoittaminen, on käytetty graafista tasoitusta. Käyräviivaisen tasoituksen ollessa kysymyksessä on turvauduttu graafiseen tasoitukseen muiden menetelmien aiheuttamien suurten laskutöiden välttämiseksi (Wicksell 1920).

Koska määrätty ominaisuus, tässä tapauksessa useimmiten työaika, riippuu monesti useasta yhtäaikaisesti vaikuttavasta tekijästä siten, ettei niiden tekijöiden vaikutusta ainakaan käytännöllisestä työstä kootun aineiston perusteella voida helposti erikseen määrätä, on tällaisissa tapauksissa käytetty useamman ominaisuuden korrelatiolaskentaa. Toisin sanoen useampien ominaisuuksien yhtäaikaisten arvoryhmien avulla on määrätty, miten kukin tekijä erikseen on vaikuttanut tutkittuun ominaisuuteen keskiarvosta poiketessaan.

Koska tutkimusaiheesta ja tutkimuksen käytännöllisen suorituksen mahdollisuuksista on johtunut, että tutkimus on voitu kohdistaa vain edustavaan osaan tutkittavana olleesta toiminnasta, on tutkimuksen tulokset täytynyt, niiden käyttökelpoisuuden lisäämiseksi käytännössä, yleistää laajemmalle kuin mitä tutkimuksen kohteeksi joutunut toiminta suorastaan edellyttäisi. Tämä tutkimustulosten yleistäminen on pyritty tekemään tarkan harkinnan perusteella ja silmällä pitäen ilmeistä todennäköisyyttä ja määrättyjen olosuhteitten yhdenmukaisuudesta johtuvaa seurausten samanlaisuutta. Tutkimuksen lopputuloksia voitaneenkin pitää suurin piirtein todellisuutta vastaavina niissä olosuhteissa ja sellaisin edellytyksin, missä ja miten puutavaroiden uittaminen nykyisin Suomessa tapahtuu.

Kun tutkimuksen lopputulokset selvittävät varsinaisesti vain suhteellisten työpalkkakustannusten riippuvaisuuden uitettavien puiden koosta ja laadusta, ei uittohankaluuskysymys, sellaisena kuin se on tässä tutkimuksessa määritelty, tule sellaisenaan täysin selvitetyksi. On kuitenkin huomattava, että kun tunnetaan uiton aiheuttamien eri kustannuserien suhteellinen suuruus sekä työpalkkakustannusten ohella esiintyvien muiden kustannuserien yleinen luonne, voidaan uittohankaluuskysymys käytäntöä silmällä pitäen riittävän tarkasti ja varmasti selvittää.

III. Uittokustannusten jakaantuminen.

Koska uittohankaluuden ensiasteisena mittapuuna tässä tutkimuksessa joudutaan käyttämään uiton aiheuttamia suhteellisia työpalkkakustannuksia, on syytä lähemmin tarkastaa, miten suuren osan kokonaiskustannuksista ne keskimäärin muodostavat ja miten kustannukset yleensä uitossa jakaantuvat. Uittoyhdistysten toimittamien uittojen osalta, joita tämä tutkimus lähinnä koskee, saadaan tällaisia tietoja vuosittain ilmestyvästä uittotilastosta. Kustannusten jaoittelu uittotilastossa on kuitenkin ollut kehityksen alaisena, joten kustannusten jakaantuminen esitetään vain 5 vuodelta, joilta tiedot ovat parhaiten toistensa kanssa verrannollisia jaoitteluun nähden. Näiden vuosien aikana ovat kokonaisuittokustannukset keskimäärin jakaantuneet %:eina seuraavasti:[1])

Asetelma 1.

Yleisten uittokustannusten suhteellinen jakaantuminen pääryhmiin vv. 1932—36.

Vuosi	Yleiskust.	Väylärakennekust.	Varsin. uittokust.	Erottelukust.	Yht.
1932	17 %	7 %	61 %	15 %	100 %
1933	15 »	6 »	63 »	16 »	100 »
1934	13 »	6 »	64 »	17 »	100 »
1935	12 »	11 »	59 »	18 »	100 »
1936	12 »	11 »	59 »	18 »	100 »
M	14 %	8 %	61 %	17 %	100 %

Asetelmasta nähdään, että varsinaiset uitto- sekä erottelukustannukset muodostavat ratkaisevan osan kaikista uittokustannuksista. Yleiskustannukset ja väylärakennuskustannukset muodostavat vain noin $^1/_5$ kokonaiskustannuksista. Kummankaan viimeksi mainitun kustannuserän suuruuteen ei uitettavan puutavaran laatu vaikuta. Ne ovat kiinteitä kustannuksia, joiden absoluuttinen määrä riippuu

[1]) Uittotilastosta otettuja eri vuosilta olevia tietoja toisiinsa verrattaessa on otettava huomioon, mitä tietojen verrannollisuudesta uittotilastoissa on sanottu.

lähinnä uittotoiminnan laajuudesta, uiton organisatiosta sekä väylän kunnostamisasteesta (Saari 1931). Asetelman %-luvut osoittavat myös yleiskustannuksien kiinteyttä. Mitä suurempi uitettu puumäärä on ollut, sitä pienemmän suhteellisen osan muodostavat yleiskustannukset (Andersson 1912, Glas 1912). Väylärakennuskustannukset vaihtelevat taas verrattain mielivaltaisesti syystä, että uitettavan puumäärän suurentuessa kuoletetaan väylärakenteita tavallista enemmän. Täten pyritään estämään uitettavan puumäärän vaihtelun vaikutusta uittokustannusten korkeuteen. Menettelyllä on jonkin verran uittopoliittista merkitystä sen vuoksi, että väylärakenteiden kuoletukset jakaantuvat sen avulla hieman erilaisessa suhteessa suur- ja pienuittajalle. Pienuittajien pääasiallinen uitto tapahtuu näet nousuhdanteiden aikana, jolloin uitettava puumäärä on suuri, ja joutuvat he täten maksamaan suhteellisesti enemmän kuoletuskuluja kuin suuruittajat, jotka uittavat säännöllisesti. Tulosta on kuitenkin pidettävä oikeudenmukaisena, sillä pienuittajien uitosta aiheutuu aina enemmän uittokustannuksia kuin suuruittajien uitosta. Pyrkimys pitää uittokustannukset jatkuvasti mahdollisimman tasaisina lisää myös menettelyn oikeutusta. Väylärakennuskustannusten ja erilaisen puutavaran uiton välisiä suhteita on myös vielä syytä hieman tarkastella.

Väylärakennuskustannukset muodostuvat väylän perkauksiin ja pysyviin uittolaitteisiin uhrattujen varojen koroista ja kuoletuksista sekä laitteiden kunnossapitokustannuksista. Mainittuja väylien kunnostamistöitä suoritetaan väylien uittokelpoisuuden parantamiseksi. Oikeudenmukaista kustannusten jakoa ajatellen täytyisi väylän kunnostamisesta aiheutuvat kustannukset jakaa erilaiselle uittotavaralle siinä suhteessa, miten ne minkinlaisen tavaran uittoa helpottavat. Tämän lisäksi olisi myös otettava huomioon, miten erilainen puutavara kuluttaa uittolaitteita. Näin tarkka kustannusten jako on kuitenkin käytännössä melkein mahdoton suorittaa, eikä se kustannuserän pienuuden vuoksi ole tarpeellistakaan. Asiaa teoreettisesti ajatellen voidaan tosin olettaa, että uittolaitteet helpottavat eniten tietynlaisen puutavaran uittoa, mutta toiselta puolen ne helpottavat aina uittoa yleensäkin, joten uittolaitteiden merkitystä kaikenlaisen puutavaran uitolle voidaan pitää suunnilleen samanlaisena. Uittolaitteiden kulumista ei tässä tutkimuksessa enempää kuin yleensäkään ole tutkittu. On kuitenkin sangen todennäköistä, ettei laitteiden kulumisessa erilaisen uittotavaran vaikutuksesta ole suurtakaan eroa, jos vertausperusteena pidetään uitetun puutavaran kuutiomäärää. Uittolaitteiden kuluminen aiheutuu pääasiassa sysäyksistä ja hankauksesta. Molempien näiden kuluttavien voimien suuruus on

fysiikan mukaan suoraan verrannollinen kappaleiden massoihin, joten siinä tapauksessa, että uittolaitteet on oikein suunniteltu, niin etteivät ne tule ylirasitetuiksi, on niiden kuluminen ilmeisesti suoraan verrannollinen uitetun puutavaran kuutiomäärään. Näin ollen voitaneenkin, siksi kunnes asia tutkimuksilla selvitetään, täydellä syyllä jakaa uittolaitteista ja väyläperkauksista aiheutuvat kustannukset erilaiselle puutavaralle niiden kuutiomäärien suhteessa.

Seuraavassa tarkastetaan sitten varsinaisten uittokustannusten ja erottelukustannusten jakaantumista eri kustannuserien kesken. Tiedot on edelleen otettu uittotilastosta.

Taulukko 2.

Varsinaisten uittokustannusten suhteellinen jakaantuminen eri kustannuksiin vv. 1932—36.

Vuosi	Irtaimiston vuosikustann.	Korot	Palkat	Tarvea ineet	Vahingonkorvaukset, maan vuokrat	Muut kustannukset	Yhteensä
1932	12 %	5 %	63 %	6 %	5 %	9 %	100 %
1933	14 »	4 »	64 »	6 »	4 »	8 »	100 »
1934	15 »	4 »	64 »	7 »	4 »	6 »	100 »
1935	11 »	2 »	70 »	7 »	4 »	6 »	100 »
1936	16 »	3 »	62 »	7 »	3 »	9 »	100 »
M	13 %	4 %	64 %	7 %	4 %	8 %	100 %

Taulukosta nähdään, että palkat muodostavat suurimman osan varsinaisista uittokustannuksista. Koska uittotyöt uittoyhdistysten uitoissa melkein poikkeuksetta suoritetaan aikapalkkausta käyttäen, ratkaisee erilaisen puutavaran uittamiseen menevä aika siis varsinaisten uittokustannusten jakaantumisen palkkojen osalta. Tarkasteltakoon tässä myös muiden varsinaisten uittokustannusten kustannuserien jakaantumista erilaiselle puutavaralle. Irtaimiston vuosikustannukset aiheutuvat noin 90 %:sesti poistoista. Poistojen tarkoituksena on korvata uitossa käytettyjen välineiden luonnollinen kuluminen ja siitä aiheutuva käyttöarvon aleneminen. Mitä enemmän työvälineitä käytetään, sitä enemmän ne kuluvat. Käytön määrää kuvaa keskimäärin erittäin hyvin maksettujen työpalkkojen määrä, joten irtaimiston vuosikustannukset voidaan täysin oikeutetusti jakaa erilaiselle puutavaralle palkkojen ja siis myös käytetyn ajan suhteessa. Samaa jakoperustetta voidaan käyttää myös tarveaine- ja muille kustannuksille. Onhan näet luonnollista, että mitä enemmän tehdään työtä, sitä suuremmat ovat mainitut kustannukset. Tosin voidaan väittää, että erilaisen puutavaran uitto kuluttaa eri tavalla uittovälineitä, mutta kun otetaan huomioon, että kaiken laatuista

puutavaraa uitettaessa käytetään samoja välineitä ja samoja työtapoja, ja puiden käsittely uitossa tapahtuu yleisimmin veden varassa, joten käsiteltävien kappaleiden painoerot tasaantuvat suuresti esimerkiksi maalla käsittelyyn verraten, ei erilaisen puutavaran uittovälineitä ja tarveaineita kuluttava vaikutus voi sanottavasti erota siitä työn suhteellisesta määrästä, joka niiden uittamiseen tarvitaan. On myös huomattava, että muiden kustannusten määrä on palkkakustannusten suhteelliseen määrään verrattuna pieni, joten pienet poikkeukset edellä perustellusta suhteellisuudesta eivät sanottavasti vaikuta lopputulokseen. Korkokustannusten suuruus riippuu suoraan verrannollisesti edellä esitettyjen toisten uittokustannuserien yhteisestä summasta. Koska mainitut muut kustannuserät ovat suoraan verrannollisia käytettyyn työaikaan, jakaantuvat korotkin erilaiselle puutavaralle niiden uittamiseen kuluvan ajan suhteessa.

Varsinaisen uiton osalta voidaan siis uittokustannusten katsoa kokonaisuudessaan jakaantuvan erilaiselle puutavaralle samassa suhteessa kuin niiden uittamiseen kuluu työaikaa.

Seuraavassa tarkastetaan erottelukustannusten jakaantumista. Uittotilaston mukaan jakaantuvat erottelukustannukset seuraavan taulukon mukaan.

Taulukko 3.

Erottelukustannusten suhteellinen jakaantuminen eri kustannuseriin vv. 1932—36.

Vuosi	Kiinteiden rakenteiden poistot	Irtaimiston vuosikustannukset	Korot	Palkat	Tarveaineet	Vahingonkorvaukset ja maan vuokrat	Muut kustannukset	Yhteensä
1932	5 %	5 %	3 %	76 %	3 %	3 %	5 %	100 %
1933	6 »	4 »	3 »	78 »	3 »	2 »	4 »	100 »
1934	5 »	5 »	3 »	78 »	3 »	2 »	4 »	100 »
1935	10 »	1 »	1 »	76 »	5 »	2 »	5 »	100 »
1936	3 »	1 »	3 »	83 »	3 »	1 »	6 »	100 »
M	6 %	3 %	3 %	78 %	3 %	2 %	5 %	100 %

Taulukosta nähdään, että palkkojen osuus erottelussa on huomattavasti suurempi kuin uitossa. Erottelutyö suoritetaan yleisimmin osittaisella aika- ja urakkapalkalla. Aikapalkka muodostaa kuitenkin ratkaisevan osan palkkauksesta ja urakkapalkkaosuudenkin aiheuttamat kustannukset riippuvat loppujen lopuksi käytetyn työajan määrästä, syystä että palkkahan kokonaisuudessaan muodostaa korvauksen työajan käytöstä ja on siis siihen verrannollinen. Muiden kustannuserien voidaan taas katsoa jakaantuvan erilaiselle

puutavaralle käytetyn työajan suhteessa samoilla perusteilla kuin edellä uittokustannusten jakaantumista tarkastettaessa. Ainoa kustannuserä, jota tässä on syytä erikseen tarkastaa, on kiinteiden rakenteiden poistot. Siinä kohden on huomattava, että erilaista puutavaraa erotellaan osittain eri erottelulaitoksilla, jotka voivat rakenteeltaan ja hinnoiltaan vaihdella. Yleensä riippuvat erottelulaitosten rakenteet ja rakennuskustannukset kuitenkin ratkaisevasti puiden ja merkkien määrästä, joten nämä seikat vaikuttavat ratkaisevasti kustannuksiin. Minkä verran erilaiset puutavarat kuluttavat erottelulaitoksia, siinä ei liene suurta eroa, eikä tämä kuluminen varsinaisesti vaikutakaan erottelulaitosten arvon alentumiseen, vaan arvon alentuminen riippuu pääasiassa erottelulaitoksissa olevien puurakenteiden vettymisestä ja lahoamisesta sekä niitä keväisin rakennettaessa ja syksyisin purettaessa aiheutuvista vaurioista. Koska kuitenkin erottelulaitosten suuruus ja siis myös hinta ja sen mukaan lasketut poistokustannukset riippuvat siitä, millaisia työennätyksiä erottelussa saavutetaan, vaikuttaa puutavaran erotteluhankaluus poistojen määrään. Mitä suurempia erotteluennätyksiä saavutetaan, sitä pienemmillä erottelulaitoksilla tullaan toimeen ja päinvastoin. Vaikka erottelulaitosten poistojen määrä ei olisikaan suoraan verrannollinen erottelun työaikaan, vaihtelee se kuitenkin saman suuntaisesti ja asian näin ollessa ei tehdä merkittävää virhettä, vaikka poistojen katsotaan jakaantuvan erilaiselle uittotavaralle samassa suhteessa kuin työpalkatkin jakaantuvat.

IV. Uittotutkimukset.

Uittoedellytykset ja uitettavan tavaran laatu vaihtelevat huomattavasti eri osissa maata. Jos tarkastetaan tätä vaihtelua silmällä pitäen uittoyhdistysten hallussa olevia väyliä, on todettava, että Pohjois-Suomen uittoväylät ovat suuria Pohjanlahteen laskevia jokia, ollen väylien järvi-% aivan vähäinen. Etelä-Suomen puoliskon uittoväylät ovat sitävastoin järvirikkaita vesistöjä, joissa uittoa esiintyy pääasiassa vesistöjen latvaosissa tai lyhyehköinä pätkinä järvien välillä sekä vesistöjen mereen laskiessa. Uitettavan puutavaran koko ja laatu vaihtelee myös melkoisesti eri puolilla maata. Pohjois-Suomessa uitetaan yksinomaan määrämittaisia havupuisia sahatukkeja ja lyhyihin tasaisiin pituuksiin katkottua pinotavaraa. Tukit ovat poikkeuksetta kuorimattomia. Etelä-Suomessa vaihtelee uitettavan puutavaran laatu ja mitat huomattavasti enemmän. Havupuisia sahatukkeja uitetaan sekä kuorittuina että kuorimattomina. Lisäksi uitetaan myös paljon lehtipuista tehtyjä tukkeja. Pinotavaran pituus vaihtelee huomattavasti enemmän kuin Pohjois-Suomessa. Uitettavien kaivospuiden pituudet ovat tosin samat kuin Pohjois-Suomessakin, mutta paperipuiden pituus vaihtelee paljon enemmän. Pohjois-Suomessa on määräpituuksin katkottujen paperipuiden suurin pituus 2.2 m, mutta Etelä-Suomessa 4 m jopa enemmänkin. Lisäksi uitetaan paperipuurankoja, joiden pituus ylittää huomattavasti sahatukkienkin pituuden.

Edellä mainittujen uittoväylien laadun sekä uitettavan puutavaran erilaisuuden vuoksi jaetaan uittotutkimus kahteen osaan, joista toisessa käsitellään Pohjois-Suomen ja toisessa Etelä-Suomen uittoa. Eteläisimpänä Pohjois-Suomeen kuuluvana uittoväylänä pidetään Oulunjärven vesistöä.

A. Uitto Pohjois-Suomessa.

Uittotutkimuksia Pohjois-Suomessa suoritettiin Kemijoen, Iijoen ja Oulunjärven vesistön väylillä. Aineistoa koottiin kahtena kesänä, nimittäin vv. 1934 ja 1935. Aineisto käsittää eri vesistöillä seuraavat rantakilometrimäärät:

Kemijoen	vesistö	...	v.	1934	aineistoa	kerätty	1 005	rantakm:ltä
»	»	...	»	1935	»	»	470	»
Oulunjoen	»	...	»	1934	»	»	34	»
»	»	...	»	1935	»	»	210	»
Iijoen	»	...	»	1935	»	»	196	»
Yhteensä			vv.	1934—1935	aineistoa	kerätty	2 015	rantakm:ltä

1. Tukkien ja pinotavaran negatiiviset uitto-ominaisuudet toisiinsa verrattuina.

Kuten tutkimusmenetelmää selostettaessa mainittiin, kiinnitettiin uittohankaluuden määräämistä varten huomio puutavaran negatiivisiin uitto-ominaisuuksiin, ts. siihen, missä määrin erilainen puutavara jäämällä pois uiton muasta aiheutti uittohäiriöitä.

Koska uitettava puutavara Pohjois-Suomessa jakaantuu selvästi kahteen toisistaan eroavaan puutavararyhmään, nimittäin tukkeihin ja pinotavaraan, tarkastetaan aluksi, missä suhteessa nämä tavararyhmät ovat yleensä aiheuttaneet uittohäiriöitä.

Yleiskäsityksen saamiseksi tukkien ja pinotavaran suhteellisesta keskimääräisestä uittohankaluudesta esitetään taulukossa 4, miten monta % uiton muasta poisjääneistä puista on ollut kumpaakin tavaralaatua sekä rinnan näiden lukujen kanssa %-luvut, jotka osoittavat koko uitettujen puumäärien jakaantumista tukkeihin ja pinotavaraan. Molemmat %-luvut osoittavat puumäärien kappalemääräistä jakaantumista.

Taulukosta nähdään, että jokaisella väylällä on tukkeja jäänyt uiton muasta pois pinotavaraan verraten suhteellisesti enemmän kuin mitä niitä on uitettu.

Jotta vertailu kävisi helposti päinsä, on taulukkoon laskettu suhdeluku, joka osoittaa negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhteellista määrää koko puumäärän uitto-ominaisuuksiin verraten. Suhdeluku on määrätty siten, että on haettu luku, jolla uitettujen puiden %-määrä on kerrottava, että saadaan vastaava uitosta pois jääneiden puiden %-määrä. Täten kuvaa suhdeluku sitä, miten monta kertaa

Taulukko 4.

Uitettujen ja uiton muasta pois jääneiden puutavaroiden suhteellinen kappalemääräinen jakaantuminen tukkeihin ja pinotavaraan muutamilla Pohjois-Suomen uittoväylillä.

Uittoreitti	Vuosi	Uitetuista ja uiton muasta pois jääneistä puutavaroista						Pinotavaran negat. uitto-ominais. %:eiha tukkien vastaavista ominais.
		Tukkeja			Pinotavaraa			
		Uitettu %	Jäänyt %	Negatiiv. uitto-ominaisuuksien suhdeluku	Uitettu %	Jäänyt %	Negatiiv. uitto-ominaisuuksien suhdeluku	
Kemijoki	1934	27.6	33.5	1.21	72.4	66.5	0.92	76
»	1935	27.8	35.3	1.27	72.2	64.7	0.90	71
Ounasjoki	1934	16.9	39.9	2.36	83.1	60.1	0.72	31
Raudanjoki	»	23.9	37.7	1.58	76.1	62.3	0.82	52
Meltausjoki, yhteisuitto	»	39.5	48.3	1.22	60.5	51.7	0.86	70
Meltausjoki, yksityisuitto	»	1.4	3.7	2.64	98.6	93.6	0.95	36
Kitinen	»	23.9	29.7	1.24	76.1	70.3	0.92	74
Iijoki	1935	9.1	37.3	4.10	90.9	62.7	0.69	17
Oulunjoki	»	22.3	26.6	1.18	77.7	73.3	0.94	80
Kiehimänjoki	1934	13.3	20.2	1.52	86.7	79.8	0.92	61
Keskimäärin		20.6	31.2	1.83	79.4	68.5	0.86	57 %

suuremmat tai pienemmät taipumukset määrätynlaisella puutavaralla on aiheuttaa uittohäiriöitä kuin uitettavalla puutavaralla keskimäärin.

Koska vertailun perusteena pidetään uitettavan puutavara-erän keskimääräistä uittohäiriöiden määrää, johtuu tästä, että uitettavan puutavara-erän kokoomus vaikuttaa negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavien suhdelukujen suuruuteen. Jos koko puu-erän negatiivisten uitto-ominaisuuksien määrä on keskimäärin pieni, saadaan hankalauittoiselle puutavaralle suurempi suhdeluku kuin jos negatiivisten uitto-ominaisuuksien keskimäärä olisi suurempi. Erikokoisten tukkien negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdelukuihin ei edellä esitetyllä seikalla ole sanottavaa vaikutusta, syystä että tukkien dimensioinen jakaantuminen on kaikilla Pohjois-Suomen uittoväylillä suurin piirtein sama ja läpimitaltaan keskikokoisia tukkeja esiintyy aina siksi paljon, että ne pitävät keskimääräisen uittohankaluuden aina suunnilleen samana, vaikkapa pieniä eroavaisuuksia äärimmäisissä läpimittaluokissa esiintyisikin. Jos uitettavien puuerien suhteellinen tukkien ja pinotavaran määrä vaihtelee huomattavasti, voi tämä seikka vaikuttaa melkoisesti negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavien suhdelukujen suuruuteen. Edellisestä taulu-

kosta 4 nähdään, että aineistossa viimeksi mainitussa suhteessa esiintyykin melkoisia vaihteluita. Vaihtelut ovat yleensä sen suuntaisia, että tukkien suhteellinen määrä on pienillä väylillä keskimäärin hieman pienempi kuin suurilla. Keskiarvoisiin negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdelukuihin ei esiintyvä vaihtelu kuitenkaan sanottavasti vaikuta.

Taulukon mukaan on pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien määrä keskimäärin vain 57 % vastaavasta tukkien uitto-ominaisuuksien määrästä. Syynä näin suureen eroitukseen on lähinnä se, että tukit ovat kuorimattomia, mutta pinotavara kuorittua ja suurimmaksi osaksi edellisen kesän tekoa ja siis kuivaa. Tässä yhteydessä ei vielä kuitenkaan ole syytä ryhtyä tarkemmin perustelemaan tukkien ja pinotavaran uitto-ominaisuuksien eroa, vaan se tehdään vasta sen jälkeen, kun tutkimustuloksia on yksityiskohtaisesti eriteltyinä tarkasteltu.

Koska tukkien ja pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien eroituksella on tärkeä merkitys uittokustannusten oikeudenmukaiselle jaolle, on aineiston perusteella syytä näyttää toteen, että edellä esitetty suhde tukkien ja pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien välillä on vakinainen ja sellaisena siis huomioon otettava uittokustannuksia jaettaessa. Asian todistamiseksi esitetään seuraavassa yksityiskohtaisia lukuja eri uittoväyliltä. Aineistoa kerättäessä jaettiin uittoväylät piireittäin muutamien kilometrien pituisiin väyläosuuksiin ja luettiin, miten paljon ja minkälaisia puita väyläosuudelle oli uiton muasta jäänyt. Toiselta puolen on laskettu kunkin piirin läpi uitettujen puiden jakaantuminen eri puutavaralajien kesken. Vertaamalla toisiinsa uitosta pois jääneiden puiden suhteellista jakaantumista eri puutavararyhmiin ja uitettujen puiden vastaavaa jakaantumista väyläosuuksittain, saadaan melkoinen määrä suhdelukuja, joiden perusteella voidaan laskea tukkien ja pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhde kussakin erikoistapauksessa. Siinä tapauksessa, että negatiivisten uitto-ominaisuuksien määrää esittävä suhdeluku kussakin erikoistapauksessa määrätylle puutavararyhmälle on suunnilleen sama, voidaan pitää todistettuna, että puutavararyhmän uittohankaluus on keskiarvoon verraten sen suuntainen kuin negatiivisten uitto-ominaisuuksien määrää kuvaava keskimääräinen suhdeluku osoittaa. Negatiivisten uitto-ominaisuuksien määrää kuvaavat suhdeluvut väyläosuuksittain esitetään seuraavassa erikseen jokaiselle väylälle samoinkuin uitto kesälle siinä järjestyksessä, missä ne esiintyivät taulukossa 4.

Taulukko 5.

Tukkien ja pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut eri väyläosuuksilla Kemijoen uitossa v. 1934.

Väyläosuus	Negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut	
	Tukit	Pinotavara
1	0.72	1.12
2	1.01	0.99
3	0.65	1.15
4	0.52	1.20
5	1.04	0.98
6	1.42	0.82
7	1.30	0.87
8	1.23	0.90
9	1.36	0.85
10	1.00	1.00
11	1.93	0.61
12	1.40	0.83
13	1.05	0.98
14	1.63	0.74
15	2.11	0.53
16	0.75	1.11
17	2.32	0.44
18	1.44	0.82
19	1.40	0.83
20	0.74	1.08
21	1.00	1.00
22	1.70	0.77
23	1.48	0.85
24	1.25	0.92
25	1.57	0.82
26	1.03	0.99
27	1.98	0.68
28	0.65	1.12
29	1.41	0.87
30	1.80	0.74
31	1.00	1.00
32	0.70	1.09
33	0.47	1.16
34	0.75	1.07
35	1.03	0.99
36	0.68	1.09
37	0.82	1.05
38	1.16	0.95
39	1.66	0.80
M	1.21	0.92

Taulukosta nähdään, että tukkien negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluku on useimmissa tapauksissa suurempi kuin 1. Tällaisia tapauksia on kaikkiaan 28, tapausten koko lukumäärän ollessa 39. Havainnollisemman kuvan asiasta saa seuraavasta asetelmasta.

Asetelma 6.

Tukkien ja pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdelukujen hajaantuminen Kemijoen uitossa kesällä 1934.

Negat. uitto-ominaisuuksien suhdeluku	0.20	0.60	1.00	1.40	1.80	2.20	2.40
	Väyläosuuksien lukumäärä						
Tukit	2	9	13	10	4	1	
Pinotavara	2	23	14	—	—	—	

Asetelma osoittaa selvästi, että negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaava suhdelukusarja on tukkipuille uittohankaluutta silmällä pitäen ylempänä kuin pinotavaralle. Tässä yhteydessä ei kuitenkaan vielä käsitellä ilmiön syitä tarkemmin, vaan esitetään ensin vastaavat tulokset kaikille tutkituille uittoväylille.

Taulukko 7.

Tukkien ja pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut eri väyläosuuksilla Kemijoen uitossa v. 1935.

Väyläosuus	Negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut	
	Tukit	Pinotavara
1	1.37	0.82
2	1.87	0.58
3	0.76	1.11
4	0.79	1.09
5	1.12	0.95
6	0.87	1.06
7	0.69	1.14
8	1.33	0.85
9	1.08	0.96
10	0.91	1.04
11	1.34	0.85
12	1.52	0.77
13	0.80	1.09
14	1.01	0.99
15	1.89	0.72
16	1.18	0.94
17	1.12	0.96
18	0.97	1.01
19	1.44	0.86
20	1.39	0.88
21	0.97	1.01
22	2.24	0.60
23	1.66	0.79
24	1.49	0.84
25	1.44	0.86
26	1.51	0.85
27	1.32	0.91
28	1.62	0.82
29	1.89	0.74
30	1.80	0.76
31	1.25	0.93
32	2.24	0.64
33	1.68	0.80
34	1.52	0.85
M	1.31	0.86

Väyläosuuksien kokonaislukumäärä on 34 ja tukkien negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluku on 26 tapauksessa suurempi kuin 1. Niissäkin 8 tapauksessa, joissa suhdeluku on pienempi kuin 1, on se vain vähän sitä pienempi. Asetelma 8 antaa asiasta havainnollisen kuvan.

Asetelma 8.

Tukkien ja pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdelukujen hajaantuminen Kemijoen uitossa kesällä 1935.

Negat. uitto-ominaisuuksien suhdeluku	0.20	0.60	1.00	1.40	1.80	2.20	2.40
	Väyläosuuksien lukumäärä						
Tukit	—	8	11	9	4	2	
Pinotavara	1	25	8	—	—	—	

Asetelma 8 osoittaa, että tukkien negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluku on selvästi suurempi kuin pinotavaran. Suhdelukujen hajaantumissarjat menevät tässä kuten edelläkin hieman ristiin johtuen sattumasta ja väylän vaihtelevasta laadusta, mutta tämä seikka ei mitenkään epävarmenna lopputulosta, sillä suhdelukujen hajaantumissarjat muistuttavat normaalista hajaantumissarjaa, ja niiden keskus on selvästi eri puolilla keskiarvoa 1.

Seuraavassa taulukossa 9 esitetään negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut Ounasjoella v. 1934 kerätyn aineiston perusteella.

Taulukko 9.

Tukkien ja pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut eri väyläosuuksilla Ounasjoen uitossa v. 1934.

Väyläosuus	Negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut	
	Tukit	Pinotavara
1	2.93	0.61
2	2.52	0.69
3	2.95	0.60
4	2.88	0.62
5	2.10	0.78
6	1.94	0.81
7	1.76	0.85
8	1.79	0.84
M	2.36	0.72

Taulukosta nähdään, ettei tukkien negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluku yhdessäkään tapauksessa ole pienempi kuin 1,

joten siis tukkien uitto on poikkeuksetta ollut hankalampaa kuin pinotavaran. Lisäksi on huomattava, että mitä lähemmäksi jokisuuta tullaan, siis väyläosuus-numeron suurentuessa, sitä pienemmäksi tulee tukkien ja pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdelukujen ero. Ilmiö on luonnollinen seuraus siitä, että joen suurentuessa jokisuuta kohden, aiheutuu tukkien uitosta vähemmän hankaluutta kuin pienemmillä väyläosuuksilla.

Taulukko 10.

Tukkien ja pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut eri väyläosuuksilla Raudanjoen uitossa v. 1934.

Väyläosuus	Negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut	
	Tukit	Pinotavara
1	1.77	0.76
2	1.51	0.84
3	0.94	1.02
4	2.08	0.66
M	1.58	0.82

Taulukko osoittaa, että yhdessä tapauksessa neljästä on tukkien negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluku hieman pienempi kuin 1, mutta muissa tapauksissa on se siksi vakuuttavasti suurempi kuin 1, ettei yksi pieni poikkeus mitenkään tee asiaa kyseenalaiseksi.

Taulukko 11.

Tukkien ja pinotavaran uitto-ominaisuuksien suhdeluvut eri väyläosuuksilla Meltausjoen yhteisuitossa kevätkesällä v. 1934.

Väyläosuus	Negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut	
	Tukit	Pinotavara
1	1.42	0.73
2	1.08	0.95
3	1.22	0.85
4	1.17	0.85
M	1.22	0.86

Taulukko osoittaa, että tukkien negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluku on kaikissa yksityistapauksissa suurempi kuin 1, joten siis tutkimuksen lopputulosta on pidettävä Meltausjoen osalta varmana.

Taulukko 12.

Tukkien ja pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut eri väyläosuuksilla Meltausjoen yksityisuitossa syyskesällä v. 1934.

Väyläosuus	Negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut	
	Tukit	Pinotavara
1	5.21	0.94
2	5.71	0.93
3	0.79	1.00
4	1.36	0.99
5	0.21	1.01
M	2.64	0.97

Tukkien negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavien suhdelukujen keskiarvo on lähes kolme kertaa niin suuri kuin pinotavaroiden vastaava suhdelukujen keskiarvo. Siitä huolimatta osoittavat väyläosuuksien suhdeluvut kahdessa tapauksessa viidestä päinvastaista suhdetta. Se johtuu siitä, että tukkeja on uitossa ollut koko puutavaramäärään verraten aivan vähän, nimittäin vain 1.4 %. Tästä pienestä tukkimäärästä on ylimpiin väyläosuuksiin jäänyt suunnilleen puolet koko määrästä, joten uittoväylän alemmissa osissa on tukkeja ennen hännänajoa ollut aivan vähän, ja siitä johtuen on myös niiden jääntimäärä muodostunut tavallista vähäisemmäksi.

Taulukko 13.

Tukkien ja pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut eri väyläosuuksilla Kitisen uitossa v. 1934.

Väyläosuus	Negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut	
	Tukit	Pinotavara
1	1.64	0.80
2	1.41	0.87
3	1.29	0.91
4	1.12	0.96
5	0.96	1.01
6	1.14	0.96
7	1.13	0.96
M	1.24	0.92

Taulukosta 13 nähdään, että tukkien negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluku on ainoastaan yhdessä tapauksessa hieman alle 1, joten on pidettävä toteen näytettynä, että uitetuilla tukeilla on ollut suurempi taipumus aiheuttaa uittohäiriöitä kuin pinotavaralla.

Taulukko 14.

Tukkien ja pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut eri väyläosuuksilla Iijoen uitossa v. 1935.

Väyläosuus	Negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut	
	Tukit	Pinotavara
1	1.84	0.91
2	2.14	0.89
3	3.94	0.71
4	5.12	0.60
5	4.34	0.65
6	5.39	0.56
7	5.18	0.58
8	4.10	0.69
9	4.62	0.64
M	4.07	0.69

Tukkien negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluku on poikkeuksetta huomattavasti yli 1, mikä osoittaa selvästi tukkien uiton hankaluuden matalakoskisessa Iijoessa.

Taulukko 15.

Tukkien ja pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut eri väyläosuuksilla Oulunjoen uitossa v. 1935.

Väyläosuus	Negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut	
	Tukit	Pinotavara
1	1.75	0.72
2	1.65	0.77
3	1.27	0.93
4	0.72	1.07
5	0.69	1.08
M	1.20	0.94

Taulukko 15 osoittaa, että tukkien negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaava suhdeluku on 3:lla väyläosuudella suurempi ja 2:lla pienempi kuin 1. Eroitus tukkien ja pinotavaran uitto-ominaisuuksien välillä on näin ollen Oulunjoella epäselvempi kuin muilla tutkituilla uittoväylillä. Syynä tähän on osittain se, että Oulunjoki on erittäin vesirikas ja suuri, joten uitettavan puutavaran koolla ei ole samaa merkitystä kuin pienemmillä uittoväylillä. On myös huomattava, että aineisto Oulunjoelta käsittää eriteltynä ainoastaan rannalle ja puomin taakse jääneet puut. Koska tukkeja yleensä on suhteellisesti enemmän ruuhkissa kuin pinotavaraa, olisi tulos jossakin määrin epäedullisempi tukkipuille, jos aineisto uiton muasta pois jääneistä puista olisi täy-

dellinen. On lisäksi huomattava, että väyläosuuksille 1—3 on jäänyt ratkaiseva osa kaikista uiton muasta pois jääneistä puista, joten laskemalla negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut koko uittoreitille kaikkien väylälle jääneiden puiden perusteella saadaan tukkien suhdeluvuksi 1.20 ja pinotavaralle 0.94. Tulos on siis täysin yhdenmukainen toisilta uittoväyliltä saatujen tulosten kanssa.

Seuraavassa taulukossa 16 esitetään sitten vielä tutkimustulokset viimeiseltä Pohjois-Suomen uittoväylältä, nimittäin Kiehimänjoelta.

Taulukko 16.

Tukkien ja pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut eri väyläosuuksilla Kiehimänjoen uitossa v. 1934.

Väyläosuus	Negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut	
	Tukit	Pinotavara
1	1.38	0.94
2	1.00	1.00
3	1.74	0.89
4	0.75	1.04
5	1.74	0.89
6	2.50	0.77
M	1.52	0.92

Tukkien negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluku on ainoastaan yhdessä tapauksessa pienempi kuin 1, mutta muissa tapauksissa huomattavasti sitä suurempi. Tulos osoittaa siis selvästi, kuten kaikissa edellisissäkin tapauksissa, että tukeilla on suurempi taipumus aiheuttaa uittohäiriöitä kuin pinotavaralla, jos uitettava puutavara ja uittoväylät ovat sen laatuisia kuin ne ovat Pohjois-Suomessa. Selvyyden vuoksi lienee tässä vielä syytä mainita, että kaikki sekatukit ovat olleet kuorimattomia ja pinotavara kuorittua ja tämän lisäksi osittain kuivaa, kuten myöhemmin yksityiskohtaisesti selostetaan.

Edellä on osoitettu, että tukkien negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhteellinen määrä on kaikilla tutkituilla Pohjois-Suomen uittoväylillä ollut melkoisesti suurempi kuin pinotavaran. Seuraavassa tarkastetaan mitkä syyt ovat sen todennäköisesti aiheuttaneet.

Negatiivisten uitto-ominaisuuksien määrään vaikuttavat uitettavien puiden laatu ja koko sekä se, millaisissa olosuhteissa puita uitetaan. Koska kaikki mainitut tekijät vaihtelevat eri uittoväylillä, tarkastetaan asiaa erikseen kussakin yksityistapauksessa.

Kemijoen vesistössä uitetaan kuorimattomia sahatukkeja ja puolipuhtaaksi kuorittua pinotavaraa. Tutkimuskesinä ovat sahatukit olleet, kuten aina, talvikaatoa ja siis tuoreita, mutta pinotavarasta

on osa ollut edellisen kesän tekoa ja siis kuivaa. Vuonna 1934 oli pinotavarasta kuivaa tavaraa 50 % ja v. 1935 44 %. Kuivan pinotavaran suhteellinen määrä on molempina tutkimuskesinä siis ollut käytännöllisesti katsoen sama. Jos tarkastetaan Kemijoen vesistössä uitettua puutavaraa sen uitto-ominaisuuksia silmällä pitäen, voidaan tehdä seuraavat toteamukset. Sahatukkien ryhmään kuuluva tavara on kaikki ollut uittoteknillisessä mielessä tuoretta, koska se on tehty uittoa edeltäneenä talvena ja on kuivunut ainoastaan vähän keväällä juuri ennen uittoa. Kuivumista on lisäksi estänyt tukkien kuorimattomuus. Sahatukkien uintikyky on näin ollen vastannut uittohankaluutta silmällä pitäen tuoreen puun uintikykyä. Kun tukit lisäksi ovat olleet kuorimattomia, on niiden pinnan laatu ollut omiaan lisäämään uittohankaluutta kuorittuun puuhun verrattuna. Uitettu pinotavara, joka kaikki on ollut puolipuhtaaksi kuorittua, on pinnan laatuun nähden ollut edullisempaa uittotavaraa kuin sahatukit. Kun lisäksi noin puolet pinotavarasta on ollut kuivaa, on pinotavaran keskimääräinen uintikyky myös ollut parempi kuin sahatukkien. Samaan suuntaan vaikuttaa lisäksi se, että kaikki pinotavara on ollut kuorittua, joten talvella tehty pinotavarakin ehtii ennen uiton alkamista kuivua enemmän kuin kuorimattomat sahatukit. Edellä mainitut sahatukkien ja pinotavaran eroavaisuudet aiheuttanevat pääasiassa sen eron, mikä aineiston mukaan mainittujen puutavararyhmien negatiivisien uitto-ominaisuuksien määrässä Kemijoen uitossa esiintyy. Syynä siihen, että negatiivisten uitto-ominaisuuksien eroitus v. 1934 on pienempi kuin v. 1935, vaikka kuivan pinotavaran määrä edellyttäisi päinvastaista suhdetta, johtunee siitä, että veden korkeus heinäkuussa v. 1934 oli jonkin verran suurempi kuin vastaavana aikana v. 1935. Molempina kesinä kerättiin tähän aikaan aineisto Rovaniemen ja Jokisuun väliltä, ja juuri tässä aineiston osassa esiintyvät suurimmat eroavaisuudet.

Tukkien ja pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien eroitus on Ounasjoen uitossa melkoista suurempi kuin Kemijoella. Koska uitettu puutavara on laadultaan samanlaista kuin Kemijoellakin, täytyy eroituksen johtua uittoväylän laadusta. Jos verrataan Ounasjokea Kemijokeen, on se melkoista vähävetisempi kuin jälkimmäinen ja tulvavaihtelu suurempi ja nopeampi kuin Kemijoessa. Mitä vähemmällä vedellä taas joudutaan uittamaan, sitä enemmän hankaluutta kookkaiden puiden uitto aiheuttaa. Siten lieneekin selitettävissä sahatukkien negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhteellinen lisääntyminen Kemijoen uittoon verrattuna.

Raudanjoen uitossa on tukkien uitto tuottanut suhteellisen vähän hankaluutta verrattuna Ounasjoen uittoon. Vesistössä olevat mo-

net verrattain kookkaat järvet aiheuttavat sen, että vesi Raudanjoessa laskee suhteellisen hitaasti ja kookkaidenkin puiden uitto sujuu runsaalla vedellä väylän kokoon nähden suhteellisen hyvin.

Meltausjoen uitosta on kesältä 1934 kaksi aineistoa. Ensimmäinen on kerätty kevätkesällä suoritetusta yhteisuitosta ja jälkimmäinen syyskesällä suoritetusta yksityisuitosta. Meltausjoki on edellä esitettyihin väyliin verrattuna suhteellisen pieni ja jo keskivedellä koskipaikoiltaan matala ja vähävetinen joki. Kevätkesällä suoritetun yhteisuiton aikana oli joessa kuitenkin vielä tulvavesi, joten suurienkin puiden uittoedellytykset ruuhkaantumista silmällä pitäen olivat hyvät, ja kun joen rannat lisäksi ovat jyrkät, tarttuu puita rannoillekin sangen vähän. Kuvattujen uitto-olosuhteiden perusteella on selitettävissä tukkien ja pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhde Meltausjoen yhteisuitossa. Suhde on näet suunnilleen sama kuin Kemijoen pääväylällä, vaikka Meltausjoki kooltaan ja vesisuhteiltaan Kemijokeen verrattuna lähentelee puroa. Syyskesällä suoritetun yksityisuiton aikana oli vesi Meltausjoessa jo sangen vähissä, niin että kookkaimmat puut tarttuivat koskissa pohjaan ja ruuhkia syntyi paljon. Suhde tukkien ja pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien välillä onkin sen vuoksi huomattavasti toinen kuin kevätkesän uitossa. Suhde voisi mahdollisesti olla sahatukeille vieläkin epäedullisempi kuin mitä aineisto osoittaa, mutta tulokseen on vaikuttanut jossakin määrin se, että tukkeja oli sumassa hyvin vähän ja pinotavara oli talvella tehtyä. Tulos osoittaa joka tapauksessa selvästi kookkaiden puiden uiton epäedullisuuden vähävetisellä väylällä.

Aineisto Kitisen uitossa kerättiin heinäkuussa 1934. Kooltaan on Kitinen yhtenä Kemijoen kolmesta alkuhaarasta huomattavasti pienempi kuin pääjoki, mutta aineiston keräysaikana oli vesi vielä verrattain korkealla, joten tukkien ja pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhde on suunnilleen sama kuin Kemijoella.

Iijoella uitettu puutavara on yleensä, samoin kuin aineiston keräämiskesänäkin v. 1935, laadultaan suurin piirtein samanlaista kuin Kemijoen vesistöllä. Sahatukkien suhteellinen määrä on kuitenkin melkoista pienempi kuin Kemijoen vesistöllä, ja kuivaa pinotavaraa on myös hieman vähemmän, nimittäin noin 40 % koko pinotavaran määrästä. Uittoväylänä eroaa Iijoki huomattavasti Kemijoesta. Iijoen kosket ovat leveitä ja matalia, ja tulva laskee nopeasti. Uittoa joudutaan näin ollen suorittamaan aina myös vähän veden aikana, koska puita ei uittoväylän pituuden vuoksi ehditä saada alas tulvaveden aikana. Kuvattu väylän laatu aiheuttaakin, että kookkaiden puiden uitto on Iijoessa hankalaa. Aineiston mukainen tukkien ja

pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhde osoittaa selvästi väylän laadun vaikutuksen erilaisten puiden uittohankaluuteen. Mitä vaikeauittoisempi ja vähävetisempi väylä on, sitä hankalammaksi käy kookkaiden puiden uitto.

Oulunjoella uitettu puutavara on laadultaan ja kokoomukseltaan suunnilleen samanlaista kuin Kemijoella. Sahatukkeja on tosin suhteellisesti hieman vähemmän ja pinotavarasta oli v. 1935 kuivaa noin 29 %. Oulunjoki on runsasvetisin Pohjois-Suomen uittoväylistä. Oulunjoen vesistössä olevat suuret järvet tasaavat lisäksi tulvaa huomattavasti, niin että vettä on loppukesälläkin runsaasti uittoa silmällä pitäen. Johtuen väylän suuruudesta ja runsasvetisyydestä on tukkien ja pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhde Oulunjoella tukkipuille edullisempi kuin muilla Pohjois-Suomen uittoväylillä. Aineiston mukaiseen tulokseen voi jossakin määrin vaikuttaa myös se, että kuivia pinotavaroita oli jonkin verran vähemmän kuin toisilla väylillä.

Kiehimänjoen uittoaineisto kerättiin elokuun alkupuoliskolla v. 1934. Siihen aikaan on vesi Kiehimänjoessa yleensä alimmillaan, joten uittoedellytykset reitin suupuolellakin ovat verrattain huonot. Kerätty aineisto osoittaakin, että sahatukkien negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhteellinen määrä on melkoista suurempi kuin Kemijoella ja Oulunjoella, joihin väyliin Kiehimänjokea kokonsa ja laatunsa puolesta lähinnä olisi verrattava. Niin oli siitä huolimatta, että uitettu puutavara oli laadultaan samanlaista kuin edellä mainituilla väylillä.

Sahatukkien ja pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhteellisen määrän tarkastelu eri uittoväylillä osoittaa, että kuorimattomien tukkien uitto on säännöllisesti hankalampaa kuin kuoritun pinotavaran uitto. Lisäksi käy tarkastelusta ilmi, että tukkien suhteellinen uittohankaluus on sitä suurempi, mitä pienempi ja vähävetisempi väylä on kysymyksessä.

2. Uiton muasta jääneitten tukkien ja pinotavaran jakaantuminen eri jääntipaikkojen kesken.

Puutavararyhmien, tukkien ja pinotavaran, negatiivisten uitto-ominaisuuksien määrän ja vaihtelun sekä uittoväylien laadun ja uittokelpoisuuden selvittämiseksi tarkastetaan seuraavassa, miten uiton muasta pois jääneet puut jakaantuvat eri jääntipaikkojen kesken. Kuten tutkimusmenetelmää selostettaessa on mainittu, jaettiin uiton

muasta jääneet puut sen perusteella, olivatko ne jääneet rannalle, puomin taakse, ruuhkaan tai kosteeseen. Uiton muasta jääneitten puiden jakaantuminen eri jääntipaikkojen kesken riippuu puiden ominaisuuksien ohella ratkaisevasti uittoväylän laadusta ja uittokelpoisuudesta. Rannalle ja puomin taakse jääneiden puiden suhteellinen määrä toisiinsa verraten vaihtelee suunnilleen suoraan verrannollisesti väylän puomitettujen ranta-osuuksien suhteelliseen pituuteen. Ruuhkiin ja kosteisiin jääneiden puiden määrään vaikuttaa taas ratkaisevasti se, missä määrin kullakin väylällä esiintyy kohtia, joissa mainittuja uittohäiriöitä voi sattua. Ruuhkaantumisen määrään vaikuttaa lisäksi suuresti veden aleneminen uiton aikana.

Koska uittoväylien laatu, uittokelpoisuus ja vesisuhteet vaihtelevat eri väylillä, aiheutuu edellä sanotusta, että puutavaroiden negatiiviset uitto-ominaisuudet jääntipaikkojen mukaan jaoiteltuina vaihtelevat myös melkoisesti eri väylillä. Jos tämä jakaantuminen on tunnettu, kuten tutkimusaineiston perusteella on asianlaita, voidaan sen pohjalla taas päinvastaiseen suuntaan saada verrattain hyvä kuva väylän laadusta ja uittokelpoisuudesta. Kuva käy vielä huomattavasti selvemmäksi, jos asiaa tarkastetaan puutavararyhmittäin, jolloin puutavaran laadun vaikutus tuntuu paljon vähemmän kuin jos tarkastelu tapahtuisi koko uitettavan puutavaramäärän perusteella. Edellä esitetty eri uittoväylien laadun ja uittokelpoisuuden karakterisoiminen on uittotutkimusten nykyisellä asteella erittäin suuriarvoinen, syystä että eri väylien mainitut ominaisuudet voitaisiin muutoin määrätä vain verrattain ylimalkaisesti. Molemmat menettelytavat tukevat joka tapauksessa huomattavasti toisiaan. Puutavaran suhteellinen jakaantuminen eri jääntipaikkojen kesken antaa myös hyvän kuvan siitä, millä toimenpiteillä väylien uittokelpoisuutta voidaan ratkaisevimmin parantaa ja mitä puutavaroiden laadun ja koon mahdolliset vaihtelut vaikuttavat näiden toimenpiteiden valintaan.

Seuraavissa taulukoissa esitetään, miten eri puutavararyhmiin kuuluvat, uiton muasta jääneet puut ovat aineiston mukaan jakaantuneet suhteellisesti ja absoluuttisesti eri jääntipaikkojen kesken väyläosuuksittain ja keskimäärin eri uittoväylillä. Aineiston mukaiset tulokset esitetään aluksi eri uittoväyliltä ja vasta sen jälkeen vertaillaan tuloksia toisiinsa.

Tarkasteltaessa taulukkoja todetaan, että uiton muasta pois jääneistä puista on huomattavin osa jäänyt rannalle ja ruuhkiin. Puomin taakse ja kosteisiin jääneiden puiden määrä on sitävastoin suhteellisen pieni. Aineistossa eri vuosilta olevat puumäärät eroavat kappaleluvultaan erittäin huomattavasti toisistaan. Kesän 1935

Taulukko 17.

Kemijoen uitto v. 1934.

Uiton muasta jääneitten tukkien ja pinotavaran jakaantuminen eri jääntipaikkojen kesken suhteellisesti ja absoluuttisesti uittopiireittäin sekä keskimäärin.

Uiton muasta jääneiden puutavaroiden jakaantuminen eri jääntipaikkojen kesken.

Uittopiiri [1]	Tukit										Pinotavara									
	Rannalle		Puomin taakse		Ruuhkaan		Kosteeseen		Yhteensä		Rannalle		Puomin taakse		Ruuhkaan		Kosteeseen		Yhteensä	
	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%
IX	1 147	96.8	38	3.2	—	—	—	—	1 185	100.0	3 819	93.4	270	6.6	—	—	—	—	4 089	100.0
VI	1 162	33.9	338	9.9	1 365	39.9	559	16.3	3 424	100.0	2 030	40.3	627	12.4	2 100	41.7	281	5.6	5 038	100.0
V a	3 355	51.6	427	6.6	2 415	37.2	299	4.6	6 496	100.0	6 004	53.3	1 168	10.4	3 647	32.3	451	4.0	11 270	100.0
V b	4 479	69.5	46	0.7	1 815	28.1	112	1.7	6 452	100.0	15 463	87.2	321	1.8	1 692	9.5	261	1.5	17 737	100.0
V_M	3 917	60.6	236	3.6	2 115	32.7	206	3.1	6 474	100.0	10 734	74.0	745	5.1	2 670	18.4	356	2.5	14 505	100.0
IV a	566	66.2	135	15.8	154	18.0	—	—	855	100.0	848	69.3	110	9.0	266	21.7	—	—	1 227	100.0
IV b	186	96.9	—	—	6	3.1	—	—	192	100.0	3 869	98.4	64	1.6	—	—	—	—	3 933	100.0
IV_M	376	71.9	67	12.8	80	15.3	—	—	523	100.0	2 359	91.5	87	3.3	133	5.2	—	—	2 579	100.0
III	894	15.5	1 202	20.9	3 604	62.6	60	1.0	5 760	100.0	2 364	21.1	2 260	20.2	6 483	58.0	80	0.7	11 187	100.0
II	1 394	33.5	889	21.3	1 281	30.7	603	14.5	4 167	100.0	7 363	52.4	1 903	13.5	3 063	21.8	1 731	12.3	14 060	100.0
Σ kpl.	8 890		2 770		8 445		1 428		21 533		28 669		5 892		14 449		2 448		51 458	
%		41.3		12.9		39.2		6.6		100.0		55.7		11.4		28.1		4.8		100.0
Σ kpl. VI ja II	7 743		2 732		8 445		1 428		20 348	100.0	24 850		5 622		14 449		2 448		47 369	100.0
%		38.0		13.4		41.6		7.0		100.0		52.5		11.9		30.5		5.1		100.0

[1]) Uittopiireistä V ja IV on aineisto kerätty kahteen kertaan (a ja b), ja tulosten keskiarvoa on käytetty loppukeskiarvon laskemiseen. Taulukon kahteen alimpaan riviin on laskettu keskiarvot uittopiireille VI ja II sen vuoksi, että niitä voidaan verrata v:lta 1935 saatuihin arvoihin, jolloin aineistoa ei IX piiristä koottu.

Taulukko 18.

Kemijoen uitto v. 1935.

Uiton muasta jääneitten tukkien ja pinotavaran jakaantuminen eri jääntipaikkojen kesken suhteellisesti ja absoluuttisesti uittopiireittäin sekä keskimäärin.

Uiton muasta jääneiden puutavaroiden jakaantuminen eri jääntipaikkojen kesken.																				
Uitto-piiri	Tukit										Pinotavara									
	Rannalle		Puomin taakse		Ruuh-kaan		Kostee-seen		Yhteensä		Rannalle		Puomin taakse		Ruuh-kaan		Kostee-seen		Yhteensä	
	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%
VI	1 283	12.0	16	0.1	8 990	84.3	388	3.6	10 677	100.0	1 863	24.2	64	0.8	5 470	71.0	310	4.0	7 707	100.0
V	16 854	55.4	150	0.5	13 029	42.9	377	1.2	30 410	100.0	26 727	42.5	278	0.4	34 999	55.6	939	1.5	62 942	100.0
IV	1 478	73.5	22	1.1	512	25.4	—	—	2 012	100.0	4 911	62.6	2 081	26.5	855	10.9	—	—	7 847	100.0
III	29 234	22.3	46	0.0	101 996	77.7	—	—	31 276	100.0	68 802	25.1	171	0.1	204 652	25.1	—	—	273 625	100.0
II	22 084	42.0	76	0.1	30 320	57.6	150	0.3	52 630	100.0	39 876	39.9	261	0.3	59 540	59.6	153	0.2	99 830	100.0
Σ kpl.	70 933		310		154 847		915		227 005		142 179		2 855		305 516		1 398		451 951	
%		31.2		0.1		68.3		0.4		100.0		31.5		0.6		67.6		0.3		100.0

aineistossa on puita noin 10 kertaa enemmän kuin vastaavalla väylän osalla edellisenä kesänä. Syynä siihen on epäilemättä se, että vesi aineiston keräämisaikana v. 1934 oli melkoista korkeammalla kuin vastaavana aikana kesällä v. 1935. Veden korkeus uittoaikana vaikuttaa ratkaisevasti puiden rannalle jääntiin ja ruuhkaantumiseen, siis juuri niihin uiton muasta jääntimuotoihin, jotka vaikuttavat voimakkaimmin jääneitten puiden määrään. Puomin taakse ja kosteisiin jäävien puiden määrä ei riipu sanottavammin veden korkeudesta. Aineiston mukaan on näihin jääntipaikkoihin jäänyt v. 1934 hieman enemmän puita kuin v. 1935. Tämä pieni ero voi hyvin aiheutua sattumasta, mutta voi asiaan vaikuttaa myös se, että vähällä vedellä täytyy puita erikoistapauksissa ohjata puomilla enemmän poikkivirtaan kuin runsaalla vedellä, jotta ne saataisiin väylään. Vuoden 1935 puomin taakse ja kosteeseen jääneiden puiden pieni suhteellinen määrä johtuu osittain myös siitä, että rannalle ja ruuhkaan on jäänyt puita edelliseen vuoteen verrattuna moninkertaisesti.

Mitä sitten tulee tukkien ja pinotavaran taipumukseen jäädä eri jääntipaikkoihin, ei siinä aineiston perusteella voida huomata suurtakaan eroa. Jossakin määrin näyttää kuitenkin siltä, että pinotavaralla olisi taipumus jäädä rannalle hieman runsaammin kuin muihin jääntipaikkoihin, tukeilla taas taipumus ruuhkaantua. Mainittuun kysymykseen palataan, kun vertaillaan uittoväylien tuloksia toisiinsa.

Taulukon 19 alimmasta rivistä nähdään, että tukkien ja pinotavaran suhteellinen jakaantuminen eri jääntipaikkojen kesken on suunnilleen sama kuin Kemijoellakin. Rannalla ja ruuhkissa olevat puut muodostavat ratkaisevan osan uiton muasta jääneistä puista. Verrattaessa toisiinsa tukkien ja pinotavaran suhteellista jakaantumista eri jääntipaikkojen kesken, voidaan todeta tukeilla olevan taipumus ruuhkaantua ja pinotavaralla taas jäädä rannoille. Tulos on siis samansuuntainen kuin Kemijoellakin, vaikkakin siellä verrattain heikkona esiintynyt. Lisäksi on huomattava, että ruuhkaantuminen käy suhteellisesti sitä vähäisemmäksi mitä lähemmäksi jokisuuta tullaan, siis väylän suurentuessa. (Väyläosuuksien numerot suurenevat jokisuuta kohden.)

Taulukon 20 alin rivi osoittaa, että ruuhkiin on jäänyt valtaosa uiton muasta jääneistä puista, nimittäin yli $^{9}/_{10}$. Kemijokeen ja Ounasjokeen verraten on ruuhkaantuneiden puiden suhteellinen määrä siis huomattavasti suurempi. Tämä seikka on selitettävissä siten, että Raudanjoki on huomattavasti edellämainittuja jokia pienempi, ja ruuhkaantumismahdollisuus lisääntyy keskimäärin aina väylän pienentyessä. Rannalle jääneiden puiden määrä on uiton muasta

jääneiden määrään verrattuna siksi pieni, ettei siitä voida juuri mitään päätellä, mutta sikäli kuin suhteellista eroa tukkien ja pinotavaran rannalle jääntitaipumusten välillä on, on se sen suuntaista, että pinotavaraa jää niiden keskimääräiseen uiton muasta jääntiin verrattuna enemmän rannoille kuin tukkeja. Suunta on siis sama kuin mikä edellä käsitellyilläkin väylillä on esiintynyt.

Meltausjoen pienuuden vuoksi on ruuhkissa olevien puiden määrä uiton muasta jääneeseen koko puumäärään verrattuna ratkaisevan suuri. Edellä todettua tukkien taipumusta jäädä keskimääräistä runsaammin ruuhkiin samoinkuin pinotavaran jäädä rannoille ei aineisto todista, vaan esiintyy hieman päinvastainen suhde. Syytä aineiston osoittamaan tulokseen on vaikea pätevästi selittää. Voidaan kuitenkin olettaa, että pinotavaran vähäisen rannoille jäännin aiheuttaa Meltausjoen voimakas virta sekä se, että joki on kapea ja rannat kauttaaltaan metsän peitossa, joka estää tuulta ajamasta kevyttä pinotavaraa rannoille.

Jos verrataan taulukon 22 alimman rivin mukaista tukkien ja pinotavaran jakaantumista eri jääntipaikkojen kesken Meltausjoen yhteisuiton vastaavaan jakaantumiseen, todetaan, että rannoille on jäänyt suhteellisesti paljon enemmän tavaraa kuin kevätkesän yhteisuitossa. Suhteellinen ruuhkaantuminen on taas ollut vastaavasti pienempi. Syyt tähän muutokseen ovat kuitenkin selvät. Tukkien määrä yksityisuitossa on aivan vähäinen, mikä seikka on omiaan vähentämään ruuhkaantumista. Toiselta puolen vaikutti rannoille jäännin lisääntymiseen se, että yksityisuiton aikana oli vesi huomattavasti alempana kuin yhteisuiton aikana kevätkesällä. Jos vielä tarkastetaan tukkien ja pinotavaran taipumusta jäädä eri jääntipaikkoihin, todetaan, että pinotavaraa on suhteellisesti jäänyt paljon rannalle ja tukkeja ruuhkaan. Ilmiö on siis samansuuntainen kuin mitä edelläkin yleensä on todettu. Puomin taakse ja kosteeseen on jäänyt vain aivan vähän puita. Se on yhdenmukaista yhteisuiton tulosten kanssa, jotka näyttivät, ettei näihin jääntipaikkoihin puita ollut jäänyt ollenkaan. Pienillä väylillä onkin luonnollista, ettei puomin taakse ja kosteeseen jää sanottavasti puita, syystä että ensiksikin puomeja käytetään verrattain vähän, ja toiseksi ovat vähätkin puomit usein rannassa kiinni, joten puomin taakse ei puita voi mennä. Kosteita ei taas vähävetisillä väylillä juuri esiinny, ja jos jokin pieni kostee onkin, ruuhkaantuu se tavallisesti täyteen puita.

Tukkien ja pinotavaran suhteellinen jakaantuminen eri jääntipaikkojen kesken on Kitisellä ollut suunnilleen samanlainen kuin Kemijoella samana kesänä. Ruuhkaantuneiden puiden määrä on kuitenkin suhteellisesti jonkin verran suurempi kuin Kemijoella. Se

on luonnollinen seuraus siitä, että Kitinen on Kemijoen yhtenä alkuhaarana melkoista pienempi ja vähävetisempi kuin pääjoki. Pääjääntipaikkoihin, rannalle ja ruuhkaan, on jäänyt suunnilleen yhtä paljon puita. Rannalle on jäänyt suhteellisesti hiukan enemmän pinotavaraa, ruuhkaan taas tukkeja. Ero on kuitenkin vähäinen.

Tukkien ja pinotavaran jakaantuminen eri jääntipaikkojen kesken osoittaa, että ruuhkaantuneiden puiden suhteellinen määrä on erittäin suuri. Se johtuu siitä, että Iijoki on koostaan huolimatta matala ja tulvan ohi mentyä vähävetinen joki. Kosket ovat leveitä ja kivisiä, joten ruuhkaantumismahdollisuudet ovat suuret. Uittoedellytysten kannalta katsoen onkin Iijoki luettava huomattavasti pienempien väylien luokkaan kuin mihin se kokonsa perusteella kuuluisi. Iijoen huonoon uittokelpoisuuteen vaikuttaa voimakkaasti se, ettei vesistössä ole juuri ollenkaan järviä, jotka tasaisivat joen vesimäärää uittokauden aikana. Tukkien ja pinotavaran suhteellinen jääntimäärä rannalle ja ruuhkaan on saman suuntainen kuin edelläkin. Pinotavaraa on jäänyt suhteellisesti enemmän rannoille, tukkeja ruuhkiin.

Oulunjoki on vesirikkain Pohjois-Suomen uittoväylistä. Vettä on uittoa silmällä pitäen runsaasti koko kesän Oulunjärveen varastoutuvan tulvaveden ansiosta. Kosket ovat keskittyneet kolmeen paikkaan satakilometrisellä joella, ja ovat kosket jo luonnostaan suhteellisen kivettömiä, ne on lisäksi aikojen kuluessa hyvin perattu. Koskia on joen pituuteen verrattuna vähän. Mainituista syistä on ruuhkautuneiden puiden suhteellinen määrä pienin aineistossa esiintyvä. Ainoastaan Kemijoen uitto v. 1934 on tässä suhteessa Oulunjoen uittoon verrattava. Ruuhkaantuneiden puiden suhteellisen määrän pienentyessä nousee rannalle jääneiden puiden määrä vastaavasti. Rannoille onkin jäänyt suhteellisesti eniten puita koko aineistosta. Kosteisiin jääneiden puiden määrä on myös huomattava. Vesirikkaan joen koskissa olevat kosteet ovat tavallisesti laajoja, joten niihin mahtuu huomattavia puumääriä, jotka nostavat kosteisiin jääneiden puiden suhteellista määrää.

Uiton muasta pois jääneiden puutavaroiden jakaantuminen eri jääntipaikkojen kesken Kiehimänjoella osoittaa, että puomin taakse ja kosteisiin on jäänyt tavallista runsaammin puita. Puutavaran puomin taakse joutuminen edellyttää, että väylillä on puomituksia, ja runsas puomin taakse joutuminen suhteellisen runsaita puomituksia. Kiehimänjoelta koottiin aineisto ensimmäisestä uittopiiristä jokisuulta lähtien, ja on joki juuri tältä osaltaan runsaasti puomitettu. Suhteellisen lyhyellä ja virtavalla väyläosuudella on lisäksi koskia ja niissä kosteita, joten puiden kosteisiin jääntimahdollisuudet ovat

Taulukko 19.

Ounasjoen uitto v. 1934.

Uiton muasta jääneitten tukkien ja pinotavaran jakaantuminen eri jääntipaikkojen kesken suhteellisesti ja absoluuttisesti väyläosuuksittain sekä keskimäärin.

Uiton muasta jääneiden puutavaroiden jakaantuminen eri jääntipaikkojen kesken.

Väyläosuus	Tukit										Pinotavara									
	Rannalle		Puomin taakse		Ruuh-kaan		Kosteeseen		Yhteensä		Rannalle		Puomin taakse		Ruuh-kaan		Kosteeseen		Yhteensä	
	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%
8	2 645	16.0	373	2.2	13 540	81.8	—	—	16 558	100.0	5 541	32.6	272	1.6	11 091	65.5	—	—	16 904	100.0
7	854	12.4	54	0.8	5 999	86.8	—	—	6 907	100.0	1 621	17.5	5	Δ	7 680	82.5	—	—	9 306	100.0
6	1 490	38.8	345	9.0	2 001	52.2	1	Δ	3 837	100.0	1 480	38.4	272	7.1	2 100	54.5	—	—	3 852	100.0
5	627	32.5	123	6.4	1 171	60 7	9	0.4	1 930	100.0	1 092	53.6	85	4.2	840	41.2	21	1.0	2 038	100.0
4	11 869	66.3	4	Δ	6 033	33.7	—	—	17 906	100.0	24 262	74.1	40	0.1	8 428	25.8	—	—	32 730	100.0
3	2 635	65.9	—	—	1 366	34.1	—	—	4 001	100.0	4 988	60.7	—	—	3 230	39.3	—	—	8 218	100.0
2	4 062	76.9	84	1.6	1 135	21.5	—	—	5 281	100.0	8 985	71.7	421	3.4	3 098	24.9	—	—	12 504	100.0
1	1 274	56.3	253	11.2	735	32.5	—	—	2 262	100.0	3 690	71.0	507	9.8	1 002	19.2	—	—	5 199	100.0
Σ kpl.	25 456		1 236		31 980		10		58 682		51 659		1 602		37 469		21		90 751	
%		43.4		2.1		54.5		Δ		100.0		56.9		1.8		41.3		Δ		100.0

Taulukko 20.

Raudanjoen uitto v. 1934.

Uiton muasta jääneitten tukkien ja pinotavaran jakaantuminen eri jääntipaikkojen kesken suhteellisesti ja absoluuttisesti väyläosuuksittain sekä keskimäärin.

Väyläosuus	Uiton muasta jääneiden puutavaroiden jakaantuminen eri jääntipaikkojen kesken									
	Tukit									
	Rannalle		Puomin taakse		Ruuhkaan		Kosteeseen		Yhteensä	
	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%
4	712	6.8	3	4	9 232	88.4	503	4.8	10 450	100.0
3	725	4.6	10	4	15 085	95.4	—	—	15 820	100.0
2	101	32.5	—	—	210	67.5	—	—	311	100.0
1	468	53.9	—	—	400	46.1	—	—	868	100.0
Σ kpl.	2 006		13		24 927		503		27 449	
%		7.4		4		90.8		1.8		100.0

Väyläosuus	Pinotavara									
	Rannalle		Puomin taakse		Ruuhkaan		Kosteeseen		Yhteensä	
	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%
4	785	5.5	80	0.6	12 910	90.4	506	3.5	14 281	100.0
3	1 271	4.5	—	—	26 730	95.5	—	—	28 001	100.0
2	1 070	100.0	—	—	—	—	—	—	1 070	100.0
1	467	53.2	10	1.2	401	45.6	—	—	878	100.0
Σ kpl.	3 593		90		40 041		506		44 230	
%		8.1		0.2		90.5		1.2		100.0

Taulukko 21.

Meltausjoen yhteisuitto kevätkesällä 1934.

Uiton muasta jääneitten tukkien ja pinotavaran jakaantuminen eri jääntipaikkojen kesken suhteellisesti ja absoluuttisesti väyläosuuksittain sekä keskimäärin.

Uiton muasta jääneiden puutavaroiden jakaantuminen eri jääntipaikkojen kesken																				
Väyläosuus	Tukit										Pinotavara									
	Rannalle		Puomin taakse		Ruuhkaan		Kosteeseen		Yhteensä		Rannalle		Puomin taakse		Ruuhkaan		Kosteeseen		Yhteensä	
	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%
4	2 037	50.9	—	—	21 613	49.1	—	—	13 650	100.0	580	3.1	—	—	17 909	96.9	—	—	18 489	100.0
3	613	10.5	—	—	5 226	89.5	—	—	5 839	100.0	401	5.1	—	—	7 525	94.9	—	—	7 926	100.0
2	1 613	8.5	—	—	17 340	91.5	—	—	18 953	100.0	1 410	7.0	—	—	18 813	93.0	—	—	20 223	100.0
1	1 495	7.5	—	—	18 403	92.5	—	—	19 898	100.0	1 258	5.4	—	—	21 860	94.6	—	—	23 118	100.0
Σ kpl.	5 758		—		62 582		—		68 340		3 649		—		66 107		—		69 756	
%		8.4		—		91.6		—		100.0		5.2		—		94.8		—		100.0

Taulukko 22.

Meltausjoen yksityisuitto syyskesällä v. 1934.

Uiton muasta jääneitten tukkien ja pinotavaran jakaantuminen eri jääntipaikkojen kesken suhteellisesti ja absoluuttisesti väyläosuuksittain sekä keskimäärin.

Uiton muasta jääneitten puutavaroitten jakaantuminen eri jääntipaikkojen kesken.																				
Väyläosuus	Tukit										Pinotavara									
	Rannalle		Puomin taakse		Ruuhkaan		Kosteeseen		Yhteensä		Rannalle		Puomin taakse		Ruuhkaan		Kosteeseen		Yhteensä	
	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%
5	307	16.3	1	0.1	1 549	83.4	—	—	1 857	100.0	2 244	9.5	11	4	21 356	90.1	85	0.4	23 696	100.0
4	445	10.3	—	—	3 838	89.1	25	0.6	4 308	100.0	8 204	16.6	—	—	39 338	79.7	1 840	3.7	49 382	100.0
3	29	29.0	24	24.0	47	47.0	—	—	100	100.0	6 209	70.1	—	—	2 650	29.9	—	—	8 859	100.0
2	38	18.3	—	—	170	81.7	—	—	208	100.0	7 517	68.6	—	—	3 424	31.2	26	0.2	10 967	100.0
1	24	39.3	—	—	37	60.7	—	—	61	100.0	11 477	52.2	—	—	10 175	46.3	336	1.5	21 988	100.0
Σ kpl.	843		25		5 641		25		6 534		35 651	31.0	11		76 943		2 287		114 892	
%		12.9		0.4		86.3		0.4		100.0				4		67.0		2.0		100.0

Taulukko 23.

Kitisen uitto v. 1934.

Uiton muasta jääneitten tukkien ja pinotavaran jakaantuminen eri jääntipaikkojen kesken suhteellisesti ja absoluuttisesti väyläosuuksittain sekä keskimäärin.

Uiton muasta jääneitten puutavaroitten jakaantuminen eri jääntipaikkojen kesken.																				
Väyläosuus	Tukit										Pinotavara									
	Rannalle		Puomin taakse		Ruuhkaan		Kosteeseen		Yhteensä		Rannalle		Puomin taakse		Ruuhkaan		Kosteeseen		Yhteensä	
	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%
1	2 731	42.6	1 441	22.4	2 237	34.9	7	0.1	6 416	100.0	4 704	47.2	2 627	26.3	2 603	26.1	40	0.4	9 974	100.0
2	7 312	79.6	216	2.4	1 656	18.0	—	—	9 184	100.0	15 021	83.3	122	0.6	2 900	16.1	—	—	18 043	100.0
3	1 578	53.2	53	1.8	1 333	45.0	—	—	2 964	100.0	3 749	56.5	217	3.3	2 671	40.2	—	—	6 637	100.0
4	3 398	20.6	35	0.2	11 083	67.1	1 989	12.1	16 505	100.0	12 653	28.1	55	0.1	30 637	67.9	1 750	3.9	45 095	100.0
5	3 453	62.8	—	—	1 877	34.1	169	3.1	5 499	100.0	16 096	87.3	11	0.1	2 320	12.6	—	—	18 427	100.0
6	959	26.6	31	0.9	2 524	70.2	84	2.3	3 598	100.0	3 262	33.9	115	1.2	6 230	64.8	6	0.1	9 613	100.0
7	576	22.1	—	—	1 868	71.8	159	6.1	2 603	100.0	2 863	40.4	—	—	3 927	55.4	300	4.2	7 090	100.0
Σ kpl.	20 007		1 776		22 578		2 408		46 769		58 348		3 147		51 288		2 096		114 879	
%		42.8		3.8		48.3		5.1		100.0		50.8		2.7		44.7		1.8		100.0

Taulukko 24.

Iijoen uitto v. 1935.

Uiton muasta jääneitten tukkien ja pinotavaran jakaantuminen eri jääntipaikkojen kesken suhteellisesti ja absoluuttisesti uittopiireittäin sekä keskimäärin.

Uiton muasta jääneitten puutavaroitten jakaantuminen eri jääntipaikkojen kesken.

Uittopiiri	Tukit										Pinotavara									
	Rannalle		Puomin taakse		Ruuhkaan		Kosteeseen		Yhteensä		Rannalle		Puomin taakse		Ruuhkaan		Kosteeseen		Yhteensä	
	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	kpl.	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%
VII	86	91.5	3	3.2	5	5.3	—	—	94	100.0	448	98.5	7	1.5	—	—	—	—	455	100.0
VI	356	24.1	46	3.1	1 043	70.4	36	2.4	1 481	100.0	3 756	60.6	363	5.9	2 020	32.6	55	0.9	6 194	100.0
V	1 372	43.7	12	0.4	1 680	53.5	75	2.4	3 139	100.0	3 998	70.1	274	4.8	1 160	20.3	275	4.8	5 707	100.0
IV	982	15.7	7	0.1	5 275	84.2	—	—	6 264	100.0	1 150	15.5	41	0.5	6 271	84.0	—	—	7 462	100.0
III	2 344	8.8	21	0.1	24 280	91.1	—	—	26 645	100.0	1 103	2.8	12	1	38 219	97.2	—	—	39 334	100.0
II	1 470	21.5	90	1.3	5 270	77.2	—	—	6 830	100.0	1 539	22.2	3	1	5 402	77.8	—	—	6 944	100.0
I	3 041	14.2	31	0.1	18 115	84.8	198	0.9	21 385	100.0	5 067	15.8	2 307	7.2	24 273	76.0	320	1.0	31 967	100.0
Σ kpl.	9 651		210		55 668		309		65 838		17 061		3 007		77 345		650		98 063	
%		14.6		0.3		84.6		0.5		100.0		17.4		3.1		78.9		0.6		100.0

Taulukko 25.

Oulunjoen uitto v. 1935.

Uiton muasta jääneitten tukkien ja pinotavaran jakaantuminen eri jääntipaikkojen kesken suhteellisesti ja absoluuttisesti uittopiireittäin sekä keskimäärin.

Uiton muasta jääneitten puutavaroitten jakaantuminen eri jääntipaikkojen kesken.																				
Uittopiiri	Tukit										Pinotavara									
	Rannalle		Puomin taakse		Ruuhkaan		Kosteeseen		Yhteensä		Rannalle		Puomin taakse		Ruuhkaan		Kosteeseen		Yhteensä	
	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%
VIII	116	4.2	111	4.0	2 532	91.8	—	—	2 759	100.0	178	3.5	77	1.5	4 818	95.0	—	—	5 073	100.0
VII	15 292	62.9	601	2.5	4 442	18.3	3 956	16.3	24 291	100.0	19 339	47.5	1 701	4.2	8 508	20.9	11 144	27.4	40 692	100.0
VI	6 315	45.2	216	1.5	7 410	53.1	21	0.2	13 962	100.0	17 244	45.9	392	1.0	19 930	53.0	39	0.1	37 605	100.0
V	3 575	90.7	160	4.1	206	5.2	—	—	3 941	100.0	21 759	93.7	616	2.7	841	3.6	—	—	23 216	100.0
IV	2 324	75.9	127	4.1	614	20.0	—	—	3 065	100.0	15 527	84.3	124	0.7	2 766	15.0	—	—	18 417	100.0
III—I	500	24.3	1	0.0	1 562	75.7	—	—	2 063	100.0	2 802	30.6	28	0.3	6 338	69.1	—	—	9 168	100.0
Σ kpl.	28 122		1 216		16 766		3 977		50 081		76 849		2 938		43 201		11 183		134 171	
%		56.2		2.4		33.5		7.9		100.0		57.3		2.2		32.2		8.3		100.0

Taulukko 26.

Kiehimänjoen uitto v. 1934.

Uiton muasta jääneitten tukkien ja pinotavaran jakaantuminen eri jääntipaikkojen kesken suhteellisesti ja absoluuttisesti väyläosuuksittain sekä keskimäärin.

Uiton muasta jääneitten puutavaroitten jakaantuminen eri jääntipaikkojen kesken.																				
Väyläosuus	Tukit										Pinotavara									
	Rannalle		Puomin taakse		Ruuhkaan		Kosteeseen		Yhteensä		Rannalle		Puomin taakse		Ruuhkaan		Kosteeseen		Yhteensä	
	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%
6	132	23.3	126	22.2	—	—	309	54.5	567	100.0	1 037	39.6	905	34.5	—	—	680	25.9	2 622	100.0
5	14	11.0	113	89.0	—	—	—	—	127	100.0	67	8.1	763	91.9	—	—	—	—	830	100.0
4	226	17.0	7	0.5	630	47.3	468	35.2	1 331	100.0	1 587	35.9	91	2.1	1 601	36.3	1 136	25.7	4 415	100.0
3	71	14.5	8	1.6	410	83.5	2	0.4	491	100.0	193	4.4	6	0.1	4 183	95.0	21	0.5	4 403	100.0
2	110	28.6	158	41.2	99	25.8	17	4.4	384	100.0	465	36.7	675	53.2	92	7.3	36	2.8	1 268	100.0
1	170	52.8	61	18.9	90	28.0	1	0.3	322	100.0	274	42.4	207	31.9	161	24.8	6	0.9	648	100.0
Σ kpl.	723		473		1 229		797		3 222		3 623		2 647		6 037	42.6	1 879		14 186	
%		22.4		14.7		38.2		24.7		100.0		25.5		18.7				13.2		100.0

suuret. Pinotavaraa on jäänyt rannoille suhteellisesti enemmän kuin tukkeja, siis samoin kuin useimmilla uittoväylillä. Ruuhkaantumiseen nähden on suhde jonkin verran päinvastainen kuin aikaisemmin, sillä pinotavaraa on jäänyt suhteellisesti enemmän ruuhkiin kuin tukkeja. Ilmiötä on vaikea selittää, mutta kun otetaan huomioon, että puutavaraa on uiton muasta jäänyt pois verrattain vähän, voi sattuma helposti aiheuttaa uiton muasta jäännin suhteisiin poikkeuksia.

Taulukko 27.

Uiton muasta jääneiden tukkien ja pinotavaran keskimääräinen suhteellinen jakaantuminen eri jääntipaikkojen kesken tutkituilla Pohjois-Suomen uittoväylillä.

Uittoreitti	Vuosi	Uiton muasta jääneiden puutavaroiden suhteellinen jakaantuminen eri jääntipaikkojen kesken										Puutavaroita jäänyt keskim. kpl:eita väylä-kilometrille	Tukkeja %:eina koko uitetusta kappalemäärästä	Uiton muasta jääneiden puutavaroiden tukki-kappaleiksi redusoitu kpl-määrä	Uiton muasta jääneiden puutavaroiden tukki-kpl:eiksi redusoidut suhdeluvut pinta-alan perusteella
		Tukit					Pinotavara								
		Rannalle	Puomin taakse	Ruuhkaan	Kosteeseen	Yhteensä	Rannalle	Puomin taakse	Ruuhkaan	Kosteeseen	Yhteensä				
		%					%								
Kemijoki	1934	41.3	12.9	39.2	6.6	100.0	55.7	11.4	28.1	4.8	100.0	283	27.6	109	125
»	1935	31.2	0.1	68.3	0.4	100.0	31.5	0.6	67.6	0.3	100.0	2 991	27.8	1 167	1 313
Ounasjoki	1934	43.4	2.1	54.5	4	100.0	56.9	1.8	41.3	4	100.0	2 930	16.9	820	996
Raudanjoki	»	7.4	4	90.8	1.8	100.0	8.1	0.2	90.5	1.2	100.0	7 177	23.9	2 548	2 978
Meltausjoki (yhteisuitto)	»	8.4	—	91.6	—	100.0	5.2	—	94.8	—	100.0	5 524	39.5	2 618	2 861
Meltausjoki (yksityisuitto)	»	12.9	0.4	86.3	0.4	100.0	31.0	4	67.0	2.0	100.0	4 857	2.0	461	729
Kitinen	»	42.8	3.8	48.3	5.1	100.0	50.8	2.7	44.7	1.8	100.0	4 619	23.9	1 640	1 917
Iijoki	1935	14.6	0.3	84.6	0.5	100.0	17.4	3.1	78.9	0.6	100.0	1 690	9.1	1 740	1 852
Oulunjoki	»	56.2	2.4	33.5	7.9	100.0	57.3	2.2	32.2	8.3	100.0	1 772	22.3	564	660
Kiehimänjoki	1934	22.4	14.7	38.2	24.7	100.0	25.6	18.7	42.4	13.3	100.0	1 024	13.3	415	435
Keskiarvot		28.1	3.7	63.5	4.7	100.0	33.9	4.1	58.8	3.2	100.0	3 287	23.5	1 208	1 386

Taulukon alimpaan riviin lasketut %-luvut esittävät uiton muasta jääneitten tukkien ja pinotavaran suhteellista keskiarvoista jakaantumista eri jääntipaikkojen kesken kaikilla tutkituilla Pohjois-Suomen uittoväylillä. Kuten jo edellä eri väylien uittoa erikseen käsiteltäessä kävi ilmi, on ruuhkaantuneitten puiden suhteellinen määrä sitä suurempi, mitä pienempi ja vähävetisempi uittoväylä on kysymyksessä. Rannalle jääneitten puitten suhteellinen määrä taas suurenee uittoväylän suurentuessa. Pinotavaran taipumus ruuhkaantua on suhteellisesti keskimäärin hieman pienempi kuin tukkien, mutta taipumus jäädä rannoille on vastaavasti

suurempi. Taulukkoon on laskettu myös, montako kappaletta uiton muasta jääneitä puita aineiston keräämisaikana oli eri uittoväylillä keskimäärin väyläkilometrillä. Tosin mainittu luku ei absoluuttisesti kuvaa mitään, mutta voidaan sen perusteella kuitenkin tehdä muutamia päätelmiä. Päätelmien tekoa varten on puiden väylälle-jäänti-kysymystä hieman eriteltävä. Miten paljon puita väylällä aineiston keräämisaikana on, riippuu pääasiassa väylän laadusta, vesisuhteista tutkimusaikana, uitettavan puutavaran koosta ja laadusta sekä siitä, miten paljon työtä ja työvoimaa väylän puhtaanapitoon uiton aikana uhrataan. Kaikki mainitut, uittoväylille jääneitten puutavaroitten määrään vaikuttavat tekijät vaihtelevat huomattavasti tutkimuksen alaisiksi joutuneissa yksityistapauksissa. Asetelman luvuista nähdään kuitenkin, että väyläkilometrillä oleva puumäärä on yleensä pienillä väylillä suurempi kuin suurilla. Koska uiton muasta jääneen puutavaran kappalemäärä kuvaa sangen yksipuolisesti uittohäiriöiden määrää uitettavien puiden koon huomattavan vaihtelun vuoksi, on asetelman kahteen viimeiseen sarakkeeseen laskettu määrätyllä tavoin redusoidut väyläkilometreille jääneiden puiden kappaleluvut. Viimeisen edellisessä mainituista sarakkeista esiintyvät luvut esittävät tukkikappaleiksi redusoituja puumääriä. Redusointi on suoritettu siten, että tukkien, 2-metrisen ja 1-metrisen pinotavaran kuutiosuhteena on pidetty 1 : 0.166 : 0.067, mikä suhde keskimäärin vastaa mainittujen puutavaralajien kuutiosuhdetta Pohjois-Suomen uittoväylillä. Jos verrataan sarakkeen lukujen keskiarvoa, todetaan, että pienille väylille jäänyt puumäärä on yleensä kuutioltaankin suurempi kuin suurille väylille jäänyt puumäärä. Väylille jääneen puumäärän kuutioon näyttää uitettavan puutavaran koko ja laji kuitenkin vaikuttavan huomattavan voimakkaasti. Mitä enemmän uitettu puumäärä on sisältänyt pinotavaraa, sitä pienempi on suhteellisesti väylille jäänyt puumäärä, vaikka otettaisiin huomioon toisetkin puumäärään vaikuttavat tekijät. Sahatukkien uittohankaluus kuutioyksikköä kohden on siis suurempi kuin pinotavaran. Tulos on täten yhdenmukainen niiden tulosten kanssa, mihin eri puutavararyhmien negatiivisia uitto-ominaisuuksia eri väylillä tarkastettaessa tultiin. Asetelman viimeiseen sarakkeeseen on vielä laskettu väylille jääneiden puutavaroiden määrää kuvaavat suhdeluvut siten, että puutavarat on muunnettu tukkikappaleiksi niiden ottaman pinta-alan perusteella. Tukkien kappaleen, 2-metrisen ja 1-metrisen pinotavarapölkyn vaatimien pinta-alojen suhdetta on pidetty sarjan 1 : 0.25 : 0.12 mukaisena. Saatu lukusarja kuvaa uittoväylien laatuun ja uittoedellytyksiin katsoen tasapuolisimmin väylälle jäänyttä puumäärää. Näyttää näin ollen siltä, että kyky, millä

puutavara peittää uittohäiriöitä aiheuttavia paikkoja, olisi merkitsevässä määrässä otettava huomioon uittohankaluutta arvosteltaessa. Etelä-Suomen uittotutkimustuloksia selostettaessa palataan tähän kysymykseen yksityiskohtaisesti.

3. Erilaisten sahatukkien ja erilaisen pinotavaran negatiiviset uitto-ominaisuudet.

Edellä on tarkastettu sahatukkien ja pinotavaran keskimääräisiä negatiivisia uitto-ominaisuuksia toisiinsa verrattuina sekä sitä seikkaa, miten uiton muasta jäänyt puutavara on jakaantunut eri jääntipaikkojen kesken, toisin sanoen, millaisia uittohäiriöitä puutavara on aiheuttanut. Seuraavassa tarkastetaan, mitä puutavaran koko ja laatu ovat vaikuttaneet tukkien ja pinotavaran negatiivisiin uitto-ominaisuuksiin. Koska kaikki sahatukit ovat kuorinta- ja kuivausasteeseen nähden samanlaisia, kuorimattomia ja tuoreita, koska ne on tehty edellisenä talvena, eroavat eri tukkiyksilöt toisistaan keskimäärin vain kokonsa perusteella. Koonkin vaihteluun nähden on huomattava, että sahatukkien pituutta voidaan pitää

Asetelma 28.

Kemijoen uitto v. 1934.

Erikokoisten tukkien ja erilaisen pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut rannalle, puomin taakse, ruuhkaan ja kosteeseen jäännin perusteella.

Uitto-piiri	Tukit				Pinotavara		
		Läpimittaluokka			Kuusipaperipuut		Mänty-pinotavara
	— 6″	7″—8″	9″—11″	12″ +	1 m	2 m	
			Jäänti rannalle.				
X	1.01	0.99	1.00	1.10	1.33	0.76	1.19
VI	0.96	0.82	1.23	1.56	1.21	0.79	1.22
V_a	0.96	0.93	1.09	1.58	1.46	0.72	1.22
V_b	0.84	0.83	1.31	2.15	1.28	0.78	1.18
V_M	0.90	0.87	1.20	1.86	1.37	0.75	1.20
IV_a	0.99	0.93	1.09	1.22	0.92	0.85	1.24
IV_b	0.88	0.82	1.08	3.90	1.14	0.73	1.18
IV_M	0.94	0.88	1.08	2.56	1.03	0.79	1.21
III	0.98	0.92	1.15	1.19	1.29	0.65	1.40
II	0.91	0.86	1.24	1.59	1.24	0.66	1.45
M_{TP}	0.95	0.89	1.15	1.64	1.28	0.73	1.28
M_{Σ}	0.82	0.77	0.99	1.41	1.35	0.77	1.35

Uitto-piiri	Tukit Läpimittaluokka —6″	7″—8″	9″—11″	12″ +	Pinotavara Kuusipaperipuut 1 m	2 m	Mänty-pinotavara
Jäänti puomin taakse.							
IX	2.46	0.61	0.09	0.00	1.13	0.41	1.81
VI	1.30	0.91	0.87	0.33	1.25	0.62	1.54
V_a	1.55	1.11	0.31	0.00	0.65	0.32	2.15
V_b	0.96	1.55	0.32	0.85	1.97	0.65	1.45
V_M	1.25	1.33	0.32	0.42	1.31	0.49	1.80
IV_a	1.35	0.68	1.10	0.34	0.66	0.58	1.71
IV_b	—	—	—	—	—	—	—
IV_M	1.35	0.68	1.10	0.34	0.66	0.58	1.71
III	1.67	0.72	0.72	0.00	1.08	0.46	1.89
II	1.32	1.17	0.45	0.04	1.14	0.44	1.99
M_{TP}	1.56	0.89	0.58	0.19	1.09	0.50	1.79
M_Σ	1.81	1.03	0.67	0.22	1.01	0.47	1.67
Jäänti ruuhkaan.							
IX	—	—	—	—	—	—	—
VI	1.00	0.92	1.06	1.11	0.52	0.86	1.11
V_a	1.08	0.84	1.09	1.38	0.95	0.66	1.52
V_b	0.71	1.04	1.16	2.69	1.92	0.66	1.10
V_M	0.89	0.94	1.13	2.03	1.43	0.66	1.31
IV_a	0.72	0.83	1.46	1.54	1.40	0.74	1.18
IV_b	0.80	0.87	1.35	1.42	—	—	—
IV_M	0.76	0.85	1.40	1.48	1.40	0.74	1.18
III	0.77	1.14	1.06	1.11	1.24	0.64	1.44
II	0.41	1.12	1.46	1.45	1.23	0.68	1.41
M_{TP}	0.77	0.99	1.22	1.44	1.16	0.72	1.35
M_Σ	1.03	1.32	1.63	1.92	1.01	0.63	1.18
Jäänti kosteeseen.							
IX	—	—	—	—	—	—	—
VI	0.97	1.07	0.86	1.48	0.00	1.32	0.86
V_a	0.91	1.06	0.91	1.66	2.25	0.66	0.96
V_b	1.12	1.08	0.65	2.57	1.64	1.10	0.57
V_M	1.02	1.07	0.78	2.11	1.94	0.88	0.77
IV_a	—	—	—	—	—	—	—
IV_b	—	—	—	—	—	—	—
IV_M	—	—	—	—	—	—	—
III	0.95	1.05	0.91	1.85	0.00	0.76	2.24
II	0.95	1.18	0.82	0.92	0.83	0.83	1.47
M_{TP}	0.97	1.09	0.84	1.59	0.69	1.02	1.34
M_Σ	1.29	1.46	1.12	2.12	0.60	0.88	1.16

Asetelma 29.

Kemijoen uitto v. 1935.

Erikokoisten tukkien ja erilaisen pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut rannalle, puomin taakse, ruuhkaan ja kosteeseen jäännin perusteella.

Uitto-piiri	Tukit				Pinotavara	
	Läpimittaluokka				Kuusipaperipuut	
	—6″	7″—8″	9″—11″	12″ +	1 m	2 m
Jäänti rannalle.						
VI	0.76	0.91	1.48	1.04	2.24	0.83
V	0.74	0.92	1.47	1.05	2.42	0.81
IV	0.68	0.91	1.53	1.22	2.61	0.78
III	0.64	0.89	1.57	1.69	1.44	0.90
II	0.75	0.92	1.34	1.72	1.51	0.89
M_{TP}	0.71	0.95	1.48	1.24	2.04	0.84
M_{Σ}	0.85	1.14	1.77	1.48	1.88	0.78
Jäänti puomin taakse.						
VI	1.00	1.60	0.31	0.00	1.33	0.96
V	2.34	0.44	0.17	0.38	5.88	0.58
IV	1.10	1.08	0.76	0.90	6.02	0.57
III	1.67	0.63	0.84	0.00	2.57	0.66
II	1.86	0.51	0.76	0.20	3.12	0.57
M_{TP}	1.59	0.85	0.57	0.30	3.78	0.67
M_{Σ}	0.55	0.30	0.20	0.10	4.66	0.83
Jäänti ruuhkaan.						
VI	0.56	1.06	1.46	1.27	2.28	0.83
V	0.86	0.83	1.45	1.23	2.20	0.84
IV	0.72	0.84	1.51	1.64	2.58	0.79
III	0.58	0.83	1.46	3.07	1.66	0.86
II	0.64	0.84	1.44	2.09	1.72	0.86
M_{TP}	0.66	0.88	1.46	1.86	2.09	0.84
M_{Σ}	0.80	1.06	1.77	2.25	1.92	0.77
Jäänti kosteeseen.						
VI	0.46	1.26	1.46	0.60	2.69	0.78
V	1.41	1.01	0.61	0.20	2.84	0.75
II	0.58	0.89	1.44	2.48	2.34	0.80
M_{TP}	0.82	1.05	1.17	1.09	2.62	0.78
M_{Σ}	1.17	1.50	1.67	1.56	2.15	0.64

keskimäärin vakiona, syystä että keskipituutta lähenteleviä tukkeja on aina eniten, ja kaikki sahapuut on Pohjois-Suomessa ennen uittoa valmiiksi apteerattu; voidaankin siis ottaa tukkien kokoa määräävänä tekijänä huomioon vain niiden läpimitta. Koska sahatukit Suomessa poikkeuksetta mitataan latvasta, on tukkien latvaläpimitta ainoa tukkien paksuutta osoittava mitta, joka yleisesti tunnetaan. Myös tämän tutkimuksen aineistoa kerättäessä luokitettiin tukit latvaläpimittansa perusteella. Luokitus suoritettiin tuumaluokittain neljään läpimittaluokkaan seuraavasti: —6″, 7″—8″, 9″—11″ ja 12″ +. Kuhunkin tuumaluokkaan luettiin kaikki tukit, jotka eivät täyttäneet seuraavaa suurempaa tuumalukua. Läpimittaluokkaan 7″—8″ kuuluvat siis vielä esimerkiksi 8 $^{3}/_{4}$″ tukit.

Pinotavaraa luokitettaessa otettiin huomioon puiden pituus ja kuivuusaste sekä lisäksi kesällä 1934 puulaji. Pituuden perusteella eroitettiin kaksi pituusluokkaa, nimittäin 1- ja 2-metriset puut. Jälkimmäinen luokka sisälsi tasan 2-metriset sekä lisäksi 2.2 m pituiset puut. Kuivuusasteen perusteella jaettiin uitettu pinotavara kuiviin ja tuoreisiin tavaroihin. Kuivana pidettiin tavaraa, joka oli tehty ennen elokuun loppua uiton edellisenä vuonna. Asetelmat 28—37 esittävät aineiston mukaisia tuloksia eri uittoväyliltä.

Uitettava tavara on asetelmissa jaettu puutavararyhmiin, siis tukkeihin ja pinotavaraan, ja niissä tarkastetaan, mitä edellä esitetyt puutavaran ominaisuudet vaikuttavat määrättyyn puutavararyhmään kuuluvan yksilön taipumukseen jäädä eri jääntipaikkoihin.

Paitsi puutavararyhmittäin tarkastetaan erilaisten puutavaroiden negatiivisia uitto-ominaisuuksia myös vertaamalla kaikenlaisten uitettavien puutavaroiden negatiivisia uitto-ominaisuuksia toisiinsa. Viimeksi mainittu vertailu on välttämätön puutavaroiden koon ja laadun mukaan vaihtelevan uittohankaluuden selvittämiseksi.

Kuten aikaisemmin, esitetään nytkin ensiksi asetelmat (28 ja 29) Kemijoen uittotutkimuksien tuloksista vuosilta 1934 ja 1935.

Asetelmissa 28 ja 29 on esitetty negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut erikseen tukeille ja pinotavaralle, ja niissä esiintyvät uittopiireittäin laskettujen suhdelukujen keskiarvot rivillä, jonka merkkinä on M_{TP}. Nämä suhdeluvut osoittavat samaan puutavararyhmään kuuluvien erilaisten yksilöiden negatiivisia uitto-ominaisuuksia koko ryhmän keskiarvoon verrattuna. Eri jääntipaikkojen perusteella jaetun asetelman eri osien alimmassa rivissä (M_{Σ}) esiintyvät suhdeluvut, jotka ilmoittavat erilaisten puutavaroiden negatiivisten uitto-ominaisuuksien määrän koko uitettavan puutavara-erän negatiivisten uitto-ominaisuuksien keskiarvoon verrattuna.

Erikokoisten tukkien rannalle jääntiä kuvaavat suhdeluvut osoittavat molempien kesien aineiston mukaan, että tukkien rannalle jäänti on keskimäärin sitä runsaampi, mitä kookkaampia tukit ovat. Rannalle jäännin runsauden ja tukkien koon välinen korrelatio ei tosin ole aivan säännöllinen, mutta jos tarkastetaan uittopiireittäin laskettuja, suhteellista rannalle jääntiä kuvaavia suhdelukuja, on kahden keskiarvoa suuremman läpimittaluokan keskimääräinen rannalle jäämisen taipumus aina suurempi kuin kahden keskiarvoa pienemmän läpimittaluokan. Näin ollen voidaan pitää ilmeisenä, että kookkailla puilla on suurempi taipumus jäädä rannoille kuin pienillä puilla. Kookkaiden puiden keskimäärää suurempi rannalle jäänti aiheutuu siitä, että yhtä hyvin kelluvat kookkaat puut vaativat uidakseen enemmän vettä kuin pienet puut. Kun tuuli tai virta painaa sumaa loivasti mataloituvaa rantaa vasten, tarttuu pohjaan näin ollen aina sitä enemmän puita, mitä enemmän kookkaita puita on sumassa. Suman painuessa rantaa vasten eivät kookkaiden puiden takana rannan puolella olevat pienet puut useinkaan vielä ole pohjassa kiinni, vaikka ulompana olevat kookkaat puut ovat jo tarttuneet pohjaan. Jos tällaisessa tapauksessa tuuli kääntyy, lähtevät pienet, veden varassa olevat puut monesti vielä pohjassa olevien puiden välistä uiton mukaan, kookkaiden puiden jäädessä rannalle. Samalla tavoin tapahtuu myös suman ollessa rantaa vasten painuneena ja veden laskiessa. — Rannalle jäätyään muodostavat puut rannan suojaksi ikäänkuin puomin, jonka taakse ei puita enää mene, ja kiinni tarttuneista puista väylään päin tarttuu enää kiinni vain puita, jotka vaativat uidakseen enemmän tai ainakin saman verran vettä kuin kiinni tarttuneet puut. Purojen uittokuntoon saattamisessa käytetty otvitus on suurin piirtein edellä esitettyyn verrattavissa. Kuvattu puiden rantaan jäännin järjestys on omiaan suurentamaan rannalle jääneiden puiden keskikokoa.

Koska veden syvyys, jonka puu vaatii uidakseen, vaikuttaa ratkaisevasti puiden rannalle jäämiseen, on puun kellumiskyky koon ohella sen rannalle jäännin kannalta tärkeä tekijä. Mitä pienempi puun ominaispaino on, ts. mitä »kuplakampi» puu on, sitä pienempi osa puun halkaisijasta on veden alla ja sitä vähemmän vettä se vaatii uidakseen. Erilaisten uitettavien tukkien ominaispaino vaihtelee siinä määrin, että veden alla olevan halkaisijan osuus vaihtelee noin 100 —60 %:iin. Jos edellisten ääriarvojen perusteella lasketaan huonosti uivan 6″ tukin uidakseen vaatima veden syvyys, saadaan siksi 6″. Tässä veden syvyydessä ui jo kuitenkin myös 10″ erittäin hyvin kelluva tukki. Näin suuret erot puiden kellumiskyvyssä ovat käytännössä kuitenkin poikkeuksia, mutta joka tapauksessa on puiden kel-

lumiskyvyn erolla suuri merkitys niiden rannalle jääntiin. Vaikutus tehostuu vielä huomattavasti siksi, että tukkien ominaispainon ja koon välillä on keskimäärin negatiivinen korrelatio. Pienet tukit kelluvat keskimäärin huonommin kuin suuret. Tämä johtuu pääasiassa siitä, että pienissä tuumaluokissa on runsaasti latvatukkeja, ja rungon latvaosa on raskaampaa puuta kuin rungon muut osat (L a s s i l a 1926). Pienien tukkien kokonsa puolesta vaatimaa vähäistä uintiveden syvyyttä lisää siis keskimäärin jonkin verran niiden keskimäärää huonompi kellumiskyky. Kemijoella nykyään vielä uitettavien verrattain vanhoista puista valmistettujen tukkien ollessa kysymyksessä, ei erikokoisten tukkien kellumiskyvyssä esiintyvä ero jaksa kuitenkaan läheskään neutralisoida kookkaiden tukkien keskimäärää suurempaa rannallejäänti-taipumusta.

Pinotavaran rannalle jääntiä tarkastettaessa on huomattava, että pinotavaran eri laatujen keskiläpimitta on suurin piirtein sama. Pölkkyjen koko ei näin ollen sanottavasti vaikuta pinotavaran eri laatujen erisuureen rannalle jääntiin. Molempien tutkimuskesien aineistojen mukaan on eroitus kuitenkin tässä kohden huomattava. Syynä eroitukseen on pääasiassa pinotavaran eri laatujen erilainen kellumiskyky. Kellumiskyvyn eroavaisuudet johtuvat osittain erilaisesta kuivuusasteesta, osittain siitä, että pinotavaran eri laatuja valmistetaan eri puulajeista. Vuoden 1934 aineistoa kerättäessä eroteltiin toisistaan mänty- ja kuusipinotavara ja jälkimmäinen jaettiin kahteen pituusluokkaan, 1- ja 2-metrisiin. Asetelman 29 mukaan on 2-metrisiä kuusipaperipuita jäänyt suhteellisesti vähimmin rannalle. Mäntypinotavaran ja 1-metristen kuusipaperipuiden rannalle jäänti on melkoista runsaampi, mutta toisiinsa verraten yhtä suuri. 2-metrisistä kuusipaperipuista oli kuivia noin 66 %, mäntypinotavarasta noin 45 %, ja 1-metriset paperipuut olivat kaikki tuoreita. Kun otetaan huomioon eri pinotavaran laatujen kuivuusaste sekä se, että kuusi on kevyempänä puulajina keskimäärin paremmin kelluvaa kuin mänty, on selvää, että 2-metristen kuusipaperipuiden kellumiskyky on ollut huomattavasti parempi kuin toisten pinotavaran laatujen. Mäntypinotavaran ja 1-metristen kuusipaperipuiden kellumiskykyä toisiinsa verrattaessa kohottaa edellisten kellumiskykyä se, että osa puista on ollut kuivia, mutta toiselta puolen on vastapainona männyn huonompi keskimääräinen kellumiskyky kuuseen verraten. On lisäksi huomattava, että melkoinen määrä mäntypinotavarasta on tehty talvella tukkien latvoista, ja tämä tavara on tuoreutensa ohella siis raskainta mäntypuuta. 1-metristen kuusipaperipuiden kelluntakykyä alentaa niiden 100 %:nen tuoreus sekä ilmeisesti myös se, että lyhyet pölkyt vettyvät nopeammin kuin pitempi pinotavara.

Kun otetaan huomioon pinotavaran laatujen erilainen kelluntakyky sekä niiden asetelman 28 mukaiset rannalle jääntiä kuvaavat suhdeluvut, voidaan todeta, että hyvin kelluvaa 2-metristä kuusipaperipuuta on jäänyt rannalle huomattavasti vähemmän kuin toisia pinotavaran laatuja. Tulos on siis täysin sopusoinnussa edellä esitetyn teoreettisen tarkastelun kanssa puun kellumiskyvyn vaikutuksesta sen rannallejäänti-taipumukseen. 1-metristen paperipuiden rannalle jäännin runsauteen vaikuttanee jossakin määrin myös se, että pienet pölkyt kulkevat helpommin tuulen mukana kuin suuremmat ja 1-metristä paperipuuta joutuu täten enemmän rantojen kanssa kosketukseen kuin muuta puutavaraa. Sentähden ovat niiden rannalle jääntimahdollisuudet myös suuremmat kuin muun puutavaran.

Vuoden 1935 aineistossa on pinotavaran laatuina eroteltu toisistaan ainoastaan 1- ja 2-metrinen tavara. 2-metrinen tavara sisältää noin 55 % kuusipaperipuita ja 45 % mäntypinotavaraa. Edellisistä on ollut kuivaa tavaraa noin 60 % ja jälkimmäisistä noin 40 %. 1-metriset puut ovat olleet kaikki tuoreita. Kelluntakyvyltään on 2-metrinen pinotavara siis ollut keskimäärin huomattavasti parempaa kuin 1-metrinen. Rannalle jäännin runsautta kuvaavat suhdeluvut asetelmassa 29 vastaavat tätä kelluntakyvyn suhdetta. 1-metristä pinotavaraa on jäänyt rannalle huomattavasti runsaammin kuin 2-metristä. Rannalle jäännin runsauden eroitus on melkoista suurempi kuin v. 1934 aineiston mukaan, vaikkakaan pinotavaran laatu ei sitä edellyttäisi. Syynä ilmiöön on ilmeisesti se, että v. 1935 aineiston keräämisaikana oli vesi Kemijoessa huomattavasti alempana kuin v. 1934. Uittoväylän vähävetisyys taas korostaa puutavaran koon ja laadun vaikutusta negatiivisiin uitto-ominaisuuksiin. Tukkien koon vaikutus niiden rannalle jäännin runsauteen v. 1934 ja 1935 osoittaa selvästi samansuuntaista tulosta.

Lopuksi verrataan erikokoisten tukkien ja erilaisen pinotavaran rannalle jääntiä keskenään. Tätä asiaa valaisevat suhdeluvut ovat asetelmien 28 ja 29 rannallejäänti-osan alimmassa rivissä (M_Σ). V. 1934 on rannalle jäänyt keskimääräistä runsaammin 12″ ja sitä suurempia tukkeja sekä 1-metrisiä paperipuita ja mäntypinotavaraa. V. 1935 ovat keskimääräistä runsaammin rannalle jääneet puutavaralajit kaikki 7″ suuremmat tukit ja 1-metriset paperipuut. Mäntypinotavara kuuluisi ilmeisesti myös tähän luokkaan, mutta kun sitä ei ole aineistossa eroteltu 2-metrisistä paperipuista, ei asia käy asetelmasta ilmi. Puiden koon ja laadun vaikutus on niiden rannalle jäännin runsauteen Kemijoella molempina tutkimuskesinä siis samansuuntainen. Eroitus on ainoastaan siinä, että veden vähyys on v. 1935 aineiston keräämisaikana siirtänyt keskimääräistä

runsaammin rannalle jäävien tukkien läpimittarajaa huomattavasti alemmaksi kuin v. 1934. Kuten jo aikaisemmin on mainittu, vaikuttaa siis uittoväylien veden korkeus huomattavasti puiden koosta riippuen uittohankaluuteen rannalle jääntiä silmällä pitäen.

Seuraavassa tarkastetaan erilaisen puutavaran puomin taakse jääntitaipumusta Kemijoen aineiston perusteella. Molempien vuosien aineiston mukaan on tukkien puomin taakse jäänti ollut sitä runsaampaa, mitä pienempiä tukit ovat. Tukkien läpimitan ja puomin taakse jäännin runsauden välinen korrelatio molempina kesinä on keskimäärin täysin säännöllinen, ja uittopiireittäinkin lasketuissa suhdelukusarjoissa esiintyy vain ani harvoja epäsäännöllisyyksiä. Voidaan näin ollen pitää täysin selvitettynä, että mitä kookkaampia tukit ovat, sitä vähemmän niitä suhteellisesti jää puomin taakse. Ilmiö johtuu erikokoisten tukkien erilaisesta kellumiskyvystä. Puomin taakse joutuneet tukit kulkeutuvat melkein poikkeuksetta puomin alitse. Jos puu kelluu huonosti, tarvitaan vain vähäinen voima painamaan se veden alle, ja puita puomia vasten painava vähäinenkin virta tai tuuli saa huonosti kelluvan puun menemään puomin alitse. Pinotavaran puomin taakse menoa kuvaavat suhdeluvut ovat edellä sanotun kanssa täysin yhdenmukaiset. 2-metristä, hyvin kelluvaa paperipuuta on mennyt puomin taakse huomattavasti vähemmän kuin toisia pinotavaran laatuja. Jos verrataan erikokoisten tukkien ja erilaisen pinotavaran puomin taakse jäännin taipumusta keskenään, on todettava, että puomin taakse jääntitaipumus vähenee säännöllisesti puiden kellumiskyvyn parantuessa. Vuoden 1934 aineiston mukaan on puomin taakse jäänyt keskimääräistä enemmän alle 9″ tukkeja, 1 metrin paperipuita ja mäntypinotavaraa. Vuoden 1935 aineiston mukaan on puomin taakse jäänyt keskimääräistä enemmän vain 1 metrin paperipuita. Mäntypinotavaraa olisi ilmeisesti jäänyt myös keskimääräistä enemmän puomin taakse, jos se olisi huomioitu aineistossa omana ryhmänään. Käytetyn ryhmityksen vuoksi lisää mäntypinotavara 2-metrisen pinotavaran puomin taakse jäännin taipumusta. Tämän ryhmän suhdeluku onkin huomattavasti suurempi kuin 2 metrin kuusipaperipuiden suhdeluku edellisenä vuotena. Jos v. 1935 2 metrin pinotavaran suhdeluku 0.83 jakaantuisi kuusi- ja mäntypinotavaran kesken samassa suhteessa kuin edellisenä kesänä, olisi 2 metrin kuusipaperipuiden suhdeluku noin 0.42 ja mäntypinotavaran suhdeluku 1.79. Erikokoisten tukkien ja erilaisen pinotavaran puomin taakse jäännin suhteet olisivat tällöin suurin piirtein samat kuin edellisenäkin vuotena.

Puiden taipumukseen jäädä puomin taakse vaikuttaa siis ratkaisevasti puiden kellumiskyky, ollen puomin taakse jäänti sitä suurempi, mitä huonommin puu kelluu.

Puiden ruuhkaantumistaipumus lisääntyy tukeilla säännöllisesti puiden suurentuessa. Molempien tutkimuskesien aineistojen keskiarvot osoittavat säännöllisesti positiivista korrelatiota puiden koon ja ruuhkaantumistaipumuksen välillä. Uittopiireittäin lasketut suhdelukusarjat ovat myös sangen säännöllisiä. Tukkien suureneva koko edistää siis ilmeisesti niiden ruuhkaantumistaipumusta. Tulos johtuu siitä, että suuri osa ruuhkista muodostuu matalikoille, ja kookkaiden tukkien kiinnitarttumisvaara on silloin aina suurempi kuin pienien puiden. Veden mataluuden vaikutus erikokoisten tukkien ruuhkaantumiseen ilmenee selvänä Kemijoen eri kesien tutkimustuloksia toisiinsa verrattaessa. Vuoden 1934 runsaan veden aikana koottu aineisto osoittaa verrattain pientä eroa pienimpien ja suurimpien tukkien ruuhkaantumistaipumusten välillä. Jälkimmäinen suhdeluku on kaksi kertaa niin suuri kuin edellinen. Seuraavana kesänä vähän veden aikana kootun aineiston perusteella tehdyssä laskelmassa on jälkimmäinen suhdeluku 3 kertaa niin suuri kuin edellinen. Pienillä uittoväylillä suoritettujen tutkimusten tulokset, jotka jäljempänä esitetään, osoittavat yhdenmukaisesti samaa tulosta.

Pinotavaran ruuhkaantumistaipumuksia kuvaavat suhdeluvut osoittavat, että 2 metrin paperipuut ovat ruuhkaantuneet melkoista vähemmän kuin toiset pinotavaralajit. Eroitus eri pinotavaran lajien ruuhkaantumistaipumusten välillä on kuitenkin pienempi kuin rannalle ja puomin taakse jäämisen taipumusten välillä. Koska 2 metrin kuusipaperipuita on jäänyt ruuhkaan vähemmän kuin 1 metrin kuusipaperipuita ja mäntypinotavaraa, ja puut eroavat toisistaan ainoastaan kellumiskykynsä puolesta, täytyy hyvän kellumiskyvyn vähentää ruuhkaantumistaipumusta. Tämän suuntainen ilmiö onkin hyvin selitettävissä. Pinotavara ruuhkaantuu yleensä vasta sitten, kun pitempi puutavara on ruuhkaantumisen alkanut. Virran mukana ruuhkan rintaan tuleva puu painuu sitä vastaan suhteellisesti sitä suuremmalla voimalla, mitä syvemmällä se vedessä ui. Kun osa virrasta lisäksi kulkee ruuhkan läpi sen muodostamien aukkojen kautta, lisäävät nämäkin virrat osaltaan syvässä uivan puun painetta ruuhkaa vastaan enemmän kuin koholla uivan puun, joten syvässä uivan puun ruuhkaantumismahdollisuudet ovat suuremmat kuin koholla uivan puun.

Erikokoisten tukkien ja erilaisen pinotavaran ruuhkaantumistaipumuksia toisiinsa verrattaessa on tärkeänä seikkana otettava huomioon, että tukit Pohjois-Suomessa ovat kuorimattomia, mutta pinotavara kuorittua. Karkeapintainen, kuorimaton puu tarttuu luonnollisesti ruuhkaan helpommin kuin sileäpintainen, kuorittu puu. Tukkien keskimääräinen ruuhkaantuminen Kemijoen uitossa onkin

molempien vuosien aineiston mukaan suurempi kuin pinotavaran. Eroitus eri puutavararyhmien ruuhkaantumistaipumusten välillä ei tosin ole suuri, mutta kuitenkin selvä. Koska pienempien Pohjois-Suomen uittoväylien uittotutkimustuloksia esitettäessä käy selville, että eri puutavararyhmien ruuhkaantumistaipumusten ero on huomattavasti suurempi kuin Kemijoen uitossa, on ilmeistä, että uittoväylän pienentyessä ja ruuhkaantumisen merkityksen uittohäiriönä yleensä lisääntyessä samalla korostuu myös uitettavien puutavaroiden koon ja laadun ruuhkaantumista edistävä tai vähentävä vaikutus.

Erilaisen puutavaran kosteeseen jäämisen taipumusta kuvaavien suhdelukujen perusteella näyttää siltä, että kookkailla puilla olisi suurempi taipumus jäädä kosteeseen kuin pienemmillä puilla. Molempien kesien aineiston perusteella on nimittäin pinotavaraa jäänyt kosteisiin suhteellisesti vähemmän kuin tukkeja. Näistä on suuria tukkeja jäänyt enemmän kuin pieniä. Vaikkakaan aineiston perusteella ei vielä ole syytä tehdä lopullisia päätelmiä erilaisten puiden kosteeseen jäännistä, lienee lyhyt teoreettinen tarkastelu siitä tässä paikallaan. Puiden kosteeseen joutuminen tapahtuu siten, että kaikki ne puut, jotka kulkevat sitä virran reunaa, joka kääntyy kosteeseen, joutuvat virran mukana sinne, riippumatta niiden laadusta tai koosta. Koska olosuhteitten moninaisuuden vuoksi ei ole mitään syytä olettaa, että kosteen ohi kulkevassa virran osassa kulkisi tietynlaisia puita, joutuu kosteeseen siis aina umpimähkäinen näyte koko uitettavasta puuerästä. Kosteeseen joutuminen ei näin ollen aiheuta kosteessa olevien puiden erilaisuutta uitettavaan puuerään verrattuna, vaan eron aiheuttaa puiden erilainen kyky päästä pois kosteesta. Sitä mukaa kuin uusia puita tulee kosteeseen sen alapäästä, lähtee entisiä puita pois ylä- ja keskipaikoilta. Kosteessa olevien puiden koko ja laatu riippuu täten siitä, millainen tavara helpoimmin pääsee kosteesta uudelleen virtaan. Pienen tavaran helpompaa pääsyä virtaan kookkaampaan tavaraan verraten voidaan jokseenkin pätevästi perustella. Päästäkseen pois kosteesta, täytyy puun joutua ohi kulkevaan virtaan siksi etäälle koste-virrasta, ettei se enää käänny kosteeseen. Pienellä puulla on siinä suhteessa paremmat mahdollisuudet kuin suurella. Pienen puun jäljessä tuleva kookas puu painaa sen näet helposti etäällekin ohi kulkevaan virtaan, mutta päinvastainen tapaus ei yleensä ole mahdollinen. Toiseksi vaikuttaa kosteesta puita virtaan vievä tuuli suhteellisesti voimakkaammin pieniin kuin suuriin puihin.

Seuraavassa tarkastetaan erilaisen puutavaran negatiivisia uitto-ominaisuuksia Ounasjoen uitosta v. 1934 kerätyn aineiston perusteella. Asetelma 30 esittää negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdelukuja.

Asetelma 30.

Ounasjoen uitto v. 1934.

Erikokoisten tukkien ja erilaisen pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut rannalle, puomin taakse, ruuhkaan ja kosteeseen jäännin perusteella.

	Tukit				Pinotavara	
		Läpimittaluokka				
	—6″	7″—8″	9″—11″	12″ +	1 m	2 m
Jäänti rannalle.						
M_{TP}	0.68	1.01	1.16	3.36	1.06	0.98
M_{Σ}	1.02	1.51	1.74	5.04	0.89	0.82
Jäänti puomin taakse.						
M_{TP}	1.07	1.00	0.97	0.50	1.13	0.93
M_{Σ}	2.75	2.57	2.49	1.28	0.76	0.62
Jäänti ruuhkaan.						
M_{TP}	0.64	1.05	1.15	3.37	0.99	1.01
M_{Σ}	1.74	2.85	3.13	9.16	0.64	0.65
Jäänti kosteeseen.						
M_{TP}	1.03	1.70	0.00	0.00	0.00	1.51
M_{Σ}	1.97	3.25	0.00	0.00	0.00	1.24

Erilaisen puutavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien määrää kuvaavia suhdelukuja tarkastettaessa asetelmassa 30 nähdään, että tukkien rannalle jäänti on ollut sitä runsaampaa, mitä kookkaampia tukit ovat olleet. Erikokoisten tukkien rannallejäänti-taipumusten ero on huomattavasti voimakkaampi kuin Kemijoella. Sen voi selittää johtuvan siitä, että Ounasjoella on runsaasti loivia matalia rantoja, jonne kookkailla puilla on suuret jääntimahdollisuudet. Pinotavara on aineistossa ryhmitetty samalla tavoin kuin Kemijoella v. 1935, nimittäin 1- ja 2-metriseen pinotavaraan. 1-metrinen pinotavara on kaikki tuoretta kuusipaperipuuta ja 2-metrinen sisältää kuusipaperipuita sekä mäntypinotavaraa. Edellisistä on kuivia noin 66 % ja jälkimmäisistä noin 45 %. 2-metrisen pinotavaran ryhmä on siis kellumiskyvyltään keskimäärin melkoisesti edellä 1-metristen ryhmää. Rannalle jäännin runsautta kuvaavat suhdeluvut ovat yhdenmukaiset tämän tosiseikan kanssa. 1 metrin tavaraa on jäänyt

rannalle suhteellisesti noin 10 % runsaammin kuin 2 metrin puita. Eroitus olisi ilmeisesti melkoista suurempi, jos 2 metrin tavaroihin ei sisältyisi mäntypinotavaraa. Pinotavaran ja tukkien rannallejääntitaipumuksia toisiinsa verrattaessa voidaan todeta, että kaikenkokoisia tukkeja on jäänyt rannalle runsaammin kuin pinotavaraa. Väylä on pieni Kemijokeen verraten, ja pinotavaran uiton edullisuus tukkeihin verraten pienillä uittoväylillä on siis ilmeinen.

Puomin taakse on Ounasjoella jäänyt verrattain vähän puita. Erikokoisten tukkien puomin taakse jäänti on saman suuntainen kuin edelläkin. Pienimpiä tukkeja on jäänyt puomin taakse suhteellisesti noin 2 kertaa runsaammin kuin suurimpia. Pinotavaran laatujen puomin taakse jäänti on myös samansuuntainen kuin Kemijoella. 2-metristä, osittain kuivaa pinotavaraa on jäänyt puomin taakse suhteellisesti vähemmän kuin 1-metristä tuoretta tavaraa. On kuitenkin huomattava, että tukkien koko ja pinotavaran laatu ovat vaikuttaneet puomin taakse jääntiin jonkin verran heikommin kuin Kemijoen uitossa vastaavana vuotena.

Tukkeja on Ounasjoen uitossa ruuhkaantunut suhteellisesti paljon runsaammin kuin pinotavaraa. Mitä kookkaampia tukit ovat olleet, sitä enemmän niitä on ruuhkaantunut. Tukkien koon vaikutus ruuhkaantumiseen on huomattavasti voimakkaampi kuin Kemijoella. Ilmiö onkin luonnollinen seuraus Ounasjoen suhteellisesta vähävetisyydestä Kemijokeen verrattuna, samoin siitä, että tulva alenee Ounasjoessa paljon nopeammin kuin Kemijoessa. Pinotavaran eri ryhmien ruuhkaantumistaipumusten välillä ei aineiston mukaan ole huomattavissa eroa.

Kosteeseen on Ounasjoella jäänyt ainoastaan muutamia puita, joten niiden perusteella ei voida kosteeseen jääntitaipumusten suhteen tehdä päätelmiä. Mainittakoon kuitenkin, että tukkeja on vähäisen aineiston mukaan jäänyt kosteeseen suhteellisesti enemmän kuin pinotavaraa.

Asetelma 31 esittää tutkimustulokset Raudanjoen uitosta v. 1934. Rannalle on tukkeja jäänyt suhteellisesti enemmän kuin pinotavaraa. Eroitus on kuitenkin pienempi kuin Ounasjoella. Se johtunee rantojen erilaisuudesta verrattavina olevilla väylillä sekä myös Raudanjoen vesistön huomattavasta järvi-%:sta. Erikokoisten tukkien rannallejäänti-taipumusta kuvaavat suhdeluvut osoittavat suuria tukkeja jääneen rannalle enemmän kuin pieniä. Jos jätetään huomioonottamatta suurimman läpimittaluokan (12″ +) tukit, joita aineistossa on verrattain vähän, osoittavat suhdeluvut, että tukkien koko on vaikuttanut niiden taipumukseen jäädä rannalle heikommin kuin Ounasjoella, mutta voimakkaammin kuin Kemijoella v. 1934. Kemi-

Asetelma 31.

Raudanjoen uitto v. 1934.

Erilaisten tukkien ja erilaisen pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut rannalle, puomin taakse, ruuhkaan ja kosteeseen jäännin perusteella.

	Tukit				Pinotavara	
		Läpimittaluokka				
	— 6″	7″—8″	9″—11″	12″ +	1 m	2 m
Jäänti rannalle.						
M_{TP}	0.60	0.83	1.12	4.36	1.83	0.86
M_{Σ}	0.90	1.24	1.68	6.54	1.54	0.72
Jäänti puomin taakse.						
M_{TP}	1.18	1.12	0.59	0.85	2.11	0.81
M_{Σ}	0.61	0.58	0.31	0.44	2.43	0.93
Jäänti ruuhkaan.						
M_{TP}	0.88	0.87	1.04	2.68	1.94	0.84
M_{Σ}	1.41	1.39	1.66	4.29	1.57	0.68
Jäänti kosteeseen						
M_{TP}	1.06	0.86	0.99	1.95	1.35	0.94
M_{Σ}	2.22	1.80	2.07	4.08	0.89	0.62

joen uitossa v. 1935 on tukkien koon vaikutus niiden rannalle jääntiin suunnilleen sama kuin Raudanjoella v. 1934. Jos otetaan huomioon väylien laatu ja vesisuhteet, vastaavat edellä esitettyjen väylien erilaisten puutavaroiden rannalle jääntiä kuvaavat suhdeluvut sitä teoreettista tarkistelun tulosta, joka on esitetty sivuilla 60—62.

Puomin taakse on jäänyt suhteellisesti enemmän pinotavaraa kuin tukkeja. Puomin taakse jääneitten puitten määrä on kokonaisuudessaan kuitenkin siksi pieni, ettei sen perusteella ole mahdollisuutta asian lähempään tarkasteluun. Voidaan sentään mainita, että puiden koon ja laadun vaikutus niiden taipumukseen jäädä puomin taakse on samansuuntainen kuin edellä esitetyilläkin väylillä.

Ruuhkiin on jäänyt tukkeja suhteellisesti enemmän kuin pinotavaraa. Tukkien suureneva koko ja pinotavaran huononeva kellumiskyky ovat lisänneet ruuhkaantumistaipumusta.

Kosteisiin jäänti on keskimäärin sitä runsaampaa mitä kookkaampaa puutavara on ollut. Kosteeseen jäämisen taipumus on siis saman suuntainen kuin edellisilläkin väylillä.

Asetelma 32.

Meltausjoen yhteisuitto kevätkesällä v. 1934.

Erikokoisten tukkien ja erilaisen pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut rannalle ja ruuhkaan jäännin perusteella.

	Tukit Läpimittaluokka				Pinotavara	
	—6″	7″—8″	9″—11″	12″ +	1 m	2 m
			Jäänti rannalle.			
M_{TP}	0.40	1.27	0.82	4.21	0.86	1.08
M_{Σ}	0.62	1.97	1.27	6.53	0.55	0.69
			Jäänti ruuhkaan.			
M_{TP}	0.95	0.73	1.19	2.91	0.81	1.11
M_{Σ}	1.17	0.90	1.46	3.58	0.69	0.94

Asetelma 32 esittää erikokoisten tukkien ja erilaisen pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut Meltausjoen yhteisuitosta kevätkesällä v. 1934 kootun aineiston perusteella. Puita on uitosta jäänyt ainoastaan rannalle ja ruuhkiin. Syynä siihen, ettei puita ole jäänyt puomin taakse eikä kosteisiin on se, että vesi Meltausjoessa uiton aikana oli korkealla, niin että joella olevat vähäiset puomitukset olivat painuneina jotakuinkin jyrkkiä rantoja vastaan, ja puiden mahdollisuudet päästä puomin taakse olivat senvuoksi erittäin pienet. Kosteisiin jäämistä on vähentänyt se, että kosteet pienessä väylässä ruuhkaantuvat täyteen puita, ja alkuaan kosteeseen jääneet puut joutuvat siten ruuhkaantuneiden puiden ryhmään.

Aineiston mukaan on tukkeja jäänyt rannalle suhteellisesti jonkin verran enemmän kuin pinotavaraa. Kuten jo aikaisemmin on mainittu (s. 44) lienee tämän toisiin väyliin nähden päinvastaisen tuloksen katsottava aiheutuvan Meltausjoen virtavuudesta sekä suojaisuudesta tuuliin nähden. Tukkien suureneva koko on yleensä lisännyt rannalle jääntiä, vaikkakaan vaikutus ei muihin kuin 12″ ja sitä suurempiin tukkeihin nähden ole yhtä selvä kuin muilla edellä esitetyillä väylillä. Veden korkeus uiton aikana ja siitä johtuva rantaveden suhteellinen syvyys vaikuttanevat tulokseen. Pinotavararyhmien rannallejäämistaipumus on aineiston mukaan hieman päinvastainen kuin toisilla väylillä. 1-metristä tavaraa on näet jäänyt rannalle suhteellisesti hieman vähemmän kuin 2-metristä.

Ruuhkiin on jäänyt tukkeja suhteellisesti enemmän kuin pinotavaraa. Eroitus ei kuitenkaan ole niin suuri kuin väylän pienuuden

perusteella voisi olettaa. On kuitenkin huomattava, että kun ruuhkia muodostuu pieneen väylään, kasvavat ne nopeasti ja keräävät ruuhkaan melkein kaiken puutavaran, siksi kunnes ruuhkasta muodostuu otvaruuhka, joka ohjaa puutavaran ruuhkaantumiskohdan ohi. Puutavaran laadun ja koon vaikutus ruuhkaantumiseen ei tällaisissa olosuhteissa kuvastu ruuhkassa olevista puista samassa määrin kuin suurilla uittoväylillä, joissa ruuhkien muodostuminen on keskimäärin hitaampaa, ja vähemmän ruuhkaantumiseen taipuvat puut eivät useinkaan tartu ruuhkaan, vaikka ruuhkaantuminen olisikin jo alkanut.

Asetelma 33.

Meltausjoen yksityisuitto syyskesällä v. 1934.

Erikokoisten tukkien ja erilaisen pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut rannalle, puomin taakse, ruuhkaan ja kosteeseen jäännin perusteella.

	Tukit				Pinotavara	
	Läpimittaluokka					
	—6″	7″—8″	9″—11″	12″ +	1 m	2 m
	Jäänti rannalle.					
M_{TP}	0.62	1.34	1.09	1.36	0.94	3.38
M_{Σ}	1.02	2.21	1.80	2.24	0.10	0.37
	Jäänti puomin taakse.					
M_{TP}	2.42	0.00	0.00	0.00	1.03	0.00
M_{Σ}	12.00	0.00	0.00	0.00	0.35	0.00
	Jäänti ruuhkaan.					
M_{TP}	0.59	1.28	1.33	1.09	0.93	3.54
M_{Σ}	2.88	6.25	6.49	5.32	0.10	0.39
	Jäänti kosteeseen.					
M_{TP}	0.24	1.71	1.20	0.00	0.92	4.04
M_{Σ}	0.18	1.32	0.92	0.00	1.03	4.52

Asetelma 33 esittää erilaisen puutavaran suhteellisia negatiivisia uitto-ominaisuuksia v. 1934 syyskesällä Meltausjoen yksityisuitosta kerätyn aineiston perusteella. Kuten aikaisemmin on mainittu, oli vesi Meltausjoessa uiton aikana aivan vähissä. Tukkeja onkin jäänyt aineiston mukaan rannalle suhteellisesti moninkertaisesti pinotava-

raan verraten. Tukkien suureneva koko on myös säännöllisesti lisännyt rannalle jääntiä. Sekä 1- että 2-metrinen pinotavara oli kokonaisuudessaan tuoretta, ollen edellinen kuusipaperipuuta, jälkimmäinen mäntyisiä kaivospölkkyjä. Pinotavaran rannalle jäänti on siis täysin verrannollinen puiden kokoon ja kellumiskykyyn.

Puomin taakse on tässäkin Meltausjoen uitossa jäänyt vain muutama puu, joten tulos ei voi osoittaa erilaisen puutavaran taipumusta jäädä puomin taakse. Tukeista on kuitenkin jäänyt puomin taakse vain pienemmän läpimittaluokan yksilöitä, kuten niiden huonoin kellumiskyky edellyttää. Pinotavaraa on jäänyt puomin taakse 11 kpl, joten sattuma ratkaisee tuloksen.

Ruuhkiin jääneet puut muodostavat väylän vähävetisyyden vuoksi täysin ratkaisevan osan uiton muasta pois jääneistä puista. Tukkien ruuhkaantuminen on moninkertainen pinotavaran ruuhkaantumiseen verraten. Se onkin luonnollista, koska vesi oli uiton aikana niin vähissä, että suurimmat tukit tarttuivat pohjaan koskissa keskellä väylääkin. Ruuhkaantumistaipumus lisääntyy selvästi tukkien suurentuessa. Pienintä läpimittaluokkaa on jäänyt ruuhkiin vain suunnilleen puolet siitä mitä suurempia puita. Pitempää pinotavaraa on ruuhkaantunut myös huomattavasti enemmän kuin lyhyempää.

Kosteeseen on aineiston mukaan jäänyt suhteellisesti enemmän pinotavaraa kuin tukkeja. Tulos on siis päinvastainen kuin muilla väylillä. Asia on kuitenkin täysin selitettävissä, sillä siinä tapauksessa, että tukkeja alkaa jäädä verrattain pienipinta-alaisiin kosteisiin, muodostavat ne nopeasti ruuhkan ja koste muuttuu ruuhkaksi. Ainoastaan pinotavaran kiertäessä kosteessa voi se säilyä ruuhkaantumiselta.

Asetelman 34 mukaiset tutkimustulokset Kitisen uitosta v. 1934 osoittavat, että tukkeja on jäänyt rannalle enemmän kuin pinotavaraa. Tukkien rannalle jäänti on sitä runsaampaa, mitä kookkaampia tukit ovat. Pinotavaran laatuja ei ole aineistossa eritelty.

Puomin taakse on jäänyt pinotavaraa hiukan vähemmän kuin tukkeja. Se johtunee sattumasta, minkä tekee mahdolliseksi puomitusten vähyys sillä osalla Kitistä, miltä aineisto on kerätty. Puomin taakse jääneitten tukkien määrä on kaikesta huolimatta sitä pienempi, mitä kookkaampia puut ovat.

Ruuhkiin on jäänyt tukkeja melkoisesti enemmän kuin pinotavaraa. Mitä kookkaampia tukit ovat olleet, sitä enemmän niitä suhteellisesti on ruuhkaantunut.

Kosteeseen on tukkeja jäänyt suhteellisesti huomattavasti enemmän kuin pinotavaraa. Tukkien koon vaikutusta taipumukseen jäädä kosteeseen ei kuitenkaan aineiston perusteella voida selvittää.

Asetelma 34.

Kitisen uitto v. 1934.

Erikokoisten tukkien ja erilaisen pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut rannalle, puomin taakse, ruuhkaan ja kosteeseen jäännin perusteella.

	Tukit				Pinotavara
		Läpimittaluokka			
	— 6″	7″—8″	9″—11″	12″ +	
Jäänti rannalle.					
M_{TP}	0.76	0.81	1.31	4.25	1.00
M_{Σ}	0.81	0.87	1.40	4.55	0.98
Jäänti puomin taakse.					
M_{TP}	1.82	1.13	0.80	0.96	1.00
M_{Σ}	2.75	1.71	1.21	1.45	0.84
Jäänti ruuhkaan.					
M_{TP}	0.75	1.10	1.15	2.27	1.00
M_{Σ}	0.96	1.41	1.47	2.91	0.91
Jäänti kosteeseen.					
M_{TP}	1.09	0.91	1.11	0.64	1.00
M_{Σ}	2.43	2.03	2.48	1.43	0.61

Asetelma 35.

Iijoen uitto v. 1935.

Erikokoisten tukkien ja erilaisen pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut rannalle, puomin taakse, ruuhkaan ja kosteeseen jäännin perusteella.

Uitto-piiri	Tukit				Pinotavara	
		Läpimittaluokka				
	— 6″	7″—8″	9″—11″	12″ +	1 m	2 m
Jäänti rannalle.						
VII	0.92	1.03	0.92	2.23	1.67	0.65
VI	0.70	1.02	0.88	5.61	1.29	0.85
V	0.79	0.90	1.24	3.27	1.15	0.92
IV	0.75	0.88	1.30	3.65	1.22	0.88
III	0.62	0.84	1.53	4.92	1.29	0.85
II	0.69	0.97	1.43	2.65	1.22	0.94
I	0.68	0.89	1.14	4.22	1.19	0.91
M_{TP}	0.74	0.93	1.21	3.79	1.29	0.86
M_{Σ}	2.94	3.69	4.80	15.05	0.90	0.60

Uitto-piiri	Tukit Läpimittaluokka — 6″	7″—8″	9″—11″	12″—	Pinotavara 1 m	2 m
			Jäänti puomin taakse.			
VII	2.92	0.00	0.00	0.00	0.83	1.09
VI	1.08	0.86	1.16	0.65	2.09	0.43
V	1.92	0.62	0.37	0.00	1.54	0.72
IV	1.22	1.06	0.65	0.00	1.57	0.70
III	1.28	0.72	0.91	2.00	1.00	1.00
II	1.11	1.14	0.64	0.00	1.00	1.00
I	1.66	0.32	0.94	2.78	0.80	1.10
M_{TP}	1.60	0.67	0.67	0.78	1.26	0.86
M_{Σ}	1.15	0.48	0.48	0.56	1.30	0.89
			Jäänti ruuhkaan.			
VII	0.59	0.99	0.89	7.70	—	—
VI	0.58	0.86	1.36	5.54	1.54	0.72
V	0.66	0.90	1.43	3.42	1.22	0.89
IV	0.66	0.92	1.28	4.50	1.24	0.87
III	0.64	0.93	1.38	4.54	1.19	0.90
II	0.62	0.90	1.56	3.87	1.09	0.96
I	0.65	0.94	1.43	3.70	1.24	0.88
M_{TP}	0.63	0.92	1.33	4.75	1.25	0.87
M_{Σ}	2.90	4.23	6.12	21.85	0.80	0.56
			Jäänti kosteeseen.			
VII	—	—	—	—	—	—
VI	0.00	0.00	4.44	0.00	0.58	1.22
V	0.96	0.99	1.19	0.00	1.32	0.83
IV	—	—	—	—	—	—
III	—	—	—	—	—	—
II	—	—	—	—	—	—
I	0.68	1.07	1.27	2.48	1.04	0.98
M_{TP}	0.55	0.69	2.30	0.83	0.98	1.01
M_{Σ}	1.95	2.44	8.14	2.94	0.74	0.76

Asetelma 35 esittää erilaisen puutavaran negatiivisia uitto-ominaisuuksia Iijoen uitossa v. 1935.

Tukkeja on jäänyt rannalle monin verroin enemmän kuin pinotavaraa. Eroitus on suurempi kuin millään muulla väylällä. Iijoen yleinen vähävetisyys ja nopea veden väheneminen tekee ilmiön täysin käsitettäväksi. Tukkien suureneva koko on myös lisännyt niiden rannalle jääntiä enemmän kuin millään muulla väylällä. Syy on

luonnollisesti sama kuin tukkien ja pinotavaran väliseen rannalle jäännin eroitukseen. Helpoimmin tuulen mukana kulkevia 1-metrisiä paperipuita on jäänyt rannalle melkoista enemmän kuin 2-metrisiä.

Puomin taakse on jäänyt suunnilleen yhtä paljon tukkeja ja pinotavaraa. Tukkien suureneva koko on huomattavasti vähentänyt niiden puomin taakse menemistä. 1-metrisiä paperipuita on taas huonommin kelluvina mennyt enemmän puomin taakse kuin 2-metrisiä.

Samoin kuin rannoille, on myös ruuhkiin jäänyt tukkeja suhteellisesti paljon enemmän kuin pinotavaraa. Tukkien koko on vaikuttanut erittäin voimakkaasti niiden ruuhkiin jäännin runsauteen. Tämä onkin luonnollinen seuraus uittoväylän vähävetisyydestä.

Kosteeseen on jäänyt puita aivan vähäisessä määrin, tukkeja kuitenkin enemmän kuin pinotavaraa ja pienimmän tuumaluokan tukkeja vähemmän kuin muita.

Asetelma 36.

Oulunjoen uitto v. 1935.

Erikokoisten tukkien ja erilaisen pinotavaran negatiivisten uittoominaisuuksien suhdeluvut rannalle ja puomin taakse jäännin perusteella.

Uitto-piiri	Tukit				Pinotavara	
		Läpimittaluokka				
	—6″	7″—8″	9″—11″	12″ +	1 m	2 m
			Jäänti rannalle.			
VIII	1.11	0.86	0.91	5.20	2.08	0.25
VII	1.12	0.87	1.02	2.87	1.41	0.70
VI	0.81	0.86	1.14	6.67	1.28	0.78
V	0.11	0.76	1.05	5.71	0.94	1.05
IV	1.28	0.78	0.94	4.57	0.87	1.11
III—I	0.78	0.89	0.97	9.57	1.12	0.90
M_{TP}	0.87	0.84	1.01	5.77	1.28	0.80
M_{Σ}	1.04	1.01	1.21	6.92	1.20	0.75
			Jäänti puomin taakse.			
VIII	2.32	0.73	0.26	0.00	1.74	0.47
VII	1.58	0.84	0.75	0.53	1.39	0.72
VI	1.79	0.87	0.46	0.33	1.32	0.75
V	2.27	0.69	0.29	0.00	1.13	0.90
IV	2.12	0.75	0.33	0.00	0.98	1.02
III—I	0.00	2.06	0.00	0.00	0.96	1.03
M_{TP}	1.68	0.99	0.35	0.14	1.25	0.82
M_{Σ}	2.20	1.30	0.46	0.18	1.14	0.75

Asetelma 36 esittää erikokoisten tukkien ja erilaisen pinotavaran rannalle ja puomin taakse jäämisen taipumusta kuvaavia suhdelukuja Oulunjoen uitossa v. 1935. Aineistoa kerättäessä ei näet eritelty ruuhkiin ja kosteisiin jäänyttä puutavaraa muuta kuin tukkeihin ja pinotavaraan, joten asian lähempi tarkastelu tältä osalta täytyy jättää.

Rannoille on aineiston mukaan jäänyt hieman vähemmän pinotavaraa kuin tukkeja, ja tukkien suureneva koko on selvästi lisännyt niiden taipumusta jäädä rannalle. Kevyttä, tuulen mukana helposti kulkevaa 1-metristä pinotavaraa on jäänyt rannalle melkoista enemmän kuin 2-metristä.

Puomin taakse on tukkeja jäänyt hieman enemmän kuin pinotavaraa. Suureneva tukkien koko ja sen mukaan keskimäärin paraneva kellumiskyky on erittäin voimakkaasti vähentänyt puomin taakse menemisen taipumusta. Sama ilmiö esiintyy myös pinotavaralla. Huonommin kelluvia 1-metrisiä paperipuita on näet jäänyt puomin taakse melkoista enemmän kuin paremmin kelluvia 2-metrisiä puita.

Asetelma 37.

Kiehimänjoen uitto v. 1934.

Erikokoisten tukkien ja erilaisen pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut rannalle, puomin taakse, ruuhkaan ja kosteeseen jäännin perusteella.

	Tukit				Pinotavara		
		Läpimittaluokka			Kuusipaperipuut		Mänty-
	— 6″	7″—8″	9″—11″	12″ +	1 m	2 m	pinotavara
			Jäänti rannalle.				
M_{TP} ...	1.03	0.80	1.15	1.32	1.12	0.87	1.16
M_{Σ}	1.29	1.00	1.44	1.65	1.08	0.84	1.11
			Jäänti puomin taakse.				
M_{TP} ...	3.27	0.81	0.37	0.03	1.35	0.46	2.10
M_{Σ}	3.73	0.92	0.42	0.03	1.32	0.45	2.06
			Jäänti ruuhkaan.				
M_{TP} ...	1.36	0.93	0.89	1.21	1.17	0.81	1.22
M_{Σ}	1.73	1.18	1.13	1.54	1.12	0.78	1.17
			Jäänti kosteeseen.				
M_{TP} ...	1.00	1.01	1.17	0.15	1.32	0.64	1.48
M_{Σ}	2.24	2.26	2.62	0.34	1.07	0.52	1.20

Asetelma 37 esittää erilaisen puutavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien vaihtelua Kiehimänjoen uitossa v. 1934.

Tukkeja on tässäkin tapauksessa jäänyt rannalle suhteellisesti runsaammin kuin pinotavaraa. Tukkien suureneva koko on keski-

määrin lisännyt niiden rannalle jääntiä. Pienintä läpimittaluokkaa on tosin jäänyt rannalle hieman enemmän kuin lähinnä seuraavaa, mutta voi asiaan vaikuttaa se, että pienimmän läpimittaluokan tukit ovat jo aivan uiton lopulla, jolloin aineistoa kerättiin, olleet huomattavasti huonommin kelluvia kuin seuraavan läpimittaluokan tukit, jotka pääasiassa ovat jo tyvitukkeja.

Pinotavarasta on jäänyt rannalle suhteellisesti vähimmin 2-metrisiä paperipuita, kuten tavallisestikin. Mäntypinotavaraa ja 1-metrisiä paperipuita on jäänyt suhteellisesti yhtä paljon. Verrattaessa toisiinsa 2-metristen paperipuiden ja keskimäärin saman pituisen mäntypinotavaran taipumuksia jäädä rannalle, on todettava, että ne ovat suurin piirtein samassa suhteessa kuin Kemijoen uitossa v. 1934 (vrt. s. 61). Samoin on asianlaita 1-metrisen paperipuun kohdalla.

Puomin taakse on jäänyt suunnilleen samassa suhteessa tukkeja ja pinotavaraa. Tukkien suureneva koko on vähentänyt erittäin voimakkaasti niiden puomin taakse menoa. Pinotavarasta on mennyt puomin taakse vähimmin 2-metrisiä paperipuita ja eniten mäntypinotavaraa. Nämäkin negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut ovat suunnilleen samassa suhteessa toisiinsa kuin Kemijoella v. 1934.

Kosteeseen on jäänyt tukkeja melkoisesti enemmän kuin pinotavaraa. Tukkien koon vaikutus kosteeseen jääntiin ei käy suhdeluvuista ilmi, mutta pinotavaraa on jäänyt suhteellisesti sitä vähemmän, mitä paremmin kelluvaa se on.

4. Pohjois-Suomen uittotutkimustulosten yhdistelmä.

Edellä on käsitelty erilaisen puutavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien välisiä suhteita erikseen kullakin tutkitulla uittoväylällä. Kuten on nähty, vaihtelevat nämä suhteet moninaisesti riippuen väylien laadusta, vesisuhteista sekä monista muistakin tekijöistä. Kaikesta vaihtelusta huolimatta esiintyy erilaisen puutavaran negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavien suhdelukujen välillä kuitenkin määrätyn suuntaiset suhteet, joten edellä esitettyjen tutkimustulosten perusteella voidaan melkoisen varmasti päättää, onko jollakin puutavaran laadulla suuremmat vai pienemmät taipumukset aiheuttaa uittohäiriöitä kuin toisella. Lopullisten päätelmien tekoa varten esitetään seuraavissa kuvissa kaikkien tutkittujen väylien negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdelukujen keskiarvot graafisesti. — Jottei väylien huomattava erilaisuus tekisi suhdelukujen lopullisia keskiarvoja täysin sattumasta riippuviksi, ryhmitetään väylät aluksi kolmeen suuruus- eli uittokelpoisuusluokkaan ja kullekin tällaiselle luokalle määrätään omat negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdelukujen keskiarvot. Koska yksityisiä tapauksia keskiarvojen mää-

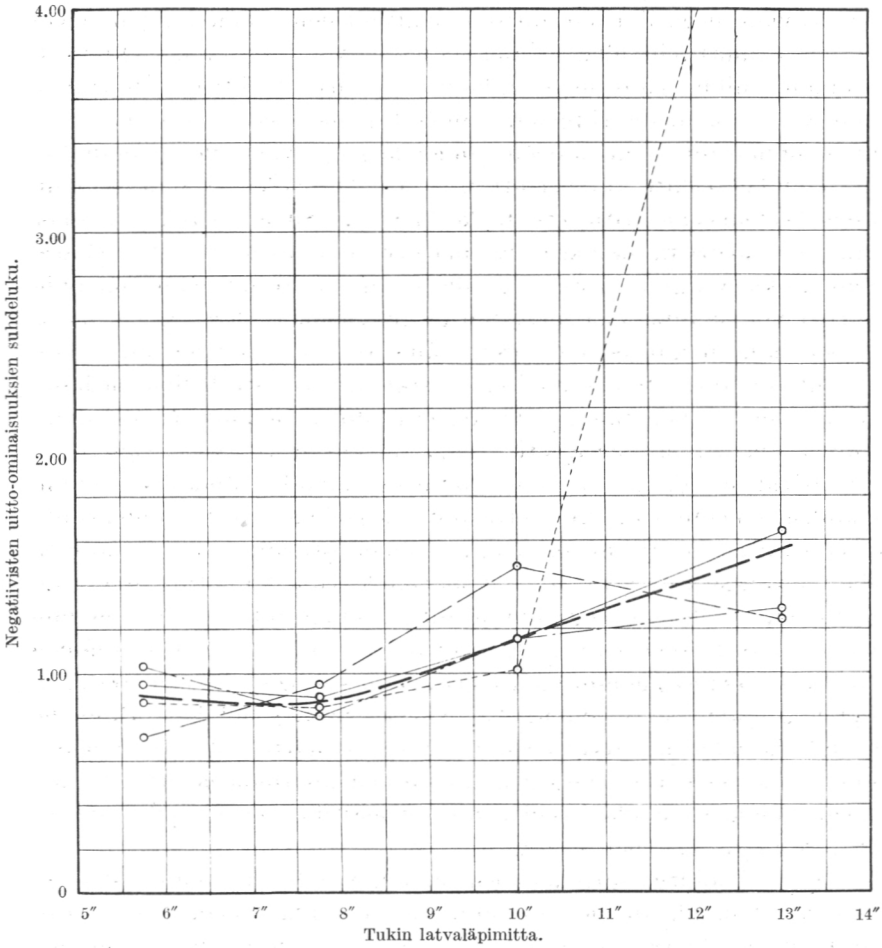
räämistä varten on kussakin ryhmässä vain muutamia, ei keskiarvojen matemaattinen määrääminen ole puolustettavissa, sillä yksikin syystä tai toisesta huomattavasti poikkeuksellinen arvo vaikuttaa keskiarvoon sangen voimakkaasti, ja keskiarvo voi siten muodostua melkoisesti toisenlaiseksi, kuin asian yleinen luonne edellyttäisi. Tämän epäkohdan välttämiseksi määrätään keskiarvot graafista tasoitusta käyttäen. Kunkin uittokelpoisuusryhmään kuuluvan väylän negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdelukujen arvot esitetään murtoviivoilla. Nämä murtoviivat osoittavat yhteisesti suunnan, mihin päin uittohankaluus yleensä vaihtelee uitettavan puutavaran laadusta riippuen. Siinä tapauksessa, että negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavien suhdelukujen arvot jollekin puutavaran laadulle keskittyvät verrattain suppealle alalle, käytetään lopullisena keskiarvona aritmeettista keskiarvoa. Siinä tapauksessa taas, että joku arvoista poikkeaa huomattavasti muista arvoista, määrätään keskiarvo graafisesti ottamalla huomioon resultoivan murtoviivan yleinen suunta sekä parhaiten keskittyneiden suhdelukujen arvot.

Sen jälkeen kun edellä esitetty alustava negatiivisten uitto-ominaisuuksien tarkastelu on tehty, verrataan eri uittokelpoisuusluokkaa olevien väylien tuloksia keskenään. Jotta tapausten vähälukuisuuden aiheuttama vaara, että tilapäiset olosuhteet ja sattuma vaikuttaisivat saatuihin tuloksiin, saataisiin, mikäli mahdollista, eliminoiduksi, menetellään siten, että niitä negatiivisia uitto-ominaisuuksia edustava aineisto, joiden määrä ei ilmeisesti riipu väylän laadusta eikä suuruudesta, käytetään kokonaisuudessaan lopputuloksen määräämiseen. Tällaisia negatiivisia uitto-ominaisuuksia ovat puomin taakse ja kosteeseen jäänti. Ei näet ole syytä olettaa, että erilainen puutavara menisi puomin taakse eri paljoussuhteessa väylän laadusta riippuen. Sama on asianlaita kosteeseen jääntiin nähden. Rannalle ja ruuhkiin jääntiin vaikuttaa sitävastoin huomattavasti väylän laatu, suuruus ja vesivarat. Verrattaessa keskenään tuloksia eri uittokelpoisuusluokkaa olevilla väylillä käy selvästi ilmi, että edellä sanottu pitää käytännössä paikkansa.

Väylien luokitus uittokelpoisuusluokkiin tehdään seuraavilla perusteilla. I luokkaan luetaan suuret ja vesirikkaat joet, joissa vesivarat uittoa silmällä pitäen ovat vähänkin veden aikana täysin riittävät. II luokkaan luetaan keskikokoiset, mutta kuitenkin uittoa silmällä pitäen aina riittävän runsasvetiset joet, ja III luokkaan joet, joiden vesivarat ovat niukat ja joissa uitto on keskikesällä veden vähyyden vuoksi hankalaa.

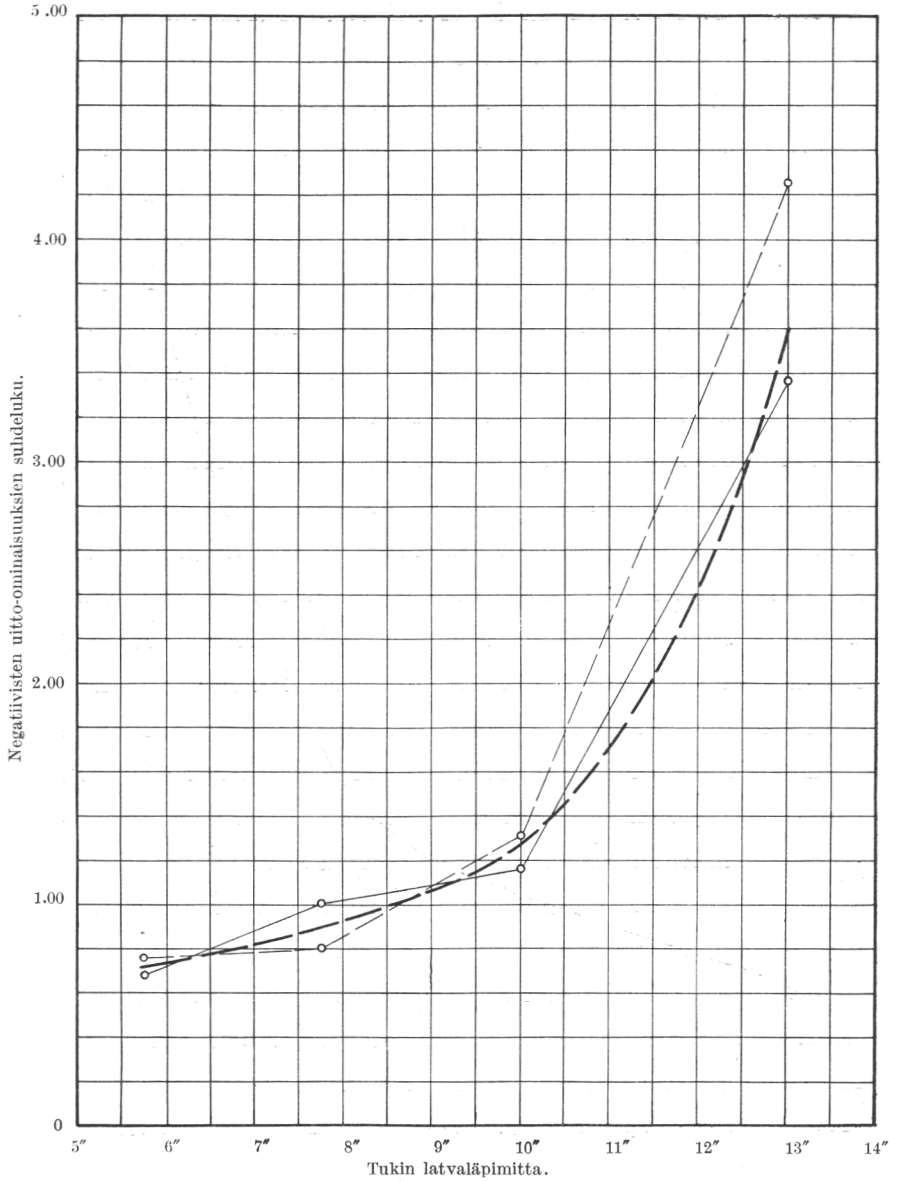
Eri luokkiin kuuluvat tutkitut joet jaoituksen mukaan seuraavasti: I Kemijoki, Oulunjoki, Kiehimänjoki, II Ounasjoki, Kitinen, III Meltausjoki, Raudanjoki, Iijoki.

Seuraavassa tarkastetaan aluksi, miten sahatukkien koko on vaikuttanut niiden negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhteelliseen määrään. Tarkastelu kohdistetaan tiettyyn negatiiviseen uitto-ominaisuuteen peräkkäin kussakin uittokelpoisuusluokassa. Seuraavat kuvat esittävät graafisesti erikokoisten tukkien rannalle jäämisen taipumusta erilaisilla väylillä.



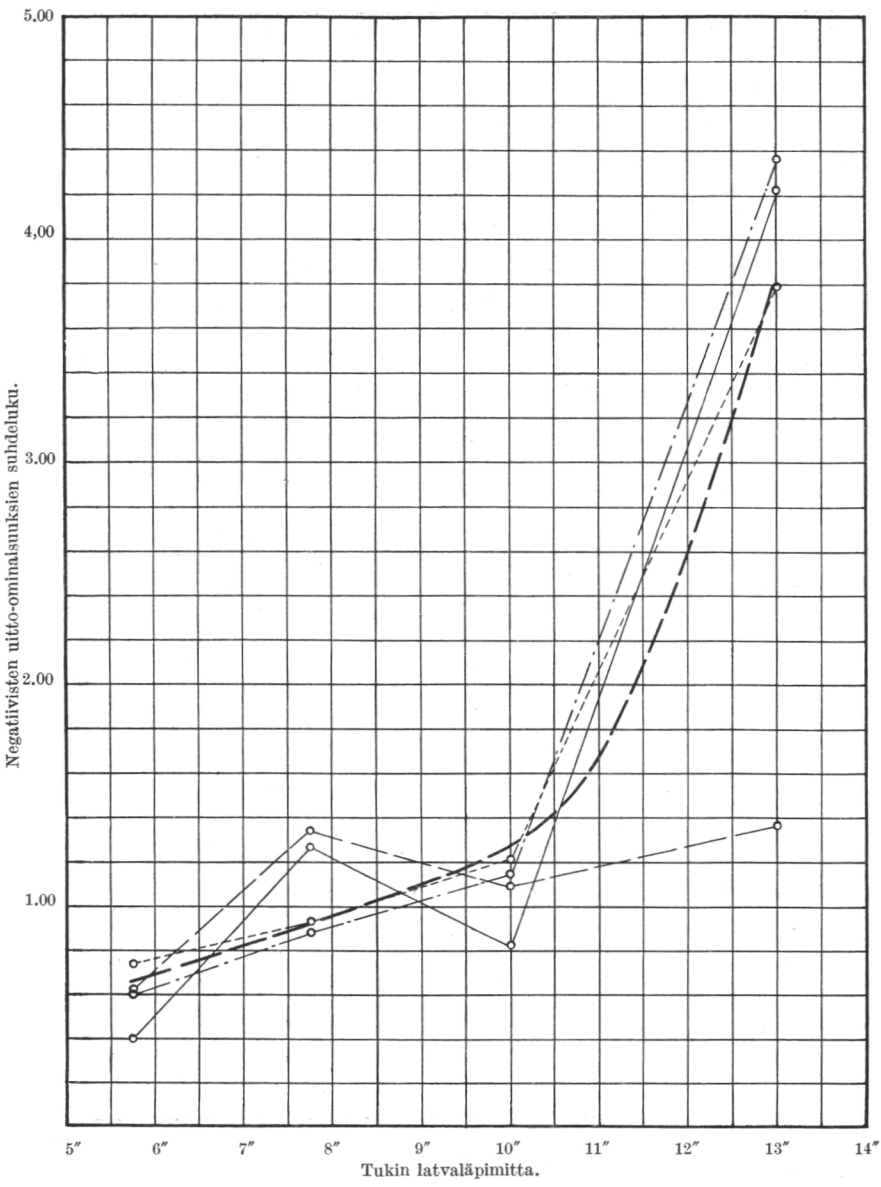
Kuva. 38. Eriläpimittaisten tukkien rannalle jäämisen taipumus I uittokelpoisuusluokan väylillä.

Kemijoki v. 1934 ———— Kiehimänjoki v. 1934 —·—·—·—
» » 1935 — — — Oulunjoki » 1935 — — — — —



Kuva 39. Eriläpimittaisten tukkien rannalle jäämisen taipumus II uittokelpoisuusluokan väylillä.

Ounasjoki v. 1934 ———— Kitinen v. 1934 — — —



Kuva 40. Eriläpimittaisten tukkien rannalle jäämisen taipumus III uittokelpoisuusluokan väylillä.

Meltausjoki yhteisuitto v. 1934 ———— Iijoki v. 1935 — — — — —
» yksityisuitto » 1934 —— —— —— Raudanjoki » 1934 ——·——·——

Kuvissa on suoritettu rannalle jäämisen taipumusta esittävien murtoviivojen graafinen tasoitus. Tasoituskäyrät on piirretty paksuilla katkoviivoilla. Erilaisten väylien tulosten vertailua varten esitetään asetelmassa 41 tasoituskäyriltä luetut rannalle jääntiä kuvaavat suhdeluvut muutamille läpimittaluokille.

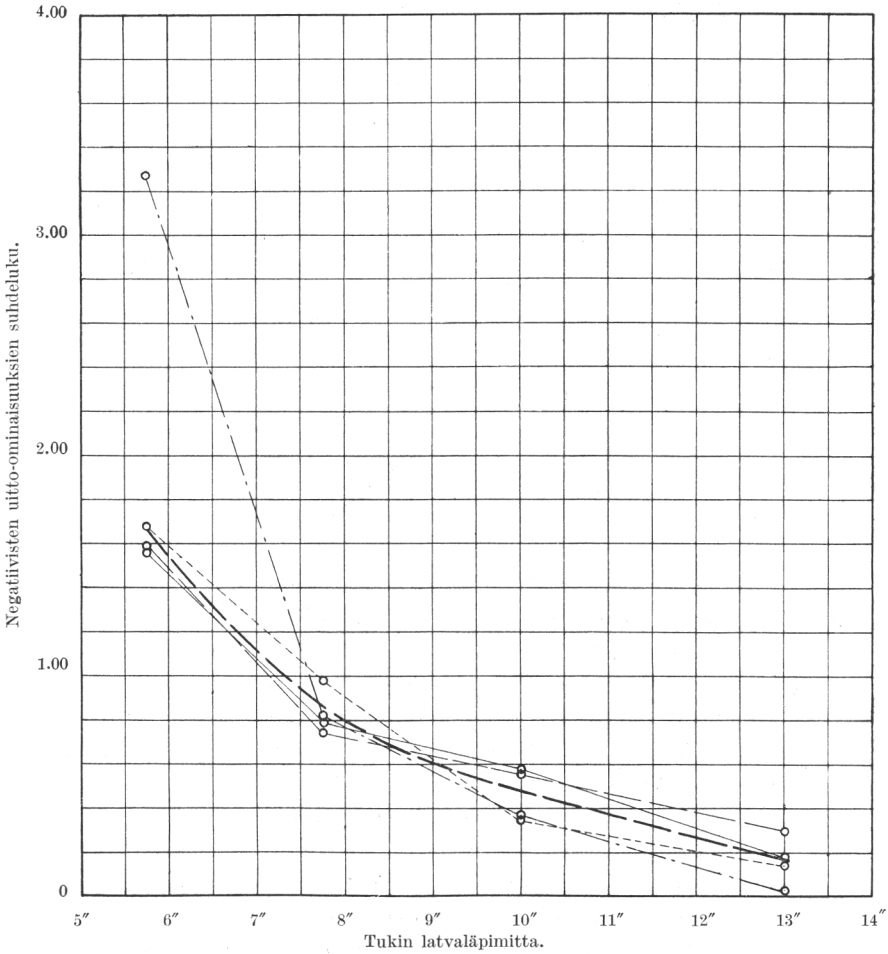
Asetelma 41.

Eriläpimittaisten tukkien rannalle jäämisen taipumusta kuvaavat suhdeluvut [1]) eri uittokelpoisuusluokkaa olevilla väylillä.

Väylän uittokelpoisuusluokka	Tukin latvaläpimitta 6″	8″	10″	12″
I	0.90	0.90	1.15	1.41
II	0.74	0.93	1.26	2.40
III	0.70	0.95	1.26	2.60
M_{II-III}	0.72	0.94	1.26	2.50

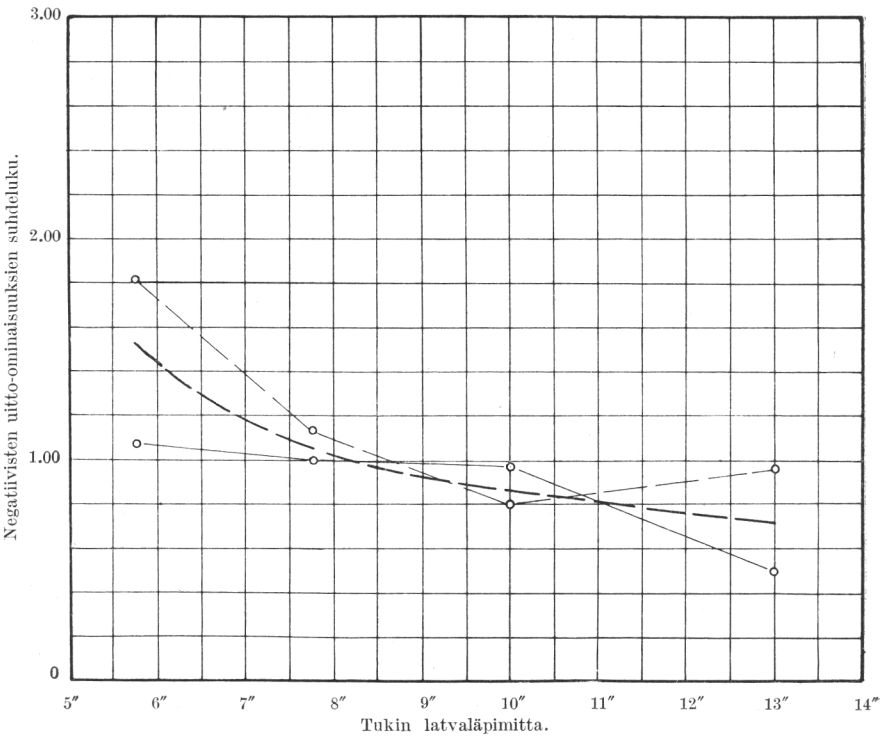
Asetelmasta nähdään, että I uittokelpoisuusluokan väylien suhdelukujen keskiarvot poikkeavat melkoisesti toisten uittokelpoisuusluokkien keskiarvoista. Viimeksi mainitut ovat sitävastoin käytännöllisesti katsoen yhtä suuret. On näin ollen ilmeistä, että II ja III luokan väylillä on erikokoisten tukkien rannalle jäänti suhteellisesti samanlainen. Tutkimuksen lopputuloksia laskettaessa käytetäänkin II ja III luokan uittoväylille rannalle jäämisen taipumusta kuvaavina suhdelukuina mainittujen uittokelpoisuusluokkien keskiarvoisia suhdelukuja, jotka on esitetty asetelman 41 alimmassa rivissä. — Asetelman luvut osoittavat, että mitä suurempi uittoväylä on, sitä vähemmän tukkien koko vaikuttaa niiden rannalle jäämisen taipumusta lisäävästi. Se johtuu etupäässä siitä, että suurilla uittoväylillä ovat rannat verrattain etäällä pääväylästä, ja suuret tukit, jotka tarkimmin seuraavat virran pääsuuntaa, joutuvat verrattain harvoin rantojen kanssa kosketuksiin. Pienet tukit kulkeutuvat sitävastoin helpommin tuulen mukana pois päävirrasta rantavesiin ja niillä on siten mahdollisuus tarttua kiinni rannalle. Vähäinen veden syvyys, jonka pienet tukit vaativat uidakseen, aiheuttaa kuitenkin sen, että kookkaita puita suurillakin väylillä jää suhteellisesti runsaammin rannoille kuin pieniä. Pienillä väylillä joutuvat kaikki puut

[1]) Tukkien negatiivisen uitto-ominaisuuden keskiarvoa edustava suhdeluku kussakin uittokelpoisuusluokassa = 1.00.



Kuva 42. Eriläpimittaisten tukkien puomin taakse jäämisen taipumus I uittokelpoisuusluokan väylillä.

Kemijoki v. 1934 ———— Kiehimänjoki v. 1934 —— - —— - ——
» » 1935 —— —— —— Oulunjoki » 1935 — — — — — —

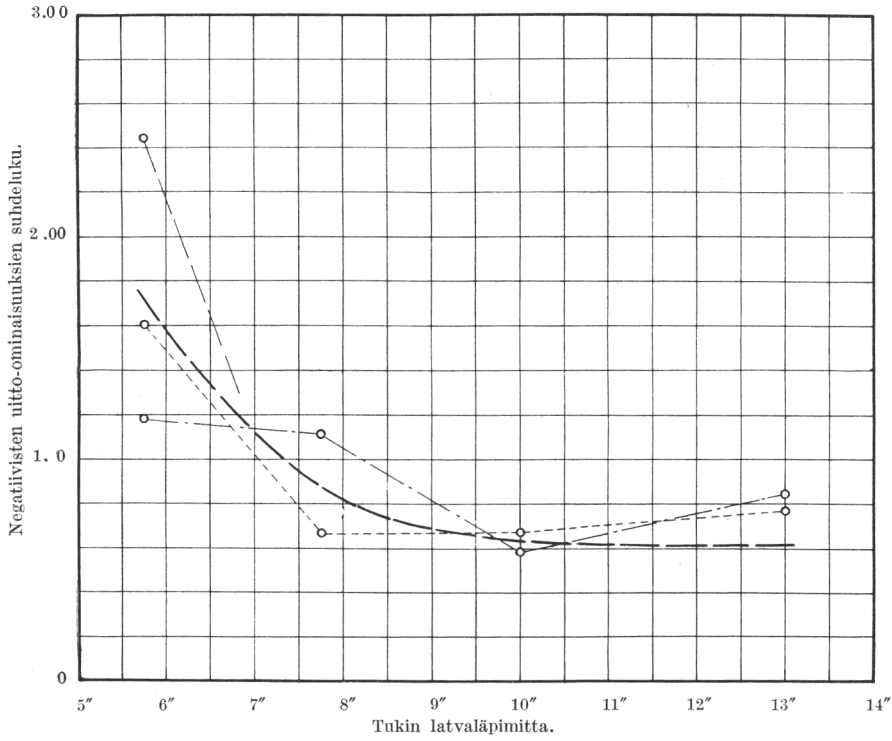


Kuva 43. Eriläpimittaisten tukkien puomin taakse jäämisen taipumus II uittokelpoisuusluokan väylillä.

Ounasjoki v. 1934 ———— Kitinen v. 1934 —·— —

helpommin rantojen kanssa kosketuksiin kuin suurilla, sillä vähäinenkin poikkeus päävirrasta vie ne jo rantavesille ja aiheuttaa siten mahdollisuuden puiden rannoille tarttumiseen. Uittoväylän kapasiteettiin verrattuna suuria puumääriä esiintyy myös helpommin pienillä kuin suurilla väylillä. Tavallista suuremman puumäärän kulkiessa väylässä, on osan puista pakko kulkea väylän reunaosissa ja näillä puilla on aina suuret mahdollisuudet joutua rannoille. Suman laiteille voi taas yhtä hyvin joutua pieniä kuin suuriakin puita, joten suurien puiden rannalle jäänti muodostuu tällöin suhteellisesti runsaammaksi kuin pienien.

Erikokoisten tukkien puomin taakse jääntiä vastaavia suhdelukuja esittävät kuvat 42, 43 ja 44.



Kuva 44. Eriläpimittaisten tukkien puomin taakse jäämisen taipumus III uittokelpoisuusluokan väylillä.

Meltausjoki, yksityisuitto v. 1934 —— —— ——
Iijoki v. 1935 — — — — — — Raudanjoki v. 1934 ——·——·——

Kuvat osoittavat selvästi, että puomin taakse jää sitä vähemmän puita mitä suurempia ne ovat. Asetelma 45 esittää tasoituskäyriltä luettuja eriläpimittaisten tukkien puomin taakse jäämisen taipumusta kuvaavia suhdelukuja eri uittokelpoisuusluokkien väylillä.

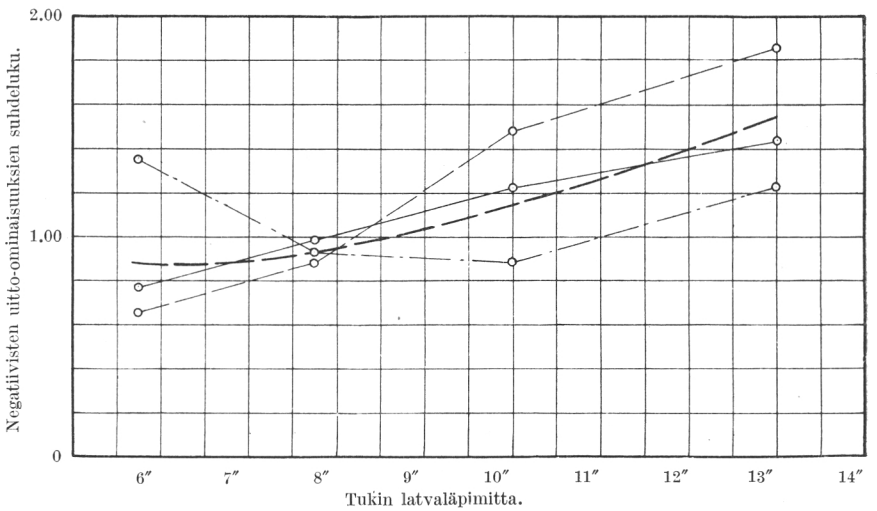
Asetelma 45.

Eriläpimittaisten tukkien taipumusta puomin taakse jäämiseen kuvaavat suhdeluvut eri uittokelpoisuusluokkaa olevilla väylillä.

Väylän uitto-kelpoisuusluokka	Tukin latvaläpimitta 6″	8″	10″	12″
I	1.56	0.80	0.49	0.24
II	1.44	1.02	0.87	0.72
III	1.56	0.81	0.62	0.60
M_{I-III}	1.52	0.88	0.66	0.52

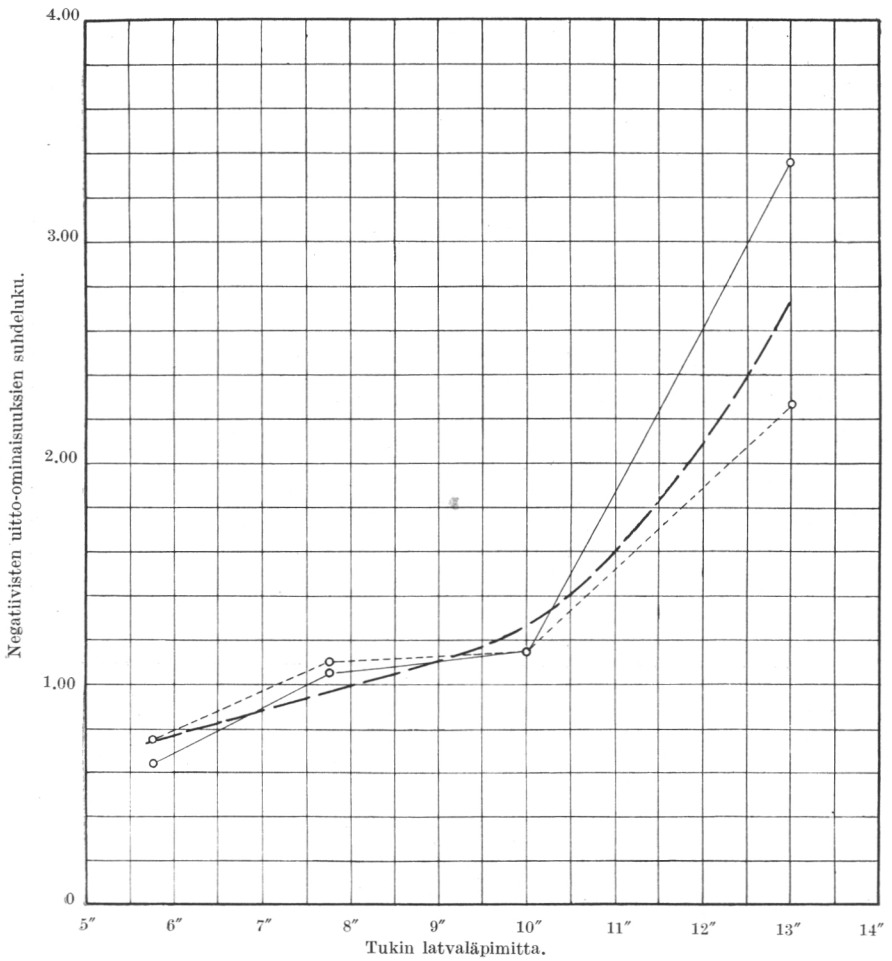
Eri uittokelpoisuusluokkien suhdelukusarjat poikkeavat hieman toisistaan. Eniten toisista poikkeava on II uittokelpoisuusluokan suhdelukusarja. Poikkeuksista huolimatta ovat suhdelukusarjat kuitenkin huomattavan yhdenmuotoiset; suurin poikkeus esiintyy 12″:n läpimittaluokassa, jossa puita on verrattain vähän, vain muutama % koko kappalemäärästä. Kun otetaan lisäksi huomioon, kuten jo edellä on mainittu, ettei millään syillä perustellen voida olettaa, että erikokoiset tukit menisivät eri paljoussuhteessa puomin alta erilaisilla väylillä, voitaneen pitää varmimpaan tulokseen johtavana, että kaikkien uittokelpoisuusluokkien väylille käytetään edellisen asetelman keskiarvoisia suhdelukuja kuvaamaan erikokoisten tukkien taipumusta puomin taakse jäämiseen. Suhdelukusarjassa esiintyvä suunta, että 6″ tukkeja on jäänyt puomin taakse suhteellisesti noin kaksi kertaa niin paljon kuin paksumpia puita, johtuu siitä, että 6″ puut, jotka ovat melkein 100 %:sesti latvatukkeja, kelluvat huomattavasti huonommin kuin paksummat tukit, joista pääosan muodostavat tyvitukit. Mitä huonommin taas puut kelluvat, sitä helpommin ne menevät tuulen ja virran painosta puomin alitse.

Kuvat 46, 47 ja 48 esittävät erikokoisten tukkien ruuhkaantumistaipumusta eri uittokelpoisuusluokkaa olevilla väylillä. Kuten rannalle jäänti, lisääntyy ruuhkaantumistaipumuskin puiden koon suurentuessa. Asetelma 49 esittää tasoitussuorien mukaisia ruuhkaantumistaipumus-suhdelukuja.



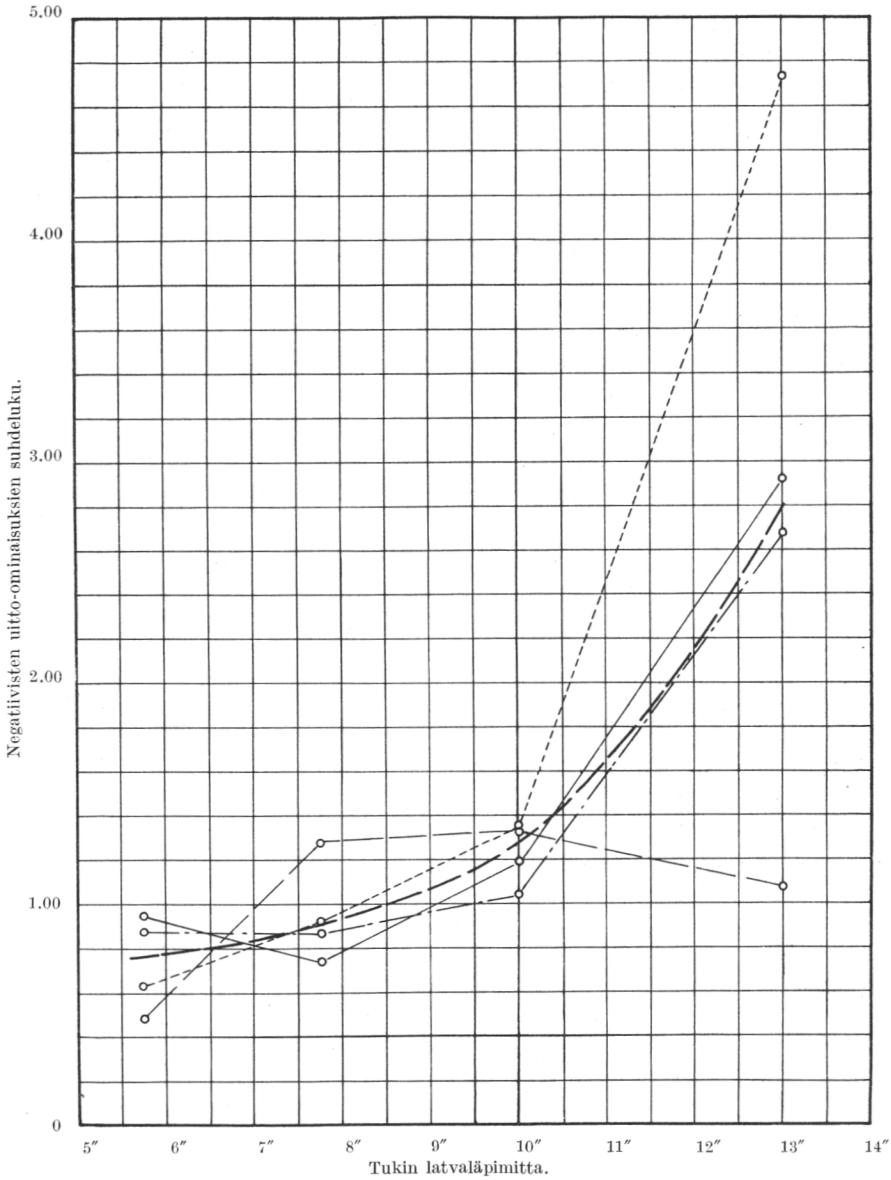
Kuva 46. Eriläpimittaisten tukkien ruuhkaan jäämisen taipumus I uittokelpoisuusluokan väylillä.

Kemijoki v. 1934 ———— ja v. 1935 — — —
Kiehimänjoki v. 1934 — · — · —



Kuva 47. Eriläpimittaisten tukkien ruuhkaan jäämisen taipumus II uittokelpoisuusluokan väylillä.

Ounasjoki v. 1934 ———— Kitinen v. 1934 — — — — —



Kuva 48. Eriläpimittaisten tukkien ruuhkaan jäämisen taipumus III uittokelpoisuusluokan väylillä.

Meltausjoki, yhteisuitto v. 1934 ——————— Iijoki v. 1935 — — — — — —
» yksityisuitto » 1934 — — — — Raudanjoki » 1934 —·——·——

Asetelma 49.

Eriläpimittaisten tukkien ruuhkaantumistaipumusta kuvaavat suhdeluvut eri uittokelpoisuusluokkaa olevilla väylillä.

Väylän uittokelpoisuusluokka	Tukin latvaläpimitta 6″	8″	10″	12″
I	0.88	0.95	1.15	1.40
II	0.76	1.00	1.16	2.09
III	0.76	0.95	1.15	2.14
M_{II-III}	0.76	0.97	1.15	2.12

Kuten erikokoisten tukkien rannalle jäämisen taipumusta tarkastettaessa huomattiin, huomataan tässäkin, että I uittokelpoisuusluokan väylien suhdeluvut poikkeavat oleellisesti toisten väylien suhdeluvuista. Läpimitan vaikutus ruuhkaantumistaipumukseen on näet melkoista pienempi kuin pienemmillä uittoväylillä. II ja III luokan väylien suhdelukusarjat ovat käytännöllisesti katsoen samat. Tämän vuoksi käytetäänkin loppulaskelmissa näiden väylien suhdelukusarjojen keskiarvoa kuvaamaan erikokoisten tukkien ruuhkaantumistaipumusta sekä II että III uittokelpoisuusluokan väylille.

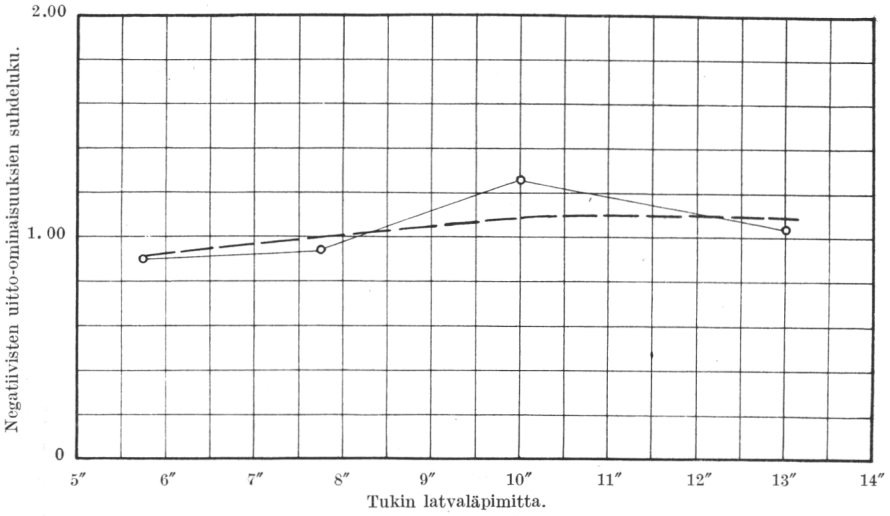
Syynä siihen, että puiden läpimitta vaikuttaa sitä vähemmän ruuhkaantumistaipumukseen, mitä suurempi väylä on kysymyksessä, on se, että suurien väylien ruuhkat ovat tavallisesti myös suuria ja niihin tarttuu suunnilleen yhtä hyvin kaikenkokoisia puita, sen jälkeen kun ruuhkaantuminen on päässyt alkuun. Pienillä väylillä taas esiintyy huomattavassa määrin matalikoilla ja kivikoissa ruuhkia, joihin veden vähyyden vuoksi tarttuu vain kookkaita puita.

Erikokoisten tukkien taipumusta kosteeseen jäämiseen koskeva aineisto on siksi hajanainen, ettei sitä voida jakaa eri uittokelpoisuusluokkiin kuuluvien väylien kesken. Aineistossa esiintyy näet väyliä, joissa kosteessa on ollut vain muutamia puita, ja täten niiden läpimitan jakaantuminen on luonnollisesti suuresti sattuman varassa. Jotta joka tapauksessa saataisiin jonkinlainen kuva tukkien koon vaikutuksesta niiden kosteeseen jääntiin, valitaan aineistosta kaikki ne väylät, joissa kosteisiin on jäänyt siinä määrin puita, että kaikkien läpimittaluokkien tukkeja esiintyy, ja lasketaan näiden väylien kosteeseen jääntiä kuvaavien suhdelukujen keskiarvot. Suhdelukusarja on seuraavan asetelman mukainen.

Asetelma 50.

Eriläpimittaisten tukkien kosteeseen jäämisen taipumusta kuvaavat keskimääräiset suhdeluvut.

Tukin latvaläpimitta	— 6″	7″—8″	9″—11″	12″ +
Suhdelukujen keskiarvot	0.91	0.94	1.26	1.04



Kuva 51. Eriläpimittaisten tukkien keskimääräinen kosteeseen jäämisen taipumus I, II ja III uittokelpoisuusluokan väylillä.

Asetelman suhdeluvut on esitetty kuvassa 51 graafisesti ja suoritettu samalla niiden graafinen tasoitus. Tasoituskäyrän mukaiset kosteeseen jääntiä kuvaavat suhdeluvut ovat seuraavat:

Tukin latvaläpimitta	6″	8″	10″	12″
Tasoitetut suhdeluvut	0.92	1.00	1.09	1.09

Erikokoisten puiden kosteeseen jääntiä on sivulla 65 teoreettisesti tarkastettu, joten siihen ei ole tässä enää syytä puuttua, varsinkin kun kysymys tulee vielä esille tukkien ja pinotavaran suhteellista uittohankaluutta käsiteltäessä.

Edellä esitetyt erikokoisten tukkien negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavat suhdeluvut eivät sellaisenaan vielä osoita, missä määrin minkin kokoinen tukki aiheuttaa uittohäiriöitä samalla väylällä uitettuihin toisen kokoisiin tukkeihin verraten. Tämän seikan selvittämiseksi on otettava huomioon, missä määrin minkinlaisia uittohäiriöitä keskimäärin eri uittokelpoisuusluokkaa olevilla väylillä esiintyy. Tätä selitystä varten on jo aikaisemmin aineiston perusteella laskettu, missä %-suhteessa uiton muasta jääneet tukit ovat jakaantuneet eri jääntipaikkojen kesken kullakin tutkitulla väylällä (Taulukko 27). Seuraavassa lasketaan näiden %-lukujen perusteella keskiarvoiset %-luvut kunkin uittokelpoisuusluokan väylille. Asetelma 52 esittää näitä %-lukuja.

Asetelma 52.

Uiton muasta jääneiden tukkien %:nen keskimääräinen jakaantuminen eri jääntipaikkojen kesken eri uittokelpoisuusluokkiin kuuluvilla väylillä.

Väylän uittokelpoisuus-luokka	Jääntipaikan %:nen osuus koko jääneestä tukkimäärästä			
	Rannalle	Puomin taakse	Ruuhkaan	Kosteeseen
I	36.9	7.7	45.4	10.0
II	43.1	2.9	51.4	2.6
III	10.8	0.2	88.3	0.7

Asetelman %-luvut osoittavat, että puiden suhteellinen rannalle jäänti pienenee yleensä väylän pienentyessä. Se johtuu siitä, että ruuhkaantuminen lisääntyy voimakkaasti ja rannalle jääneiden puiden suhteellinen määrä siten pienenee. Puomin taakse ja kosteeseen jää myös suhteellisesti sitä vähemmän puita, mitä pienempi väylä on. Puomitusten ja kosteitten vähäisyys on syynä ilmiöön.

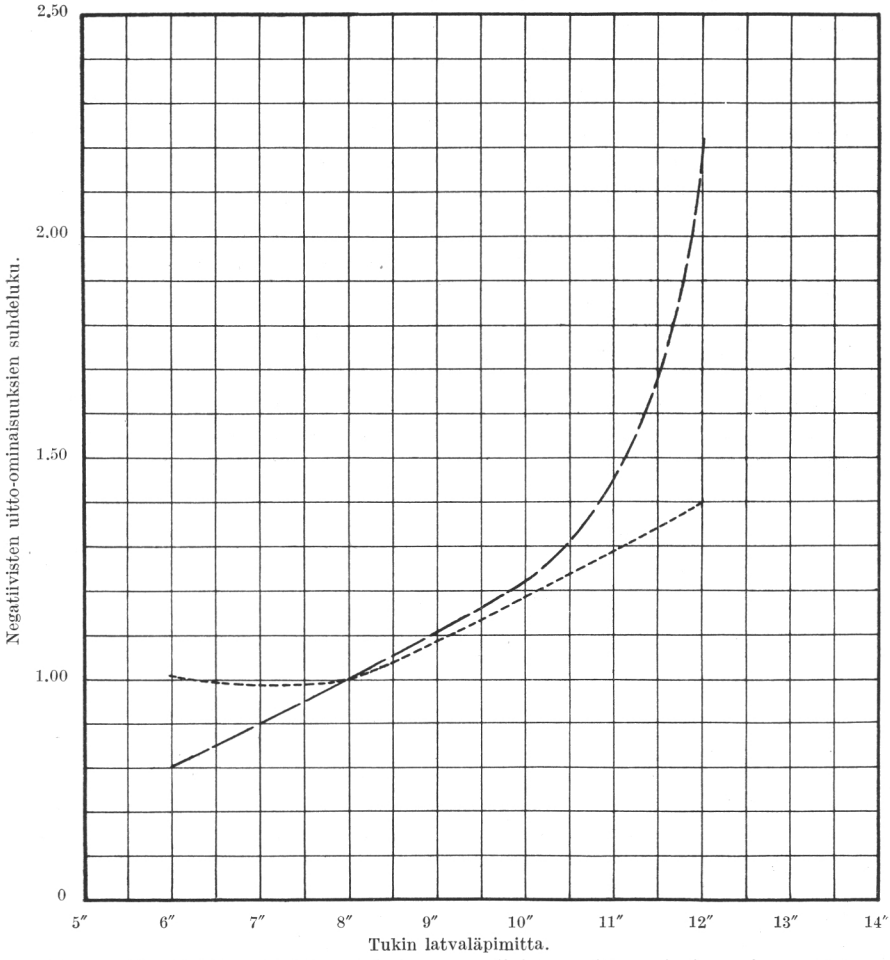
Sen seikan selville saamiseksi, missä määrin erikokoiset tukit aiheuttavat keskimäärin uittohäiriöitä eri uittokelpoisuusluokkaa olevilla väylillä, täytyy rannalle, puomin taakse, ruuhkaan ja kosteeseen jääntiä kuvaaville suhdelukusarjoille laskea punnitut keskiarvosarjat, käyttäen painolukuina asetelmassa 52 olevia %-lukuja. Siten menetellen saadaan suhdelukusarjat, joissa vertaus tapahtuu läpimitaltaan sellaiseen tukkiin, jonka aiheuttama uittohäiriöiden määrä vastaa aineiston mukaista tukkien keskimääräistä uittohäiriöiden määrää. Vertauskohta, ts. sellaisen tukin läpimitta, jonka aiheuttamaan uittohäiriöiden määrään vertaus tehdään, ei tässä tapauksessa ole vakio, vaan jää riippuvaksi siitä, millainen uitettavan tukkimäärän läpimittajakaantuminen on. Tällaiset suhdelukusarjat, vaikkakin ne kuvaavat eripaksuisten tukkien aiheuttamien uittohäiriöiden suhteellista määrää, ovat hankalia käyttää. Jotta suhdelukusarjat olisivat käyttökelpoisia, tulee niiden osoittaa uittohäiriöiden suhteellista määrää määrätynläpimittaisen tukin aiheuttamaan uittohäiriön määrään. Vertausläpimitaksi on Pohjois-Suomessa sopiva valita 8″ latvaläpimittainen tukki, sillä se vastaa suunnilleen keskikokoista tukkia. Edellä esitetyllä tavoin saadut suhdelukusarjat muunnetaan siis sellaisiksi, että 8″ tukin uittohäiriösuhdeluvuksi otetaan 1.00 ja muut suhdeluvut kerrotaan osamäärällä, jonka osoittaja on 1 ja nimittäjä alkuperäisen suhdelukusarjan 8″ tukkia vastaava suhdeluku. Täten menetellen saadaan seuraavat uittohäiriöiden määrää kuvaavat suhdeluvut:

Asetelma 53.

Eriläpimittaisten tukkien aiheuttamien uittohäiriöiden määrää kuvaavat suhdeluvut eri uittokelpoisuusluokkaa oleville väylille. (Vertaus tehty 8″ latvaläpimittaisen tukin aiheuttamaan uittohäiriöiden määrään.)

Väylän uitto-kelpoisuusluokka	Tukin latvaläpimitta 6″	8″	10″	12″
I	1.01	1.00	1.19	1.40
II	0.82	1.00	1.24	2.27
III	0.79	1.00	1.20	2.23
M_{II-III}	0.80	1.00	1.22	2.25

II ja III uittokelpoisuusluokan väylien suhdelukusarjat ovat siinä määrin samat, ettei ole mitään syytä käyttää omaa sarjaansa molem-



Kuva. 54. Eriläpimittaisten tukkien negatiivisten uitto-ominaisuuksien määrä eri uitto-kelpoisuusluokkien väylillä (vertaus tehty 8″ tukkiin).

I ---------- II–III — — — —

pien uittokelpoisuusluokkien väylille, vaan lasketaan sarjojen keskiarvo ja käytetään sitä molemmille väylille. Keskiarvosarja on asetelman alimmassa rivissä.

Kuva 54 esittää asetelman 53 mukaisia suhdelukusarjoja graafisesti ja nähdään siitä selvästi, että tukkien läpimitan vaikutus uittohäiriöiden määrään on huomattavasti voimakkaampi pienillä kuin suurilla väylillä. Syynä siihen, että pienet tukit ovat suurilla väylillä suhteellisesti epäedullisempia kuin pienillä väylillä, on pienien tukkien runsas puomin taakse jäänti. Suurilla väylillä on näet aina runsaasti puomituksia ja muut uittohäiriöt ovat vähäisiä. Siten vaikuttaa pienien tukkien puomin taakse jäänti huomattavan voimakkaasti niiden uittohäiriöiden suhteelliseen kokonaismäärään. Suurien tukkien ollessa kysymyksessä pienentää taas niiden vähäinen puomin taakse jäänti uittohäiriöiden kokonaismäärää. Pienillä väylillä ratkaisee uittohäiriöiden määrän rannalle ja ruuhkaan jäänti, ja nämä molemmat uittohäiriöt lisääntyvät puiden suurentuessa. Sen vuoksi lisääkin tukkien suureneva koko uittohäiriöiden määrää pienillä väylillä voimakkaasti.

Seuraavassa tarkastetaan erilaisen pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdetta tukkien vastaavien ominaisuuksien määrään sekä lisäksi pinotavaran laadun vaikutusta sen negatiivisiin uitto-

Taulukko 55.

Tukkien ja pinotavaran negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavat keskimääräiset suhdeluvut eri uittokelpoisuusluokkaa olevilla väylillä.

	Uittoväylä ja uittokelpoisuusluokka	Negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavat suhdeluvut		Tukkien %:nen osuus uitetun puutavaran kpl-määrästä
		Tukit	Pinotavara	
I luokka	Kemijoki 1934	1.21	0.92	27.6
	» 1935	1.27	0.90	27.8
	Oulunjoki 1935	1.18	0.94	22.3
	Kiehimänjoki 1934	1.52	0.92	13.3
	Keskimäärin	1.29	0.92	22.8
II luokka	Ounasjoki 1934	2.36	0.72	16.9
	Kitinen 1934	1.24	0.92	23.9
	Keskimäärin	1.80	0.82	20.4
III luokka	Raudanjoki 1934	1.58	0.82	23.9
	Meltausjoki, yhteisuitto 1934	1.22	0.86	39.5
	» yksityis » 1934	2.64	0.95	1.4
	Iijoki 1935	4.10	0.69	9.1
	Keskimäärin	2.38	0.83	18.5

ominaisuuksiin. Aluksi tarkastetaan pinotavaran keskimääräistä taipumusta aiheuttaa uittohäiriöitä tukkeihin verrattuna eri uittokelpoisuusluokkaa olevilla väylillä.

Taulukko 55 osoittaa, että sahatukit ovat kaikilla uittoväylillä aiheuttaneet keskimäärin suhteellisesti enemmän uittohäiriöitä kuin pinotavara. Lisäksi osoittaa taulukko, että tukkien aiheuttama uittohäiriöiden määrä on suhteellisesti sitä suurempi, mitä pienempi ja vähävetisempi väylä on (V u o r i s t o 1932). Samoin on tukkien aiheuttama uittohäiriöiden määrä suhteellisesti sitä suurempi, mitä vähemmän niitä on uitettu pinotavaraan verraten.

Seuraavassa tarkastetaan yksityiskohtaisesti, millaisia uittohäiriöitä erilainen pinotavara on aiheuttanut ja verrataan uittohäiriöiden määrää tukkien keskimäärin aiheuttamiin häiriöihin. Taulukko 56 esittää puutavaran taipumusta rannalle jäämiseen kuvaavia suhdelukuja eri uittokelpoisuusluokkaa olevilla väylillä. Koska taulukon keskiarvoja määrättäessä ei ole voitu käyttää graafista menettelytapaa, on keskiarvo laskettu punnittuna keskiarvona siten, että ääriarvoille on annettu painoluku 1 ja toisille arvoille 2. Siten menetellen on pyritty lieventämään eniten poikkeavien arvojen vaikutusta keskiarvoon, jättämättä niitä kuitenkaan huomioon ottamatta.

Taulukko 56.

Tukkien ja erilaisen pinotavaran rannalle jääntiä kuvaavat suhdeluvut eri uittokelpoisuusluokkaa olevilla väylillä.

Väylän uittokelpoisuusluokka	Tukit	Kuusipaperipuut		Mänty-pinotavara 2 m	2-metrinen pinotavara yhteensä
		1 m	2 m		
I	1.15	1.34	0.80	1.23	0.85
II	1.28	0.94	0.85	1.30	0.90
III	1.96	0.54	0.57	0.88	0.61

Taulukko 56 osoittaa, että pinotavaran rannalle jäänti käy suhteellisesti sitä vähäisemmäksi, mitä pienempi uittoväylä on kysymyksessä. I luokan uittoväylillä on 1-metristä paperipuuta, joka on ollut suunnilleen kaikki tuoretta tavaraa, sekä samoin mäntypinotavaraa, joka puun laadusta johtuen kelluu melkoista huonommin kuin kuusitavara, jäänyt rannalle runsaammin kuin tukkeja. II ja III luokan väylillä on suhde jo kuitenkin päinvastainen.

Keskiarvoisina suhdelukuina 2-metriselle kuusi- ja mäntypinotavaralle käytetään suhdelukuja, jotka on saatu siten, että eri uittokelpoisuusluokkaa olevien väylien suhdeluvut on kerrottu 2-metrisen

pinotavaran yhteisen suhdeluvun keskiarvon ja kysymyksessä olevan uittokelpoisuusluokan vastaavan suhdeluvun osamäärällä.

Taulukko 57.

Tukkien ja erilaisen pinotavaran puomin taakse jääntiä kuvaavat suhdeluvut eri uittokelpoisuusluokkaa olevilla väylillä.

Väylän uitto-kelpoisuusluokka	Tukit	Kuusipaperipuut		Mänty-pinotavara 2 m	2-metrinen pinotavara yhteensä
		1 m	2 m		
I	1.04	1.76	0.46	1.86	0.81
II	2.04	0.80	0.42	1.68	0.73
III	1.73	1.36	0.37	1.49	0.65
M_{I-III}	1.60	1.31	0.42	1.68	0.73

Taulukon 57 puomin taakse jääntiä kuvaavat suhdeluvut poikkeavat eri uittokelpoisuusluokkaa olevilla väylillä melkoista enemmän kuin erikokoisten tukkien vastaavat suhdeluvut (s. 84). Koska suhdelukujen vaihtelu ei kuitenkaan osoita määrättyä suuntaa väylien uittokelpoisuudesta riippuen, kuten ei ole otaksuttavissakaan, käytetään lopputuloksien laskemiseen kaikilla uittokelpoisuusväylillä taulukon alimmassa rivissä olevia suhdelukujen keskiarvoja.

Taulukko 58.

Tukkien ja erilaisen pinotavaran ruuhkaan jääntiä kuvaavat suhdeluvut eri uittokelpoisuusluokkaa olevilla väylillä.

Väylän uitto-kelpoisuusluokka	Tukit	Kuusipaperipuut		Mänty-pinotavara 2 m	2-metrinen pinotavara yhteensä
		1 m	2 m		
I	1.27	1.29	0.71	1.17	0.83
II	2.00	0.78	0.67	1.10	0.78
III	3.08	0.78	0.55	0.91	0.64

Taulukon 58 suhdeluvut osoittavat, että I luokan uittoväylillä ovat tukit, 1-metriset paperipuut ja 2-metrinen mäntypinotavara ruuhkaantunut suhteellisesti suunnilleen yhtä paljon. Ainoastaan 2-metriset paperipuut ovat ruuhkaantuneet huomattavasti vähemmän kuin toiset puutavaralajit. II ja III luokan väylillä on pinotavaran ruuhkaantuminen kokonaisuudessaan huomattavasti vähäisempi kuin tukkien, ja eroitus suurentuu huomattavasti väylän pienentyessä.

Taulukko 59 esittää erilaisen puutavaran kosteeseen jääntiä kuvaavia suhdelukuja.

Taulukko 59.

Tukkien ja erilaisen pinotavaran kosteeseen jääntiä kuvaavat suhdeluvut eri uittokelpoisuusluokkaa olevilla väylillä.

Väylän uittokelpoisuusluokka	Tukit	Kuusipaperipuut		Mänty-pinotavara 2 m	2-metrinen pinotavara yhteensä
		1 m	2 m		
I	1.61	1.07	0.56	1.18	0.72
II	2.06	0.31	0.72	1.52	0.93
III	1.42	0.89	0.86	1.82	1.11
M_{I-III}	1.69	0.78	0.71	1.51	0.92

Väylän uittokelpoisuusluokan ja määrätyn puutavaralajin kosteeseen jäämisen taipumuksen välillä ei ole huomattavissa selvää korrelatiota. Sitävastoin osoittavat suhdeluvut, että tukkeja on jäänyt kosteisiin kaikilla uittokelpoisuusluokkien väylillä melkoista enemmän kuin pinotavaraa. Lisäksi on huomattava, että 1-metristen puiden jäänti kosteisiin on jonkin verran vähäisempää kuin 2-metristen. Onkin näin ollen ilmeistä, kuten jo erikokoisten tukkien kosteisiin jääntiä tarkastettaessakin kävi ilmi, että kosteisiin jää sitä vähemmän puutavaraa, mitä pienempää se on. Tutkimuksen lopputulosta laskettaessa käytetään kosteeseen jääntiä kuvaavina suhdelukuina taulukon 59 alimmassa rivissä olevia suhdelukujen keskiarvoja.

Edelliset asetelmat kuvaavat, missä määrin tukit ja pinotavara aiheuttavat uittohäiriöitä rannalle, puomin taakse, ruuhkaan ja kosteeseen jäännin muodossa eri uittokelpoisuusluokkaa olevilla väylillä. Mainittujen puutavaran laatujen keskimääräisen uittohankaluuden määräämistä varten eri uittokelpoisuusluokkien väylillä on laskettava punnitut negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavat suhdelukusarjat käyttäen painolukuina %-lukuja, jotka osoittavat eri uittohäiriöiden suhteellista keskiarvoista määrää eri uittokelpoisuusluokkien väylillä. %-luvut ovat asetelman 60 mukaiset.

Asetelma 60.

Uiton muasta jääneen puutavaran suhteellinen jakaantuminen eri jääntipaikkojen kesken eri uittokelpoisuusluokkien väyiillä.

Uittokelpoisuusluokka	Uittohäiriön laatu			
	Rannalle	Puomin taakse	Ruuhkaan	Kosteeseen
I	39.3 %	8.0 %	44.3 %	8.4 %
II	48.5 »	2.6 »	47.2 »	1.7 »
III	13.1 »	0.5 »	85.5 »	0.9 »

Punnitsemalla taulukkojen 56, 57, 58 ja 59 suhdelukusarjat asetelman 60 %-luvuilla saadaan taulukon 61 mukaiset keskimääräiset suhdeluvut kuvaamaan puutavaralajien aiheuttamaa uittohäiriöiden määrää eri uittokelpoisuusluokkiin kuuluvilla väylillä.

Taulukko 61.

Tukkien ja pinotavaran aiheuttamaa keskimääräistä uittohäiriöiden määrää kuvaavat suhdeluvut eri uittokelpoisuusluokkiin kuuluvilla väylillä.

Väylän uitto-kelpoisuusluokka	Tukit	Kuusipaperipuut		Mänty-pinotavara 2 m	2-metrinen pinotavara yhteensä
		1 m	2 m		
	Vertausperusteena keskim. uittohäiriöiden määrä				
I	1.28	1.27	0.72	1.26	0.84
II	1.64	0.87	0.75	1.22	0.84
III	2.91	0.75	0.55	0.92	0.64
	Vertausperusteena tukkien aiheuttama uittohäiriöiden määrä				
I	1.00	0.99	0.56	0.98	0.66
II	1.00	0.53	0.46	0.74	0.51
III	1.00	0.26	0.19	0.32	0.23

Taulukon 61 suhdeluvut osoittavat, että sahatukit, 1-metriset kuusipaperipuut ja 2-metrinen mäntypinotavara ovat aiheuttaneet I uittokelpoisuusluokkaa olevilla väylillä käytännöllisesti katsoen yhtä paljon uittohäiriöitä. 2-metrisen kuusipaperipuun aiheuttamien uittohäiriöiden määrä on sitävastoin huomattavasti pienempi. Uittoväylän pienentyessä lisääntyy tukkien uittohankaluus nopeasti pinotavaraan verrattuna, ja samalla pienenee myös eroitus pinotavaran eri laatujen aiheuttamien uittohäiriöiden välillä. Edellä esitettyihin tuloksiin vaikuttaa lähinnä kolme syytä. Tukkien koko ja kuorimattomuus aiheuttavat, että ne jäävät rannalle ja ruuhkaan runsaammin kuin pinotavara, ja pienillä väylillä, joilla mainitut uittohäiriöt ovat määrältään ratkaisevat, muodostuu kuorimattomien tukkien uitto huomattavasti hankalammaksi kuin pinotavaran uitto. Pinotavaran eri laatujen aiheuttamien uittohäiriöiden määrissä esiintyvä eroitus johtuu niiden erilaisesta kellumiskyvystä. 2-metriset kuusipaperipuut ovat olleet noin puoleksi kuivia, siis edellisenä kesänä tehtyjä, mutta 1-metriset ovat olleet tuoreita, uittoa edeltäneen talven aikana tehtyjä. Lisäksi on huomattava, että puiden jatkuvaan kellumiskykyyn vaikuttaa myös puiden pituus. Mitä lyhyempiä puut ovat, sitä nopeammin ne imevät vettä poikkileikkauspintojen kautta ja menettävät kellumiskykynsä. Mäntypinotavaran suhteellisen epäedulliset negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut aiheuttaa pääasiassa se, että mänty on kuusta raskaampi puulaji, ja että melkoi-

nen määrä mäntypinotavarasta tehdään tukkipuiden latvuksista, joka osa on rungon raskainta puuta. Verrattaessa toisiinsa tukkien ja pinotavaran aiheuttamaa uittohäiriöiden määrää on myös joka tapauksessa pidettävä mielessä puiden erilainen kuorinta-aste. Paitsi pinnan karkeuteen vaikuttaa puiden kuorinta myös niiden kuivumiseen, vaikkapa puut olisivatkin talvitekoa.

Taulukossa 61 esitetyt suhdelukusarjat kuvaavat erilaisen puutavaran aiheuttamaa uittohäiriöiden määrää verrattuna koko uitettavan puutavara-erän keskimäärin aiheuttamaan uittohäiriöiden määrään. Kuten edelläkin tukkien uittoa erikseen tarkastettaessa tehtiin, muunnetaan nämäkin suhdelukusarjat sellaisiksi, että vertaus tehdään 8″ tukin aiheuttamaan uittohäiriöiden määrään. Taulukossa 61 olevan tukkien negatiivisia uitto-ominaisuuksia keskimäärin kuvaavan suhdeluvun tilalle otetaan vertausluvuksi vastaava 8″ tukkien suhdeluku. Eri uittokelpoisuusluokkaa olevilla väylillä ovat nämä suhdeluvut 1.19, 1.55 ja 2.81. Jakamalla kunkin sarjan suhdeluvut vastaavalla 8″ tukin suhdeluvulla saadaan uudet suhdelukusarjat, joissa vertaus on tehty 8″ tukin aiheuttamaan uittohäiriöiden määrään, ja jota uittohäiriömäärää vastaava suhdeluku on 1.00. Muunnetut suhdelukusarjat ovat taulukossa 62.

Taulukko 62.

8″ tukkien ja erilaisen pinotavaran aiheuttamaa keskimääräistä uittohäiriöiden määrää kuvaavat suhdeluvut eri uittokelpoisuusluokkiin kuuluvilla väylillä. (Vertaus tehty 8″ tukkiin.)

Väylän uitto-kelpoisuusluokka	8″ tukki	Kuusipaperipuut		Mänty-pinotavara 2 m	2-metrinen pinotavara yhteensä
		1 m	2 m		
I	1.00	1.07	0.61	1.06	0.71
II	1.00	0.56	0.48	0.79	0.54
III	1.00	0.27	0.20	0.33	0.23

Taulukko osoittaa, että tuore pinotavara, siis 1-metriset paperipuut ja yli puoleksi tuore mäntypinotavara, joka lisäksi puunlaadusta johtuen on huonommin kelluvaa kuin kuusitavara, ovat aiheuttaneet enemmän uittohäiriöitä kuin 8″ kuorimattomat tukit. Niin on ollut kuitenkin vain I luokan uittokelpoisuutta olevilla väylillä. Väylän pienentyessä käy näet kaiken pinotavaran uitto helpommaksi kuin tukkien. III luokan uittokelpoisuutta olevilla väylillä on pinotavaran aiheuttama uittohäiriöiden määrä vain alle 3:s osa 8″ tukkien aiheuttamasta uittohäiriöiden määrästä.

Tutkimuksen lopputulos osoittaa siis sangen vakuuttavasti, että kuorimattomat tukit aiheuttavat keskimäärin enemmän uittohäiriöitä kuin kuorittu pinotavara. Missä määrin erilainen uittohäiriöiden määrä vaikuttaa kokonaisuittokustannuksiin, jää vielä tässä yhteydessä käsittelemättä, mutta asiaan palataan tutkimuksen myöhemmässä osassa.

B. Uitto Etelä-Suomessa.

Uitettavan puutavaran laatu vaihtelee Etelä-Suomen puoliskolla huomattavasti enemmän kuin Pohjois-Suomessa. Suurin eroavaisuus aiheutuu siitä, että lehtipuista valmistettua tavaraa uitetaan melkoisia määriä. Faneerikoivut muodostavat näistä pääosan. Uittotilaston mukaan on lehtipuita uitettu keskimäärin niillä Etelä-Suomen uittoväylillä, joilta puulajijakaantuminen on ilmoitettu, v. 1934 noin 5 ½ % ja 1935 noin 6 ½ % havupuitten määrästä. Eräillä väylillä on lehtipuitten osuus kuitenkin edellistä paljon suurempi, jopa yksityisissä uittotapauksissa usein puolet koko puumäärästä. Paitsi lehtipuiden uitosta aiheutuu uitettavan puutavaran laadun vaihteluita Etelä-Suomessa siitä, että havutukkeja uitetaan sekä kuorittuina että kuorimattomina, pääasiassa kylläkin kuorittuina. Paperipuuksi käytettävän kuusipuun pituus vaihtelee myös Etelä-Suomessa moninkertaisesti Pohjois-Suomeen verrattuna. Etelä-Suomessa uitetaan tasapituisiksi katkottujen paperipuiden ohella myös paperipuurankoja, jotka vielä usein ovat kuorimattomia.

Uitettavan puutavaran kokoomuksen huomattavan suuri ja epäsäännöllinen vaihtelu Etelä-Suomen uittoväylillä aiheuttaa, että uittotutkimus niillä täytyy kohdistaa erikseen kullekin tutkitulle uittoväylälle. Tähän menetelmään johtaa myös se, että Etelä-Suomessa esiintyy huomattavasti järvivesistöjä, joten uittoväylät ovat Pohjois-Suomen väyliin verrattuina pieniä ja lyhyitä, ja uitot suoritetaan usein erikoisuittoina. Viimeksi mainitusta seikasta on tutkimuksen kannalta huomattavasti etua, syystä että uitot erikoisuittoina muodostuvat koeuittojen luontoisiksi.

1. Uittotutkimukset Hartolan väylällä vv. 1934 ja 1935.

Hartolan väylä kuuluu Kymijoen—Päijänteen vesistöön ja laskee Päijänteeseen idästä. Väylä on verrattain pieni, mutta kun reitillä on suuria järviä, alenee vesi kesän kuluessa hitaasti. Koska koskissa

on lisäksi uittoruuhet, on väylä luettava uittokelpoisuusluokkaan II. Samaa todistaa myös vähäinen ruuhkaantuminen, kuten asian yksityiskohtaisessa käsittelyssä nähdään. Tutkimuksia suoritettiin Jääsjärven ja Joutsjärven välisellä, noin 9 km pituisella väylällä molempina tutkimusaineiston keräämiskesinä, siis vv. 1934 ja 1935.

Uitot suoritetaan Hartolan väylällä erikoisuittoina tai joka tapauksessa siten, että ainoastaan Päijänteeltä Kymijokeen meneviä eri omistajien puita uitetaan yhdessä. Tällöin ei Hartolan väylän suulla tarvitse toimittaa erottelua. Seuraavassa tarkastetaan yksityisiä erikoisuittoja niiden suorituksen aikajärjestyksessä.

a. *Kuorittujen kuusipaperipuurankojen ja lehtipuisten polttopuurankojen uitto.*

Tutkittavana oleva uitto suoritettiin Hartolan väylällä kesäkuun alkupuoliskolla v. 1934. Uitettavan puuerän muodostivat kuoritut kuusipaperipuurangat sekä koivuiset ja haapaiset polttopuurangat. Kuusipaperipuurankoja oli uitettavan puutavaran kappalemäärästä hieman yli puolet.

Väylän uittokelpoisuuden arvostelemiseksi tarkastetaan aluksi erilaisten uittohäiriöiden suhteellista määrää. Seuraavat %-luvut osoittavat uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden jakaantumista eri jääntipaikkojen kesken.

Jäänti rannalle	77.3	%
» puomin taakse	2.3	»
» ruuhkaan	20.4	»

Jos verrataan eri uittohäiriöiden suhteellista esiintymisrunsautta vastaaviin lukuihin Pohjois-Suomen uittoväylillä, huomataan, että ruuhkaantuminen on Hartolan väylän tutkitulla osalla ollut huomattavan vähäistä. Se aiheutuu, kuten edellä on sanottu, siitä että kaikissa varsinaisissa koskissa on uittoruuhet, ja väylän vesisuhteista johtuen ei muita sanottavia ruuhkaantumispaikkoja esiinny. Kosteita ei tutkitulla väylän osalla ole ollenkaan.

Koska uitettavassa puutavaraerässä oli sangen erilaatuista tavaraa, nimittäin kuorittuja kuusipaperipuurankoja, koivuisia kuorellisia polttopuurankoja sekä kuorellisia ja kuorittuja haapaisia polttopuurankoja, tarkastetaan aluksi, missä suhteessa nämä eri puutavaralajit ovat keskimäärin aiheuttaneet uittohäiriöitä. Taulukko 63 esittää eri puutavaralajien erilaisia negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavia suhdelukuja.

Taulukko 63.

Kuusipaperipuurankojen ja lehtipuisten polttopuurankojen erilaisia negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavat suhdeluvut.

Uittohäiriön laatu		Puutavaralaji ja kuorinta-aste			
		Kuoritut kuusipaperi-puurangat	Kuorimatto-mat koivu-rangat	Kuorimatto-mat haapa-rangat	Kuoritut haaparangat
Jäänti-paikka	rannalle	0.99	1.14	1.58	0.58
	puomin taakse	0.69	1.82	2.46	0.43
	ruuhkaan	0.83	2.14	1.02	0.42
	M.	0.96	1.27	1.48	0.55

Taulukon 63 suhdeluvut osoittavat, että kuorimattomat lehtipuurangat ovat aiheuttaneet keskimääräistä enemmän kaikkia uittohäiriöitä. Ilmiö johtunee etupäässä puiden huonosta kellumiskyvystä sekä osittain kuorimattomuudesta johtuvasta karkeasta pinnanlaadusta. Kuorimattomien lehtipuurankojen puomin taakse jäänti on lisääntynyt enemmän kuin toiset uittohäiriöt. Se onkin luonnollista, sillä kellumiskyky on ratkaiseva tekijä puiden puomin taakse menoa silmällä pitäen. Kuoritut haaparangat ovat aiheuttaneet vähimmin uittohäiriöitä. Haapa on ominaispainoltaan Suomen keveimpiä puulajeja, joten se kuivattuna kelluu sangen hyvin. Tosin se lehtipuuna imee itseensä vettä verrattain helposti, mutta kun uitto tapahtui aivan heti puiden veteen jouduttua, eivät puut uiton aikana vielä ehtineet sanottavasti vettyä, ja niiden kellumiskyky oli parempi kuin toisten puutavaroiden.

Koska uitettavien puutavaralajien läpimittavaihtelu oli niiden käyttötarkoituksesta johtuen verrattain pieni, jaettiin puut aineistoa kerättäessä ainoastaan kahteen läpimittaluokkaan, nimittäin läpimitaltaan 6″ pienempiin ja niitä suurempiin. Taulukko 64 osoittaa, missä määrin puiden koko on vaikuttanut eri puutavaralajien aiheuttamaan keskimääräiseen uittohäiriöiden määrään.

Taulukko 64.

Eriläpimittaisten kuorittujen kuusipaperipuurankojen sekä koivu- ja haapapuisten polttopuurankojen negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavat suhdeluvut.

Puutavaralaji ja kuorinta-aste	Puiden latvaläpimitta	
	— 6″	6″ +
	Negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut	
Kuoritut kuusipaperipuurangat	1.01	0.93
Koivuiset polttopuurangat	1.02	0.83
Kuorimattomat haapapolttopuurangat	1.01	0.94
Kuoritut haapapolttopuurangat	1.00	0.99

Taulukon suhdeluvut osoittavat, että pienet puut ovat aiheuttaneet jonkin verran enemmän uittohäiriöitä kuin suuret. Tämä ero johtuu, kuten myöhemmin saadaan nähdä, pääasiassa siitä, että aivan pieniläpimittaiset puut kelluvat huonommin kuin jonkin verran kookkaammat puut. Kun lisäksi kuusipaperipuurankojen ja polttopuurankojen läpimitta vaihtelee verrattain suppeissa rajoissa, eivät läpimittaerot pysty tasoittamaan kellumiskyvyn vaikutusta uittohäiriöiden määrään.

b. *Kuorittujen havutukkien uitto.*

Kysymyksessä oleva kuorittujen havutukkien uitto suoritettiin kesäkuussa v. 1934 ja uitettava puutavara oli, kuten sanottu, yksinomaan kuorittuja havutukkeja. Vettä oli uiton aikana runsaasti. Uitettavan puutavaran aiheuttamat uittohäiriöt jakaantuvat suhteellisesti eri jääntipaikkojen kesken seuraavasti:

Jäänti	rannalle	81.3 %
»	puomin taakse	2.6 »
»	ruuhkaan	16.1 »

Erilaisten uittohäiriöiden suhteellinen määrä on käytännöllisesti katsoen sama kuin edellä. Ruuhkaantuminen on kuitenkin jonkin verran vähäisempää kuin edellisessä uitossa, jossa kuorimattomat lehtipuurangat lienevät ruuhkaantumista jonkin verran kohottaneet.

Koska kysymyksessä olevassa uitossa uitettiin pelkästään valmiiksi apteerattuja tukkeja, on niiden pituusvaihtelu keskimäärin suhteellisen pieni, ja läpimittaeroavaisuudet muodostavat täten eri yksilöiden kokoon perustuvan huomattavimman eroavaisuuden. Seuraavassa tarkastetaan, missä määrin eri läpimittaluokkien tukit ovat aiheuttaneet erilaisia uittohäiriöitä ja millaisiksi niiden negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavat suhdeluvut sen perusteella muodostuvat.

Taulukko 65.

Eriläpimittaisten kuorittujen havutukkien negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavat suhdeluvut.

Uittohäiriön laatu	Tukkien läpimittaluokka		
	6″ ja alle	7″—8″	9″ ja yli
Jäänti rannalle	1.15	0.95	0.51
» puomin taakse	1.31	0.76	0.92
» ruuhkaan	1.03	0.97	1.01
Keskimäärin	1.14	0.95	0.54

Taulukon suhdeluvut osoittavat, että eriläpimittaisten tukkien negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut eivät ole verrannollisia vastaaviin suhdelukuihin Pohjois-Suomen uittoväylillä. Asiaa ei tässä tutkimuksen vaiheessa kuitenkaan vielä tarkemmin selvitellä, mainittakoon vain, että ero johtuu lähinnä siitä, että tukit ovat kuorittuja, sekä myös osittain puun laadusta kellumiskykyä silmällä pitäen.

c. *Koivutukkien ja kuorittujen havutukkien uitto.*

Edellä selostetun uiton jälkeen kesä—heinäkuun vaiheessa uitettiin Hartolan väylällä puuerä, joka sisälsi kuorittuja havu- ja koivutukkeja. Uittoedellytykset olivat samat kuin edellisessäkin uitossa, sillä vesi pysyi täysin samalla korkeudella. Uittohäiriöt jakaantuivat jääntipaikkojen mukaan seuraavasti:

Jäänti	rannalle	87.0 %
»	puomin taakse	0.4 »
»	ruuhkaan	12.6 »

Uittohäiriöiden suhteellinen jakaantuminen on siis suurin piirtein sama kuin edellä puhtaita havutukkeja uitettaessa. Suhteellinen rannalle jäänti on kuitenkin jonkin verran lisääntynyt, vaikka koivutukkien olisi luullut lisäävän ruuhkaantumista.

Sitten tarkastetaan koivu- ja havutukkien aiheuttamien uittohäiriöiden suhteellista määrää. Sitä varten esitetään seuraavassa uitettujen koivu- ja havutukkien suhteelliset määrät sekä samoin vastaavat uittohäiriöitä aiheuttaneet määrät ja negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut.

Taulukko 66.

Uitettujen ja uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden suhteellinen jakaantuminen erilaiseen puutavaraan	Havutukkeja	Koivutukkeja
Uitetuista puista erilaista puutavaraa	31.0 %	69.0 %
Uittohäiriöitä aiheuttaneista puista	32.2 »	67.8 »
Negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut	1.04	0.99

Prosentti- ja suhdeluvut osoittavat, että koivutukit eivät ole suhteellisesti aiheuttaneet enempää uittohäiriöitä kuin havutukitkaan, pikemmin päinvastoin. Koska tulos on ristiriidassa yleisen käsityksen ja käytännönkin kanssa, on sitä syytä lähemmin tarkastella. Ratkaisevan osan uittohäiriöitä aiheuttaneista puista muodostavat rannalle jääneet puut. Rannalle jäävien puiden suhteellinen määrä

taas riippuu siitä, miten matalassa vedessä puu ui pohjaan tarttumatta. Näin ollen vaikuttaa puiden kellumiskyky huomattavasti niiden rannallejääntitaipumukseen.

Edellä saadun tuloksen selittämiseksi olisi näin ollen tärkeätä tuntea eri puutavaralajien kellumiskyky. Koko uitettuun puutavaramäärään nähden ei se kuitenkaan ole mahdollista, mutta hyvän kuvan asiasta saa myös tarkastamalla uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden kellumiskykyä. Seuraavat %-luvut esittävät uiton muasta jääneiden koivu- ja havutukkien kellumiskyvyn [1]) vaihtelua.

Taulukko 67.

Uittohäiriöitä aiheuttaneiden koivu- ja havupuutukkien suhteellinen jakaantuminen kellumiskyvyn perusteella.

Kellumiskyky	Koivutukit		Kuoritut havutukit	
Hyvä	0.9 %		6.6 %	
Normaali	93.2 »	94.1 %	81.4 »	88.0 %
Huono	5.3 »		11.1 »	
Rampa	0.6 »	5.9 %	0.9 »	12.0 %
	100.0 %	100.0 %	100.0 »	100.0 %

Prosenttiluvut osoittavat, että normaalista huonommin kelluvia puita on havutukeissa ollut melkoista enemmän kuin koivuissa. Vaikkakin %-luvut esittävät uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden kellumiskykyä, voidaan niitä käyttää kuvaamaan myös koko puumäärän kellumiskyvyn yleistä suuntaa. Huonosti kelluvat puut aiheuttavat runsaimmin uittohäiriöitä, ja jos sellaisia puita on jossakin puutavaralajissa runsaammin kuin toisessa, täytyy vastaavan suhteen esiintyä myös uittohäiriöitä aiheuttaneilla puilla. Syynä siihen, että koivutukit ovat yleensä kelluneet havutukkeihin verraten suhteellisen hyvin, on se, että ne ovat olleet lehteen kaadettuina faneeritukkeina hyvin kuivuneita, jotavastoin Hartolan väylältä kaadetut havupuut ovat talvella kaadettuina, nopeasti kasvaneina ja pieneen läpimittaan tehtyinä suhteellisen huonosti kelluvia. On myös otettava huomioon, että kysymyksessä oleva uitto tapahtui alkukesällä kesä—heinäkuun vaiheessa, joten puut eivät vielä olleet ehtineet sanottavasti vettyä.

[1]) Kellumiskyky hyvä — veden pinnan yläpuolella vähint. 1/3 puun läpimitasta.
» normaali — » » » » 1/4 » »
» huono — puun pinta koko pituudeltaan veden pinnan yläpuolella.
» rampa — » » osittain veden pinnan alla.

Seuraavassa tarkastetaan erilaisten havu- ja koivutukkien aiheuttamaa suhteellista uittohäiriöiden määrää.

Taulukko 68.

Eriläpimittaisten koivu- ja kuorittujen havutukkien negatiivisia uittoominaisuuksia kuvaavat suhdeluvut mainittuja puutavaroita sekaisin uitettaessa.

Uittohäiriön laatu	Koivutukit		Kuoritut havupuutukit		
	alle 8″	8″ ja yli	— 6″	7″—8″	9″ +
Jäänti rannalle	0.98	1.11	1.04	0.99	0.77
» puomin taakse	1.13	3.33	1.23	0.96	0.00
» ruuhkaan	0.80	2.04	1.07	0.91	0.97
Keskimäärin	0.96	1.23	1.04	0.98	0.78

Taulukko osoittaa, että koivutukkien uitto on ollut keskimäärin sitä hankalampaa, mitä suurempia ne ovat olleet. Havutukkien koko on vaikuttanut päinvastoin. Ilmiö on selitettävissä siten, että suurien ja pienien koivujen kellumiskyky on suunnilleen sama, joten puu tarvitsee kulkeakseen pohjaan tarttumatta sitä enemmän vettä, mitä kookkaampi se on. Havupuiden kellumiskyky paranee sitävastoin keskimäärin puiden koon ja iän kasvaessa. Uittohäiriöitä aiheuttaneiden erikokoisten puiden kellumiskykyä kuvaavat %-luvut osoittavat edellä sanotun pitävän paikkansa.

Taulukko 69.

Erikokoisten uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden suhteellinen jakaantuminen kellumiskykynsä perusteella.

Kellumiskyky	Koivutukit		Kuoritut havupuutukit	
	alle 8″	8″ ja yli	6″ ja alle	7″ ja yli
Hyvä	1.1 %	2.1 %	4.5 %	9.1 %
Normaali	93.3 »	93.0 »	81.2 »	82.8 »
Huono	5.0 »	4.5 »	13.3 »	7.3 »
Rampa	0.6 »	0.4 »	1.0 »	0.8 »
	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %

Taulukosta nähdään, että pienien ja suurien koivujen kellumiskyky on suunnilleen samanlainen, mutta pienien havutukkien kellumiskyky on melkoista huonompi kuin suurien. Mainittu ero erikokoisten puiden kellumiskyvyssä selittää, kuten sanottu, erikokoisten puiden erilaisia taipumuksia aiheuttaa uittohäiriöitä.

d. *Kuorittujen havupuutukkien uitto.*

Kysymyksessä oleva uitto suoritettiin aikana 21. 5—4. 6. 1935 ja uitossa oli pelkkiä kuorittuja havupuutukkeja. Vettä oli Hartolan väylässä huomattavasti vähemmän kuin v. 1934. Siitä huolimatta ei puiden ruuhkaantuminen suhteellisesti lisääntynyt, syystä että kaikissa varsinaisissa koskissa on uittoruuhi. Veden alentuessa lisääntyivät sitävastoin muut uittohäiriöt. Uittohäiriöitä aiheuttaneet puut jakaantuivat häiriön laadun mukaan seuraavasti:

Jäänti rannalle	94.5 %
» puomin taakse	0.8 »
» ruuhkaan	4.7 »

Kuten %-luvut osoittavat, muodostaa puiden rannalle jäänti ratkaisevan osan uittohäiriöistä.

Eriläpimittaisten tukkien negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavat taulukon 70 suhdeluvut.

Taulukko 70.

Erikokoisten kuorittujen havupuutukkien negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavat suhdeluvut pelkkiä kuorittuja havutukkeja uitettaessa.

Uittohäiriön laatu	Tukkien latvaläpimittaluokka		
	— 6″	7″—8″	9″ +
Jäänti rannalle	1.06	0.85	1.20
» puomin taakse	1.81	0.52	0.32
» ruuhkaan	0.78	0.88	1.67
Keskimäärin	1.12	0.83	1.12

Suhdeluvut osoittavat, että erikokoisten tukkien uittohankaluus edelliseen vuoteen verrattuna on jonkin verran muuttunut. Kookkaiden puiden uitto on näet tullut suhteellisesti hankalammaksi kuin pienempien puiden. Tulos aiheutuu siitä, että vesi v. 1935 oli melkoista alempana kuin v. 1934. 7″—8″ puut ovat kuitenkin vielä aiheuttaneet suhteellisesti vähemmän uittohäiriöitä kuin pienemmät puut. Syy ilmiöön on haettavissa erikokoisten puiden erilaisesta kellumiskyvystä. Asian valaisemiseksi esitetään seuraavassa taulukossa eriläpimittaisten uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden suhteellinen jakaantuminen kellumiskykynsä perusteella.

Taulukko 71.

Eriläpimittaisten uittohäiriöitä aiheuttaneiden kuorittujen havupuutukkien suhteellinen jakaantuminen kellumiskykynsä perusteella.

Kellumiskyky	Puiden latvaläpimitta	
	— 6″	7″ +
Hyvä	4.3 %	5.3 %
Normaali	85.1 »	88.6 »
Huono	10.1 »	5.9 »
Rampa	0.5 »	0.2 »
	100.0 %	100.0 %

Kuten nähdään, on pienien tukkien kellumiskyky melkoista huonompi kuin suurien. Tämä seikka selvittää pienempien tukkien suuremman suhteellisen uittohäiriöiden määrän keskikokoisiin tukkeihin verrattuna.

Paitsi eriläpimittaisten puiden kellumiskykyyn, on mielenkiintoista kiinnittää huomio myös siihen, kuinka erilaisia uittohäiriöitä aiheuttaneet puut jakaantuvat kellumiskykynsä perusteella. Seuraava taulukko osoittaa erilaisia uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden kellumiskyvyn vaihtelua. Rinnan mainittujen %-lukujen kanssa esitetään myös %-lukusarja, joka kuvaa uitettavien puiden jakaantumisen kelluntakyvyn perusteella. Mainittu lukusarja on saatu siten, että uiton aikana on otettu useita umpimähkäisiä näytteitä puiden kellumiskyvystä niiden kulkiessa määrätyn paikan ohi uittoväylällä. Näin saaduille lukusarjoille on laskettu keskiarvo.

Taulukko 72.

Uitettavien sekä erilaisia uittohäiriöitä aiheuttaneiden kuorittujen havupuutukkien suhteellinen jakaantuminen kellumiskyvyn perusteella.

Puiden kellumiskyky	Koko uitettu puumäärä	Uittohäiriöitä aiheuttaneet puut				Negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut
		Rannalla	Puomin takana	Ruuhkassa	Yhteensä	
Hyvä	8.8 %	4.2 %	0.0 %	1.8 %	4.1	0.47
Normaali	86.4 »	89.3 »	7.4 »	91.9 »	89.0	1.03
Huono	4.8 »	6.3 »	60.4 »	5.3 »	6.5	1.35
Rampa	4	0.2 »	32.2 »	1.0 »	0.4	4.00
	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0	

Taulukon luvut osoittavat selvästi, että mitä paremmin kelluvia puut ovat, sitä vähemmän ne aiheuttavat uittohäiriöitä. Huono kellumiskyky edistää erittäin voimakkaasti puomin taakse menoa.

Aineistoa kerättäessä on edellisten seikkojen lisäksi otettu huomioon myös puiden pituus ja sen vaikutus uittohäiriöiden määrään. Uittohäiriöitä aiheuttaneet puut luokiteltiin pituutensa perusteella kolmeen luokkaan: pitkiin, pituus yli 20′, keskipitkiin, pituus 20—14′ ja lyhyihin, pituus alle 14′. Seuraava taulukko esittää, miten uittohäiriöitä aiheuttaneet puut ovat eri väyläosuuksilla pituutensa puolesta keskimäärin jakaantuneet.

Taulukko 73.

Eripituisten kuorittujen havutukkien negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavat suhdeluvut.

Väyläosuus	Tukkien pituus		
	—14′	14′—20′	20′ +
7	0.51	1.04	1.52
6	0.71	0.90	2.09
5	0.59	0.97	1.83
4	0.74	0.94	1.76
3	0.57	1.04	1.50
2	0.49	1.03	1.66
1	0.54	1.14	0.94
M	0.57	1.01	1.63

Taulukko osoittaa, ettei lyhyiden puiden negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaava suhdeluku ole yhdessäkään tapauksessa yli 1 ja että pitkien puiden suhdeluku on ainoastaan yhdessä tapauksessa hieman alle 1. On näin ollen täysin selvää, että tukkien enenevä pituus lisää niiden taipumusta aiheuttaa uittohäiriöitä.

Seuraava taulukko esittää, missä määrin puiden pituus on vaikuttanut erilaisten uittohäiriöiden määrään.

Taulukko 74.

Eripituisten kuorittujen havutukkien erilaisia negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavat suhdeluvut.

Uittohäiriön laatu	Tukkien pituus		
	—14′	14′—20′	20′ +
Jäänti rannalle	0.57	1.01	1.63
» puomin taakse	0.58	1.06	1.32
» ruuhkaan	0.57	0.99	1.76
Keskimäärin	0.57	1.01	1.63

Taulukon suhdeluvut osoittavat, että puiden keskimääräistä pienempi pituus vähentää niiden kaikkia uittohäiriöiden aiheuttamis-

taipumuksia suunnilleen saman verran. Yli keskimäärän oleva pituus taas lisää eniten ruuhkaantumistaipumusta, senjälkeen rannallejääntitaipumusta ja vähiten puomin taakse jäämisen taipumusta. Ilmiö onkin hyvin selitettävissä siten, että mitä pitempiä puut ovat, sitä helpommin ne tarttuvat väylässä oleviin esteisiin ja muodostavat siten ruuhkia tai tarttuvat rannoilla oleviin esteisiin. Pitkien puiden runsaampi puomin alitse meno kuin lyhyiden puiden aiheutuu lähinnä siitä, että puiden rungot eivät juuri koskaan ole suoria, ja pitkässä tukissa tulee rungon lenkous ja mutkaisuus voimakkaammin esiin kuin lyhyessä. Mutkainen tai lenko tukki ei taas ui veden pintaan nähden yhtä säännöllisessä asennossa kuin suora, vaan puun päät ovat lenkouden tai mutkien takia usein veden alla ja pistäytyvät senvuoksi helposti puomin alle, ja koko puulla on silloin suuret mahdollisuudet päästä puomin alitse.

e. *Kuorittujen havupuiden uitto.*

Heti edellä esitetyn uiton jälkeen suoritettiin toinen kuorittujen havupuutukkien uitto. Uitto tapahtui 31. 5—17. 6. 35 välisenä aikana. Uittoedellytykset olivat samat kuin edellisessäkin uitossa. Uittohäiriöt jakaantuivat myös suunnilleen samalla tavoin. Uittohäiriöitä aiheuttaneet puut jakaantuvat eri jääntipaikkojen kesken seuraavasti:

Jäänti	rannalle	97.1 %
»	puomin taakse	2.6 »
»	ruuhkaan	0.3 »

Eriläpimittaisten tukkien negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaamaan saadaan seuraavan taulukon mukaiset suhdeluvut.

Taulukko 75.

Erikokoisten kuorittujen havupuutukkien negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavat suhdeluvut pelkkiä kuorittuja havupuutukkeja uitettaessa.

Uittohäiriön laatu	Tukkien latvaläpimitta		
	— 6″	7″—8″	9″ +
Jäänti rannalle	1.19	0.82	1.02
» puomin taakse	1.20	0.94	0.73
» ruuhkaan	0.95	0.81	1.55
Keskimäärin	1.18	0.83	1.01

Rannalle ja puomin taakse jääntiä silmällä pitäen ovat pienet tukit olleet epäedullisempia uittaa kuin suuret, mutta suurien tukkien ruuhkaantuminen sitävastoin on ollut runsainta. Rannalle jäännin muodostaessa ratkaisevan osan uittohäiriöistä on keskikokoisten tukkien uitto ollut edullisinta. Ilmiön syyn selvittämiseksi tarkastetaan jälleen erikokoisten uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden kellumiskykyä. Seuraava taulukko esittää pienien sekä keskikokoisten ja suurien tukkien jakaantumista kellumiskyvyn perusteella.

Taulukko 76.

Eriläpimittaisten uittohäiriöitä aiheuttaneiden kuorittujen havupuutukkien suhteellinen jakaantuminen kellumiskyvyn perusteella.

Kellumiskyky	Tukkien latvaläpimitta	
	— 6″	7″ +
Hyvä	5.2 %	6.8 %
Normaali	83.2 »	84.3 »
Huono	11.2 »	8.7 »
Rampa	0.4 »	0.2 »
	100.0 %	100.0 %

Pienien tukkien kellumiskyky on siis jonkin verran huonompi kuin suurien. Tämä kellumiskyvyn ero tekee käsitettäväksi pienien tukkien suhteellisen voimakkaan taipumuksen aiheuttaa uittohäiriöitä keskikokoisiin tukkeihin verraten. Suurien tukkien aiheuttama suhteellisen suuri uittohäiriöiden määrä johtuu siitä, etteivät ne keskimäärin kellu sen paremmin kuin keskikokoisetkaan tukit, mutta suuremman läpimittansa vuoksi vaativat vapaasti uidakseen enemmän vettä kuin viimeksi mainitut.

Seuraavassa tarkastetaan vielä, mitä puiden erilainen kellumiskyky on vaikuttanut niiden aiheuttamien erilaisten uittohäiriöiden määrään.

Taulukko 77.

Uitettavien sekä uittohäiriöitä aiheuttaneiden kuorittujen havupuutukkien suhteellinen jakaantuminen kellumiskyvyn perusteella.

Puiden kellumiskyky	Koko uitettu puumäärä	Uittohäiriöitä aiheuttaneet puut				Negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut
		Rannalla	Puomin takana	Ruuhkassa	Yhteensä	
Hyvä	13.0 %	5.5 %	0.0 %	1.2 %	5.4 %	0.42 %
Normaali	87.0 »	83.7 »	25.0 »	89.6 »	83.7 »	0.96 »
Huono	5.0 »	10.6 »	72.5 »	9.1 »	10.7 »	2.14 »
Rampa	4	0.2 »	2.5 »	0.1 »	0.2 »	2.00 »
	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %	

Puiden huono kellumiskyky on, kuten luonnollista, edistänyt voimakkaimmin niiden puomin taakse jääntiä. Seuraavana järjestyksessä on rannalle jäänti ja viimeisenä ruuhkaantuminen.

Tukkien vaihteleva pituus on keskimäärin vaikuttanut niiden aiheuttamaan uittohäiriöiden määrään seuraavan taulukon suhdelukujen mukaisesti.

Taulukko 78.

Eripituisten kuorittujen havutukkien negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavat suhdeluvut.

Väyläosuus	Tukkien pituus		
	— 14′	14′—20′	20′ +
7	0.52	1.06	1.09
6	0.44	1.07	1.07
5	0.34	1.02	1.53
4	0.28	1.00	1.74
3	0.49	1.02	1.39
2	0.00	1.16	0.89
1	0.38	1.06	1.17
M	0.35	1.06	1.27

Lyhyiden tukkien suhdeluku on kaikilla väyläosuuksilla huomattavasti alle 1, ja pitkien tukkien suhdeluku on vain yhdessä tapauksessa seitsemästä hieman alle 1. On näin ollen selvää, että tukkien lisääntyvä pituus on enentänyt niiden taipumusta aiheuttaa uittohäiriöitä.

Seuraava taulukko osoittaa, missä määrin puiden pituus on vaikuttanut niiden aiheuttamien erilaisten uittohäiriöiden määrään.

Taulukko 79.

Eripituisten kuorittujen havupuutukkien erilaisia negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavat suhdeluvut.

Uittohäiriön laatu	Tukkien pituus		
	— 14′	14′—20′	20′ +
Jäänti rannalle	0.35	1.05	1.26
» puomin taakse	0.30	1.06	1.28
» ruuhkaan	0.15	0.96	2.18
Keskimäärin	0.35	1.06	1.27

Taulukon suhdeluvut osoittavat, että puiden keskimääräistä pienempi pituus vähentää niiden kaikkia negatiivisia uitto-ominaisuuksia. Pituuden vaihtelu vaikuttaa voimakkaimmin ruuhkaantumis-

taipumukseen. Tulos on siis täysin verrannollinen sivulla 109 saadun tuloksen kanssa. Eripituisten puiden rannalle ja puomin taakse jääntiin on pituuden vaihtelu vaikuttanut suunnilleen yhtä voimakkaasti.

f. *Kuorittujen kuusipaperipuurankojen ja lehtipuisten polttopuurankojen uitto.*

Uitto suoritettiin heti edellä esitetyn kuorittujen havupuutukkien uiton jälkeen ja kesti 17. 6—26. 6. 35. Uittoedellytykset eivät olleet muuttuneet edelliseen uittoon verrattuna, sillä vesi ei vielä ollut alkanut laskea.

Uittohäiriöitä aiheuttaneet puut jakaantuvat eri jääntipaikkojen kesken seuraavasti:

Jäänti	rannalle	95.0 %
»	puomin taakse	3.2 »
»	ruuhkaan	1.8 »
		100.0 %

Erilaisten uittohäiriöiden suhteellinen määrä on suurin piirtein sama kuin edellä käsitellyissäkin uitoissa.

Seuraavassa tarkastetaan sitten havu- ja lehtipuiden kokonaisuittohäiriöiden suhteellista määrää toisiinsa verrattuna. Havupuut olivat kuorittuja kuusipaperipuurankoja, pituudeltaan 4 m:stä ylöspäin. Lehtipuut olivat samanpituisia kuin havutukitkin, mutta läpimitaltaan hieman paksumpia. Lehtipuista, jotka olivat kuorimattomia, oli suurin osa koivuja ja niiden seassa jonkin verran haapoja. Taulukko 80 esittää havu- ja lehtipuiden negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavia suhdelukuja väyläosuuksittain.

Taulukko 80.

Kuorittujen kuusipaperipuurankojen ja lehtipuisten polttopuurankojen negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavat suhdeluvut.

Väyläosuus	Kuoritut paperipuurangat	Lehtipuiset polttopuurangat
7	0.93	2.41
6	0.91	2.68
5	0.94	2.18
4	0.88	3.40
3	0.98	1.37
2	0.94	2.27
1	0.94	2.24
M	0.93	2.37

Taulukko osoittaa, etteivät havupuut ole millään väyläosuudella aiheuttaneet suhteellisesti niin paljon uittohäiriöitä kuin lehtipuut. Lisäksi on huomattava, että uittohäiriöiden suhteellista määrää kuvaavat suhdeluvut ovat eri väyläosuuksilla suunnilleen saman suuruiset. Näin ollen voidaan pitää varmana, että lehtipuiset kuorimattomat polttopuurangat aiheuttavat suhteellisesti enemmän uittohäiriöitä kuin kuoritut kuusipaperipuurangat.

Seuraavassa tarkastetaan, mitkä syyt ilmeisesti aiheuttavat lehti- ja havupuiden aiheuttamien uittohäiriömäärien eroituksen. Pääasiallisina syinä ovat puiden erilainen runkomuoto ja pinnan laatu sekä kellumiskyky. Kuoritut kuusipuurangat ovat suoria ja sileäpintaisia, jotavastoin polttopuurangat ovat huomattavasti mutkaisempia ja oksaisuuden vuoksi kyhmypintaisia. Kuorimattomuus tekee lisäksi pinnan karkeaksi, joten polttopuurankojen esteisiin ja toisiinsa kiinni tarttumisen vaara on huomattavasti suurempi kuin kuusirankojen. Puiden kellumiskyvyn ero on myös otettava huomioon, vaikkakaan se ei ole niin suuri kuin voisi olettaa. Seuraava taulukko esittää havu- ja lehtipuiden suhteellista jakaantumista kellumiskyvyn perusteella.

Taulukko 81.

Kuorittujen kuusipaperipuurankojen ja lehtipuisten polttopuurankojen suhteellinen jakaantuminen kellumiskyvyn perusteella.

Kellumiskyky	Kuoritut kuusipaperipuurangat	Lehtipuiset polttopuurangat
Hyvä	15.0 %	1.0 %
Normaali	77.0 »	94.0 »
Huono	7.0 »	5.0 »
Rampa	1.0 »	4
	100.0 %	100.0 %

Taulukko osoittaa, että kuusipaperipuiden kellumiskyky on ehkä jonkin verran parempi kuin lehtipuisten polttopuurankojen. Eroitus on kuitenkin siksi vähäinen, että puiden pinnan laadun ja runkomuodon on täytynyt olla ratkaisevana syynä havu- ja lehtipuiden uittohäiriöiden määrän erilaisuuteen, ja kellumiskyvyn ero on vain mahdollisesti lisännyt tätä eroa.

Taulukko 82 osoittaa, missä suhteessa havu- ja lehtipuut ovat aiheuttaneet erilaisia uittohäiriöitä.

Taulukko 82.

Uitettujen ja uittohäiriöitä aiheuttaneiden kuorittujen kuusipaperipuurankojen ja lehtipuisten polttopuurankojen jakaantuminen kellumiskyvyn perusteella.

Puutavaran laatu	Puiden kellumiskyky	Koko uitettu puumäärä	Uittohäiriöitä aiheuttaneet puut				Negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut
			Rannalla	Puomin takana	Ruuhkassa	Yhteensä	
Kuoritut kuusipaperipuurangat	Hyvä	15.0	13.6	0.0	0.9	13.1	0.87
	Normaali ...	77.0	78.8	0.0	94.1	77.4	1.01
	Huono	7.0	6.4	98.0	4.2	8.4	1.20
	Rampa	1.0	1.1	2.0	0.8	1.1	1.10
	Yhteensä	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %	
Lehtipuiset polttopuurangat	Hyvä	1.0	0.3	0.0	0.0	0.3	0.30
	Normaali ...	94.0	97.7	0.0	96.7	92.4	0.98
	Huono	5.0	1.7	99.0	3.2	7.0	1.40
	Rampa	1	0.3	1.0	0.1	0.3	~ 3.00
	Yhteensä	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %	

Taulukko 82 osoittaa, että puiden huononeva kellumiskyky lisää niiden taipumusta aiheuttaa uittohäiriöitä. Vaikutus ilmenee voimakkaammin lehti- kuin havupuilla. Uittohäiriön laatuun nähden on huomattava, että huononeva kellumiskyky lisää eniten puomin alitse menoa.

On myös syytä tarkastaa, mitä puiden läpimitta on vaikuttanut niiden aiheuttamaan erilaisten uittohäiriöiden määrään. Seuraavan taulukon 83 suhdeluvut kuvaavat eripaksuisten puiden negatiivisia uitto-ominaisuuksia.

Taulukko 83.

Eriläpimittaisten kuorittujen kuusipaperipuurankojen ja lehtipuisten polttopuurankojen negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavat suhdeluvut puulajeittain.

Uittohäiriön laatu	Havupuut				Lehtipuut	
	Latvaläpimittaluokka				Läpimittaluokka	
	— 5″	5″—6″	7″—8″	9″ +	— 5″	6″ +
Jäänti rannalle	1.10	0.72	0.72	1.85	1.55	0.82
» puomin taakse	1.08	0.89	0.93	0.72	3.32	0.22
» ruuhkaan	0.86	0.87	1.35	4.23	1.33	0.89
Keskimäärin	1.10	0.73	0.74	1.85	1.32	0.89

Taulukon suhdeluvut osoittavat, että pienimmän läpimittaluokan puut ovat aiheuttaneet yleensä enemmän uittohäiriöitä. Havupuiden keskiläpimittaluokkiin kuuluvat puut ovat aiheuttaneet vähimmin uittohäiriöitä. Sama olisi ilmeisesti asianlaita lehtipuihinkin nähden, mutta asiaa ei aineiston perusteella voida todeta, kun puut on läpimitan perusteella jaettu vain kahteen luokkaan. Eriläpimittaisten puiden suhteellisen uittohäiriöiden määrän vaihtelu saa selityksen kellumiskyvyn vaihtelusta. Pienien havu- ja lehtipuisten rankojen kellumiskyky on ollut huomattavasti huonompi kuin kookkaampien. Tämä seikka selvittää pienimpien puiden suhteellisen suuren uittohäiriöiden määrän keskikokoisiin puihin verrattuna. Pienien lehtipuiden huomattavan suuri huonosti kelluvien puiden määrä kohottaa niiden puomin taakse jääntiä voimakkaasti.

Aineiston perusteella voidaan vielä tarkastaa eripituisten havupuiden aiheuttamaa suhteellista uittohäiriöiden määrää toisiinsa verrattuina. Taulukko 84 esittää eripituisten paperipuurankojen negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavia suhdelukuja. Koska lyhimmät paperipuurangat ovat 4 m pituisia, ei edellä käytettyyn lyhimpään pituusluokkaan, alle 14′, tule lainkaan puita, ja puut jakaantuvat vain pitkiin ja keskipitkiin puihin.

Taulukko 84.

Eripituisten kuorittujen paperipuurankojen erilaisia negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavat suhdeluvut.

Uittohäiriön laatu	Paperipuurankojen pituus	
	— 20′	20′ +
Jäänti rannalle	0.92	1.82
» puomin taakse	1.00	0.99
» ruuhkaan	0.82	2.92
Keskimäärin	0.93	1.81

Koska puiden rannalle jäänti on ylivoimaisesti runsaimmin esiintyvä uittohäiriö, lisää puiden keskimääräistä suurempi pituus huomattavasti niiden uittohankaluutta. Ruuhkaantumistaipumusta lisää puiden suureneva pituus vielä voimakkaammin kuin rannalle jääntiä. Siinä tapauksessa, että uittoväylä olisi ollut huonointa uittokelpoisuusluokkaa, jolloin ruuhkaantuminen olisi ollut eniten esiintyvä uittohäiriö, olisi puiden suuri pituus lisännyt erittäin voimakkaasti puiden uittohankaluutta. Puiden puomin taakse jäänti on ollut suunnilleen yhtä runsasta lyhyillä kuin pitkilläkin puilla.

g. *Koivutukkien ja kuorittujen havupuutukkien uitto.*

Uitettava puutavaraerä käsitti suunnilleen puoleksi kuorittuja havupuutukkeja ja faneerikoivuja. Uitto suoritettiin aikana 21. 6—10. 7. 35. Vesi Hartolan väylässä oli melkoisesti alentunut, mistä johtuen ruuhkaantuminen muodostaa suhteellisesti suuremman osan kokonaisuittohäiriöiden määrästä kuin aikaisemmin suoritetuissa uitoissa.

Uittohäiriöitä aiheuttaneet puut jakaantuvat eri jääntipaikkojen kesken seuraavasti:

Jäänti	rannalle	94.0 %
»	puomin taakse	0.4 »
»	ruuhkaan	5.6 »

Kuten nähdään, on ruuhkaantumisen osuus uittohäiriöistä melkoista suurempi kuin aikaisemmissa uitoissa.

Havu- ja koivutukkien keskimääräistä negatiivisten uitto-ominaisuuksien määrää kuvaavat taulukon 85 suhdeluvut.

Taulukko 85.

Kuorittujen havupuutukkien ja faneerikoivujen negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavat suhdeluvut.

Väyläosuus	Kuoritut havupuutukit	Faneerikoivut
7	0.95	1.05
6	1.01	0.99
5	0.93	1.07
4	1.02	0.98
3	1.07	0.93
2	0.87	1.13
1	1.12	0.88
M	1.00	1.00

Taulukon 85 suhdeluvut osoittavat, että kuoritut havupuutukit ja faneerikoivut ovat aiheuttaneet yhtä paljon uittohäiriöitä. Tulos on siis täysin verrannollinen sivulla 103 esitettyjen vastaavien puulajien uittotutkimustulosten kanssa. Koska koivutukkien kuorimattomuutensa ja havupuita epäsäännöllisemmän runkomuotonsa vuoksi pitäisi aiheuttaa runsaammin uittohäiriöitä kuin kuorittujen havupuutukkien, eikä asianlaita kuitenkaan aineiston mukaan ole sellainen, täytyy muiden uittohankaluuteen vaikuttavien tekijöiden vaikuttaa asiaan. Kysymyksen selvittämiseksi tarkastetaan havupuu-

tukkien ja faneerikoivujen kellumiskykyä toisiinsa verrattuina. Taulukko 86 esittää havupuutukkien ja faneerikoivujen suhteellista jakaantumista kellumiskyvyn perusteella.

Taulukko 86.

Kuorittujen havupuutukkien ja faneerikoivujen suhteellinen jakaantuminen kellumiskyvyn perusteella.

Kellumiskyky	Kuoritut havupuutukit	Faneerikoivut
Hyvä	14.0 %	4
Normaali	78.7 »	95.1 %
Huono	7.0 »	4.9 »
Rampa	0.3 »	4
	100.0 %	100.0 %

Jos verrataan toisiinsa havupuutukkien ja faneerikoivujen kellumiskyvyn vaihtelua, huomataan, että normaalista huonommin kelluvia havupuita on suhteellisesti melkoista enemmän kuin koivuja. Normaalista paremmin kelluvien puiden laita on päinvastainen. Koska huonosti kelluvat puut kuitenkin pääasiassa aiheuttavat uittohäiriöitä, ovat faneerikoivut kysymyksessä olevassa tapauksessa kellumiskyvyltään edullisempia uittaa kuin havutukit. Syynä koivujen suhteellisesti edulliseen kellumiskykyyn on se, että faneerikoivut ovat lehteen kaadettuina hyvin kuivuneita, mutta havupuutukit talvella kaadettuina tuoreita.

Seuraavassa tarkastetaan eriläpimittaisten havupuutukkien ja faneerikoivujen aiheuttamaa suhteellista uittohäiriöiden määrää.

Taulukko 87.

Eriläpimittaisten koivutukkien ja kuorittujen havupuutukkien negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavat suhdeluvut mainittuja puutavaroita sekaisin uitettaessa.

Uittohäiriön laatu	Koivutukit			Kuoritut havupuutukit		
	— 6″	7″—8″	9″ +	— 6″	7″—8″	9″ +
Jäänti rannalle	0.97	0.88	1.38	0.55	1.25	2.34
» puomin taakse	1.32	0.79	0.89	1.07	1.08	0.00
» ruuhkaan ...	0.82	0.86	1.73	0.36	1.27	3.23
Keskimäärin	0.97	0.89	1.33	0.57	1.22	2.38

Taulukon suhdeluvut osoittavat, että kookkaita puita on jäänyt rannalle ja ruuhkaan runsaammin kuin pieniä puita. Puomin taakse jäännin määrä on päinvastaisessa suhteessa. Eroitus erikokoisten puiden aiheuttamien uittohäiriöiden määrien välillä on koivuilla suurempi kuin havupuilla. Se johtunee ainakin rannalle jäännin ja ruuhkaantumisen osalta puiden kuorimattomuudesta ja runkomuodon epäsäännöllisyydestä. Eriläpimittaisten havupuutukkien negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavat suhdeluvut poikkeavat jossakin määrin muista Hartolan väylällä suoritetuissa tutkimuksissa saaduista vastaavista suhdeluvuista. Syy tähän on löydettävissä erikokoisten puiden kellumiskyvystä. Edellä esitetyissä uitoissa ovat pienet tukit kelluneet melkoista huonommin kuin suuret, joten huono kellumiskyky on lisännyt suhteellisesti pienien puiden aiheuttamaa uittohäiriöiden määrää kookkaisiin puihin verrattuna. Käsillä olevassa uitossa on sitävastoin pienien ja kookkaiden puiden kellumiskyky suunnilleen samanlainen, joten puiden läpimitta on esiintynyt ratkaisevana uittohäiriöiden määrään vaikuttavana tekijänä. Taulukko 88 esittää pienien ja kookkaiden uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden jakaantumista kellumiskyvyn perusteella.

Taulukko 88.

Eriläpimittaisten uittohäiriöitä aiheuttaneiden kuorittujen havupuutukkien ja koivutukkien jakaantuminen kellumiskyvyn perusteella.

Kellumiskyky	Kuoritut havupuutukit		Koivutukit	
	— 6″	7″ +	— 6″	7″ +
Hyvä	12.7 %	10.8 %	0.1 %	4
Normaali	76.0 »	74.3 »	93.5 »	92.8 %
Huono	10.0 »	14.0 »	6.3 »	7.0 »
Rampa	1.3 »	0.9 »	0.1 »	0.2 »
	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %

Taulukko osoittaa, että pienet tukit ovat kelluneet ainakin yhtä hyvin kuin kookkaat, ehkä hieman paremminkin. Kellumiskyvyn ero ei näin ollen ole lisännyt pienten tukkien uittohäiriöiden määrää, kuten useimmissa tapauksissa edellä esitetyissä Hartolan väylän uitoissa, vaan puiden läpimitta on ollut ratkaisevana uittohäiriöiden määrään vaikuttavana tekijänä.

Seuraavassa tarkastetaan, miten puiden erilainen kellumiskyky on vaikuttanut niiden aiheuttamien erilaisten uittohäiriöiden määrään.

Taulukko 89.

Uitettujen ja uittohäiriöitä aiheuttaneiden kuorittujen havupuutukkien ja koivutukkien jakaantuminen kellumiskyvyn perusteella.

Puutavaran laatu	Puiden kellumiskyky	Koko uitettu puumäärä	Uittohäiriöitä aiheuttaneet puut				Negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut
			Rannalle	Puomin taakse	Ruuhkaan	Yhteensä	
Kuoritut havupuutukit	Hyvä	14.0 %	10.2 %	0.0 %	3.4 %	10.2 %	0.73
	Normaali	78.7 »	77.0 »	45.8 »	87.9 »	77.1 »	0.98
	Huono	7.0 »	11.3 »	52.2 »	7.8 »	11.3 »	1.61
	Rampa	0.3 »	1.5 »	2.0 »	0.9 »	1.4 »	4.67
		100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %	
koivutukit	Hyvä	4	4	0.0 %	4	4	0.00
	Normaali	95.1 %	92.6 %	25.0 »	94.6 %	92.9 %	0.98
	Huono	4.9 »	7.1 »	74.6 »	5.4 »	6.8 »	1.39
	Rampa	4	0.3 »	0.4 »	4	0.3 »	3.75
		100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %	

Taulukon %-luvut osoittavat, että normaalista huonommin kelluvat puut ovat aiheuttaneet kaikkia uittohäiriöitä suhteellisesti enemmän kuin osuutensa mukaan uitettavasta puutavaraerästä. Voimakkaimmin on huono kellumiskyky lisännyt puomin taakse jääntiä, sen jälkeen rannalle jääntiä ja vähimmin ruuhkaantumista. Tulos on yhdenmukainen edellä esitettyjen vastaavasta asiasta saatujen tutkimustulosten kanssa.

Aineiston perusteella on vielä syytä tarkastaa puiden pituuden vaikutusta niiden aiheuttamaan uittohäiriöiden määrään.

Taulukko 90.

Eripituisten kuorittujen havupuutukkien ja koivutukkien erilaisia negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavat suhdeluvut.

Puutavaran laatu	Uittohäiriön laatu	Puiden pituus		
		—14′	14′—20′	20′+
Kuoritut havupuutukit	Jäänti rannalle	0.59	0.90	1.46
	» puomin taakse	0.98	1.01	1.08
	» ruuhkaan	0.33	0.90	1.53
	Keskimäärin	0.60	0.91	1.43
Koivutukit	Jäänti rannalle	0.45	0.69	1.08
	» puomin taakse	0.00	0.83	1.05
	» ruuhkaan	0.00	0.54	1.10
	Keskimäärin	0.45	0.66	1.08

Taulukon suhdeluvut osoittavat, että pitkät puut ovat yleensä aiheuttaneet suhteellisesti enemmän uittohäiriöitä kuin lyhyet. Puiden suureneva pituus lisää eniten ruuhkaantumista, senjälkeen rannalle jääntiä ja vähimmin puomin taakse jääntiä. Pituuden vaikutus uittohäiriöiden runsauteen on suunnilleen samanlainen kuorituilla havupuutukeilla ja faneerikoivuilla.

h. *Kuorittujen havupuutukkien uitto.*

Kysymyksessä oleva uitto suoritettiin tutkitulla Hartolan väylän osalla 8. 7—18. 7. 35 välisenä aikana. Uitettavana puutavarana oli pelkkiä kuorittuja havupuutukkeja.

Uittohäiriöitä aiheuttaneet puut jakaantuvat uiton muasta jääntipaikkojen kesken seuraavasti:

Jäänti rannalle	95.3	%
» puomin taakse	0.6	»
» ruuhkaan	4.1	»

Eri uittohäiriöiden suhteelliset määrät ovat suunnilleen samat kuin edellisessäkin uitossa.

Eriläpimittaisten tukkien negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavat taulukon 91 suhdeluvut.

Taulukko 91.

Eriläpimittaisten kuorittujen havupuutukkien negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavat suhdeluvut pelkkää mainittua puutavaraa uitettaessa.

Uittohäiriön laatu	Tukkien latvaläpimitta		
	— 6″	7″—8″	9″ +
Jäänti rannalle	1.22	0.72	1.25
» puomin taakse	1.55	0.58	0.58
» ruuhkaan	1.06	0.83	1.48
Keskimäärin	1.22	0.72	1.24

Taulukon suhdeluvut osoittavat, että keskikokoiset tukit ovat aiheuttaneet huomattavasti vähemmän uittohäiriöitä kuin muut tukit. Syynä siihen on se, että pienien tukkien kellumiskyky on keskimääräistä huonompi ja suurien puiden uittoa vaikeuttaa niiden läpimitta. Viimeksi mainittu seikka on ilman muuta selvä, mutta erikokoisten puiden kellumiskykyä on syytä aineiston perusteella tarkastaa.

Taulukko 92 esittää pienien sekä keskikokoisten ja suurien tukkien suhteellista jakaantumista kellumiskyvyn perusteella.

Taulukko 92.

Eriläpimittaisten uittohäiriöitä aiheuttaneiden kuorittujen havupuutukkien suhteellinen jakaantuminen kellumiskyvyn perusteella.

Kellumiskyky	Puiden latvaläpimitta	
	— 6″	7″ +
Hyvä	3.2 %	4.6 %
Normaali	63.1 »	66.7 »
Huono	28.5 »	25.7 »
Rampa	5.2 »	3.0 »
	100.0 %	100.0 %

Prosenttiluvut osoittavat, että pienien puiden kellumiskyky on melkoista huonompi kuin muiden. Normaalista huonommin kelluvia pieniä puita on noin $^1/_4$ enemmän kuin vastaavia puita keskikokoisissa ja suurissa puissa. Kun otetaan huomioon, että etupäässä huonosti kelluvat puut aiheuttavat uittohäiriöitä, on selvää, että pienet puut aiheuttavat suhteellisen paljon uittohäiriöitä, vaikka ne läpimittansa vuoksi olisivatkin edullisia uittaa.

Seuraavassa tarkastetaan, miten puiden erilainen kellumiskyky on vaikuttanut niiden aiheuttamien erilaisten uittohäiriöiden määrään.

Taulukko 93.

Uitettavien sekä erilaisia uittohäiriöitä aiheuttaneiden kuorittujen havupuutukkien suhteellinen jakaantuminen kellumiskyvyn perusteella.

Puiden kellumiskyky	Koko uitettu puumäärä	Uittohäiriöitä aiheuttaneet puut				Negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut
		Rannalla	Puomin takana	Ruuhkassa	Yhteensä	
Hyvä	10.6 %	4.2 %	0.0 %	0.0 %	4.0 %	0.38
Normaali	63.1 »	60.9 »	0.0 »	68.3 »	61.6 »	0.98
Huono	24.2 »	29.8 »	73.0 »	28.7 »	29.2 »	1.21
Rampa	2.1 »	5.1 »	27.0 »	3.0 »	5.2 »	2.48
	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %	

Aluksi on todettava, että uitetun puumäärän kellumiskyky on melkoista huonompi kuin alkukesällä uitettujen kuorittujen havupuutukkien. Se onkin luonnollista, kun otetaan huomioon puiden pitempi vedessäolo-aika ja siitä johtuva suurempi vettyneisyys. Huono kellumiskyky on jälleen lisännyt kaikkien uittohäiriöiden määrää, mutta

enimmin puomin taakse jääntiä. Rannalle jäänti ja ruuhkaantuminen ovat huonon kellumiskyvyn johdosta lisääntyneet suunnilleen yhtä paljon.

Uitettavien puiden pituuden vaikutusta uittohäiriöiden määrään kuvaavat taulukon 94 suhdeluvut.

Taulukko 94.

Eripituisten kuorittujen havupuutukkien negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavat suhdeluvut.

Väyläosuus	Tukkien pituus		
	— 14′	14′—20′	20′ +
7	0.64	0.99	1.19
6	0.60	1.00	1.17
5	0.28	1.01	1.23
4	0.46	1.01	1.13
3	0.80	0.92	1.53
2	0.12	1.02	1.19
1	0.46	0.94	1.56
M	0.48	0.98	1.29

Taulukon suhdeluvut osoittavat selvästi ja vakuuttavasti, että pitkät puut aiheuttavat enemmän uittohäiriöitä kuin lyhyet. Eri väyläosuuksien suhdeluvuissa ei esiinny yhtään poikkeusta tässä kohden.

Taulukko 95 esittää, mitä puiden pituus on vaikuttanut erilaisten uittohäiriöiden määrään.

Taulukko 95.

Eripituisten tukkien erilaisia negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavat suhdeluvut.

Uittohäiriön laatu	Tukkien pituus		
	— 14′	14′—20′	20′ +
Jäänti rannalle	0.48	0.98	1.29
» puomin taakse	0.98	1.00	1.01
» ruuhkaan	0.30	0.99	1.33
Keskimäärin	0.48	0.98	1.29

Puiden suureneva pituus on lisännyt voimakkaimmin niiden ruuhkaantumistaipumusta, sen jälkeen rannalle jääntiä ja vähimmin, jopa ei juuri ollenkaan, puomin taakse jääntiä.

i. *Kuorittujen 2-metristen kuusipaperipuiden uitto.*

Paperipuiden uitto suoritettiin 17. 7 ja 26. 7. 35 välisenä aikana. Puut olivat 2-metrisiä ja edellisen kesän tekoa. Puiden lyhyyden ja hyvän kellumiskyvyn ansiosta muodostaa puiden rannalle jäänti melkein yksinään esiintyneet uittohäiriöt. Niin oli siitä huolimatta, että vesi Hartolan väylässä uiton aikana oli jo melkoista alempana kuin toisia uittoja suoritettaessa.

Uittohäiriöitä aiheuttaneet puut jakaantuvat erilaisten uittohäiriöiden kesken seuraavasti:

Jäänti	rannalle	98.9 %
»	puomin taakse	0.4 »
»	ruuhkaan	0.7 »

Kuten nähdään, on puomin taakse ja ruuhkiin jäänyt puita suhteellisesti aivan vähän.

Taulukko 96 esittää eriläpimittaisten paperipuiden erilaisia negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavat suhdeluvut.

Taulukko 96.

Eriläpimittaisten 2-metristen kuorittujen kuusipaperipuiden negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavat suhdeluvut.

Uittohäiriön laatu	Paperipuiden latvaläpimitta			
	—4″	5″—6″	7″—8″	9″+
Jäänti rannalle	0.95	1.05	1.05	1.08
» puomin taakse	1.12	1.02	0.45	0.32
» ruuhkaan	0.81	0.93	1.41	3.30
Keskimäärin	0.96	1.02	1.06	1.08

Paperipuiden suureneva läpimitta on lisännyt rannalle ja ruuhkaan jääntiä, viimeksi mainittua enemmän kuin edellistä. Puomin taakse on sitävastoin mennyt pieniä paperipuita runsaammin kuin kookkaampia. Koska kaikenkokoisten paperipuiden pituus ja pinnan laatu on samanlainen, voi ainoastaan puiden läpimitta ja kellumiskyky vaikuttaa niiden erisuureen taipumukseen aiheuttaa uittohäiriöitä. Tarkastamme senvuoksi eriläpimittaisten paperipuiden kellumiskykyä. Taulukko 97 esittää läpimitaltaan 5″ pienempien ja sitä suurempien uittohäiriöitä aiheuttaneiden paperipuiden jakaantumisen kellumiskyvyn perusteella.

Taulukko 97.

Uittohäiriöitä aiheuttaneiden eriläpimittaisten 2-metristen kuorittujen kuusipaperipuiden suhteellinen jakaantuminen kellumiskyvyn perusteella.

Kellumiskyky	Paperipuiden läpimitta	
	—5″	5″ +
Hyvä	86.7 %	88.6 %
Normaali	12.0 »	9.7 »
Huono	1.2 »	1.7 »
Rampa	0.1 »	4
	100.0 %	100.0 %

Taulukon %-luvut osoittavat, että suurien ja pienien paperipuiden kellumiskyky on ollut keskimäärin aivan samanlainen. Eriläpimittaisten paperipuiden aiheuttama eri suuri uittohäiriöiden määrä riippuu näin ollen ratkaisevasti puiden erilaisesta läpimitasta. Tutkimustulos on mielenkiintoinen senvuoksi, että se osoittaa läpimitan vaikutusta uittohäiriöiden määrään muiden uittohankaluuteen vaikuttavien tekijöiden ollessa muuttumattomina. Jos saatua tulosta verrataan niihin tuloksiin, mitä tässä tutkimuksessa on edellä esitetty, on todettava, että äsken esitetty tulos osoittaa aikaisemmin tehdyt johtopäätökset oikeiksi. Jos puiden kellumiskyky on samanlainen, lisää puiden suureneva läpimitta niiden rannalle- ja ruuhkaanjääntitaipumusta, mutta vähentää puomin taakse jääntiä.

j. *Uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden absoluuttinen ja suhteellinen määrä puutavaran uitettuun määrään verrattuna Hartolan väylän uitossa vv. 1934 ja 1935.*

Vaikkakin erilaisten puutavaroiden negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavat suhdeluvut antavat hyvän kuvan puutavaran uittohankaluudesta, on kysymystä syytä tarkastaa myös absoluuttisten lukujen perusteella. Siihen tarjoutuu tilaisuus Hartolan väylän edellä esitettyjen yksityisten uittojen aineiston perusteella. Tilaisuus on maamme uitto-oloja silmällä pitäen verrattain harvinainen, syystä että ensiksikin harvalla uittoväylällä uitetaan vuosittain peräkkäin siinä määrin vaihtelevaa puutavaraa kuin Hartolan väylällä ja toiseksi on huomattava, että väylällä olevat suuret järvet hidastavat veden alentumista väylässä siksi paljon, että eri uittoja voidaan uittoedellytyksetkin huomioon ottaen verrata toisiinsa joko suorastaan tai ainakin pienin korjauksin. Uitettavat puutavaraerät ovat suu-

ruudeltaan myös sellaisia, että niiden uitto tapahtuu nopeasti, eikä väylää uiton aikana puhdisteta sinne jääneistä puista, joten käytännöllisesti katsoen kaikki uittohäiriöitä aiheuttaneet puut käsitellään vasta hännänajon yhteydessä, ja ne tulevat näin ollen kaikki aineistoon. Suurilla uittoväylillä on asianlaita tässä kohden yleensä toinen, sillä väylää puhdistetaan jatkuvasti koko ajan, ja absoluuttisia lukuja uittohäiriöitä aiheuttaneista puista on senvuoksi mahdotonta saada.

Aluksi tarkastetaan seuraavassa eri uitoissa väylään jääneiden puiden absoluuttista sekä suhteellista määrää koko uitettuun puutavaramäärään verrattuna. Taulukko 98 esittää kysymyksessä olevaa aineistoa tutkitulla Hartolan väylän osalla, nimittäin Jääsjärven ja Joutsjärven välisellä joella. Taulukossa on puumääriä esittävien lukujen ohella otettu huomioon myös uittokesä ja uittoaika, syystä että väylän vesisuhteet erosivat melkoisesti toisistaan vuosina 1934—1935. Eri uittojen suorittamisaikana vallinnut veden korkeus on myös huomioon otettava tekijä, sillä vesi väylässä alentui kesän kuluessa. Taulukon yhdessä sarakkeessa esitetäänkin veden korkeutta kuvaavia lukuja. Veden korkeus on mitattu mielivaltaisesti valitusta kiintopisteestä, joten veden korkeutta osoittavat luvut kuvaavat vain veden suhteellista korkeutta eri uittojen suorittamisaikoina.

Taulukon luvut osoittavat, että uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden suhteellinen määrä koko uitettuun puumäärään verrattuna vaihtelee huomattavasti. Vaihtelu aiheutuu osittain veden korkeuden vaihtelusta, mutta pääasiassa siitä, miten suuri koko uitettu puuerä on ollut. Jotta saataisiin selville, mitkä tekijät ovat lähinnä vaikuttaneet uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden absoluuttiseen määrään, on taulukon 98 VI, VII ja VIII sarakkeeseen laskettu uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden kokonaiskuutiomäärä, juoksujalkamäärä ja puiden pituuden ja läpimitan perusteella laskettu puiden pinta-ala. Vertaamalla näitä eri uitoista laskettuja lukuja keskenään sekä samalla huomioimalla veden korkeusvaihtelut, voidaan tehdä päätelmiä, mitkä tekijät vaikuttavat uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden määrään ja mitä mittayksikköjä käyttäen uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden määrä on mitattava, jotta tulos uitettavien puutavaroiden laadusta riippumatta olisi uittoedellytykset huomioon ottaen suunnilleen sama. Ennenkuin ryhdytään vertailemaan mainituin mittayksiköin mitattuja puumääriä keskenään, tarkastetaan aluksi uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden absoluuttista määrää tietyllä uittoväylän osalla teoreettisesti.

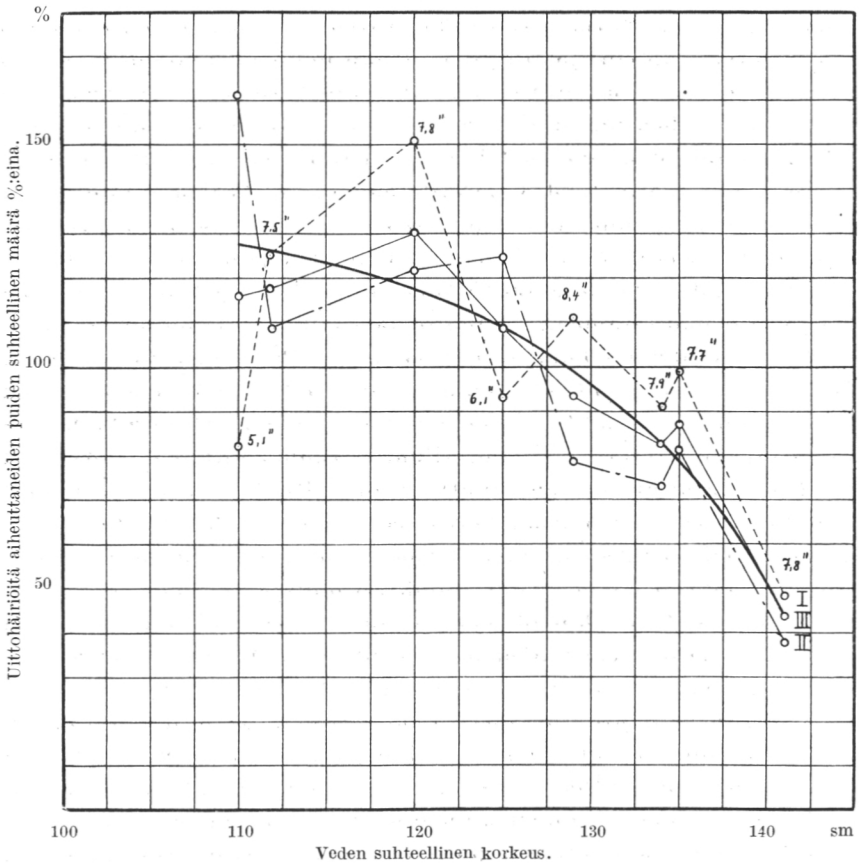
Uittohäiriöt on tässä tutkimuksessa eroitettu neljään ryhmään sen perusteella, minne uittohäiriöitä aiheuttaneet puut ovat uiton

Taulukko 98.

Uitettujen ja uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden määrä muutamissa Hartolan väylällä suoritetuissa uitoissa vv. 1934 ja 1935.

Uittoaika	Uitetun puutavaran laatu	Uitettu puutavaramäärä kpl:eina	Uittohäiriöitä aiheuttanut puutavaramäärä kpl:eina	Jälkimmäinen %:eina edellisestä	Uittohäiriöitä auheuttaneiden puiden			Veden korkeus väylässä
					Kuutiomäärä j³:oina	Juoksujalkamäärä	Pinta-ala $\Sigma l \times d$ j²:oina	
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
v. 1934								
28. 5—6. 6	Kuorittuja havupuutukkeja	53 982	3 869	7.2	23 000	66 000	44 000	141
	Kuorittuja havupuutukkeja	23 836	2 083	8.7	13 000	37 000	25 000	
	Koivutukkeja	53 159	4 389	8.3	34 000	109 000	68 000	
12. 6—11. 7	Yhteensä	76 995	6 472	8.4	47 000	138 000	87 000	135
v. 1935								
21. 5—4. 6	Kuorittuja havupuutukkeja	50 230	7 315	14.6	43 000	126 000	82 000	134
31. 5—17. 6	Kuorittuja havupuutukkeja	86 964	7 679	8.8	52 000	136 000	95 000	129
	Kuorittuja paperipuurankoja	77 862	12 140	15.6				
	Lehtipuisia polttopuurankoja ...	4 030	1 685	41.8				
17. 6—26. 6	Yhteensä	81 892	13 825	16.9	44 000	214 000	109 000	125
	Kuorittuja havupuutukkeja	33 473	5 045	15.1	31 000	90 000	60 000	
	Koivutukkeja	34 152	5 198	15.2	40 000	129 000	81 000	
21. 6—10. 7	Yhteensä	67 625	10 243	15.2	71 000	209 000	131 000	120
8. 7—18. 7	Kuorittuja havupuutukkeja	49 402	10 908	22.1	58 000	188 000	119 000	112
17. 7—26. 7	Kuorittuja 2 m paperipuita	276 530	41 935	15.2	42 000	275 000	116 000	110

muasta jääneet. Ratkaisevan osan uittohäiriöiden kokonaismäärästä muodostavat rannalle jäänti ja ruuhkaantuminen. Puomin taakse ja kosteeseen jäänti on sitävastoin suhteellisen vähäistä. Puiden rannalle jäänti aiheutuu siitä, että vesi lähellä rantaa on siksi matala, että puut tarttuvat pohjaan kiinni, tai rannalla on erilaisia esteitä, joihin puut tarttuvat. Jos tarkastetaan määrättyä ranta-aluetta ja sille tarttuvaa puumäärää, huomataan, että rannalle jääneiden puiden määrä lisääntyy niin kauan kuin puiden pohjaan tarttumiseen riittävän matala vesialue on täynnä puita. Useissa tapauksissa riittää jo yksi puu estämään toisten puiden kiinni tarttumisen, joten se toimii ikäänkuin puomina rantaa suojaten. Keskimäärin voitaneen sanoa, että rannalle jääneiden puiden määrä on suoraan verrannollinen rantojen matalavesialueiden pinta-alaan. Puiden ruuhkaantumisen määrään nähden on asia hieman monimutkaisempi. Ruuhkissa menevät puut näet tavallisesti useampaan kerrokseen, joten ruuhkan pinta-ala ei samassa määrin ratkaise siinä olevaa puumäärää kuin on asianlaita rannalle jääntiin nähden. Jos ruuhkaantumispaikka on matalikkoa, ovat puut ruuhkassakin ohuena kerroksena ja ruuhkan pinta-alan vaikutus siinä olevaan puumäärään vahvistuu. Kosteissa oleva puumäärä on taas suoraan verrannollinen kosteiden pinta-alaan. Ainoa uittohäiriöryhmä, jossa puumäärä on uittohäiriöalueen pinta-alasta täysin riippumaton, on puomin taakse jäänti. Puomien takana olevat vesialueet ovat yleensä niin suuret, että sinne mahtuu puita monta kymmentä kertaa enemmän kuin mitä niitä joutuu puomin taakse, joten aiemmin puomin taakse joutuneet puut eivät ole esteenä uusien puiden puomin taakse joutumiselle. Puomin taakse jääneiden puiden määrä on kuitenkin aina uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden kokonaismäärään verrattuna suhteellisen pieni, joten uittohäiriöalueiden pinta-alalla on huomattava vaikutus uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden kokonaismäärään. Seuraavassa tarkastetaan taulukon 98 lukujen perusteella, missä määrin uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden määrä on eri uitoissa vaihdellut ja missä mittayksikössä mitaten puumäärät parhaiten vastaavat toisiaan. Asian havainnollistuttamiseksi tehdään vertailu graafista esitystä apuna käyttäen. Kuvassa 99 on x-akselilla väylän veden korkeutta kuvaavat sm-luvut ja y-akselilla uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden suhteellinen määrä verrattuna kaikissa uitoissa keskimäärin uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden määrään. Eri murtoviivat esittävät suhteellisia puumääriä eri mittayksiköitä käyttäen. Murtoviivat esittävät puumäärien vaihteluita veden korkeudesta riippuen.



Kuva 99. Uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden suhteellinen määrä kussakin yksityisessä uitossa kaikkien uittojen keskiarvoon verrattuna.

Uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden määrä
I = j^3:oina II = jj:oina III = j^2:oina

Kuvassa 99 esittää murtoviiva I uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden suhteellista kuutiomäärää eri uitoissa, murtoviiva II vastaavaa juoksujalkamäärää ja murtoviiva III puiden läpimitan ja pituuden perusteella ($\Sigma l \times d$) laskettua suhteellista pinta-alaa. Jos tarkastetaan murtoviivoja, huomataan, että uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden pinta-alaa kuvaava murtoviiva III on huomattavasti tasajuoksuisempi kuin toiset murtoviivat. Kun otetaan lisäksi huomioon, että eri uitoissa uitetut puumäärät vaihtelevat noin 100 %:lla ja puiden keskiläpimitat sekä pituudet suunnilleen saman verran, voitaneen väittää, että uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden pinta-ala määrätyllä väylällä on uitetun puumäärän ja puiden koon vaihtelusta huolimatta

keskimäärin vakio. Tällöin on luonnollisesti edellytettävä, että veden korkeus väylässä eri uittojen aikana on sama ja samoin puiden kellumiskyky. Jos isot ja pienet puut aiheuttavat uittohäiriöitä siinä määrin, että puiden pinta-alat ovat samat, on pienien uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden kokonaiskuutiomäärä pienempi kuin suurien. Tämä käy selvästi ilmi tarkastettaessa murtoviivaa I, johon kutakin uittoa esittävän pisteen viereen on merkitty puiden keskiläpimitta. Murtoviiva poikkeaa aina selvästi ylöspäin, jos läpimitta on keskimääräistä suurempi, mutta alaspäin, jos läpimitta on keskimääräistä pienempi. Juoksujalkamäärää kuvaavassa murtoviivassa II esiintyvät poikkeukset ovat sen suuntaisia, että pienien uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden juoksujalkamäärä on keskimääräistä suurempi ja suurien päinvastoin.

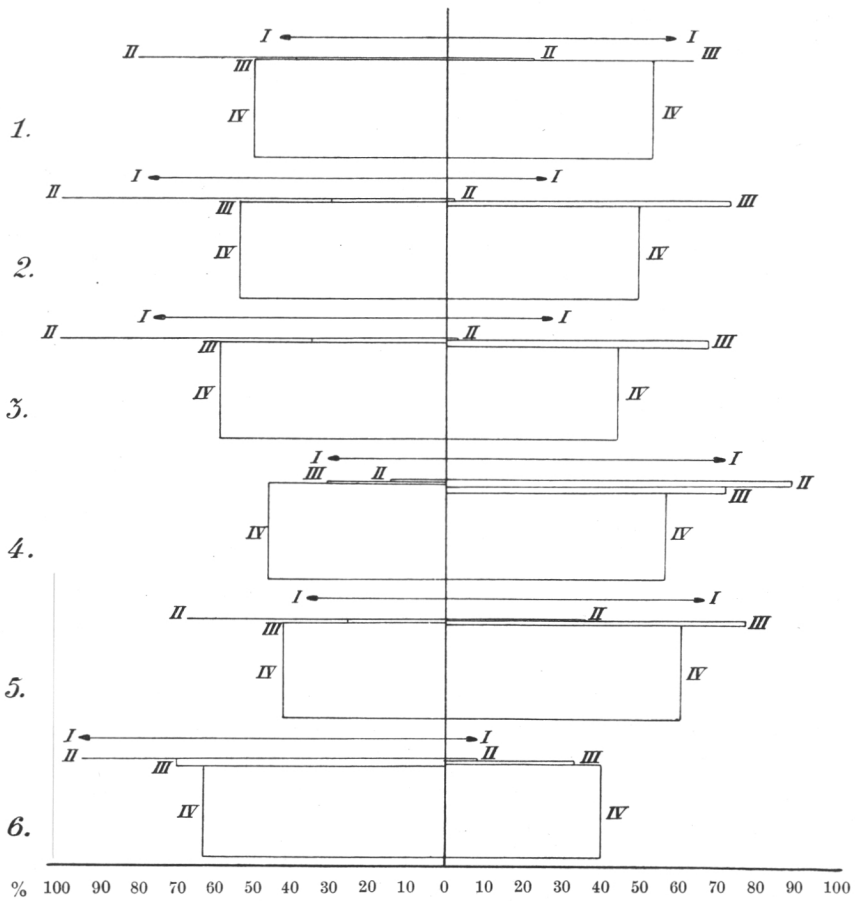
Edellä esitettyjä tutkimustuloksia yleistettäessä on huomattava, että puiden rannalle jäänti muodostaa Hartolan väylällä tavallista suuremman osuuden uittohäiriöiden kokonaismäärästä. Kun toiselta puolen puiden rannalle jäänti riippuu uittohäiriöistä ehkä ratkaisevimmin uittohäiriöalueen pinta-alasta, voi tulos esittää puiden pinta-alan vaikutuksen uittohäiriöiden määrään ehkä jonkin verran liian voimakkaaksi. Joka tapauksessa osoittaa tulos kuitenkin selvästi, että puiden pinta-alalla ($\Sigma l \times d$) on suuri vaikutus uittohäiriöitä aiheuttavien puiden kokonaismäärään ja sen kautta myös uittokustannuksiin.

k. *Tuulen vaikutus uittohäiriöiden määrään.*

Koska tuulen suunta ja voimakkuus vaikuttavat huomattavasti siihen, missä väylän osassa uitettava puutavara kulkee ja missä määrin se joutuu kosketuksiin sellaisten väylän kohtien kanssa, joissa voi aiheutua uittohäiriöitä, tarkastetaan seuraavassa tuulen vaikutusta esiintyneisiin uittohäiriöihin Hartolan väylältä kootun aineiston perusteella. Tuulen vaikutusta uittohäiriöiden absoluuttiseen määrään ei tosin aineiston perusteella voida selvittää, vaan on tyydyttävä siihen, että aineiston perusteella tarkastetaan, mitä eri uittojen aikana vallinnut keskimääräinen tuulen suunta on vaikuttanut väylän eri rannoilla esiintyneiden uittohäiriöiden suhteelliseen määrään. Uiton aikana vallinneen keskimääräisen tuulen suunnan määrääminen toimitettiin siten, että huomioitiin vuorokauden keskimääräinen tuulen suunta joen pääsuuntaan verrattuna ja katsottiin tuulen lisäävän uittohäiriöiden määrää tuulen alle jäävällä rannalla. Tuulen voima arvosteltiin seuraavan asteikon ja tuulen voimaa kuvaavien suhdelukujen perusteella: tyyni = 0, heikko tuuli = 1, kohtalainen

tuuli = 2, kova tuuli = 3 ja myrsky = 4. Kumpaakin rantaa kohden suuntautuneiden tuulien suhdeluvut laskettiin erikseen yhteen ja näin saatujen summien perusteella määrättiin kumpaakin rantaa vastaan kohdistunut suhteellinen tuulisuus %:eina.

Havainnollisen kuvan saamiseksi tuulen vaikutuksesta väylän kummallakin rannalla esiintyneeseen uittohäiriöiden määrään esitetään tulokset kuvassa 100 graafisesti.



Kuva 100. Suhteellisen tuulisuuden vaikutus erilaisten uittohäiriöiden määrään tuulen alla ja tuulen päällä olevilla rannoilla.

I Suhteellinen tuulisuus
II Jäänti puomin taakse
III » ruuhkaan
IV » rannalle

Kuvassa on kukin v. 1935 suoritettu uitto esitetty aikajärjestyksessä alhaalta ylös suunnikkaina, joiden leveys pysty-akselin molemmin puolin kuvaa erilaisten uittohäiriöiden suhteellista määrää %:eina kummallakin rannalla. Suunnikaiden leveys pysty-akselin suuntaan taas kuvaa erilaisten uittohäiriöiden suhteellista osuutta uittohäiriöiden kokonaismäärästä kussakin uitossa. Kaksipäinen nuoli suunnikkaiden yläpuolella esittää suhteellista tuulisuuden suuntaa uiton aikana. Kuvasta nähdään, että suhteellinen tuulisuuden suunta on eri uittojen aikana melkoisesti vaihdellut. Jos verrataan tätä vaihtelua kummallakin rannalla esiintyneeseen suhteelliseen uittohäiriöiden määrään, ovat suhteellisen tuulisuuden mukaan määrätyllä vastarannalla häiriöt aina suuremmat kuin tuulen päällä olevalla rannalla. Tuulen vaikutus uittohäiriöiden määrään on näin ollen ilmeisen selvä. Puomin taakse jääntiin on tuuli vaikuttanut voimakkaimmin. Se onkin luonnollista, kun otetaan huomioon, että puiden puomin taakse joutumista ei käytännössä rajoita häiriöalueen pinta-ala, kuten asianlaita on muihin uittohäiriöihin nähden. Tuulen vaikutus ruuhkaantumiseen on hieman voimakkaampi kuin rannalle jääntiin, mutta rannalle jäänninkin vaihtelu on tuulen suunnan vaihdellessa aivan selvä. Missä määrin tuuli eri uittoväylillä vaikuttaa uittohäiriöiden määrään ja laatuun, riippuu luonnollisesti väylän laadusta, puomitusten määrästä sekä paikallisista tuulisuhteista. Joka tapauksessa on tuuli kuitenkin aina omiaan lisäämään uittohäiriöiden määrää, se kun edistää puiden joutumista pois pääväylältä uittohäiriömahdollisuuksia tarjoaviin uittoväylän osiin.

2. Uittotutkimukset Kymijoella v. 1934.

Uittotutkimukset Kymijoella suoritettiin kesällä v. 1934 Vuolenkosken niskan ja Leininjärven välisellä, noin 14 km pituisella väyläosuudella. Kymijoki on tältä osaltaan vuolas ja runsasvetinen. Väylällä, jolta aineisto kerättiin, ovat mm. suuret Mankalan kosket.

Päijänteeltä tulevat puut kuljetetaan nippulautoissa Vuolenkosken niskaan, jossa niput puretaan. Välierottelujen välttämiseksi pyritään eri omistajien puut uittamaan erikseen ja kunkin uitetun puuerän jälkeen toimitetaan hännänajo. Tutkimusaineistoa koottiin paperipuurankojen ja sahatukkien uitosta. Tulokset kummastakin uitosta esitetään erikseen.

a. *Havutukkien uitto.*

Käsillä olevassa uitossa uitettiin pelkkiä havupuisia sahatukkeja. Uitto toimitettiin vähän ennen juhannusta, niin että hännänajo päät-

tyi juhannukseksi. Kymijoen vesi oli silloin alimmillaan, sillä aivan poikkeuksellisesti alkoi vesi heinäkuussa nousta ja nousua jatkui jouluun saakka. Uitossa sattuneet uittohäiriöt jakaantuivat seuraavasti:

Jäänti	rannalle	32.9 %
»	puomin taakse	7.4 »
»	ruuhkaan	23.5 »
»	kosteeseen	36.2 »
		100.0 %

Prosenttiluvut poikkeavat huomattavasti muilta väyliltä saaduista vastaavista luvuista. Kosteeseen jääneiden puiden suhteellinen määrä on näet sangen suuri aikaisempiin lukuihin verrattuna. Tulos on kuitenkin luonnollinen, kun otetaan huomioon, että runsasvetisellä, suurella väylällä olevat kosteet ovat pinta-alaltaan laajoja, joten niihin mahtuu paljon puita. Lisäksi on tutkitulla Kymijoen osalla suuria koskia, joissa on runsaasti kosteita.

Seuraavassa tarkastetaan, miten tukkien läpimitta on vaikuttanut niiden negatiivisiin uitto-ominaisuuksiin. Asetelma 101 esittää asiaa kuvaavia negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdelukuja.

Asetelma 101.

Eriläpimittaisten kuorittujen havupuutukkien negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut rannalle, puomin taakse, ruuhkaan ja kosteeseen jäännin perusteella Vuolenkosken ja Leinin välisellä väylällä Kymijoessa v. 1934.

Väylä-osuus	Läpimittaluokka — 6″	7″—8″	9″ +
	Jäänti rannalle		
1	0.59	1.38	1.30
2	1.01	1.10	0.51
3	1.14	0.86	0.91
4	0.82	1.20	1.00
5	1.12	0.68	1.70
6	1.14	0.83	1.01
7	0.94	1.09	0.88
M	1.02	0.95	1.06

Väylä-osuus	Läpimittaluokka −6″	7″—8″	9″+
Jäänti puomin taakse			
1	0.68	1.24	1.45
2	1.24	0.81	0.69
3	—	—	—
4	—	—	—
5	—	—	—
6	1.23	0.63	1.40
7	1.23	0.90	0.43
M	1.09	0.94	0.83
Jäänti ruuhkaan			
1	0.90	1.10	1.04
2	1.06	0.69	1.89
3	0.95	0.96	1.35
4	0.76	1.42	0.44
5	—	—	—
6	0.95	0.93	1.48
7	0.67	1.35	1.06
M	0.89	1.10	1.09
Jäänti kosteeseen			
1	0.96	1.08	0.88
2	—	—	—
3	0.96	0.96	1.33
4	1.02	1.12	0.50
5	—	—	—
6	—	—	—
7	1.24	0.76	0.89
M	1.00	1.00	1.00

Suhdelukujen mukaan on latvaläpimitaltaan 7″—8″ tukkeja jäänyt rannalle vähemmän kuin muita, kookkaampia taas jonkin verran enemmän kuin pienempiä. Yleispiirtein esiintyy tämänkin aineiston perusteella suunta, että puiden suureneva läpimitta lisää niiden rannalle jääntitaipumusta. Puomin taakse jääntiin on läpimitta vaikuttanut päinvastaisella tavalla. Mitä pienempiä puut ovat, sitä enemmän niitä on mennyt puomin taakse. Ruuhkaantumiseen on puiden läpimitta vaikuttanut siten, että ruuhkaantuminen lisääntyy suhteellisesti läpimitan suurentuessa. Kosteeseen on kaikenkokoisia puita jäänyt suhteellisesti saman verran.

Tukkien pituuden vaikutusta niiden aiheuttamaan uittohäiriöiden määrään kuvaa taulukko 102.

Taulukko 102.

Eripituisten kuorittujen havupuutukkien negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut rannalle, puomin taakse, ruuhkaan ja kosteeseen jäännin perusteella.

Uittohäiriön laatu	Tukkien pituus		
	— 14′	14′—20′	20′ +
Jäänti rannalle	0.52	0.88	1.45
» puomin taakse	1.20	0.96	1.03
» ruuhkaan	0.34	1.03	1.09
» kosteeseen	0.48	1.09	0.71
M	0.52	1.00	1.18

Suhdelukujen mukaan on puiden enenevä pituus keskimäärin lisännyt niiden aiheuttamaa uittohäiriöiden määrää. Täysin säännöllisenä ei ilmiö tosin esiinny, mutta keskimäärin on suunta kuitenkin selvä.

Puiden kellumiskyvyn vaikutusta niiden aiheuttamaan uittohäiriöiden määrään ja laatuun kuvaa taulukko 103.

Taulukko 103.

Uitettujen ja uittohäiriöitä aiheuttaneiden kuorittujen havutukkien jakaantuminen kellumiskyvyn perusteella.

Tukkien kellumiskyky	Koko uitettu puumäärä	Uittohäiriöitä aiheuttaneet puut				Yhteensä	Negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluku
		Rannalla	Puomin takana	Ruuhkassa	Kosteessa		
Hyvä	10.0 %	2.1 %	16.1 %	12.7 %	4.7 %	6.6 %	0.66
Normaali	63.0 »	64.5 »	32.6 »	53.4 »	62.6 »	58.8 »	0.93
Huono	26.0 »	31.3 »	29.3 »	32.1 »	32.4 »	31.8 »	1.22
Rampa	1.0 »	2.1 »	22.0 »	1.8 »	0.3 »	2.8 »	2.80
	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %	

Puiden kellumiskyvyn huonontuessa on uittohäiriöiden määrä huomattavasti lisääntynyt. Onkin luonnollista, että näin on asianlaita, kun otetaan huomioon ne seikat, jotka vaikuttavat uittohäiriöiden määrään. Huonosti kelluva puu menee helposti puomin alta. Se ui myös syvemmällä kuin saman kokoinen paremmin kelluva puu, joten se tarttuu helposti rannalle ja kaikkiin esteisiin.

b. *Kuusipaperipuurankojen uitto.*

Kysymyksessä oleva uitto suoritettiin heinäkuun puolivälissä v. 1934. Uitettavan puutavaran muodostivat kuusipaperipuurangat, joista osa oli kuorittuja, osa kuorimattomia. Rankojen pituus vaihteli 4 metristä ylöspäin, jopa 8 metriin. Yleisimmin esiintyvä pituus oli noin 5—6 metriä. Rankojen latvaläpimitta oli 4″:sta ylöspäin. Kuorimattomien puiden määrä oli 7.2 % koko kappalemäärästä. Vesi Kymijoessa oli edelliseen uittoon verraten jonkin verran noussut, joten uittoedellytykset olivat rannalle ja ruuhkaan jääntiin nähden parantuneet.

Aluksi tarkastetaan, miten uittohäiriöitä aiheuttaneet puut jakaantuvat eri jääntipaikkojen kesken. Seuraavat %-luvut osoittavat tätä jakaantumista:

Jäänti	rannalle	25.1 %
»	puomin taakse	5.9 »
»	ruuhkaan	12.0 »
»	kosteeseen	57.0 »

Kosteisiin jääneiden puiden määrä on vielä edelliseenkin uittoon verrattuna noussut. Nousu on sekä absoluuttinen että suhteellinen. Absoluuttinen nousu johtunee pääasiassa tuulisuhteista sekä veden noususta joessa. Suhteelliseen nousuun vaikuttaa edellisen lisäksi se, että veden noustessa rannalle jäänti ja ruuhkaantuminen pienenevät.

Aluksi tarkastetaan, missä määrin kuoritut ja kuorimattomat paperipuurangat ovat keskimäärin aiheuttaneet uittohäiriöitä toisiinsa verrattuina. Taulukko 104 esittää asiaa aineiston perusteella.

Taulukko 104.

Kuorittujen ja kuorimattomien kuusipaperipuurankojen negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut eri väyläosuuksilla Vuolenkosken ja Leinin välillä Kymijoessa v. 1934.

Väyläosuus	Negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut	
	Kuoritut rangat	Kuorimattomat rangat
1	1.02	0.74
2	0.90	2.32
3	0.98	1.21
4	1.03	0.67
5	0.82	3.33
6	0.80	3.54
7	0.90	2.35
M	0.97	1.30

Suhdeluvut osoittavat, että kuorimattomat paperipuut ovat yleisesti aiheuttaneet enemmän uittohäiriöitä kuin kuoritut. Kuorittuihin rankoihin verrattuna on eroitus noin 34 %.

Asetelma 105 esittää, miten paperipuurankojen läpimitta on vaikuttanut niiden negatiivisiin uitto-ominaisuuksiin.

Asetelma 105.

Eriläpimittaisten kuorittujen ja kuorimattomien kuusipaperipuurankojen negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut rannalle, puomin taakse, ruuhkaan ja kosteeseen jäännin perusteella Vuolenkosken ja Leinin välisellä väylällä Kymijoessa v. 1934.

Väyläosuus	Kuoritut Läpimittaluokka				Kuorimattomat Läpimittaluokka			
	—5″	5″—6″	7″—8″	9″ +	—5″	5″—6″	7″—8″	9″ +
				Jäänti rannalle				
1	1.00	1.18	0.37	1.05	0.84	1.63	—	—
2	1.00	0.94	0.90	2.14	0.79	0.93	1.12	4.17
3	0.89	0.95	1.05	2.73	1.00	0.87	1.26	1.48
4	0.97	0.91	1.63	0.73	0.41	1.05	3.76	—
5	0.88	1.03	1.65	1.45	0.53	1.35	1.66	2.48
6	1.00	0.93	1.17	1.41	0.78	1.13	1.26	2.24
7	0.76	1.28	1.71	1.09	0.57	1.23	1.65	3.17
M	0.92	1.02	1.22	1.34	0.74	1.11	1.49	2.11
				Jäänti puomin taakse				
1	1.02	0.85	1.11	0.77	0.84	1.43	0.63	4
2	0.99	1.24	0.41	0.64	0.98	0.95	0.49	1.81
3	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	—	—	—	—
6	0.88	1.10	1.31	1.09	1.07	0.61	0.74	1.03
7	1.17	0.69	0.99	0.73	0.88	1.11	0.68	1.27
M	1.02	1.00	0.90	0.77	0.97	1.13	0.80	1.27
				Jäänti ruuhkaan				
1	0.54	1.48	2.24	2.41	0.61	1.10	2.06	2.66
2	0.83	1.36	0.70	2.09	0.75	0.82	2.13	3.28
3	0.60	1.82	0.89	1.23	0.65	0.95	2.97	—
4	0.46	1.35	3.27	2.55	0.76	0.63	3.47	—
5	—	—	—	—	—	—	—	—
6	0.82	1.00	1.80	2.95	1.19	0.74	0.55	2.55
7	0.92	1.14	1.20	0.64	0.95	0.89	1.54	1.17
M	0.67	1.36	1.85	1.91	0.95	0.81	1.56	1.90

Väyläosuus	Kuoritut Läpimittaluokka				Kuorimattomat Läpimittaluokka			
	−5″	5″−6″	7″−8″	9″+	−5″	5″−6″	7″−8″	9″+
	Jäänti kosteeseen							
1	1.00	1.01	0.98	0.91	0.98	0.86	1.79	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—
3	0.83	1.18	1.22	2.27	0.98	1.00	1.04	1.14
4	1.00	1.01	0.98	0.91	0.98	1.07	1.12	—
5	—	—	—	—	—	—	—	—
6	—	—	—	—	—	—	—	—
7	0.87	1.15	1.35	1.18	0.47	1.20	1.96	4.14
M	0.96	1.06	1.05	1.23	0.90	0.97	1.58	0.90

Asetelman 105 suhdeluvut osoittavat, että kuorittuja ja kuorimattomia paperipuurankoja on jäänyt rannalle suhteellisesti sitä enemmän, mitä suurempi niiden läpimitta on ollut. Rannallejäänti-taipumuksen lisääntyminen läpimitan kasvaessa on suurempi kuorimattomilla kuin kuorituilla puilla. Kuorimattomien puiden puomin taakse jäänti on myös suhteellisesti lisääntynyt läpimitan kasvaessa. Ilmiö on päinvastainen kuin mitä tässä tutkimuksessa yleensä on käynyt ilmi. Syy siihen lienee se, että kaikenkokoiset kuusipuurangat kelluvat suunnilleen yhtä hyvin, mutta suuremmista puista tehdään yleensä pitempiä rankoja, joten rankojen pituuden ja läpimitan välillä on positiivinen korrelatio. Kun rankojen apteerauksessa ei lisäksi kiinnitetä niiden suoruuteen samaa huomiota kuin esimerkiksi tukkien teossa, tulevat pitkät rangat muodoltaan epäsäännöllisempiä kuin lyhyet, ja tämä seikka edistää niiden puomin taakse menoa, vaikka muut ominaisuudet pyrkivätkin sitä vähentämään. Sekä kuorittujen että kuorimattomien rankojen ruuhkaantuminen on lisääntynyt huomattavasti läpimitan suurentuessa. Lisääntyminen on voimakkaampi kuorituilla kuin kuorimattomilla rangoilla. Syy lienee siinä, että kuorittujen rankojen ruuhkaantumiseen vaikuttaa voimakkaasti rankojen läpimitasta riippuva vapaaseen uintiin tarpeellinen veden syvyys, mutta kuorimattomien rankojen ruuhkaantumiseen sen ohella karkea pinnan laatu, joka kaiken kokoisilla rangoilla on samanlainen. Kosteeseenjäänti-taipumukseen on puiden koko vaikuttanut verrattain vähän, mutta näyttää kuitenkin siltä, että ohuimpia rankoja on jäänyt kosteisiin hieman vähemmän kuin toisia.

Paperipuurankojen pituuden vaikutusta niiden negatiivisiin uittoominaisuuksiin esittää taulukko 106.

Taulukko 106.

Eripituisten kuorittujen ja kuorimattomien kuusipaperipuurankojen negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut rannalle, puomin taakse, ruuhkaan ja kosteeseen jäännin perusteella.

Uittohäiriön laatu	Kuoritut rangat			Kuorimattomat rangat		
	Pituus					
	— 14′	14′—20′	20′ +	— 14′	14′—20′	20′ +
Jäänti rannalle	0.80	1.09	1.26	0.48	0.84	1.25
» puomin taakse	0.77	1.16	0.80	0.15	0.76	1.37
» ruuhkaan	0.69	1.11	1.63	0.82	0.93	1.10
» kosteeseen	0.67	1.18	1.20	0.38	1.04	1.03
Keskimäärin	0.71	1.14	1.23	0.49	0.91	1.16

Puiden enenevä pituus on käytännöllisesti katsoen säännöllisesti lisännyt niiden negatiivisia uitto-ominaisuuksia. Tulos on siis yhdenmukainen mm. Hartolan väylän tutkimustulosten kanssa, vaikkakin Kymijoki Hartolan jokeen verrattuna on monin verroin suurempi.

Lopuksi tarkastetaan vielä, mitä puiden kellumiskyky on vaikuttanut niiden negatiivisiin uitto-ominaisuuksiin. Asiaa valaisee taulukko 107.

Taulukko 107.

Uitettujen ja uittohäiriöitä aiheuttaneiden kuorittujen ja kuorimattomien kuusipaperipuurankojen jakaantuminen kellumiskyvyn perusteella.

Puutavaran laatu	Puiden kellumiskyky	Koko uitettu puumäärä	Uittohäiriöitä aiheuttaneet puut				Yhteensä	Negatiivisten uitto-ominais. suhdeluku
			Rannalla	Puomin takana	Ruuhkassa	Kosteessa		
Kuoritut kuusipaperipuurangat	Hyvä	32.0	23.9	36.3	17.9	33.7	29.7	0.93
	Normaali ...	60.0	57.5	32.2	63.8	56.5	56.3	0.94
	Huono	6.0	15.7	19.9	16.4	7.6	11.2	1.87
	Rampa	2.0	2.9	11.6	1.9	2.2	2.8	1.40
		100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %	—
Kuorimattomat kuusipaperipuurangat	Hyvä	2.0	1.1	1.9	1.1	4	0.8	0.40
	Normaali ...	40.0	32.1	3.7	34.9	33.3	29.9	0.75
	Huono	50.0	53.3	52.3	49.2	49.0	51.1	1.02
	Rampa	8.0	13.5	42.1	14.8	17.7	18.2	2.28
		100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %	—

Huonosti kelluvat puut ovat yleensä aiheuttaneet enemmän kaikkia uittohäiriöitä kuin hyvin kelluvat. Varsinkin puomin taakse jäänti lisääntyy hyvin voimakkaasti kellumiskyvyn huonontuessa. Kellu-

miskyvyn keskimääräisestä vaikutuksesta negatiivisten uitto-ominaisuuksien määrään antavat hyvän kuvan taulukon 107 viimeisessä sarakkeessa esitetyt negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut.

3. Uittotutkimukset Höytiäisen väylällä v. 1935.

Höytiäisen väylällä tarkoitetaan tässä jokea, jonka kautta Höytiäinen laskee vetensä Pyhäselkään. Joen pituus on noin 11 km. Joki on verrattain kapea ja koskinen, kuten uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden jakaantuminen eri jääntipaikkojen kesken myöhemmin osoittaa. Tutkimusaineistoa kerättiin kolmesta uitosta, jotka toimitettiin kesä—heinäkuun aikana v. 1935. Ensimmäisessä uitossa uitettiin pelkkiä talvella kaadettuja koivuja, toisessa sekaisin kuorittuja havutukkeja ja kuorittua pinotavaraa, kolmannessa kuorittuja havutukkeja, kuorimattomia koivuja sekä kuorittua pinotavaraa sekaisin. Kaikki kolme uittoa käsitellään seuraavassa kukin erikseen.

a. *Talvella kaadettujen koivutukkien uitto.*

Kysymyksessä oleva uitto suoritettiin kesäkuun lopulla v. 1935. Uitettava puutavara oli pelkkiä talvella kaadettuja pienehköjä koivutukkeja. Puiden kaatoajasta johtuen oli niiden kellumiskyky sangen huono. Hyvin kelluvia tukkeja ei sumassa ollut ollenkaan ja normaalisesti kelluvien puiden määräkin oli vain 16.1 %.

Aluksi tarkastetaan, missä suhteessa puutavara aiheutti erilaisia uittohäiriöitä. Aineiston mukaan on eri jääntipaikkoihin jäänyt seuraavat suhteelliset kappalemäärät puita:

Jäänti	rannalle	19.8 %
»	puomin taakse	4.9 »
»	ruuhkaan	46.1 »
»	kosteeseen	29.2 »
		100.0 %

Prosenttiluvut osoittavat selvästi, että Höytiäisen väylän uittokelpoisuus on verrattain huono. Ruuhkaantuneiden puiden määrä on näet lähes puolet kaikkien uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden määrästä.

Seuraavassa tarkastetaan sitten, mitä puiden koko on vaikuttanut niiden uitto-ominaisuuksiin. Taulukko 108 ja asetelma 109 esittävät puiden läpimitan ja pituuden vaikutusta niiden negatiivisiin uitto-ominaisuuksiin.

Taulukko 108.

Eriläpimittaisten koivutukkien negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut rannalle, puomin taakse, ruuhkaan ja kosteeseen jäännin perusteella.

Uittohäiriön laatu	Latvaläpimittaluokka			
	—5″	5″—6″	7″—8″	9″ +
Jäänti rannalle	1.09	0.73	1.21	1.42
» puomin taakse	0.98	1.13	1.09	0.13
» ruuhkaan	0.96	1.05	0.88	1.29
» kosteeseen	1.06	1.08	0.96	0.40

Taulukon 108 suhdeluvut osoittavat, että puiden rannalle jäänti on ollut suhteellisesti keskimäärin sitä runsaampaa, mitä suurempiläpimittaisia puut ovat olleet. Saman suuntainen taipumus esiintyy myös ruuhkaantumisen määrää esittäviä suhdelukuja tarkastettaessa. Tulos on siis yhdenmukainen aikaisemmin esitettyjen tutkimustulosten kanssa. Puomin taakse on jäänyt suurinläpimittaisia puita huomattavasti vähemmän kuin muita. Pienempien läpimittaluokkien puiden puomin taakse jäänti on taas ollut suunnilleen suhteellisesti yhtä runsasta läpimitasta riippumatta. Erikokoisten tukkien kosteeseen jääntitaipumus on suunnilleen samanlainen kuin puomin taakse jääntitaipumuskin.

Asetelma 109.

Eripituisten koivutukkien negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut rannalle, puomin taakse, ruuhkaan ja kosteeseen jäännin perusteella.

Uittohäiriönlaatu	Pituusluokka		
	—14′	14′—20′	20′ +
Jäänti rannalle	0.53	1.04	2.23
» puomin taakse	0.37	1.31	0.90
» ruuhkaan	0.59	1.06	1.96
» kosteeseen	0.64	1.03	2.00

Suhdelukujen mukaan on puiden enenevä pituus säännöllisesti lisännyt uittohäiriöiden suhteellista määrää, ts. lisännyt uittohankaluutta. Ilmiö on siis täysin sama kuin kaikissa edellä esitetyissäkin uitoissa.

On myös mielenkiintoista tarkastaa, miten määrätynpaksuisten koivujen pituusvaihtelu on vaikuttanut niiden taipumuksiin aiheuttaa uittohäiriöitä. Taulukko 110 esittää eripituisten ja eripaksuisten puiden negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdelukuja uiton muasta pois jääneiden puiden koko määrän perusteella.

Taulukko 110.

Eripituisten ja eriläpimittaisten tuoreitten koivutukkien negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut Höytiäisen väylän uitossa kesällä v. 1935.

Tukkien latvaläpimitta	Tukkien pituus			Yli 20′ pitkien tukkien n. u. o-suhdeluku %:eina 14′ lyhyempien tukkien n. u. o-suhdeluvusta
	— 14′	14′—20′	20′ +	
	Negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut			
—5″	0.51	1.78	2.70	530
5″—6″	0.77	0.93	1.32	171
7″—8″	0.87	0.81	2.34	204
9″ + ...	1.59	1.90	4.67	294

Suhdeluvut osoittavat, että pieninläpimittaisten puiden enenevä pituus on lisännyt eniten puiden uittohäiriötaipumuksia. 20′ pitempien puiden uittohäiriötaipumus on yli viidenkertainen 14′ lyhyempiin puihin verrattuna. Lähinnä eniten on enenevä pituus vaikeuttanut paksuimpien puiden uittoa. Kahdessa keskimmäisessä läpimittaluokassa on pituuden vaikutus molemmissa suunnilleen samanlainen.

Taulukossa 110 esiintyvä tukkien pituuden ja negatiivisten uitto-ominaisuuksien välinen suhde johtunee lähinnä siitä, että ohuet puut, jotka tehdään yhdeksi pölkyksi, ovat yleensä runkomuodoltaan epäsäännöllisiä, ja mitä pitemmiksi tukit tehdään, sitä voimakkaammin tulee rungon mutkaisuus esiin. Paksuimpien tukkien enenevä pituus taas lisää niiden uittohankaluutta suhteellisen paljon senvuoksi, että pitkät tukit ovat siksi kookkaita, että ne jo kokonsa puolesta väylän suuruuteen verrattuna ovat hankalia uittaa.

b. *Kuorittujen havupuutukkien ja kuusipaperipuiden uitto.*

Uitettavan suman muodostivat kuoritut havupuutukit ja kuoritut kuivat kuusipaperipuut. Kappaleluvun perusteella laskien oli tukkeja 17.8 % ja paperipuita 82.2 %. Erilaisia uittohäiriöitä aiheutui uitossa seuraavasti:

Jäänti	rannalle	29.4 %
»	puomin taakse	5.7 »
»	ruuhkaan	56.2 »
»	kosteeseen	8.7 »
		100.0 %

Uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden kokonaiskappalemäärä oli tässä uitossa noin 64 % edellisen uiton vastaavasta määrästä. Kun

lisäksi otetaan huomioon, että puista oli huomattava määrä paperipuita, oli uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden kuutiomäärä huomattavasti pienempi kuin edellisessä uitossa.

Aluksi verrataan toisiinsa tukkien ja 2-metristen paperipuiden negatiivisia uitto-ominaisuuksia koko uiton muasta jääntimäärän perusteella. Taulukko 111 esittää kummankin puutavaralajin negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdelukuja.

Taulukko 111.

Kuorittujen havupuutukkien ja kuorittujen kuivien kuusipaperipuiden negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut eri väyläosuuksilla Höytiäisen väylän uitossa kesällä v. 1935.

Väyläosuus	Negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut	
	Tukit	2 m paperipuut
1	2.41	0.69
2	2.00	0.78
3	3.29	0.50
4	3.06	0.55
M	2.70	0.63

Suhdeluvut osoittavat, että kuivien paperipuiden uitto on ollut säännöllisesti paljon helpompaa kuin kuorittujen tukkien uitto. Tulos onkin täysin käsitettävissä väylän pienuuden ja huonon uittokelpoisuuden perusteella.

Asetelma 112 esittää erikokoisten tukkien ja eripituisten paperipuiden erilaisia negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavia suhdelukuja.

Asetelma 112.

Erikokoisten kuorittujen havupuutukkien ja eripituisten kuivien kuorittujen kuusipaperipuiden negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut rannalle, puomin taakse, ruuhkaan ja kosteeseen jäännin perusteella Höytiäisen väylän uitossa v. 1935.

Väyläosuus	Kuoritut havutukit Läpimittaluokka			Kuoritut kuusipaperipuut	
	5″—6″	7″—8″	9″ +	1 m	2 m
		Jäänti rannalle			
1	0.66	0.78	3.88	1.03	0.88
2	0.60	0.97	3.49	1.05	0.80
3	1.34	0.76	—	0.98	1.06
4	1.46	0.30	1.22	1.03	0.90
M_{TP}	0.81	0.78	3.04	1.03	0.89
M_{Σ}	0.78	0.75	3.00	1.04	0.90

Väyläosuus	Kuoritut havutukit Läpimittaluokka 5″—6″	7″—8″	9″+	Kuoritut kuusipaperipuut 1 m	2 m
		Jäänti puomin taakse			
1	1.65	0.31	—	0.69	2.17
2	1.68	0.28	—	0.84	1.59
3	1.88	—	—	0.63	2.38
4	—	—	—	0.63	2.38
M_{TP}	1.67	0.29	—	0.75	1.94
M_{Σ}	6.29	1.09	—	0.30	0.78
		Jäänti ruuhkaan			
1	0.91	0.62	3.10	0.83	1.63
2	0.91	0.66	2.90	0.78	1.81
3	0.76	0.86	2.99	0.79	1.79
4	0.69	0.70	4.04	0.91	1.35
M_{TP}	0.79	0.74	3.30	0.83	1.64
M_{Σ}	3.00	2.84	12.69	0.32	0.65
		Jäänti kosteeseen			
1	0.94	0.44	3.66	1.21	0.23
2	—	—	—	1.27	—
3	0.54	1.52	1.57	1.02	0.93
4	0.62	1.77	—	1.05	0.80
M_{TP}	0.70	1.16	2.07	1.10	0.62
M_{Σ}	0.51	0.84	1.50	1.17	0.66

Aluksi tarkastetaan niillä riveillä olevia suhdelukuja, jotka on merkitty merkillä M_{TP}. Ne esittävät samaan ryhmään, joko tukkeihin tai pinotavaraan kuuluvien erilaisten puiden negatiivisia uitto-ominaisuuksia keskenään verrattuina. Läpimitaltaan 8″ ja sitä pienempiä tukkeja on jäänyt rannalle suunnilleen saman verran läpimitasta riippumatta, 9″ ja sitä paksumpia sitävastoin huomattavasti runsaammin. Puomin taakse jääntiin on tukkien läpimitta vaikuttanut täysin päinvastoin. Pieniä tukkeja on jäänyt puomin taakse erittäin runsaasti, mutta suurimpia ei lainkaan. Ruuhkaantumistaipumukseen on puiden läpimitta vaikuttanut samoin kuin rannallejäänti-taipumukseenkin. Suuria tukkeja on ruuhkaantunut suhteellisesti moninkertaisesti enemmän kuin pieniä. Kosteeseen on suuria tukkeja jäänyt myös suhteellisesti enemmän kuin pieniä. Riippuen eri uittohäiriöiden suhteellisesta määrästä muodostuvat eriläpimittaisten tukkien negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavat keskimääräiset suhdeluvut seuraaviksi: 5″—6″ 0.67, 7″—8″ 0.72 ja 9″ + 2.97. Läpimitan vaihtelun aiheuttama suuri ero johtuu siitä, että rannalle

ja ruuhkaan jäänti muodostavat ratkaisevan osan uittohäiriöistä, kuten asianlaita aina on uittokelpoisuudeltaan heikoilla väylillä.

Eripituisten paperipuiden taipumukset aiheuttaa uittohäiriöitä eroavat myös aineiston mukaan melkoisesti toisistaan. Koska ruuhkaantuminen on yleisin uittohäiriö väylällä, on eroitus tässä uittohäiriölaadussa merkittävin. 1-metrisiä paperipuita on jäänyt ruuhkiin suhteellisesti vain puolet siitä mitä 2-metrisiä. Puun enenevä pituus lisää tämänkin aineiston mukaan ruuhkaantumistaipumusta. Puomin taakse on lyhyitä paperipuita myös jäänyt huomattavasti vähemmän kuin pitkiä. Syytä on vaikea selittää, mutta koska puomin taakse on yleensä jäänyt vähän puita, voi se johtua sattumastakin. Rannalle jääntiin nähden ovat lyhyet puut olleet hieman epäedullisempia kuin pitkät. Ilmiö voi johtua vallinneista tuulista. Mitä pienempää ja kevyempää tavara on, sitä helpommin sen tuuli ajaa rannalle. Tuulen vaikutusta aineiston laatuun todistaa myös se, että paperipuita on jäänyt rannalle enemmän kuin tukkeja (rivi M_{Σ}), mikä on vastoin kaikkia muita tämän tutkimuksen yleisiä tuloksia. Puomin taakse ja ruuhkaan jääntiin nähden ovat tukit olleet huomattavasti epäedullisempia uittaa kuin paperipuut. Edellinen seikka johtuu paperipuiden paremmasta kellumiskyvystä, jälkimmäinen tukkien pituudesta. Kosteeseen on tukkeja ja paperipuita jäänyt suunnilleen samassa suhteessa.

Seuraavassa tarkastetaan vielä tukkien pituuden vaikutusta niiden taipumuksiin aiheuttaa uittohäiriöitä.

Asetelma 113.

Eripituisten kuorittujen havutukkien negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut rannalle, puomin taakse, ruuhkaan ja kosteeseen jäännin perusteella.

Uittohäiriön laatu	Pituusluokka — 14′	14′—20′	20′+
Jäänti rannalle	0.61	0.94	1.23
» puomin taakse	0.26	1.32	0.45
» ruuhkaan	0.10	0.75	1.79
» kosteeseen	0.91	1.16	0.66

Suhdeluvut osoittavat, että puiden enenevä pituus on paria pientä poikkeusta lukuunottamatta lisännyt niiden taipumusta aiheuttaa uittohäiriöitä. Pituuden vaikutus ruuhkaantumistaipumuksen lisääntymiseen on voimakkain.

c. *Kuorittujen havutukkien, koivutukkien ja paperipuiden uitto.*

Käsillä olevassa uitossa uitettiin erilaista puutavaraa seuraavassa kappalemääräisessä paljoussuhteessa: kuorittuja havutukkeja 29.1 %, kuivia koivutukkeja 8.1 % ja kuorittuja paperipuita 62.8 %. Erilaisia uittohäiriöitä aiheutui seuraavien %-lukujen mukaan:

Jäänti	rannalle	28.9 %
»	puomin taakse	5.5 »
»	ruuhkaan	63.1 »
»	kosteeseen	2.5 »

Uittohäiriöiden jakaantuminen on suunnilleen sama kuin edellisissäkin uitoissa. Ainoastaan kosteisiin jäänti on vähäisempää. Se johtuu pääasiassa siitä, että veden alentuessa kosteitten pinta-ala pienenee ja kosteissa käyvä virta heikkenee. Huolimatta siitä, että kosteisiin jäi verrattain vähän puita, oli uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden kokonaismäärä kuitenkin 44 % suurempi kuin edellisessä uitossa. Se aiheutuu osittain uitettavina olleista koivutukeista, mutta pääasiassa kuitenkin veden alentumisesta.

Aluksi tarkastetaan, miten paljon eri puutavaralajit ovat suhteellisesti aiheuttaneet uittohäiriöitä.

Taulukko 114.

Kuorittujen havupuutukkien, koivutukkien ja kuorittujen kuusipaperipuiden negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut eri väyläosuuksilla Höytiäisen väylän uitossa kesällä v. 1935.

Väyläosuus	Negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut		
	Havutukit	Koivutukit	Paperipuut
1	1.66	2.48	0.50
2	1.64	2.27	0.54
3	1.43	4.00	0.42
4	1.37	3.43	0.51
M	1.59	2.69	0.51

Paperipuut ovat aiheuttaneet suhteellisesti vain noin 32 % havutukkien aiheuttamasta uittohäiriöiden määrästä, mutta koivutukit taas 169 %. Havutukkien ja paperipuiden suhteellisesti aiheuttama uittohäiriöiden määrä poikkeaa jossakin määrin vastaavasta suhteesta edellisessä uitossa. Paperipuiden aiheuttama uittohäiriöiden määrä oli näet silloin vain noin 23 % vastaavasta havutukkien uittohäiriöiden määrästä. Eroitus ei kuitenkaan ole varsin suuri ja se aiheutunee siitä, että jälkimmäisessä uitossa oli mukana myös koivuja, jotka helposti uittohäiriöitä aiheuttavina täyttävät osan niistä uittohäiriöpaikoista, joihin muuten olisi jäänyt havutukkeja. — Kuten jo ennenkin on mainittu, riippuu erilaisen puutavaran aiheuttama suhteellinen uittohäiriöiden määrä osittain siitä, millainen uitettavan suman kokoomus on.

Seuraavassa tarkastetaan, miten samaan puutavararyhmään kuuluvien erikokoisten puutavaroiden aiheuttama uittohäiriöiden määrä on vaihdellut.

Asetelma 115.

Erikokoisten kuorittujen havu- ja koivutukkien sekä eripituisten kuorittujen kuusipaperipuiden negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut rannalle, puomin taakse, ruuhkaan ja kosteeseen jäännin perusteella Höytiäisen väylän uitossa v. 1935.

Väyläosuus	Kuoritut havutukit Läpimittaluokka 5″—6″	7″—8″	9″ +	Koivut Läpimittaluokka 5″—6″	7″—8″	9″ +	Pinotavara 1 m	2 m
Jäänti rannalle								
1	0.83	1.13	1.21	0.77	1.15	0.90	0.95	1.28
2	0.85	1.08	1.30	0.67	1.25	0.74	0.95	1.28
3	1.29	0.94	0.60	1.63	0.71	0.92	0.93	1.39
4	0.97	1.31	1.44	1.62	0.73	1.30	0.98	1.13
M_{TP}	0.99	1.09	1.05	0.97	1.06	0.93	0.95	1.28
M_{Σ}	0.54	0.60	0.58	3.78	4.32	3.67	0.78	1.04
Jäänti puomin taakse								
1	1.28	0.96	—	2.01	0.61	0.63	0.20	5.58
2	1.28	0.80	0.58	2.89	0.36	—	0.18	5.74
3	1.07	0.80	1.45	2.58	0.52	—	0.47	4.05
4	1.07	0.60	2.17	2.41	0.61	—	0.39	4.51
M_{TP}	1.22	0.82	0.75	2.41	0.54	0.21	0.23	5.43
M_{Σ}	1.29	0.88	0.82	6.91	1.61	0.64	0.16	3.90
Jäänti ruuhkaan								
1	1.12	0.87	0.99	1.24	0.78	1.31	0.17	5.75
2	1.00	1.02	0.91	1.12	0.74	1.64	0.76	2.36
3	0.44	1.12	2.86	0.83	0.53	2.74	0.87	1.78
4	0.75	1.07	1.77	0.47	0.64	2.98	0.65	3.01
M_{TP}	0.98	0.97	1.18	1.02	0.69	1.93	0.56	3.53
M_{Σ}	2.09	2.07	2.48	2.09	1.45	4.07	0.19	1.18
Jäänti kosteeseen								
1	0.78	1.31	0.79	0.90	0.91	1.43	0.84	1.83
2	—	—	—	—	—	—	—	—
3	0.71	1.20	1.45	—	0.91	2.86	1.17	—
4	1.42	0.80	—	—	1.82	—	0.84	1.93
M_{TP}	0.85	1.20	0.87	0.52	1.04	1.63	0.88	1.69
M_{Σ}	1.15	1.62	1.18	0.87	1.77	2.79	0.66	1.27

Asetelmasta 115 nähdään, että kuorittuja havutukkeja on jäänyt rannalle ja ruuhkaan keskimäärin sitä enemmän, mitä kookkaampia ne ovat olleet. Koon vaikutus mainittuihin negatiivisiin uitto-ominai-

suuksiin ei kuitenkaan ole varsin voimakas, mikä johtunee siitä, että uitettavassa sumassa oli mukana myös koivutukkeja, jotka ilmeisesti ovat vähentäneet jonkin verran havupuiden rannalle ja ruuhkaan jääntiä, täyttämällä mainittuja uittohäiriöpaikkoja. Puomin taakse on jäänyt, kuten tavallista, pieniä tukkeja enemmän kuin suuria. Kosteeseenjäänti-taipumus on kaiken kokoisilla tukeilla ollut suunnilleen samanlainen.

Koivutukkien koko ei ole sanottavasti vaikuttanut niiden rannalle jääntiin. Se johtunee siitä, että koivutukkeja oli uitossa siksi vähän, että sattuma voi suuresti vaikuttaa asiaan. Puomin taakse on pieniä puita mennyt suhteellisesti paljon runsaammin kuin suuria. Suurimpia puita on taas ruuhkaantunut eniten. Vähiten on ruuhkaan jäänyt keskikokoisia puita. Pienien puiden runsaampi ruuhkaantuminen kuin keskikokoisten johtunee niiden epäsäännöllisestä runkomuodosta. Kosteisiin jääntiä on puiden koko lisännyt, mutta vaikuttanee tulokseen sattuma puiden vähälukuisuuden vuoksi.

Paperipuista ovat lyhyemmät aiheuttaneet vähemmän uittohäiriöitä kuin pitemmät. Merkittävin ero on ruuhkaantumisessa ja rannalle jäännissä, syystä että mainittuja uittohäiriöitä esiintyy melkein yksinomaan.

Tukkien pituuden vaikutusta niiden taipumukseen aiheuttaa uittohäiriöitä kuvaa asetelma 116.

Asetelma 116.

Eripituisten kuorittujen havu- ja koivutukkien negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut rannalle, puomin taakse, ruuhkaan ja kosteeseen jäännin perusteella.

Uittohäiriön laatu	Kuoritut havutukit Pituusluokka			Koivut Pituusluokka		
	— 14′	14′—20′	20′ +	— 14′	14′—20′	20′ +
Jäänti rannalle	0.69	1.02	1.20	0.52	0.64	2.51
» puomin taakse ...	0.70	1.00	1.30	0.26	0.89	2.28
» ruuhkaan	0.49	0.97	1.61	0.19	0.65	2.94
» kosteeseen	0.82	1.07	0.76	—	1.14	2.03

Suhdeluvut osoittavat, että puiden enenevä pituus on säännöllisesti lisännyt niiden kaikkia muita negatiivisia uitto-ominaisuuksia paitsi kosteeseen jääntiä. Viimeksi mainitulla seikalla ei kuitenkaan tässä ole merkitystä, koska kosteisiin jäänti on aivan vähäistä. Puiden pituus on vaikuttanut voimakkaimmin ruuhkaantumistaipumukseen. Lisäksi on huomattava, että koivujen pitenemisen vaikutus on voimakkaampi kuin havupuiden. Syynä siihen lienee koivujen epäsäännöllinen runkomuoto sekä se, että havutukit apteerataan pitkiksi vain siinä tapauksessa, että niiden runko on suora.

4. Uittotutkimukset Ala-Koitajoella v. 1935.

Ala-Koitajoki on Pielisjokeen idästä laskeva uittoväylä, joka tuo puutavaraa Tolvajoen, Ylä-Koitajoen sekä Koitereen ja Haapajoen väyliltä.

Tutkimukset suoritettiin Ala-Koitajoen n. 20 km pituisella loppuosalla alkaen siitä, missä Koitereen vedet yhtyvät väylään, aina Pielisjokeen asti. Väylä on vuolas, melko runsasvetinen ja erittäin koskinen. Siinä on mm. tunnetut Pamilon ja Kuusamon kosket. Vesisuhteitten vaihtelut vaikuttavat melkoisesti uittoon. Uittolaitteita on jonkin verran; suurimpiin koskiin on rakennettu suisteita ja tyvenemmät väylän osuudet on puomitettu. Kosket ovat melko matalia ja kivisiä, joten niihin muodostuu suuria ruuhkia. Kosteet ovat — paria poikkeusta lukuunottamatta — tässä väyläosassa melko pieniä. Rannat ovat osaksi jyrkähköjä ja kivisiä, osaksi matalia ja ruohoisia. Jälkimmäisiä esiintyy kuitenkin pääasiassa puomitetuilla väyläosuuksilla. Ala-Koitajoella suoritettiin v. 1935 uitto kahdessa jaksossa, siten että heinäkuun puolivälissä ajettiin välihäntä. Molemmat uittojaksot esitetään erikseen.

a. *Kuorittujen havutukkien, koivujen ja pinotavaran uitto.*

Tutkittu uitto suoritettiin alkukesällä siten, että hännänajo tapahtui heinäkuun puolivälissä. Uitettava suma käsitti seuraavat määrät eri puutavaralajeja: kuorittuja havutukkeja 10.9 %, faneerikoivuja 3.1 % ja pinotavaraa 86.0 %.

Uittohäiriöt jakaantuvat keskimäärin seuraavasti:

Jäänti	rannalle	43.7 %
»	puomin taakse	2.9 »
»	ruuhkaan	40.4 »
»	kosteeseen	13.0 »
		100.0 %

Uittohäiriöihin nähden kuuluu uittoväylä ensimmäiseen uittokelpoisuusluokkaan. Rannalle jäänti on ehkä hieman tavallista runsaampaa, mutta se johtuu siitä, että vesi Ala-Koitajoessa laskeutui kesä—heinäkuun vaihteen aikana sangen nopeasti.

Eri puutavararyhmien aiheuttamien uittohäiriöiden perusteella muodostuvat niiden negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut taulukon 117 mukaisiksi.

Taulukko 117.

Eri puutavararyhmien negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut Ala-Koitajoen alkukesän uitossa ennen 15. 7. 1935.

Uittohäiriön laatu	Kuoritut havutukit	Koivutukit	Pinotavara
Jäänti rannalle	1.27	2.81	0.90
» puomin taakse	0.95	1.55	0.99
» ruuhkaan	2.06	3.26	0.78
» kosteeseen	0.50	1.52	1.04
M	1.48	2.77	0.88

Suhdeluvut osoittavat, että koivut ovat kuorittuihin havutukkeihin verrattuina aiheuttaneet noin 87 % enemmän uittohäiriöitä, mutta pinotavara vain 59 % siitä, mitä kuoritut havutukit. Koivujen aiheuttama suuri uittohäiriöiden määrä riippuu osaksi siitä, että ne uitettiin vesistön latvoilta ja joutuivat ennen tutkitulle väyläosuudelle tuloaan olemaan jo kauan aikaa uitossa.

Seuraavassa tarkastetaan tiettyihin puutavararyhmiin kuuluvien erilaisten puutavaroiden negatiivisia uitto-ominaisuuksia.

Asetelma 118.

Erikokoisten kuorittujen havutukkien, koivutukkien ja eripituisen pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut rannalle, puomin taakse, ruuhkaan ja kosteeseen jäännin perusteella Ala-Koitajoen alkukesän uitossa ennen 15. 7. 1935.

	Kuoritut havutukit			Kuorimattomat koivutukit			Pinotavara	
	Läpimittaluokka							
	5″—6″	7″—8″	9″ +	5″—6″	7″—8″	9″ +	alle 3 m	yli 3 m
Jäänti rannalle								
M_{TP}	0.77	1.11	1.56	0.67	1.28	1.04	1.17	0.90
M_{Σ}	0.98	1.41	1.93	1.92	3.40	3.25	1.05	0.81
Jäänti puomin taakse								
M_{TP}	1.51	0.57	0.28	0.97	1.34	/	0.61	1.24
M_{Σ}	1.44	0.54	0.27	1.58	1.93	/	0.60	1.22
Jäänti ruuhkaan								
M_{TP}	0.74	1.01	1.97	0.54	1.27	1.40	0.64	1.22
M_{Σ}	1.54	2.07	4.00	1.83	3.93	5.00	0.50	0.96
Jäänti kosteeseen								
M_{TP}	0.45	1.43	1.88	1.11	0.92	0.97	1.58	0.65
M_{Σ}	0.22	0.74	0.93	1.75	1.33	1.75	1.65	0.68
Jäänti kaikkiaan								
M_{TP}	0.75	1.06	1.78	0.64	1.25	1.19	1.02	0.99
M_{Σ}	1.13	1.56	2.57	1.83	3.33	3.75	0.89	0.86

Merkinnällä M_{TP} varustetuilla riveillä esitetään suhdeluvut, jotka osoittavat puiden koon vaikutusta negatiivisten uitto-ominaisuuksien määrään, kun pidetään vertausperusteena ryhmän keskimääräisiä uitto-ominaisuuksia. Kuorittuja havutukkeja ja koivuja on suhdelukujen mukaan jäänyt rannalle ja ruuhkaan sitä enemmän, mitä suurempi niiden läpimitta on ollut. Havutukkien puomin taakse jääntiä on suureneva läpimitta huomattavasti vähentänyt. Koivutukkeihin nähden on asianlaita sama, sillä kookkaimpia puita ei ole jäänyt puomin taakse lainkaan. Havutukkien kosteeseen jäänti on aineiston mukaan sitä runsaampaa, mitä kookkaampia ne ovat olleet. Esiintyvän suuruinen ero johtunee kuitenkin osaksi sattumasta. Koivujen kosteeseen jääntiin ei puiden koko ole sanottavasti vaikuttanut.

Pinotavaraksi on tutkimusta tehtäessä luettu varsinainen määrämittoihin katkottu pinotavara sekä latvaläpimitaltaan alle tukin minimimitan olevat rangat. Alle 3 m pituusluokkaan kuuluu yksinomaan varsinaista pinotavaraa ja yli 3 m luokkaan rankoja. Varsinaisen pinotavaran ryhmään kuuluu melkoinen osa verrattain järeätäkin tavaraa, mutta rangat ovat yleensä kaikki ohutlatvaisia, koska pitkät, järeät puut menevät tukeiksi. Esitetty eripituisen pinotavaran mittojen eroavaisuus tekee käsitettäväksi niiden negatiivisten uitto-ominaisuuksien vaihtelut. Rannalle on lyhyttä tavaraa jäänyt sen suuremman läpimitan vuoksi enemmän kuin pitkää. Puomin taakse on taas ohutlatvaisia, pitkiä rankoja mennyt huomattavasti enemmän kuin lyhyttä tavaraa. Pitkän tavaran ruuhkaan jäänti on myös sen ohuen läpimitan ja pituuden vuoksi lähes kaksi kertaa niin runsasta kuin lyhyen tavaran. Lyhyen tavaran kosteeseen jäänti on taas paljon runsaampaa kuin pitkän. Ilmiö johtuu suureksi osaksi siitä, että kosteet tutkitulla väylän osalla ovat yleensä pieniä ja kapeita, joista pitkät puut lähtevät pois helpommin kuin lyhyet.

Jos verrataan toisiinsa riveillä M_{Σ} olevia suhdelukuja, jotka esittävät erilaisen puutavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdelukuja koko uitettavan suman negatiivisiin uitto-ominaisuuksiin verrattuna, nähdään, että koivut ovat aiheuttaneet yleensä huomattavasti enemmän uittohäiriöitä kuin kuoritut havupuut. Varsinkin koivujen rannalle jäänti on suhteellisesti paljon runsaampaa kuin muun puutavaran.

b. *Kuorittujen ja kuorimattomien havutukkien, koivujen ja pinotavaran uitto.*

Ala-Koitajoen toisen jakson uitossa, siis kesän loppupuoliskolla 1935, uitettiin seuraavassa kappalemääräisessä paljoussuhteessa eri

puutavaralajeja: kuorittuja havutukkeja 15.9 %, kuorimattomia havutukkeja 3.8 %, faneerikoivuja 3.3 % ja pinotavaraa 83.0 %.

Puutavaran aiheuttamat uittohäiriöt jakaantuivat keskimäärin seuraavasti:

Jäänti	rannalle	24.2 %
»	puomin taakse	3.2 »
»	ruuhkaan	61.1 »
»	kosteeseen	11.5 »
		100.0 %

Uittohäiriöiden suhteelliset määrät ovat edelliseen uittoon verrattuna melkoisesti muuttuneet. Muutos koskee lähinnä rannalle jääntiä ja ruuhkaantumista. Ruuhkaantuminen on edelliseen uittoon verrattuna lisääntynyt suhteellisesti noin 50 %:lla. Tämä johtuu osittain siitä, että uittojakson alkupuolella oli vesi Ala-Koitajoessa alimmillaan ja silloin syntyi koskiin suuria ruuhkia. Ruuhkaantumista lisäsi vielä osaksi se, että uitettavassa sumassa oli Venäjän puolelta tulleita järeitä kuorimattomia tukkeja, joiden ruuhkaantuminen on keskimääräistä suurempi. Puiden rannalle jääntiä taas vähentää se, että vesi uiton loppupuolella elokuun puolivälistä lähtien alkoi nousta, jatkuen nousua uiton päättymiseen asti [1]).

Eri puutavararyhmien negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavat suhdeluvut ovat niiden aiheuttamien uittohäiriöiden perusteella taulukon 119 mukaiset.

Taulukko 119.

Eri puutavararyhmien negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut Ala-Koitajoen loppukesän uitossa v. 1935.

Uittohäiriön laatu	Kuoritut havutukit	Kuorimattomat havutukit	Koivutukit	Pinotavara
	Negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut			
Jäänti rannalle	1.41	2.92	3.36	0.72
» puomin taakse	1.69	—	2.33	0.85
» ruuhkaan	0.85	4.11	1.79	0.85
» kosteeseen	0.81	0.84	0.48	1.07
M	1.01	3.32	2.03	0.84

Eniten uittohäiriöitä ovat aiheuttaneet kuorimattomat havutukit. Se johtuu siitä, että ne ovat huomattavasti tavallista järeämpiä Venäjän puolelta tulleita tukkeja. Niiden keskikuutio on keskimäärin noin 2 kertaa niin suuri kuin suomalaisten tukkien. Samoin on myös

[1]) Pohjois-Karjalan Uittoyhdistyksen Vuosikirja 1935.

keskipituus tavallista suurempi. Tukkien suuri koko on lisännyt etenkin niiden ruuhkaantumista, joka on noin 5 kertaa suurempi kuin kuorittujen havutukkien ja yli 2 kertaa niin suuri kuin koivujen. Pinotavara on aiheuttanut vähimmin uittohäiriöitä. Se johtuu niiden pienestä läpimitasta sekä pituudesta. Koivujen uittohäiriöiden määrää lisää niiden pitkä uittokausi.

Asetelma 120 esittää edellä esitettyihin puutavaran ryhmiin kuuluvien erilaisten puutavaroiden negatiivisia uitto-ominaisuuksia.

Asetelma 120.

Erikokoisten kuorittujen ja kuorimattomien havutukkien, koivutukkien ja eripituisen pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut rannalle, puomin taakse, ruuhkaan ja kosteeseen jäännin perusteella syyskesän uitossa v. 1935 Ala-Koitajoella.

	Kuoritut havutukit			Kuorimattomat havutukit				Kuorimattomat koivutukit			Pinotavara	
	Läpimittaluokka											
	5″—6″	7″—8″	9″ +	5″—6″	7″—8″	9″—11″	12″ +	5″—6″	7″—8″	9″ +	alle 3 m	yli 3 m
Jäänti rannalle												
M_{TP}	0.76	1.01	1.90	0.88	0.70	1.11	2.11	0.65	1.21	1.29	1.87	0.47
M_{Σ}	1.08	1.42	2.70	2.50	2.07	3.38	6.30	2.15	4.13	4.20	1.35	0.34
Jäänti puomin taakse												
M_{TP}	1.15	0.95	0.56	—	—	—	—	0.63	1.63	—	1.25	0.85
M_{Σ}	1.95	1.65	0.95	—	—	—	—	1.46	3.87	—	1.06	0.72
Jäänti ruuhkaan												
M_{TP}	0.73	1.07	1.85	0.94	0.78	0.88	2.60	0.43	1.35	1.44	0.95	1.03
M_{Σ}	0.62	0.90	1.60	3.83	3.20	3.77	10.80	0.77	2.47	2.40	0.80	0.87
Jäänti kosteeseen												
M_{TP}	0.92	1.11	0.98	1.04	0.84	0.94	1.90	0.63	1.63	—	0.85	1.09
M_{Σ}	0.75	0.90	0.80	0.83	0.73	0.85	1.50	0.38	0.73	—	0.91	1.16

Suhdelukujen mukaan tukkien suureneva koko on lisännyt niiden rannalle ja ruuhkaan jääntiä ja vähentänyt puomin taakse menoa. Kosteeseen jääntiin ei tukkien koko ole sanottavasti vaikuttanut. Erikoisuutena on huomattava, ettei kuorimattomia tukkeja ole jäänyt lainkaan puomin taakse. Se johtunee siitä, että kuorimattomat tukit on hakattu vanhoista Venäjän puolen metsistä ja ne ovat säännöllisesti hyvin kelluvia. Pinotavara on kokoomukseltaan samanlaista kuin alkukesän uitossakin, ja puiden pituuden vaikutus uittohäiriöiden määrään on myös suurin piirtein samansuuntainen.

5. Uittotutkimukset Lieksanjoessa v. 1935.

a. *Kuorittujen havutukkien, koivujen ja pinotavaran uitto.*

Lieksanjoen väylä laskee Pieliseen idästä. Uittotutkimuksia suoritettiin väylän suupuolella, osuudella Pankakoski—Lieksan kauppala, alkaen Pankakosken uittoruuhen alapuolella olevan suuren kosteen alta ja päättyen Lieksankosken alle. Tämä väylän osuus on melko tyyntä ja tasajuoksuista, lukuunottamatta väyläosuuden loppupäässä olevia vuolaita Koveron ja Lieksan koskia. Väylää ei tällä osuudella oltu puomitettu. Täten ei aineistoon tullut ollenkaan puomin taakse jääntiä. Samoin puuttuivat varsinaiset kosteet, sillä väylä oli yleensä tyynijuoksuinen, paitsi mainittuja koskia, joitten alapuolella ei ollut kosteen muodostumista aiheuttavia poukamia. Täten esiintyvät seuraavassa aineistossa uittohäiriömuotoina yksinomaan jäänti rannalle sekä jäänti ruuhkaan. Tutkittu uitto loppui elokuun puolivälissä ja tutkimus suoritettiin ennen hännänajoa. Uitettava suma käsitti seuraavat suhteelliset määrät eri puutavaralajeja: kuorittuja havutukkeja 18.3 %, kuorimattomia koivuja 2.4 % ja pinotavaraa 79.3 %. Uittohäiriöiden suhteelliset määrät ovat seuraavat:

Jäänti rannalle	48.1 %
» ruuhkaan	51.9 »
	100.0 %

Eri puutavararyhmien negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavat suhdeluvut ovat taulukon 121 mukaiset.

Taulukko 121.

Kuorittujen havutukkien, koivujen ja pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien keskimääräiset suhdeluvut Lieksanjoen uitossa v. 1935.

Uittohäiriön laatu	Negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut		
	Kuoritut havutukit	Koivutukit	Pinotavara
Jäänti rannalle	1.87	2.63	0.75
» ruuhkaan	1.67	6.00	0.69
M	1.77	4.38	0.72

Kuorittuihin havutukkeihin verraten ovat koivut aiheuttaneet 114 % enemmän ja pinotavara noin 51 % vähemmän uittohäiriöitä.

Koivujen huomattava uittohäiriöiden määrä johtuu siitä, että niiden kellumiskyky pitkän uiton vuoksi oli jo sangen heikko.

Asetelma 122 esittää erikokoisten tukkien ja eripituisen pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdelukuja.

Asetelma 122.

Erikokoisten havu- ja koivutukkien ja eripituisen pinotavaran negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut rannalle ja ruuhkaan jäännin perusteella.

Väyläosuus	Kuoritut havutukit			Koivut			Pinotavara	
	Läpimittaluokka							
	5″—6″	7″—8″	9″ +	5″—6″	7″—8″	9″ +	1 m	2 m
Jäänti rannalle								
1	0.81	0.86	2.14	1.37	0.85	—	0.91	1.16
2	0.61	0.90	2.65	0.32	1.36	1.12	0.86	1.26
3	0.70	0.78	2.78	—	1.60	—	0.80	1.36
4	0.48	1.00	2.76	—	—	—	1.12	0.78
5	1.39	0.74	0.65	0.97	1.07	—	1.11	0.81
M_{TP}	0.72	0.88	2.36	0.70	1.18	1.00	0.90	1.18
M_{Σ}	1.35	1.63	4.43	1.88	3.07	2.40	0.68	0.88
Jäänti ruuhkaan								
1	—	0.55	5.91	—	1.60	—	1.04	0.93
2	1.40	0.78	0.46	1.65	0.50	3.79	0.76	1.42
3	0.38	1.05	2.90	0.97	1.07	—	0.59	1.73
4	0.83	1.22	0.76	1.27	0.74	3.15	0.62	1.68
5	1.29	0.69	1.17	1.46	0.80	—	0.52	1.86
M_{TP}	0.89	1.00	1.08	1.33	0.74	2.39	0.65	1.62
M_{Σ}	1.62	1.66	1.83	8.25	4.47	11.00	0.45	1.13

Suhdeluvut osoittavat, että tukkien suureneva koko on lisännyt sekä rannalle että ruuhkaan jääntiä. Varsinkin ruuhkaantuminen on voimakkaasti lisääntynyt puiden suurentuessa. Lyhyt pinotavara on aiheuttanut vähemmän uittohäiriöitä kuin pitkä, ja eroitus on suurempi ruuhkaantumisessa kuin rannalle jäännissä.

Tukkien pituuden vaikutusta niiden aiheuttamaan uittohäiriöiden määrään kuvaa asetelma 123.

Asetelma 123.

Eripituisten kuorittujen havutukkien sekä koivujen negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut rannalle ja ruuhkaan jäännin perusteella.

Väyläosuus	Kuoritut havutukit Pituusluokka — 14′	14′—20′	20′ +	Koivut Pituusluokka — 14′	14′—20′	20′ +
Jäänti rannalle						
1	0.86	0.85	1.93	0.80	0.63	2.99
2	1.45	0.86	0.90	0.33	1.05	2.49
3	—	1.29	1.29	—	1.88	—
4	0.44	0.86	2.57	—	—	—
5	1.11	0.91	1.23	1.00	0.63	2.49
M_{TP}	1.01	0.89	1.50	0.52	0.90	2.60
M_{Σ}	0.97	0.85	1.43	0.69	1.23	3.18
Jäänti ruuhkaan						
1	—	0.78	3.68	—	1.88	—
2	0.39	1.20	1.08	0.93	0.71	2.33
3	0.70	0.91	1.93	0.50	0.94	2.49
4	0.46	1.05	1.68	0.31	1.10	2.34
5	0.22	1.23	1.21	0.37	0.79	3.42
M_{TP}	0.40	1.10	1.53	0.42	0.98	2.55
M_{Σ}	0.31	0.84	1.18	1.15	2.78	6.47

Tukkien suureneva pituus on yleensä lisännyt niiden negatiivisia uitto-ominaisuuksia. Pituuden lisääntyminen vaikuttaa voimakkaammin ruuhkaantumiseen kuin rannalle jääntiin. Lisäksi ovat pitkät koivut hankalampia uittaa kuin pitkät havutukit. Syynä siihen on ilmeisesti koivujen epäsäännöllinen runkomuoto. Käytännön kannalta on mainitulla seikalla melkoinen merkitys sen vuoksi, että koivut usein pyritään katkomaan tavallista pitemmiksi syystä, että varsinainen katkominen suoritetaan vasta tehtaissa. Havutukit sitävastoin apteerataan nykyään jo metsässä poikkeuksetta valmiiksi sahatukeiksi, joten niiden pituus on keskimäärin sangen kohtuullinen.

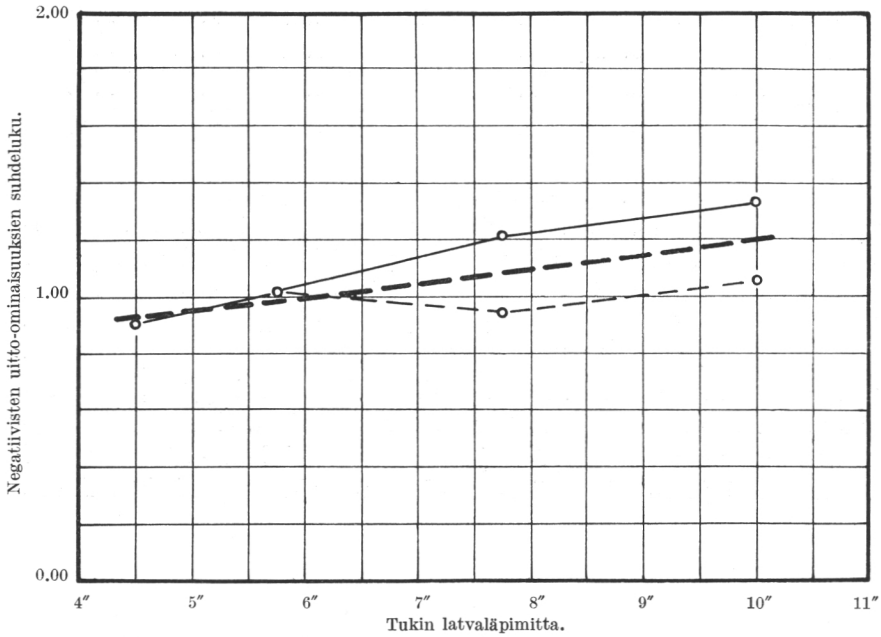
6. Etelä-Suomen uittotutkimusten yhdistelmä.

Edellä on käsitelty erilaisen puutavaran negatiivisia uitto-ominaisuuksia ja niihin vaikuttavia tekijöitä erikseen kullakin uittoväylällä. Seuraavassa muodostetaan tutkimustuloksista yhdistelmä, joka esittää tiettyjen puutavaran ominaisuuksien ja negatiivisten uitto-ominaisuuksien välisen riippuvaisuuden erilaisilla uittoväylillä.

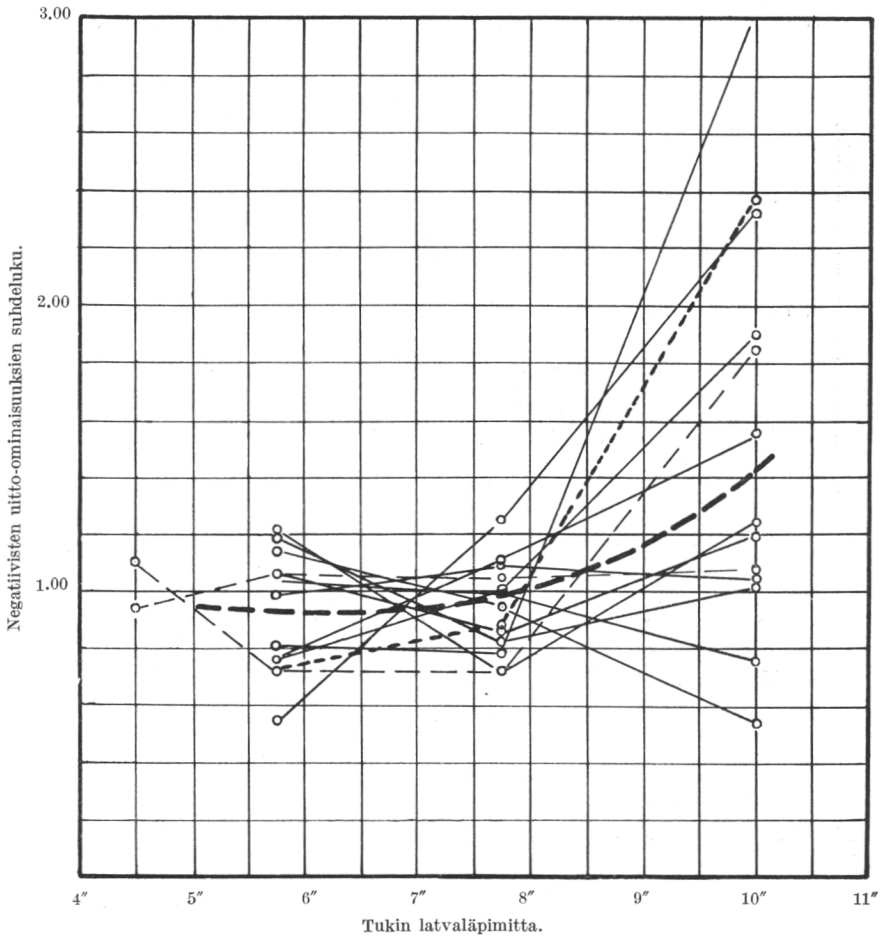
Aluksi täytyy tutkitut uittoväylät luokittaa uittokelpoisuutensa perusteella. I uittokelpoisuusluokkaan voidaan lukea vain Kymijoki, kaikki muut väylät on luettava II luokkaan. Hartolan väylän ruuhkaantuminen ei tosin vastaa II luokan väylien keskimääräistä ruuhkaantumista sen vuoksi, että kaikissa koskissa on uittoruuhi, mutta väylän pienuuden vuoksi on se kuitenkin luettava tähän luokkaan. III uittokelpoisuusluokkaan kuuluvia väyliä ei tutkittujen väylien joukossa ole.

a. *Tukkien läpimitan vaikutus niiden negatiivisten uitto-ominaisuuksien määrään.*

Seuraavassa tarkastetaan ensin tukkien ja muiden vastaavan pituisten puiden läpimitan vaikutusta negatiivisten uitto-ominaisuuk-



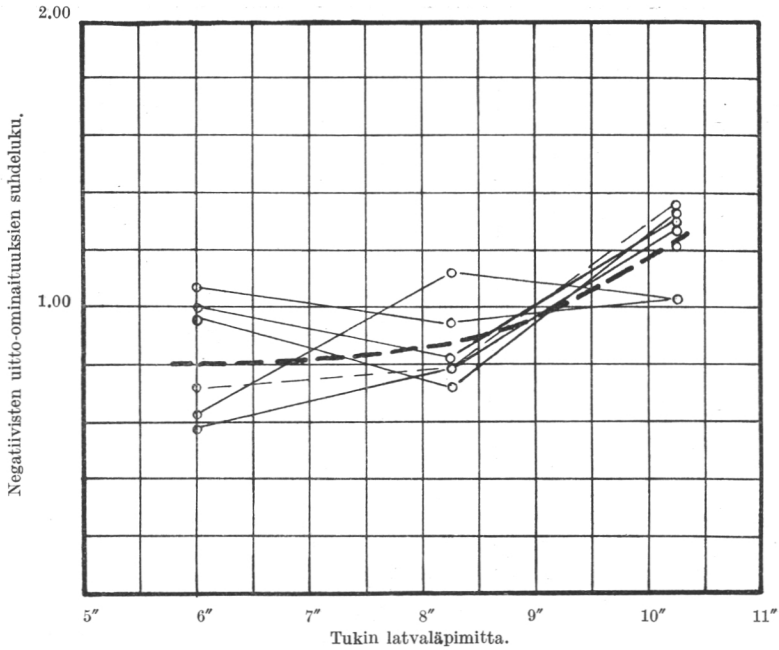
Kuva 124. Eriläpimittaisten havutukkien rannalle jäämisen taipumus I uittokelpoisuusluokan väylillä.



Kuva 125. Eriläpimittaisten havutukkien rannalle jäämisen taipumus II uittokelpoisuusluokan väylillä.

sien suhteelliseen määrään. Tarkastelu kohdistetaan tiettyyn negatiiviseen uitto-ominaisuuteen peräkkäin kumpaakin uittokelpoisuusluokkaa olevilla väylillä sekä erikseen havupuihin ja koivuihin. Kuvat 124, 125 ja 126 esittävät graafisesti eriläpimittaisten puiden rannalle jäämisen taipumusta tutkimustulosten perusteella.

Kuvissa on suoritettu murtoviivojen graafinen tasoitus, joka on esitetty paksulla katkoviivalla. Taulukossa 127 ovat suhdeluvut, jotka on saatu siten, että tasoituskäyriltä on aluksi luettu suhdelukujen numeroarvot ja muunnettu ne senjälkeen siten, että kaikki suhde-



Kuva 126. Eriläpimittaisten koivutukkien rannalle jäämisen taipumus II uittokelpoisuusluokan väylillä.

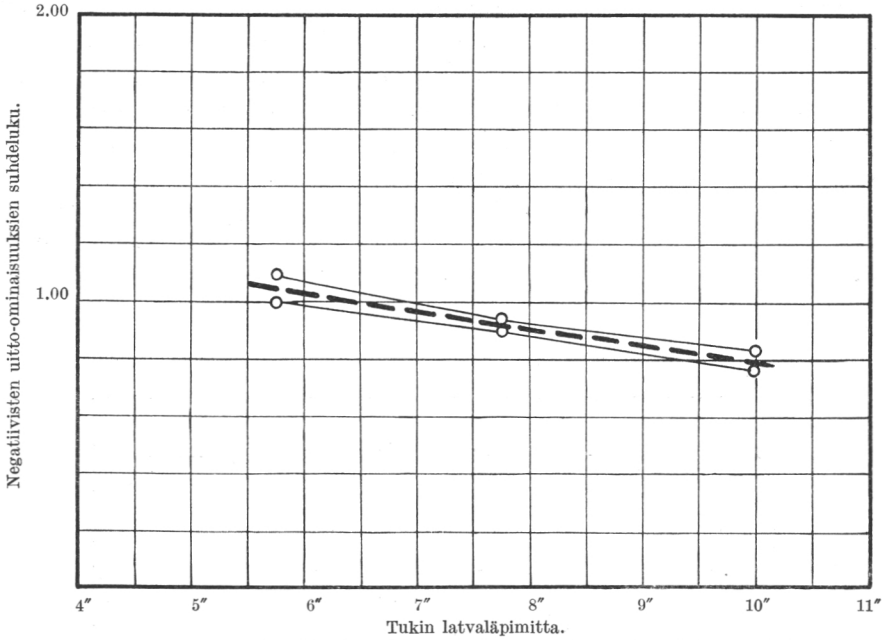
luvut on jaettu 8″ tukin suhdeluvulla ja on täten saatu 8″ tukin suhdeluvuksi = 1.00, ts. suhdeluvut esittävät eriläpimittaisten tukkien rannalle jäämisen taipumusta 8″ tukkiin verrattuna. Muidenkin uittohäiriöiden suhdeluvut esitetään samalla tavoin laskettuina.

Taulukko 127.

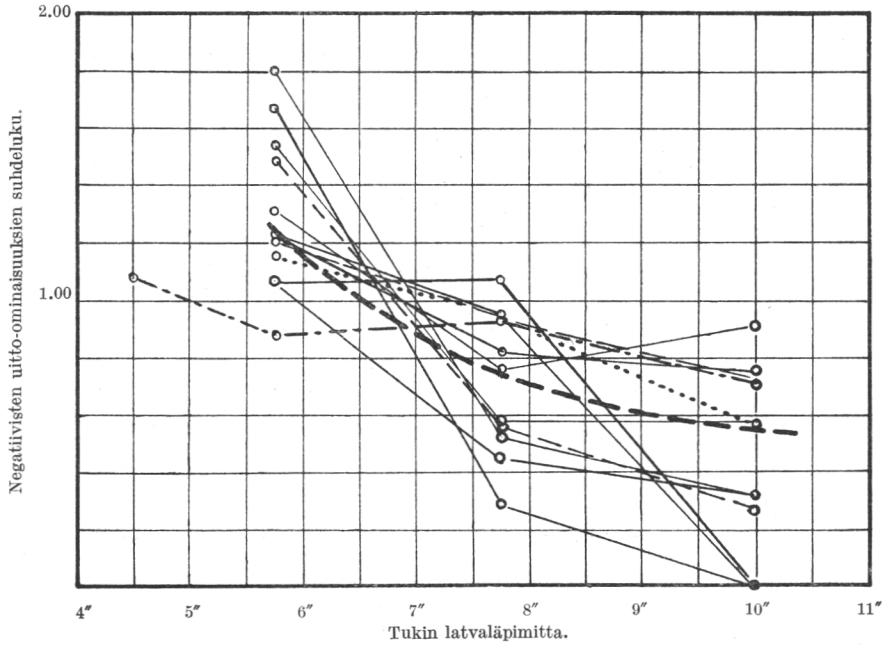
Eriläpimittaisten havu- ja koivutukkien rannalle jäämisen taipumusta kuvaavat suhdeluvut.

Puutavaran laatu	Väylän uittokelpoisuusluokka	Tukin latvaläpimitta		
		6″	8″	10″
Kuoritut havutukit	I	0.93	1.00	1.11
» »	II	0.93	1.00	1.42
Koivutukit	II	0.70	1.00	1.05

Kuorittujen havutukkien suhdeluvut osoittavat, että tukkien suureneva läpimitta lisää rannalle jäämisen taipumusta sitä enemmän, mitä pienempää väylää puita uitetaan. Tulos on siis yhdenmukainen

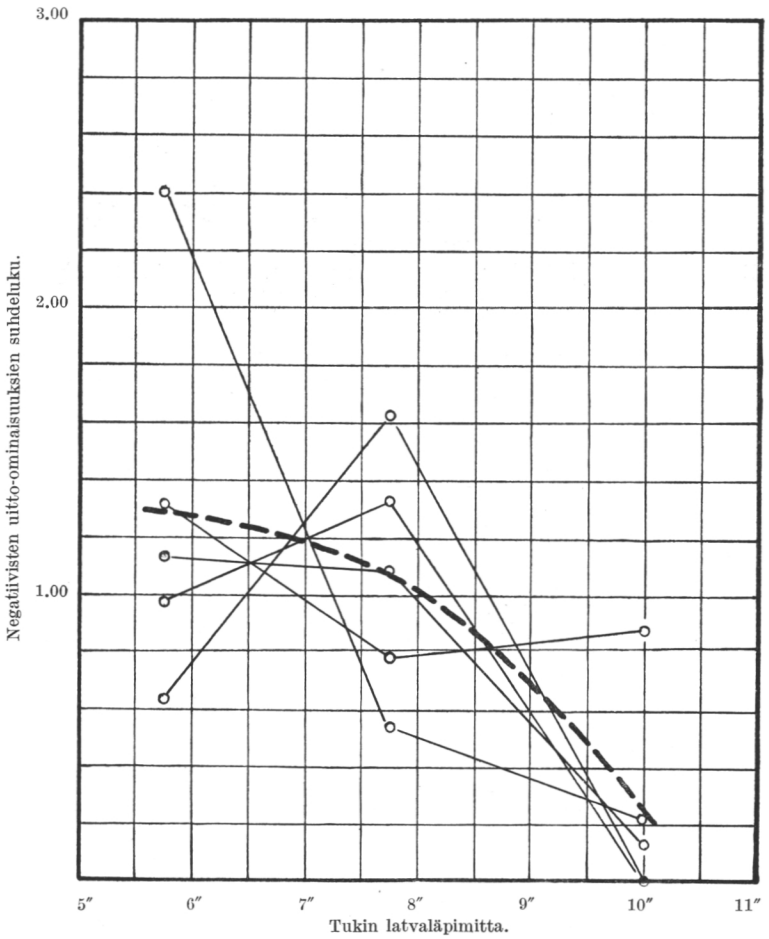


Kuva 128. Eriläpimittaisten havutukkien puomin taakse jäämisen taipumus I uittokelpoisuusluokan väylillä.



Kuva 129. Eriläpimittaisten havutukkien puomin taakse jäämisen taipumus II uittokelpoisuusluokan väylillä.

Pohjois-Suomen uittotutkimustulosten kanssa. Sen syyt on perusteltu sivulla 60, joten niihin ei ole aihetta tässä puuttua. Koivutukkien rannalle jäämisen taipumusta on suureneva läpimitta lisännyt suunnilleen saman verran kuin havutukkienkin samanlaisella uittoväylällä, jos vertaus tehdään pienimmän ja suurimman läpimittaluokan välillä. Keskikokoisten ja suurien tukkien rannalle jäämisen ero on sitävastoin melkoista pienempi. Syytä ilmiöön on vaikea selittää, mutta se voi johtua siitä, että koivutukkien pituus ja runkomuoto vaihtelevat paljon epämääräisemmin kuin havutukkien, kumoten osittain läpimitan vaihtelun vaikutuksen.



Kuva 130. Eriläpimittaisten koivutukkien puomin taakse jäämisen taipumus II uittokelpoisuusluokan väylillä.

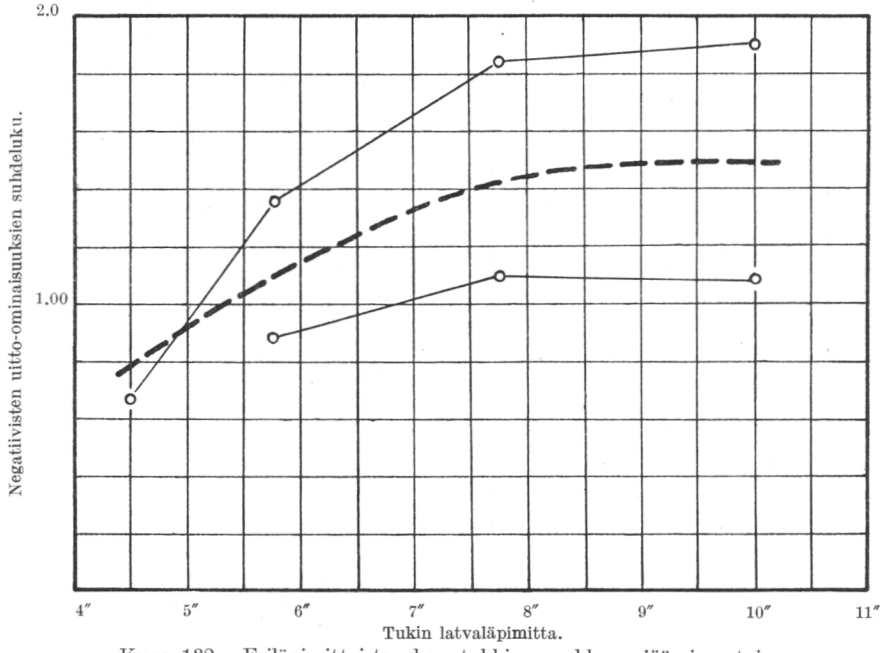
Kuvat 128, 129 ja 130 esittävät erilaisten tukkien puomin taakse jäämistä vastaavia suhdelukuja. Murtoviivasarjat on, kuten edelläkin, tasoitettu graafisesti paksuilla katkoviivoilla piirretyillä käyrillä. Tasoituskäyriltä luettuja ja sen jälkeen muunnettuja suhdelukuja esittää taulukko 131.

Taulukko 131.

Eriläpimittaisten havu- ja koivutukkien puomin taakse jäämisen taipumusta kuvaavat suhdeluvut.

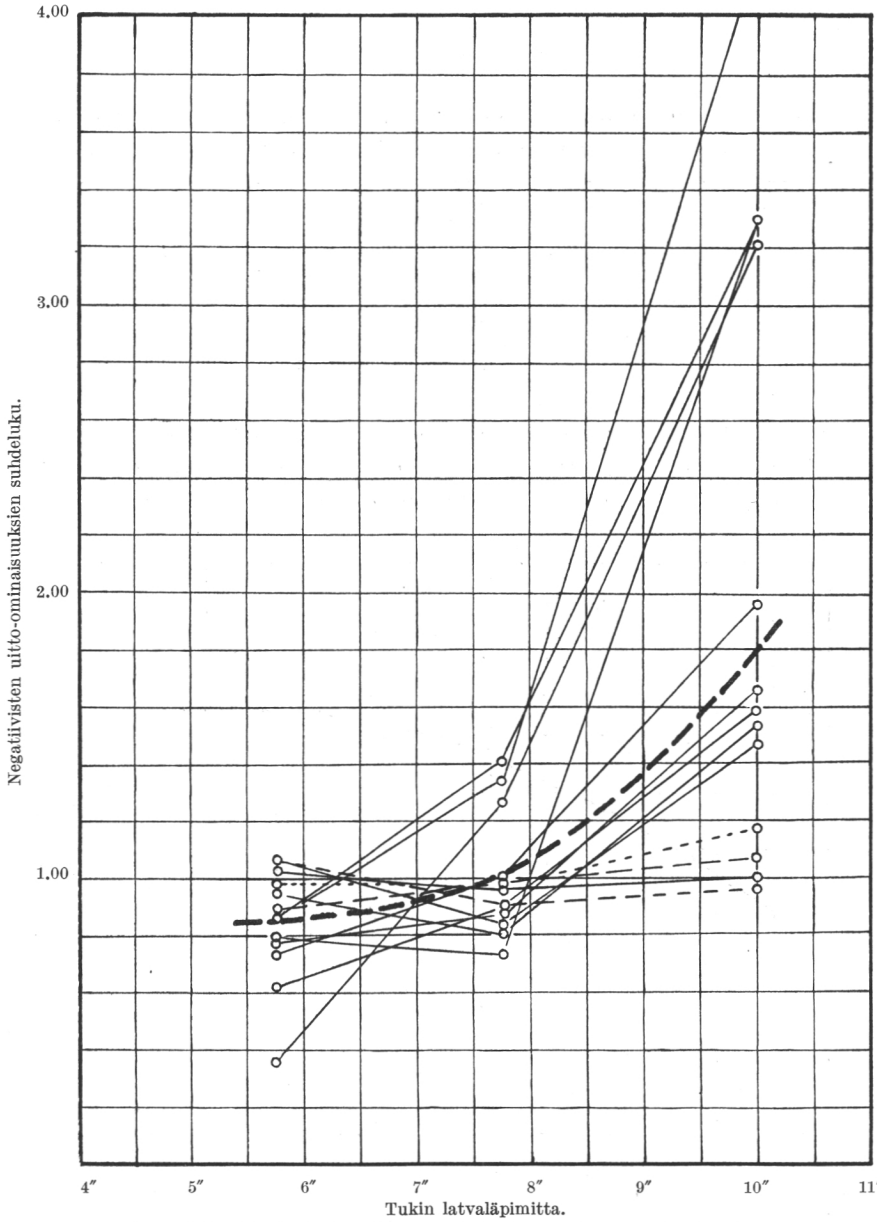
Puutavaran laatu	Väylän uittokelpoisuusluokka	Tukin latvaläpimitta		
		6″	8″	10″
Kuoritut havutukit	I	1.14	1.00	0.88
» »	II	1.66	1.00	0.80
» »	M_{I-II}	1.40	1.00	0.84
Koivutukit	II	1.24	1.00	0.25

Kuorittujen havutukkien puomin taakse jäämistaipumusta kuvaavat suhdeluvut osoittavat, että 6″ tukkeja on jäänyt puomin taakse keskimäärin noin 67 % enemmän kuin 10″ tukkeja. Eroitus



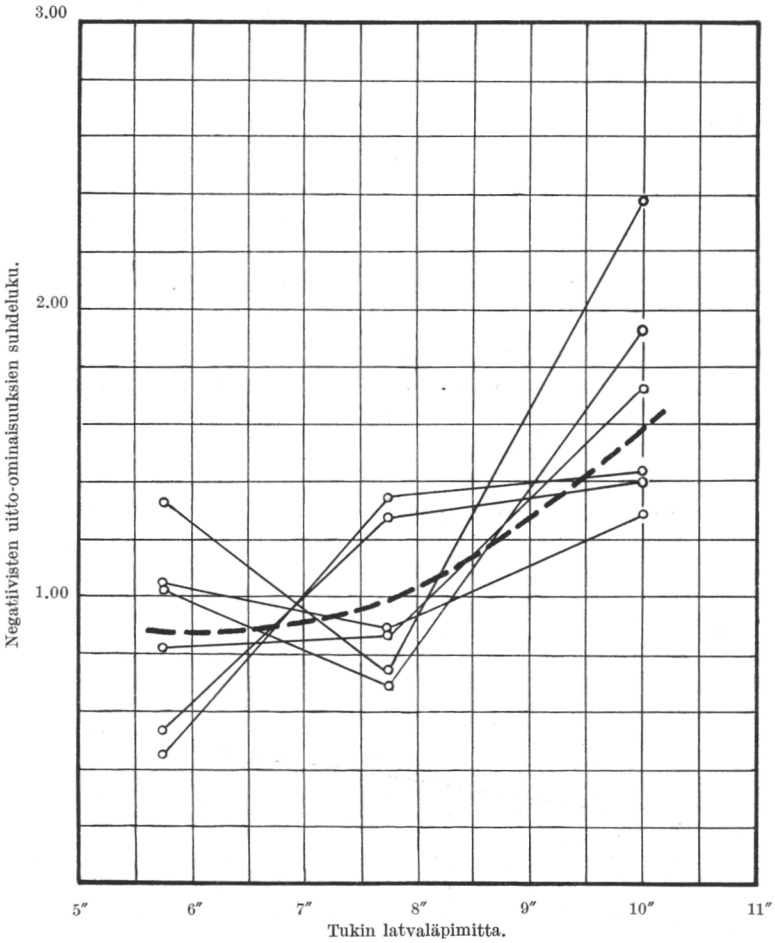
Kuva 132. Eriläpimittaisten havutukkien ruuhkaan jäämisen taipumus I uittokelpoisuusluokan väylillä.

ei ole aivan yhtä suuri kuin Pohjois-Suomen uittotutkimustulosten mukaan. Se johtunee siitä, että Pohjois-Suomen tukit ovat kuorimattomia ja tukkien karhea pinta vaikeuttaa suurten puiden jo ennestään hankalaa puomin alitse menoa. Eriläpimittaisten koivujen



Kuva 133. Eriläpimittaisten havutukkien ruuhkaan jäämisen taipumus II uittokelpoisuuluokkien väylillä.

puomin taakse jäämistä esittävät suhdeluvut osoittavat myös samaa. Koivujen ollessa kysymyksessä vaikuttanee asiaan myös se, että pienet tukit ovat yleensä runkomuodoltaan epäsäännöllisempiä kuin suuret tukit ja menevät siten helpommin puomin alitse.



Kuva 134. Eriläpimittaisten koivutukkien ruuhkaan jäämisen taipumus II uittokelpoisuusluokan väylillä.

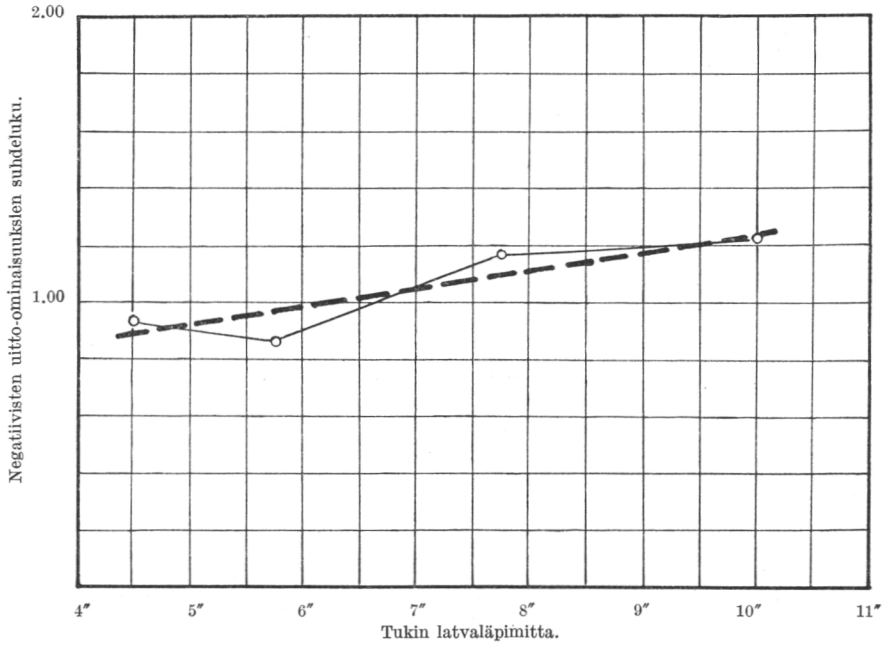
Kuvat 132, 133 ja 134 esittävät erikokoisten tukkien ruuhkaantumistaipumusta. Kuvissa on aineiston mukaiset murtoviivat graafisesti tasoitettu ja taulukko 135 esittää tasoituksia vastaavia muunnettuja suhdelukuja.

Taulukko 135.

Eriläpimittaisten havu- ja koivutukkien ruuhkaan jäämisen taipumusta kuvaavat suhdeluvut.

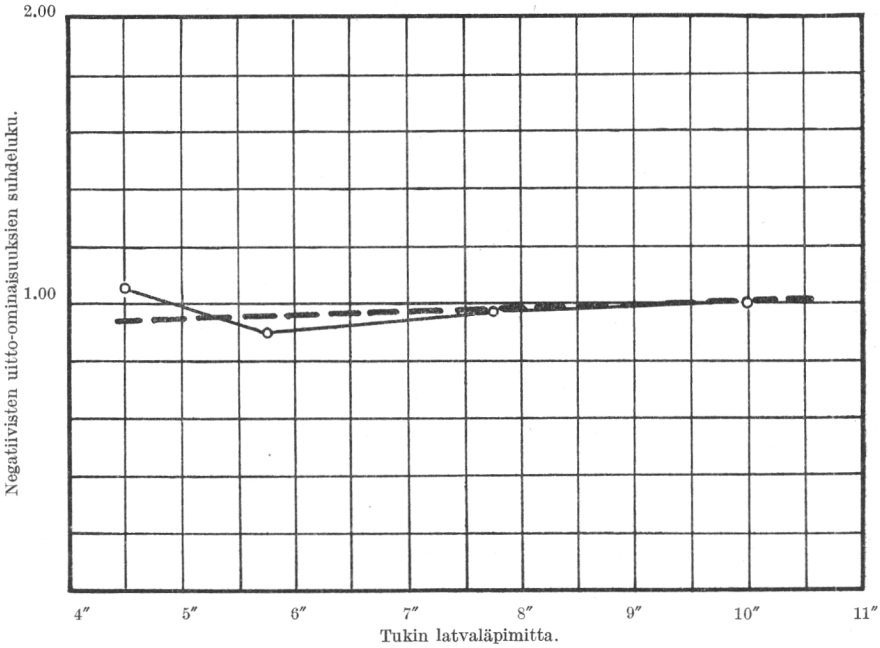
Puutavaran laatu	Väylän uittokelpoisuusluokka	Tukin latvaläpimitta		
		6″	8″	10″
Kuoritut havutukit	I	0.87	1.00	1.05
» »	II	0.80	1.00	1.68
Koivutukit	II	0.83	1.00	1.52

Havutukkien läpimitta vaikuttaa ruuhkaantumistaipumukseen huomattavasti vähemmän I:n kuin II:n uittokelpoisuusluokan väylillä. Syyt ilmiöön on esitetty Pohjois-Suomen uittotutkimusten yhteydessä, s. 88. Kuorittujen puiden läpimitan vaikutus ruuhkaantumiseen II luokan väylillä on voimakkaampi kuin kuorimattomien. Se johtunee siitä, että kuorimattomien, kaiken kokoisten puiden karhea pinta lisää niiden ruuhkaantumista ja siten osittain tasaa puiden läpimitan vaikutusta. Eriläpimittaisten koivujen suhdeluvut osoittavat myös samaa.



Kuva 136. Eriläpimittaisten havutukkien kosteeseen jäämisen taipumus I, II ja III uittokelpoisuusluokan väylillä.

Erikokoisten tukkien kosteeseen jäämistä selvittävää aineistoa ei voida sen hajanaisuuden vuoksi jakaa eri uittokelpoisuusluokkien kesken, vaan käsitellään koko aineisto puulajeittain yhdessä. Koska kosteisiin muutamilla väylillä on jäänyt siksi vähän puita, ettei niiden joukossa esiinny edes kaikkien läpimittaluokkien puita, on tällaiset tapaukset jätetty seuraavassa huomioon ottamatta ja laskettu sellaisten tapausten suhdelukujen keskiarvosarjat, joissa aineisto käsittää kaikkien läpimittaluokkien puita. Kuvat 136 ja 137 esittävät aineiston mukaisia murtoviivoja ja niiden tasoituksia.



Kuva 137. Eriläpimittaisten koivutukkien kosteeseen jäämisen taipumus II uittokelpoisuusluokan väylillä.

Taulukko 138 esittää tasoitussuorilta luettuja ja sen jälkeen muunnettuja kosteeseen jäämisen taipumusta kuvaavia suhdelukuja.

Taulukko 138.

Eriläpimittaisten havu- ja koivutukkien kosteeseen jäämisen taipumusta kuvaavat suhdeluvut.

Puutavaran laatu	Väylän uittokelpoisuusluokka	Tukin latvaläpimitta		
		6″	8″	10″
Kuoritut havutukit	I—II	0.90	1.00	1.11
Koivutukit	II	0.99	1.00	1.01

Kuorittujen havupuiden suureneva läpimitta lisää kosteeseen jääntiä. Suhdeluvut ovat käytännöllisesti katsoen samat kuin Pohjois-Suomen uittotutkimuksenkin mukaan. Koivutukkien kosteeseen jääntiin ei niiden läpimitta aineiston mukaan ole vaikuttanut sanottavasti mitään.

Jotta edellä esitettyjen tukkien erilaisia negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavien suhdelukujen perusteella voitaisiin määrätä, missä määrin ne keskimäärin aiheuttavat uittohäiriöitä, täytyy tuntea eri uittohäiriöiden keskimääräinen suhteellinen esiintyminen. Tutkimusaineiston perusteella lasketaan seuraavassa, missä %-suhteessa uittohäiriöitä aiheuttaneet tukit jakaantuvat jääntipaikkojen kesken eri uittokelpoisuusluokkien väylillä. Asetelma 139 esittää %-lukuja.

Asetelma 139.

Uiton muasta jääneiden tukkien %:nen keskimääräinen jakaantuminen eri uittokelpoisuusluokkiin kuuluvilla väylillä.

Puutavaran laatu	Väylän uittokelpoisuusluokka	Jääntipaikan %:nen osuus koko jääneestä tukkimäärästä			
		Rannalle	Puomin taakse	Ruuhkaan	Kosteeseen
Kuoritut havutukit	I	27.7	6.2	17.2	48.9
» »	II	28.4	5.3	62.7	3.6
Koivutukit	II	35.2	3.2	53.5	8.1

Prosenttiluvut osoittavat, että suhteellinen ruuhkaantuminen lisääntyy ja kosteeseen jäänti vähentyy väylän uittokelpoisuuden alentuessa. II luokan väylien %-luvut ovat suunnilleen samat kuin Pohjois-Suomen tutkituilla uittoväylillä, mutta I luokan väylien kosteeseen jäänti on huomattavan runsasta, joten se vähentää toisten uittohäiriöiden suhteellista määrää. Pienet vaihtelut erilaisten uittohäiriöiden suhteellisissa määrissä eivät kuitenkaan vaikuta sanottavasti tutkimuksen lopputulokseen.

Edellä on esitetty, miten uitettavien puiden läpimitta vaikuttaa niiden taipumukseen aiheuttaa erilaisia uittohäiriöitä. Jos mainitut suhdelukusarjat punnitaan erilaisten uittohäiriöiden keskimääräistä esiintymistä vastaavilla %-luvuilla, saadaan tulokseksi suhdeluvut, jotka esittävät eri läpimittaisten puiden keskimääräistä taipumusta aiheuttaa uittohäiriöitä.

Taulukko 140.

Eriläpimittaisten havu- ja koivutukkien keskimääräistä suhteellista uittohäiriöiden määrää kuvaavat suhdeluvut.

Puutavaran laatu	Väylän uittokelpoisuusluokka	Tukin latvaläpimitta		
		6″	8″	10″
Kuoritut havutukit	I	91.9	100.0	108.6
» »	II	88.6	100.0	153.8
Koivutukit	II	81.5	100.0	129.2

Taulukon suhdeluvut osoittavat, että tukkien suureneva läpimitta lisää yleensä niiden taipumusta aiheuttaa uittohäiriöitä. Tulos on siis yhdenmukainen Pohjois-Suomen uittotutkimusten tulosten kanssa. Verrattaessa toisiinsa kuorittujen havutukkien läpimitan vaikutusta niiden taipumukseen aiheuttaa uittohäiriöitä eri uittokelpoisuusluokkaa olevilla väylillä, nähdään että väylän uittokelpoisuuden huonontuessa vaikeutuu kookkaiden puiden uittaminen. Tämä on luonnollinen seuraus siitä, että sellaiset uittohäiriöt, joiden suhteellista määrää puiden suureneva koko lisää, enentyvät suhteellisesti väylän uittokelpoisuuden huonontuessa. — Verrattaessa toisiinsa kuorittujen havutukkien ja koivutukkien uittoa II uittokelpoisuusluokan väylillä, nähdään, että puiden läpimitta on vaikuttanut jonkin verran lievemmin koivujen kuin havupuiden aiheuttamaan suhteelliseen uittohäiriöiden määrään. Syynä ilmiöön lienee koivujen epäsäännöllinen runkomuoto ja kuorellisuus, jotka ominaisuudet lisäävät koivujen aiheuttamaa absoluuttista uittohäiriöiden määrää ja siten suhteellisesti vähentävät läpimitan vaikutusta siihen.

b. *Tukkien pituuden vaikutus niiden negatiivisten uitto-ominaisuuksien määrään.*

Eri uittotapausten yksityiskohtaisessa käsittelyssä ilmeni, että uitettavan puutavaran enenevä pituus lisää uittohäiriöiden määrää. Seuraavassa esitetään edellä esitettyjen tutkimustulosten yhdistelmiä. Yhdistelmissä käsitellään vain tukkipuita tai niitä pituudeltaan vastaavia rankoja. Näin sen vuoksi, ettei määrämittaan katkotun pinotavaran pituus tietyssä tavaralaadussa yleensä sanottavasti vaihtele ja tulee pinotavaran eri lajien pituuden vaikutus esiin eri tavaralajien negatiivisia uitto-ominaisuuksia toisiinsa verrattaessa. Taulukossa 141 esitetyt eripituisten puiden negatiivisten uitto-ominaisuuksien keskiarvoiset suhdeluvut on saatu siten, että yksityisistä uitoista saaduille suhdeluvuille on laskettu keskiarvot. Keskiarvoja laskettaessa on otettu huomioon kaikki uitot, joissa puiden pituuteen on aineistoa kerättäessä kiinnitetty huomiota. Suhdeluvut on laskettu erikseen rannalle, puomin taakse, ruuhkaan ja kosteeseen jäännille. Samoin on havu- ja koivutukit eroitettu toisistaan. Aineistoa on I luokan väyliltä vain yksi tapaus ja II luokan väyliltä 8 tapausta.

Taulukosta 141 nähdään, että puiden enenevä pituus lisää voimakkaimmin puiden ruuhkautumistaipumusta, sen jälkeen seuraa rannalle jäänti. Puomin taakse jäämisen taipumus lisääntyy vielä jonkin verran pituuden lisääntyessä ja on koivulla huomattavakin, mutta kosteeseen jäämiseen ei puiden pituus enää vaikuta suuria-

Taulukko 141.

Puiden pituuden vaikutus negatiivisten uitto-ominaisuuksien määrään.

Uittohäiriön laatu	Väylän uittokelpoisuusluokka	Kuoritut havupuut			Koivut		
		Puiden pituus					
		—14′	14′—20′	20′ +	—14′	14′—20′	20′ +
Jäänti rannalle	I	0.52	0.88	1.45			
	II	0.61	0.96	1.42	0.50	0.74	2.06
Jäänti puomin taakse ..	I	1.20	0.96	1.03			
	II	0.63	1.06	1.06	0.13	0.86	1.67
Jäänti ruuhkaan	I	0.34	1.03	1.09			
	II	0.33	0.94	1.83	0.31	0.72	2.20
Jäänti kosteeseen	I	0.48	1.09	0.71			
	II	0.87	1.12	0.71	4	1.14	2.03
Keskimäärin	I	0.52	1.00	1.18			
	II	0.46	0.96	1.63	0.35	0.76	2.12

kaan. Koivuaineisto tosin esittää päinvastaista, mutta aineistoa on vain yksi tapaus ja sen puumäärä aivan pieni. Yleensä näyttää siltä, että koivujen enenevästä pituudesta on enemmän haittaa uitolle kuin havupuiden vastaavasta pitenemisestä. Lisäksi tuottaa pitkien puiden uitto sitä enemmän hankaluutta, mitä pienempi väylä on. Asetelman kahdessa alimmassa rivissä ovat eripituisten puiden keskimääräiset negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdelukujen punnitut keskiarvot. Painolukuina on käytetty erilaisten uittohäiriöiden suhteellista määrää. Keskimääräiset suhdeluvut osoittavat samoin kuin erilaisten uittohäiriöiden määrääkin kuvaavat suhdeluvut, että puiden enenevä pituus lisää keskimäärin uittohäiriöiden määrää ja on lisääntyminen sitä suurempi, mitä huonompaa väylää uitetaan ja mitä vaikeampiuittoisista puista on kysymys.

c. *Puiden kellumiskyvyn vaikutus niiden negatiivisten uitto-ominaisuuksien määrään.*

Niiden yksityisten uittotapausten perusteella, joissa on ollut tilaisuus aineistoa kerättäessä kiinnittää huomio puiden kellumiskykyyn, on todettu, että puiden huononeva kellumiskyky lisää niiden aiheuttamaa uittohäiriöiden määrää. Seuraavassa esitetään yksityistapauksista saatujen tulosten yhdistelmä. Yhdistelmän keskiarvoja laskettaessa on otettu huomioon kaikki tapaukset, mitkä aineiston yksityiskohtaisessa käsittelyssä on esitetty. Keskiarvot on laskettu erikseen havupuille ja lehtipuille I ja II luokan uittokelpoisuutta olevilla

väylillä. Tulokset osoittavat erilailla kelluvien puiden negatiivisten uitto-ominaisuuksien keskimäärää kiinnittämättä huomiota uittohäiriöiden laatuun.

Taulukko 142.

Kellumiskyvyn vaikutus puiden negatiivisten uitto-ominaisuuksien määrään.

Puutavaran laatu	Uittoväylän kelpoisuusluokka	Kellumiskyky			
		Hyvä	Normaali	Huono	Rampa
Havutukit	I	0.66	0.87	1.37	2.16
»	II	0.57	0.99	1.50	2.85
Lehtipuut	II	0.15	0.98	1.40	3.38
Keskimäärin		0.46	0.91	1.42	2.80

Negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdelukujen keskiarvot osoittavat, että puiden kellumiskyvyllä on voimakas vaikutus niiden aiheuttamaan uittohäiriöiden määrään. Kuten luonnollista, lisääntyy uittohäiriöiden määrä kellumiskyvyn huonontuessa. Tekemällä vertaus normaalisesti kelluvien puiden aiheuttamaan uittohäiriöiden määrään havaitaan, että hyvin kelluvat puut aiheuttavat vain suunnilleen puolet siitä uittohäiriöiden määrästä, mitä normaalisesti kelluvat puut. Huonosti kelluvien puiden uittohäiriöiden määrä on noin 50 % suurempi kuin normaalisesti kelluvien, ja rampojen noin 3-kertainen. Yleensä näyttää siltä, että kellumiskyky vaikuttaa vähemmän uittohäiriöiden määrään suurilla kuin pienillä väylillä.

d. *Eri puutavaralajien negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhteelliset määrät.*

Uittohankaluuskysymystä tarkastettaessa ei nykyään, kun uitossa aina on mukana suuri määrä erilaisia puutavaralajeja, voida kiinnittää huomiota tiettyjen puutavaralajien vaihteleviin ominaisuuksiin, vaan on tyydyttävä vertailemaan erilaisten puutavaralajien keskimääräisiä uitto-ominaisuuksia toisiinsa. Seuraavassa tehdään tällainen vertailu tutkimustulosten perusteella. Aluksi kootaan tutkimusaineistosta kaikki ne uittotapaukset, joissa on uitettu useampaa kuin yhtä puutavaralajia ja laaditaan yhdistelmä uittohankaluussuhdeluvuista. Jotta suhdelukujen keskinäinen vertailu kävisi mahdolliseksi, pidetään kaikissa uitoissa kuorittujen havupuutukkien tai niitä kooltaan vastaavien kuorittujen havupuurankojen uittohankaluus-

suhdelukua vertausperusteena ja merkitään se 1:llä. Kukin suhdelukusarja muunnetaan siis siten, että se jaetaan sarjassa olevalla kuorittujen havutukkien uittohankaluussuhdeluvulla. I ja II luokan väylien uitot käsitellään erikseen.

Taulukko 143.

Eri puutavaralajien uittohankaluussuhdeluvut kuorittujen havupuutukkien uittohankaluuteen verrattuina eri uittoväylillä.

Uittoväylä	Uittokelpoisuusluokat	Puutavaran laatu: Kuoritut kuusipaperipuurangat	Kuorimattomat koivuiset polttopuurangat	Kuorimattomat haapaiset polttopuurangat	Kuoritut haaparangat	Kuoritut havutukit	Faneerikoivut	Kuorimattomat havutukit	1—2-metriset kuoritut paperipuut	3—4-metriset kuoritut paperipuut	Kuorimattomat kuusipaperipuurangat
Kymijoki	I	1.00									1.34
Hartolan väylä 1	II	1.00	1.32	1.54	0.57						
» » 2						1.00	0.95				
» » 3		1.00	2.55								
» » 4						1.00	1.00				
Höytiäinen 1						1.00			0.23		
» 2						1.00	1.69		0.32		
Alakoitajoki 1						1.00	1.87			0.59	
» 2						1.00	2.01	3.29		0.83	
Lieksanjoki						1.00	2.46		0.41		
	M_{II}	1.00	1.94	1.54	0.57	1.00	1.66	3.29	0.32	0.71	

I luokan väyliltä on aineistoa vain yksi tapaus Kymijoelta. Tulos osoittaa, että kuorimattomien kuusipaperipuurankojen uitosta on aiheutunut 34 % enemmän uittohäiriöitä kuin kuorittujen, vastaavanlaisten rankojen uitosta. Koska kysymyksessä olevat rangat olivat mitoiltaan suunnilleen pienien tukkien kokoisia, vastannee edellä esitetty tulos suunnilleen myös kuorittujen ja kuorimattomien tukkien välistä uittohankaluussuhdetta.

II luokan väyliltä on aineistoa 9 uittotapauksesta. Keskimääräiset tulokset esiintyvät taulukon alimmassa rivissä. Suhdelukujen muunto on tehty sillä edellytyksellä, että kuorittuja havutukkeja ja kuorittuja paperipuurankoja on pidetty uittohankaluuteen nähden samanarvoisina. Olettamus ei kylläkään ole täysin oikea, mutta ei sentään liene suuresti virheellinenkään. Virhe aiheutuu pääasiassa tukkien ja rankojen eri suuresta keskiläpimitasta. Täysin verrannollisia eivät luonnollisesti kaikki havutukkeihinkaan verratut suhdelukusarjat ole, sillä eri uitoissa vaihtelee puiden koko aina jonkin

verran ja se vaikuttaa jossakin määrin tuloksiin. Suurin piirtein osoittanee tulos kuitenkin eri puutavaralajien uittohankaluussuhteita. Pahimpien epätasaisuuksien korjaamiseksi on tuloksien lähempi tarkastelu tarpeen.

Faneerikoivujen uitosta on aiheutunut keskimäärin 66 % enemmän hankaluutta kuin kuorittujen havutukkien uitosta. Suhdeluvut vaihtelevat kuitenkin erittäin paljon. Mitä aikaisemmin keväällä uitto on suoritettu, sitä pienempi on suhdelukujen eroitus. Eri uitoissa esiintyvien suhdelukujen perusteella näyttää siltä, että jos uitto loppuu kesäkuun aikana, on hankaluuden lisäys noin 25—35 %, mutta jos uitto kestää syyskesään, on vastaava lisäys noin 100 %.

Kuorimattomien havutukkien suhdeluvun perusteella ei voida tehdä mitään johtopäätöksiä, sillä ainoa uittotapaus, missä niitä esiintyy, on täysin vertailuun sopimaton, syystä että kuorimattomat tukit ovat Venäjältä tulleita, noin 2 kertaa meikäläisten tukkien kokoisia, ja siten jo kokonsa puolesta siksi hankalia uittaa, ettei kuorimattomuuden vaikutus pääse lainkaan ilmenemään.

Kuorittujen 1—2-metristen paperipuiden suhdeluku osoittaa, että niiden uitosta on aiheutunut vain keskimäärin 32 % siitä häiriöiden määrästä, minkä kuorittujen havutukkien uitto on aiheuttanut. Suhde vastaa suunnilleen Pohjois-Suomen tuloksia ja vastannee hyvin todellisuutta. 3—4-metristen paperipuiden aiheuttama uittohäiriöiden suhteellinen määrä on 71 % havutukkien aiheuttamasta uittohäiriöiden määrästä. Puiden enenevä pituus on siis lisännyt niiden uittohankaluutta huomattavasti, kuten tämän tutkimuksen tulokset yleensäkin edellyttävät.

Polttopuurankojen uitosta on aineistoa neljästä eri uittotapauksesta, mutta vaihtelee rankojen laatu huomattavasti, ja kaikki uitot on suoritettu Hartolan väylällä, joka poikkeaa tavallisuudesta vähäisen ruuhkaantumisen vuoksi. Uittohankaluussuhdeluvut vaihtelevat 2.55 ja 0.57 välillä. Viimeksi mainittu luku edustaa kuorittujen haaparankojen uittoa. Tällaisten polttopuurankojen uitto on aivan harvinaista ja nykyisin luettaneen tällaiset puut jo paperipuiden ryhmään, joten ne hyvällä syyllä voidaan jättää polttopuiksi lukematta ja huomioida vain kolme kuoripäällisten puiden uittoa. Mainittujen kolmen uiton keskimääräiseksi uittohankaluusluvuksi saadaan 1.81, ts. polttopuurankojen uitto on aiheuttanut 81 % enemmän uittohäiriöitä kuin kuorittujen havupuutukkien uitto.

C. Erilaisen puutavaran aikaansaamien uittohäiriöiden aiheuttama työaikamenekki.

1. Työaikatutkimukset.

Edellä on tarkastettu, millaisia uittohäiriöitä ja missä määrin erilainen puutavara uitossa aiheuttaa. Uittohäiriöiden määrä ei sellaisenaan kuitenkaan ole ilman muuta oikea uittohankaluuden mitta, koska uittohankaluudella tässä tutkimuksessa tarkoitetaan, kuten on mainittu, erilaisen puutavaran uitosta aiheutuvaa suhteellista kustannusten määrää. Uittohäiriöiden määrän ja niistä aiheutuvien kustannusten välisen suhteen selvittämiseksi tarkastetaan aluksi suoritettujen työaikatutkimusten perusteella, miten suuren työaikamenekin erilainen puutavara eri uittohäiriötapauksissa aiheuttaa. Seuraavassa esitetään tulokset työaikatutkimuksista. Tarkastelu suoritetaan samassa järjestyksessä, missä uittohäiriöitä on aikaisemminkin käsitelty.

a. *Työaikamenekki rannalle jääneiden puiden väylään vierittämisessä.*

Koska uittohankaluus tässä tutkimuksessa pyritään määräämään tilavuusyksikköä kohden, on seuraavassa esitetyt työaikatutkimusten tulokset laskettu myös samasta mittayksiköstä riippuen. Seuraava taulukko esittää erilaisten puutavaroiden rannalta vierityksseen kulunutta aikaa kuutiojalkaa kohden. Absoluuttisten lukujen ohella esitetään myös suhdeluvut, jotka on laskettu siten, että vertausperusteena on pidetty kuorittujen havutukkien käsittelyyn kuluvaa aikaa. Samaa menetelmää käytetään myös muissa vastaavissa tapauksissa.

Taulukko 144.

Erilaisen puutavaran rannalta vieritykseen kuluva aika kuutiojalkaa kohden $\frac{\text{miesmin}}{100}$:na.

Puutavaran laatu	Latvaläpimittaluokka	Pituus: alle 14′	Pituus: 14′—20′	Pituus: yli 20′	Keskiarvo	Vieritys-hankaluus-suhdeluku
Koivut	5″—6″	7.99±0.62	9.02±0.79	9.61±1.05		
	7″—8″	7.59±0.74	8.01±0.59	8.14±0.40		
	9″+	8.23±0.63	8.19±0.69	9.16±0.57		
Keskiarvo		7.94±0.57	8.41±0.46	8.97±0.41	8.44±0.32	1.63
Kuorimattomat havutukit	5″—6″	6.61±1.17	7.51±1.37	9.69±0.74		
	7″—8″	6.28±0.93	6.73±0.66	7.61±0.98		
	9″+	6.42±0.67	6.98±0.91	9.42±1.15		
Keskiarvo		6.44±0.82	7.07±0.49	8.91±0.89	7.17±0.39	1.39
Kuoritut havutukit	5″—6″	4.85±0.35	4.87±0.37	4.55±0.47		
	7″—8″	4.84±0.37	5.21±0.28	5.89±0.42		
	9″+	4.59±0.33	4.86±0.33	6.26±0.41		
Keskiarvo		4.76±0.25	4.99±0.19	5.57±0.32	5.17±0.16	1.00
Kuorittu pinotavara	4 m ja yli				4.29±0.15	0.83
	2—3 m				4.05±0.18	0.78

Taulukko osoittaa, että puiden rannalta vieritykseen kuluva aika kuutiojalkaa kohden on yleensä sitä suurempi, mitä huonommin uivia, siis raskaampia puut ovat. Puutavaroiden kuorimattomuus vaikuttanee myös osaltaan vieritysaikaa lisäävästi. Puutavaran pituuden ja vieritysajan välillä on myös melkoinen positiivinen korrelatio. Se johtuu siitä, että pitkät puut usein rannalle joutuessaan jäävät kivien ja muiden esteiden taakse, joten niiden väylään saanti on hankalampaa kuin lyhyiden puiden. Missä määrin erilaisen puutavaran rannaltavierimis-ajassa esiintyvä eroitus vaikuttaa kokonaistyöaikamenekkiin, riippuu huomattavasti siitä, miten paljon puita yleensä jää rannalle ja miten suuri suhteellinen osa kokonaistyöajasta kuluu kävelemiseen vyörytystyön yhteydessä. Tähän kysymykseen palataan myöhemmin.

b. *Työaikamenekki puomin taakse ja kosteisiin jääneiden puiden poistamisessa.*

Puomin taakse joutuneita puita väylään siirrettäessä tapahtuu työskentely eri tavoin, riippuen puomin etäisyydestä rannasta. Jos puomi on aivan lähellä rantaa, lähentelee puiden puomin takaa otta-

minen tavallista rannalta vyöryttämistä. Puiden työntäminen puomin alitse väylään vaatii kuitenkin luonnollisesti oman aikansa. Tämän lisäaikamenekin vastapainoksi on kuitenkin huomattava, että puomin takana olevat puut ovat usein vapaasti kelluvia, joten varsinaista vyörytystyötä ei tarvitse suorittaa. Puomin taakse joutuneet puut on myös verrattain helppo työntää puomin alitse, koska puomin taakse menee yleensä vain keskimääräistä huonommin kelluvia puita. Taulukko 145 esittää aikamittausten perusteella laskettuja työaikoja erilaisia puita puomin takaa väylään työnnettäessä.

Taulukko 145.

Puomin taakse jääneiden puiden väylään työntöön kuluva työaika.

Puutavaran laatu		Työaika j^3 kohden $\frac{\text{miesmin}}{100}$:na			Keskiarvo	Hankaluussuhdeluku
Kuoritut kuusipaperipuut	2 m	7.58 ± 0.22				
	4 m	9.15 ± 0.47			8.37 ± 0.19	1.15
Tukit	Latvaläpimitta	Pituus				
		alle 14′	14′—20′	yli 20′		
Kuoritut havutukit	5″—6″	4.75±0.81	6.19±0.75	6.17±0.96	5.70±0.70	
	7″—8″	6.81±1.02	8.97±0.69	7.89±1.22	7.89±0.59	
	9″+	6.92±0.98	8.81±0.92	9.01±1.72	8.25±0.82	
Keskiarvo		6.16±0.79	7.99±0.60	7.69±0.86	7.28±0.52	1.00
Koivutukit	5″—6″	5.90±1.13	—	—	5.90±1.13	
	7″—8″	7.70±0.92	8.11±1.67	7.54±1.90	7.78±0.87	
	9″+	7.40±0.95	—	—	7.40±0.95	
Keskiarvo		7.00±0.89	8.11±1.67	7.54±1.90	7.33±0.85	1.01

Taulukon 145 luvut osoittavat, ettei työajan menekki puita puomin takaa väylään työnnettäessä j^3 kohden sanottavasti riipu puun laadusta. Puiden hyvä kellumiskyky näyttää kuitenkin lisäävän työajan menekkiä. Kuoritut paperipuut sekä keskimäärää paremmin kelluvat kookkaat tukit ovat vaatineet enemmän työaikaa kuin muu tavara. Tulos on päinvastainen kuin puita rannalta työnnettäessä. Syynä ilmiöön on ilmeisesti se, että puiden puomin alitse painaminen käy sitä vaikeammaksi, mita paremmin kelluvia ne ovat. Mitä erikoisesti yli 4 m pinotavaraan tulee, on sen käsittely tukkiha'alla usein vaikea pienen läpimitan vuoksi, ja kun niiden kuutio lisäksi on pieni, nouseekin keskimääräinen työaika j^3 kohti häiriöiden vuoksi muita korkeammaksi.

Siinä tapauksessa, että puomitukset ovat etäällä rannoista, täytyy puomin taakse joutuneet puut kuljettaa väylään soutamalla. Yleinen työtapa tällöin on se, että pitkää puutavaraa hinataan keksillä kiinni pitäen tai köysilenkkiin sidottuna veneen perässä ja 1-metrinen pinotavara nostetaan veneeseen sekä 2—4 m tavara usein poikittain veneen laitojen päälle. Paitsi puomin takaa joudutaan puita kuljettamaan soutamalla myös kosteista. Uittohäiriöiden yleismäärään verraten muodostavat mainitut uittohäiriöt kuitenkin vain vähäisen osan. Kun työaikamenekki lisäksi riippuu sangen ratkaisevasti soudettavan matkan pituudesta, käsitellään puomin takaa ja kosteesta soutu seuraavassa yhdessä. Soutumatkan vaihdellessa 50—100 m on työaika kolmen miehen venekuntaa käyttäen vaihdellut erilaiselle puutavaralle taulukon 146 mukaan.

Taulukko 146.

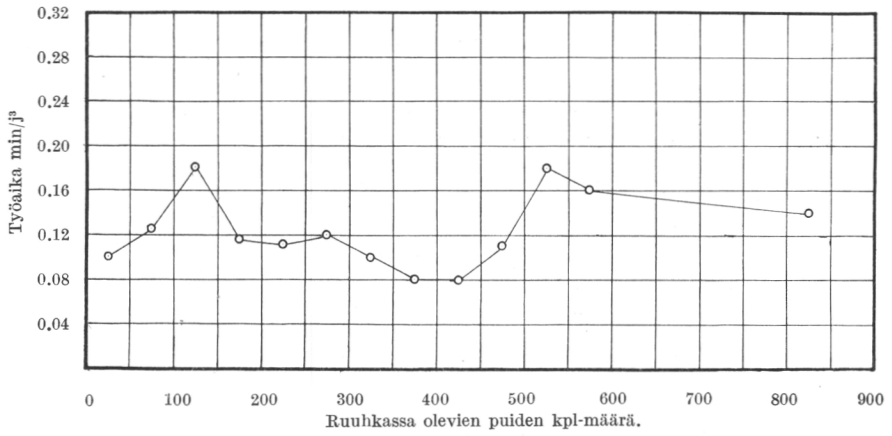
Erilaisen puutavaran puomin takaa ja kosteista soutamalla poistamiseen kuluva aika j³ kohden soutumatkan ollessa 50—100 m.

Puutavaran laatu	Työaika j³ kohden miesmin/100:na	Työhankaluus-suhdeluvut
Kuoritut paperipuut (2—4 m)	141	1.03
» havutukit	137	1.00
Kuorimattomat havutukit	138	1.01
Koivutukit	238	1.74
Keskimäärin	164	

Kuten on luonnollista, kuluu puiden soutamiseen puomin takaa ja kosteesta huomattavasti enemmän aikaa kuin muiden edellä esitettyjen uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden käsittelyyn. Jo se seikka, että puiden käsittely tapahtuu venekunnittain, joissa nykyisin on yleisimmin kolme miestä, lisää työaikaa yhden miehen ajaksi laskettuna kolminkertaiseksi. Sen lisäksi on puiden kuljetusmatka muita uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden kuljetusmatkaan verrattuna aina moninkertainen. Erilaisten havupuisten puutavaroiden aiheuttama työaikamenekki on suurin piirtein sama, mutta koivujen melkoista suurempi. Koska puomin taakse ja kosteeseen jää kuitenkin verrattain vähän puita, ei koivujen pitempi työaika havupuihin verraten vaikuta paljoakaan koivujen uittohankaluuteen.

c. *Ruuhkien purkamisen aiheuttama työaikamenekki.*

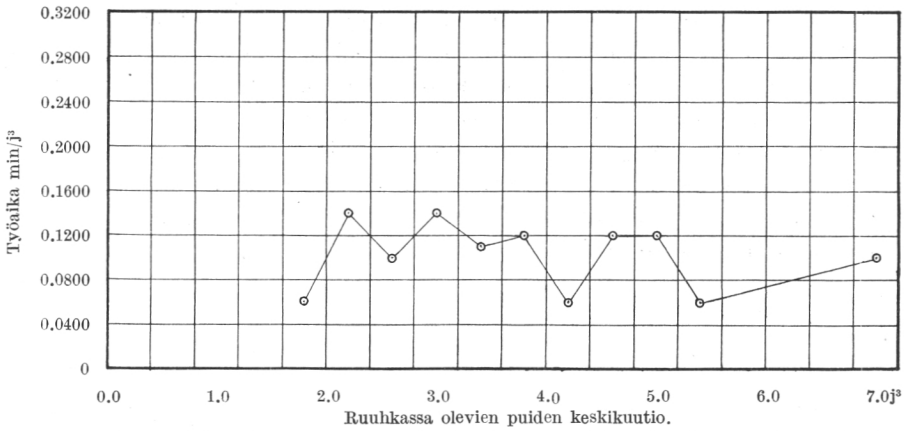
Erittäin huomattava työaikamenekki, etenkin pienillä uittoväylillä, aiheutuu ruuhkien purkamisesta. Ne syyt, jotka ruuhkaantumisen aiheuttavat, ovat sangen erilaisia. Väylän suuruus, virran voimakkuus, ruuhkaantumisen alkamisen aiheuttaneen esteen laatu ym. seikat vaikuttavat ruuhkaantumiseen ja syntyvien ruuhkien suuruuteen. Koska voidaan olettaa, että ruuhkien suuruus saattaa vaikuttaa ruuhkan purkamiseen kuluvaan työaikaan j^3 kohden, tarkastetaan aineiston perusteella aluksi tätä kysymystä. Seuraava kuva esittää erisuuruisten ruuhkien purkamiseen kuluvaa työaikaa miesminutteina j^3 kohden.



Kuva 147. Ruuhkan purkamisaika kuutioyksikköä kohden ruuhkassa olevien puiden kpl-luvusta riippuen.

Kuva osoittaa, ettei selvää korrelatiota ruuhkan suuruuden ja kuutioyksikköä kohden kuluvan purkamisajan välillä ole huomattavissa. Tulosta voidaankin pitää luonnollisena, sillä pienien ruuhkien laukaisu ja purkaminen on yleensä helpompaa kuin suurien, mutta kun suuri ruuhka saadaan laukeamaan, kohdistuu työn tulos suureen puumäärään, joten työaikamenekki, aikaa vievästä alkutyöskentelystä huolimatta, jää suhteellisen pieneksi.

Toinen kysymys, johon ruuhkan purkamisaikaa tarkastettaessa on syytä kiinnittää huomio, on ruuhkassa olevien puiden koko. Seuraava kuva 148 esittää, miten puiden koko on vaikuttanut ruuhkan purkamisaikaan kuutioyksikköä kohden.



Kuva 148. Ruuhkan purkamisaika kuutioyksikköä kohden ruuhkassa olevien puiden keskikuutiosta riippuen.

Kuva osoittaa, ettei ruuhkan puiden keskiko'on ja ruuhkan purkamisajan välillä ole selvää korrelatiota. Se ei kuitenkaan luonnollisesti todista mitään erikokoisten puiden erilaisesta ruuhkaantumistaipumuksesta, jota on aikaisemmin käsitelty.

Koska ruuhkien suuruus ja ruuhkaantuneiden puiden koko eivät keskimäärin vaikuta ruuhkan purkamisaikaan kuutioyksikköä kohden, voidaan eri puutavaralajien vaikutusta ruuhkien purkamisaikaan tarkastaa seuraavassa koko sen aineiston perusteella, jossa esiintyy suunnilleen määrätyn puutavaralajin muodostamia ruuhkia. Aineistosta eroitetaan tarkoitusta varten kuorituista havupuista sekä pinotavarasta muodostuneet ruuhkat, koivuruuhkat sekä kuorimattomista havutukeista muodostuneet ruuhkat. Seuraava taulukko 149 esittää aikamittaustuloksia eri puutavaralajeista muodostuneita ruuhkia purettaessa.

Taulukko 149.

Ruuhkan purkamiseen kuluva työaika j³ kohden.

Ruuhkaan muodostuneen puutavaran laatu	Aineiston puiden kpl-määrä	Ruuhkan purkamisaika j³ kohden miesmin/100:na	Ruuhkan purkamishankaluussuhdeluvut
Kuoritut havutukit	7 945	12.18±1.21	1.00
Kuorimattomat havutukit	1 388	16.36±1.72	1.34
Koivutukit	892	29.48±3.09	2.42
Kuorittu pinotavara	5 960	9.59±0.40	0.78

Taulukko osoittaa, että puiden pituus, pinnan laatu ja runkomuoto sekä ilmeisesti myös kellumiskyky ovat vaikuttaneet huomattavasti ruuhkan purkamisaikaan. Vähimmin aikaa on kulunut kuori-

tuista pinotavaroista muodostuneiden ruuhkien purkamiseen. Jos vertaus tehdään kuorittujen havutukkiruuhkien purkamisaikaan, on ajanmenekki 78 % siitä. Karkeapintaisten, kuorimattomien havupuuruuhkien purkaminen on taas vienyt noin $^1/_3$ enemmän aikaa ja karkeapintaisten sekä mutkarunkoisten koivujen muodostamien ruuhkien purkaminen yli kaksinkertaisen ajan. Asetelman viimeisessä sarakkeessa olevat suhdeluvut kuvaavat eri puutavaralajien muodostamien ruuhkien purkamishankaluutta kuorittuihin havupuihin verraten.

2. Työtilastotutkimukset.

Seuraavassa tarkastetaan Hartolan väylällä kootun tilastoaineiston perusteella eri uittojen aiheuttamaa työaikamenekkiä sekä niitä tekijöitä, joista työaikamenekki riippuu. Tarkastelua varten jaetaan uittotyö varsinaiseen uittoon ja hännänajoon. Tutkitulla väylänosalla ei mainittu jako kylläkään anna oikeata kuvaa mainittujen töitten yleisesti vaatimien työmäärien suhteesta, sillä väyläosalla on kaikissa koskissa uittoruuhet, jotka vähentävät ruuhkaantumista ja siten hännänajon vaatimaa työtä, mutta lisäävät työtä varsinaisen uiton aikana uittoruuhien syötöstä aiheutuen. Tämä tavallisuudesta poikkeava suhde varsinaisen uiton ja hännänajon vaatiman työmäärän välillä ei kuitenkaan mitenkään estä käyttämästä aineistoa eri uittojen ja hännänajojen vaatimien työmäärien vertailuun. Tämä vertailu on erittäin valaiseva ja mielenkiintoinen senvuoksi, että

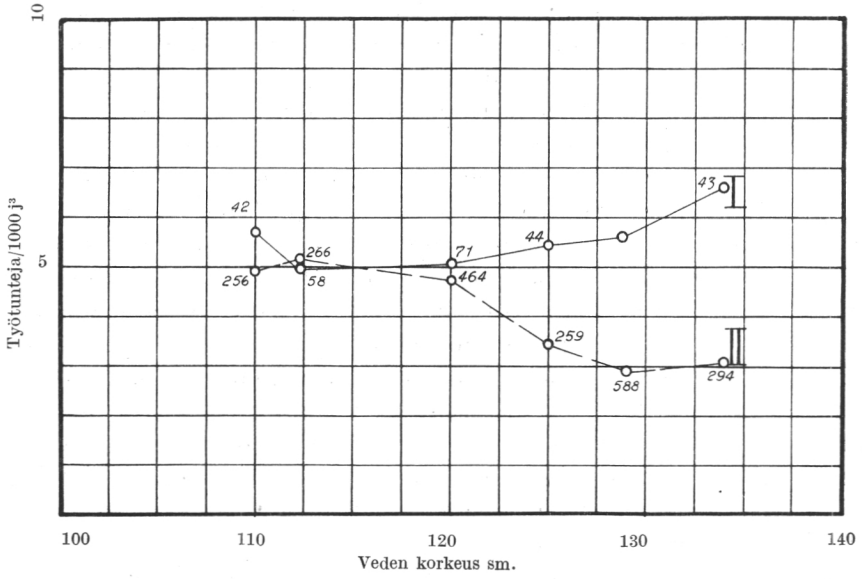
Taulukko 150.

Uitetut ja uittohäiriöitä aiheuttaneet puumäärät sekä varsinaiseen uittoon ja hännänajoon käytetyt työtunnit muutamissa Hartolan väylällä suoritetuissa uitoissa.

Uitetun puutavaran laatu	Uitettu puumäärä j³:oina	Varsinaiseen uittoon käytetty työtunteja	Uittohäiriöitä aiheuttanut puumäärä j³:oina	Hännänajoon käytetty työtunteja	Varsinaiseen uittoon käytetty työtunteja/1 000 j³	Hännänajoon käytetty työtunteja uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden 1 000 j³ kohden	Veden suhteellinen korkeus väylässä
1	2	3	4	5	6	7	8
Kuorittuja havutukkeja ..	294 000	964	43 000	284	3.1	6.6	134
» » ..	588 000	1 687	52 000	292	2.9	5.6	129
Kuorittuja paperipuu- ja lehtipuisia polttopuurankoja	259 000	898	44 000	239	3.5	5.4	125
Kuorittuja havutukkeja sekä koivutukkeja	469 000	2 229	71 000	356	4.8	5.0	120
Kuorittuja havutukkeja ..	266 000	1 376	58 000	282	5.2	4.9	112
Kuorittuja 2 m paperipuita	265 000	1 291	42 000	240	4.9	5.7	110

uitettu puumäärä ja samoin puutavaran koko vaihtelevat eri uitoissa huomattavasti. Taulukko 150 esittää aineistossa esiintyvissä eri uitoissa uitettujen uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden määriä sekä niitä työtuntimääriä, jotka on käytetty varsinaiseen uittoon ja hännänajoon.

Taulukosta nähdään, että eri uitoissa uitettu puutavaramäärä ja puutavaran laatu vaihtelee huomattavasti. Jos verrataan toisiinsa uitettuja puutavaramääriä ja käytettyjä työtuntimääriä, huomataan, että niissä esiintyy samansuuntaisia vaihteluita. Sarakkeessa 6 olevat luvut osoittavat, montako työtuntia varsinaiseen uittotyöhön on käytetty 1 000 uitettua j³ kohden eri uitoissa. Sarakkeessa 7 olevat luvut taas osoittavat työtuntien määrän hännänajossa uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden 1 000 j³ kohden. Havainnollisen kuvan saamiseksi esitetään edellä kuvatut työaikamenekit graafisesti. Kuvassa 151 esittää murtoviiva II varsinaisen uiton vaatimaa työaikamenekkiä uitettua 1 000 j³ kohden veden korkeussuhteesta riippuen



Kuva 151. Uitosta aiheutuva työaikamenekki.

Murtoviiva I. Hännänajoon käytetty työtunteja laskettuna uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden 1 000 j³ kohden. Murtoviiva II. Varsinaiseen uittoon käytetty työtunteja 1 000 uitettua kuutiojalkaa kohden.

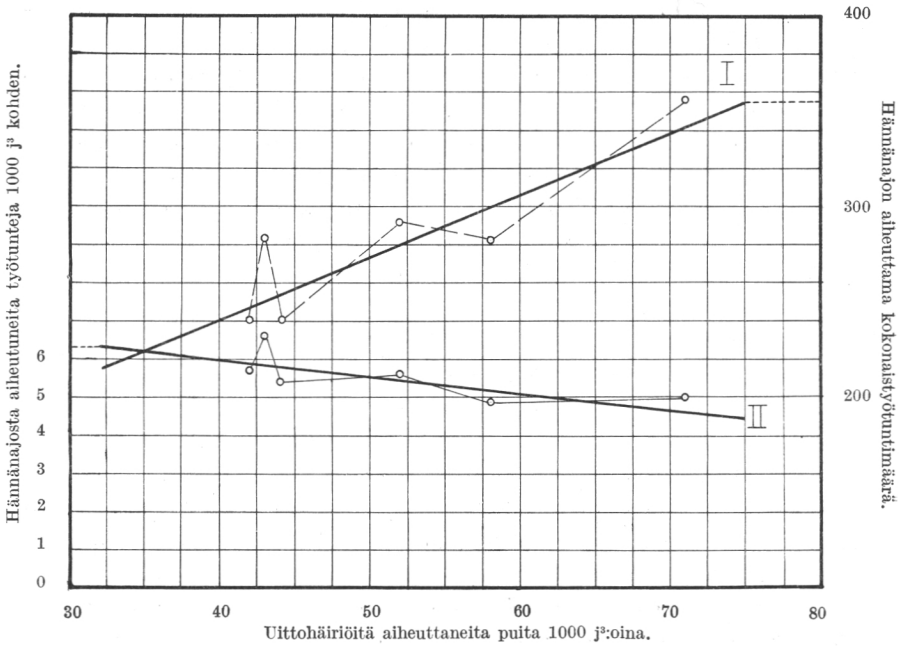
Numerot murtoviivalla I esittävät uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden määrän 1 000 j³:oina. Numerot murtoviivalla II esittävät uitettuja puumääriä 1 000 j³:oina.

Kuvasta nähdään, että eri uittojen työaikamenekkiä esittävä murtoviiva on verrattain tasajuoksuinen, kohoten suunnilleen säännöllisesti veden alentuessa. Sangen todennäköinen on näin ollen

oletus, että väylillä, joiden uittokapasiteetti on jokseenkin tarkoin käytetty, kuten tässä tapauksessa on asianlaita, ja pienillä väylillä yleensäkin, on varsinaisen uiton aiheuttama työaikamenekki suoraan verrannollinen uitettuun puumäärään. Väylän veden korkeuden vaikutus varsinaisten uittotöiden vaatimaan työaikamenekkiin johtuu siitä, että virran nopeus pienenee veden alentuessa ja väylän uittokapasiteetti siten pienenee. Lisäksi vaikuttaa samaan suuntaan se, että vähän veden aikana ei väylän kuljetuskykyä voida käyttää yhtä tarkkaan kuin korkean veden aikana, sillä ruuhkaantumisen vaara on vähän veden aikana suuri, jos puita lasketaan väylään niin paljon kuin se nielee.

Kuvassa esittää murtoviiva I hännänajoon kuluvaa työtuntimäärää uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden 1 000 j^3 kohden. Aineiston mukaan ei veden alentuminen ole ainakaan lisännyt työaikaa j^3 kohden hännänajossa. Murtoviivan yleinen suunta on näet päinvastaiseen suuntaan nouseva. Ratkaisevimmin näyttää hännänajoaikaan kuutioyksikköä kohden vaikuttavan uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden määrä. Mitä enemmän tällaisia puita on, sitä pienempi on keskimäärin työaika kuutioyksikköä kohden. Korkean veden aikana on uittohäiriöitä aiheuttaneita puita yleensä verrattain vähän ja siitä johtuen on työaikamenekki vastaavasti suurempi kuin matalan veden aikana. Poikkeuksen murtoviivan yleisestä suunnasta tekee alhaisimmalla vedellä suoritettu 2 m paperipuiden uitto, jolloin uittohäiriöiden määrä puutavaran laadusta johtuen on tavallista pienempi ja työaikamenekki suurempi kuin lähinnä edellisessä uitossa. Puiden laadun vaihtelun vaikutus työaikamenekkiin hännänajossa ei aineiston perusteella käy esiin. Se johtunee pääasiassa siitä, että uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden määrä vaihtelee siksi paljon, että tämä vaihtelu peittää puiden laadun aiheuttaman vaihtelun. On myös huomattava, että kaikissa uitoissa on pääasiallisena osana kuorittuja havupuita, joten puutavaran laadun vaihtelu on verrattain pieni muuhun kuin puiden kokoon nähden.

Kuva 152 esittää graafisesti hännänajoon kuluvaa työaikaa eri uitoissa. Murtoviiva I esittää hännänajon vaatimaa työtuntimäärää uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden kokonaiskuutiomäärästä riippuen, murtoviiva II taas työaikamenekkiä uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden 1 000 j^3 kohden. Murtoviiva I osoittaa, että hännänajon vaatima työaika lisääntyy, kuten luonnollista, uittohäiriöitä aiheuttaneen puumäärän kasvaessa. Työajan menekki ei kuitenkaan lisäänny suoraan verrannollisesti puumäärän suurentumiseen. Se johtuu pääasiassa siitä, että osa työajasta kuluu kulkemiseen, mikä ajan menekki on suunnilleen riippumaton käsiteltävien puiden määrästä.



Kuva 152. Hännänajosta aiheutuva työaikamenekki uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden määrästä riippuen.

Osittain vaikuttanee asiaan myös se, että uittohäiriöiden esiintyminen alkaa yleensä puiden jäännillä uiton muasta sellaisiin paikkoihin, joihin ne helpoimmin tarttuvat tai joutuvat, mutta missä ne myös varmimmin pysyvät. Sitä mukaa kuin uittohäiriöiden määrä lisääntyy, täyttyvät pahimmat uittohäiriöalueet ja puita alkaa jäädä myös sellaisiin paikkoihin, joista ne ovat verrattain helposti poistettavissa. Mitä vähemmän puita siis väylään on jäänyt, sitä enemmän vaatii suhteellisesti työtä niiden väylään saattaminen. Hännänajon vaatiman työtuntimäärän riippuvaisuutta uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden määrästä esittävä murtoviiva on kuvassa 152 tasoitettu graafisesti suoralla, jonka yhtälö on

$t_u = 3.3\ v + 108$, jossa t_u = hännänajon vaatima kokonaistyötuntimäärä
v = uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden kokonaiskuutiomäärä 1 000 j³:oina.

Yhtälön mukaan on siis puumäärästä riippumatonta työaikaa ollut 108 t. Kun keskimääräinen hännänajon kokonaistuntimäärä on aineiston mukaan 282 t, muodostaa puumäärästä riippumaton hännänajon työaika siis noin $^1/_3$ kokonaisajasta.

Murtoviiva II kuvassa 152 esittää hännänajoon käytettyä työtuntimäärää uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden 1 000 j³ kohden. Tarkastettaessa murtoviivan poikkeuksia tasoitussuoralta on todettava, että poikkeukset ovat verrattain pieniä. Niin on siitä huolimatta, että puiden koko eri uitoissa on erittäin paljon vaihdellut. Poikkeusten pienuus todistaa siis selvästi, ettei puiden koko vaikuta sanottavasti uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden käsittelyn vaatimaan aikaan hännänajossa. Työaikatilastotutkimus vahvistaa siis edellä esitettyjä työaikatutkimusten tuloksia.

3. Työaikamenekkitutkimusten yhdistelmä.

Edellä on tarkastettu, mitä uitettavan puutavaran koko ja laatu vaikuttavat erilaisia uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden vaatimaan työaikamenekkiin puita uiton mukaan saatettaessa. Koska erilaisten uittohäiriöiden absoluuttinen ja suhteellinen määrä riippuu ratkaisevasti uittoväylän laadusta, ei voida ilman muuta päätellä, miten puiden erilaisuus yleensä vaikuttaa niiden uittohankaluuteen uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden vaatiman erilaisen työaikamenekin vuoksi. Päätelmien tekoa varten esitetään taulukossa 153 tutkimustulosten mukainen yhdistelmä erilaisia uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden työhankaluusluvuista.

Taulukko 153.

Työhankaluussuhdeluvut erilaisia uittohäiriöitä aiheuttaneiden erilaisten puutavaroiden uiton mukaan saattamisessa.

Puutavaran laatu	Uittohäiriön laatu				Punnittu keskiarvo		
	Rannalla	Puomin takana, poisto työntämällä	Puomin takana ja kosteessa, poisto soutamalla	Ruuhkassa	Väylän uittokelpoisuusluokka		
	Työhankaluussuhdeluvut				I	II	III
Kuoritut havutukit	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Kuorimattomat havutukit .	1.39	1.00	1.01	1.34	1.29	1.29	1.31
Koivutukit	1.63	1.01	1.74	2.42	1.93	2.01	2.26
Kuorittu pinotavara	0.80	1.15	1.03	0.78	0.85	0.84	0.87

Taulukosta nähdään, että erilaisen puutavaran työhankaluussuhdeluvut vaihtelevat eri uittohäiriötapauksissa melkoisesti. Jotta asian näin ollen voitaisiin määrätä keskimääräiset työhankaluussuhdeluvut koko uittotyötä varten, täytyisi tuntea, missä suhteessa erilai-

sia uittohäiriöitä keskimäärin esiintyy. Häiriöitten esiintymisen suhteellinen määrä on kuitenkin eri väylillä sangen vaihteleva. Työhankaluussuhdelukujen keskiarvojen määräämistä varten muodostetaan tutkimusaineiston perusteella eri uittokelpoisuusluokkaa oleville väylille suhdelukusarjat, jotka esittävät erilaisten uittohäiriöiden keskimääräistä esiintymistä. Keskimääräiset suhdelukusarjat ovat seuraavat:

Taulukko 154.

Erilaisten uittohäiriöiden suhteellinen määrä eri uittokelpoisuusluokkain väylillä.

Väylän uitto-kelpoisuusluokka	Uittohäiriön laatu ja suhteellinen määrä				
	Rannalla	Puomin takana	Ruuhkassa	Kosteessa	Yhteensä
I	40 %	10 %	40 %	10 %	100 %
II	30 »	10 »	50 »	10 »	100 »
III	10 »	5 »	80 »	5 »	100 »

Jos työhankaluussuhdeluvut eri uittohäiriötapauksissa punnitaan uittohäiriöiden esiintymisrunsautta kuvaavilla suhdeluvuilla, saadaan punnitut keskimääräiset työhankaluussuhdeluvut kaikkia uittohäiriöitä varten. Punnitut työhankaluussuhdelukujen keskiarvot esitetään taulukon 153 kolmessa viimeisessä sarakkeessa. Keskiarvoja laskettaessa on oletettu, että puolet puomin taakse joutuneista puista poistetaan työntämällä ja puolet soutamalla, kosteisiin jääneet puut taas kaikki soutamalla. Olettamus vastaa keskimääräistä käytäntöä, eivätkä pienet vaihtelut suuntaan tai toiseen vaikuta sanottavasti lopputulokseen.

Taulukossa 153 esitettyjä työhankaluuslukujen keskiarvoja tarkastettaessa nähdään, että kuorittujen havupuutukkien ja kuoritun pinotavaran uittohäiriöistä aiheutuvat työmäärät kuutioyksikköä kohden ovat keskimäärin samassa suhteessa toisiinsa kaikenlaisilla uittoväylillä. Pinotavaran käsittelystä aiheutuu 15—16 % vähemmän työtä kuin tukkien käsittelystä. Vaikeauittoisten puiden uittohäiriöt aiheuttavat sitävastoin sitä enemmän työtä, mitä vaikeampiuittoista väylää puita uitetaan. Kuorimattomille havupuutukeille ei eroitus kylläkään vielä ole suuri, mutta koivutukeille jo melkoinen. Kun verrataan työhankaluutta kuorittujen tukkien aiheuttamaan työhankaluuteen, huomataan, että kuorimattomien tukkien käsittelystä aiheutuu kuutioyksikköä kohden keskimäärin noin 30 % enemmän työtä ja koivutukkien käsittelystä noin 100 % enemmän työtä kuin kuorittujen tukkien käsittelystä.

Edellä esitetyt työhankaluussuhdeluvut on laskettu puiden käsittelyyn kuluvan ajan perusteella. Uitossa kuluu kuitenkin huomattava osa ajasta kulkemiseen, ja ajan menekki on tässä kohden uitettavan puutavaran laadusta riippumaton, sikäli kuin uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden määrä väylällä on muuttumaton. Sivulla 181 esitetyn työtilastotutkimuksen mukaan kuluu kokonaistyöajasta noin $^1/_3$ uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden määrästä ja laadusta riippumattomaan työhön ja kulkemiseen. Jos tämä seikka otetaan huomioon määrättäessä kokonaistyöaikaa uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden kuutioyksikköä kohden, vähenee puutavaran laadun vaikutus työaikamenekkiin jonkin verran. Työhankaluussuhdeluvut kokonaistyöaikaa silmällä pitäen muodostuvat niin muodoin taulukon 155 mukaisiksi.

Taulukko 155.

Työhankaluussuhdeluvut uittohäiriöitä aiheuttaneiden erilaisten puutavaroiden uiton mukaan saattamisesta kokonaistyöajan perusteella laskettuina.

Puutavaran laatu	Väylän uittokelpoisuusluokka		
	I	II	III
	Työhankaluussuhdeluvut		
Kuoritut havutukit	1.00	1.00	1.00
Kuorimattomat havutukit .	1.19	1.19	1.21
Koivutukit	1.62	1.67	1.84
Kuorittu pinotavara	0.90	0.89	0.91

Taulukon 155 mukaiset työhankaluussuhdeluvut osoittavat sitä suhteellista uittotyön määrää, joka aiheutuu erilaisten puiden aiheuttamista uittohäiriöistä kuutioyksikköä kohden. Kun tunnetaan uittohäiriöitä aiheuttaneiden erilaisten puiden suhteellinen määrä, voidaan työhankaluussuhdelukujen perusteella määrätä erilaisen puutavaran uitosta suhteellisesti aiheutuva uittotyön määrä. Koska uittotyöhankaluussuhdeluvut vaihtelevat puutavaran laadusta riippuen samansuuntaisesti kuin negatiivisia uitto-ominaisuuksia kuvaavat suhdeluvut, vahvistavat nämä uittohankaluuteen vaikuttavat tekijät toisiaan.

D. Uittotutkimustulosten yhdistelmä.

1. Uittohäiriöiden suhteellisen määrän vaikutus uitosta aiheutuvaan työaikamenekkiin ja varsinaisiin uittokustannuksiin.

Uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden käsittelystä aiheutuva työmäärä riippuu osaksi puiden paljoudesta, osaksi niiden laadusta. Puiden suhteellista paljoutta kuvaavat negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluvut. Puiden laadun vaikutusta suhteelliseen työaikamenekkiin kuutioyksikköä kohden kuvaavat taas taulukossa 155 esitetyt suhdeluvut. Kertomalla edellä mainitut suhdelukusarjat keskenään siten, että kukin negatiivisten uitto-ominaisuuksien suhdeluku tulee kerrotuksi saman puutavaran lajin tai koon käsittelyaikaa kuvaavalla suhdeluvulla (taulukko 155) ja jakamalla saadut tulot sitä puutavaran lajia tai kokoa vastaavalla tulolla, johon vertailu perustetaan, saadaan uusi suhdelukusarja, joka esittää erilaisen puutavaran uitosta aiheutuvaa suhteellista työaikamenekkiä siltä uittotyön osalta, jossa käsitellään uittohäiriöitä aiheuttaneita puita. — Suhdelukusarja ei siis varsinaisesti kuvaa erilaisen puutavaran uitosta aiheutuvien varsinaisten uittokustannusten suhteellista määrää, mutta voidaan suhdelukusarjaa kuitenkin suuremmitta virheittä käyttää kuvaamaan myös mainitun kustannuserän suhteellista jakaantumista erilaiselle puutavaralle. Muutama sana asian perustelemiseksi on kuitenkin tässä paikallaan. Sivulla 23 on esitetty, miten varsinaiset uittokustannukset keskimäärin jakaantuvat erilaisten kustannuserien kesken. Lisäksi on samassa yhteydessä perustelujen lopputuloksena päädytty siihen, että uittotyöpalkkojen määrä kuvaa sangen hyvin varsinaisten uittokustannusten kokonaismäärää. Seuraavassa on vielä tarkastettava, missä suhteessa uittotyöpalkat ovat uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden käsittelystä aiheutuvaan työmäärään nähden. Aineistoa asian selvittämiseksi ei, ikävä kyllä, ole käytettävissä, joten kysymys täytyy jättää teoreettisen selvittelyn varaan. Uittotyö voidaan jakaa kolmeen luonteeltaan erilaiseen osaan, nimittäin väylän uittokuntoon saattaminen, varsinainen uitto ja hännänajo. Työmäärään nähden muodostavat kaksi viimeksi

mainittua ratkaisevan osan koko uittotyöstä. Varsinaisen uiton aikana suoritettavan työn tarkoituksena on osittain estää niiden häiriöiden syntyminen, jotka haittaisivat puiden vapaata kulkua uittoväylässä, osaksi saattaa uivan suman mukaan ne puut, jotka ovat päässeet uittohäiriöitä aiheuttamaan. Toiminnan tarkoitus on siis osaksi uittohäiriöiden ennakolta ehkäiseminen, osaksi jo tapahtuneiden uittohäiriöiden selvittäminen. Viimeksi mainitusta toiminnasta aiheutuva työn määrä on luonnollisesti suoraan verrannollinen uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden käsittelystä aiheutuvaan työn määrään. Se työn määrä, joka aiheutuu uittohäiriöiden ennakolta ehkäisemisestä, riippuu myös uitettavan puuerän taipumuksesta aiheuttaa uittohäiriöitä. Mitä enemmän uittohäiriöitä sattuisi, ellei niitä ihmisvoimaa käyttäen estettäisi, sitä enemmän tarvittaisiin luonnollisesti työväkeä, ns. vonkamiehiä, uittoväylän pituusyksikköä kohden. Jokainen tapaus, jolloin uittohäiriö uhkaa syntyä, vaatii toimenpiteitä vonkamiehen taholta ja sitoo täten hänen aikaansa. Työajan menekki on täten suoraan verrannollinen niiden tapausten lukumäärään, jolloin uittohäiriöitä uhkaa sattua. Tällaisten tapausten lukumäärä ja uittohäiriöiden lukumäärä uiton tapahtuessa ilman valvontaa ovat taas keskenään suoraan verrannollisia. Uhkaavan uittohäiriön torjuminen on yleensä sitä vaikeampaa, mitä vaikeampiuittoinen puu on kysymyksessä. Edellä sanotun perusteella voidaankin uittohäiriöiden ehkäisemisestä aiheutuvan työn määrän katsoa vaihtelevan samassa suhteessa, kuin uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden käsittelystä aiheutuva työn määrä vaihtelee.

Toinen huomattava uittotyön osa on hännänajo. Hännänajolla tarkoitetaan sitä uittotyön osaa, jolloin väylälle jääneet, uittohäiriöitä aiheuttaneet puut uiton päättyessä toimitetaan väylään. Hännänajon työn määrä riippuu näin ollen siitä puumäärästä, joka on jäänyt uiton muasta väylään, samoin jääneiden puiden laadusta. Työmäärä on siis suoraan verrannollinen uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden käsittelystä aiheutuvaan työn määrään.

Se työn määrä, joka aiheutuu uittoväylän uittokuntoon saattamisesta uiton alkaessa, ei riipu yhtä kiinteästi uitettavan puuerän laadusta kuin toisten uittotyön vaiheiden työn määrät. Tietty suhde uitettavan puuerän laadun ja väylän kunnostamisen välillä on kuitenkin olemassa. Mitä vaikeampiuittoista tavaraa uitetaan, sitä paremmin täytyy väylä kunnostaa, jotta uitto saadaan käymään. Puuerän taipumus aiheuttaa uittohäiriöitä lisää siis sitä työmäärää, mikä väylän uittokuntoon saattamiseen on uhrattava. Kun väylän kunnostamiseen kuluu keskimäärin vain noin 4—14 % [1]) koko uittotyökus-

[1]) Tri Seppäsen laskelmien mukaan.

tannuksista, ei tehdä merkittävää virhettä, vaikka väylän uittokuntoon saattamisesta aiheutuvan työn määrän katsotaan myös olevan suoraan verrannollisen uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden käsittelystä aiheutuvaan työn määrään.

Edellä esitetyin perusteluin katsotaan uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden käsittelystä aiheutuvaa työn määrää esittävän suhdelukusarjan kuvaavan myös varsinaisten uittokustannusten vaihtelua erilaisia puutavaroita uitettaessa.

Kuten edellä on jo mainittu, laaditaan uittokustannusten suhteellista suuruutta kuvaavat lukusarjat siten, että vertaus tehdään tiettyyn puutavaran lajiin, jonka suhdeluvuksi sarjassa otetaan = 1.00. Vertausperusteeksi valitaan Pohjois-Suomessa kuorimaton tukki ja Etelä-Suomessa kuorittu tukki. Varsinaisten uittokustannusten suhteellista määrää kuvaavat lukusarjat erilaisille puutavaroille ovat eri uittokelpoisuusluokkaa olevilla väylillä Pohjois- ja Etelä-Suomessa taulukoissa 156 ja 157.

Taulukko 156.

Erilaisen puutavaran uitosta aiheutuvat varsinaisten uittokustannusten määrää kuvaavat suhdeluvut Pohjois-Suomen uittoväylillä (vertaus tehty kuorimattomien tukkien uittokustannuksiin).

Väylän uittokelpoisuusluokka	Puutavaran laatu				
	Kuorimattomat tukit	Kuorittu 2 m pinotavara keskimäärin	Kuoritut 1 m kuusipaperipuut, tuoreet	Kuoritut 2 m kuusipaperipuut, kuivat	Kaivospuut, puoleksi kuivat
I	1.00	0.50	0.75	0.42	0.74
II	1.00	0.38	0.39	0.34	0.55
III	1.00	0.17	0.20	0.14	0.24

Taulukko 157.

Erilaisen puutavaran uitosta aiheutuvat varsinaisten uittokustannusten määrää kuvaavat suhdeluvut Etelä-Suomen uittoväylillä (vertaus tehty kuorittujen tukkien uittokustannuksiin).

Väylän uittokelpoisuusluokka	Puutavaran laatu						
	Kuoritut havupuutukit	Kuorimattomat havupuutukit	Kuorittu pinotavara 1—2 m	Kuorittu pinotavara 3—4 m	Faneerikoivut		Lehtipuiset polttopuurangat
					Uitto loppuun ennen 1. VII	Uitto kestää loppukesään	
I	1.00	1.59	—	—	—	—	—
II	1.00	—	0.28	0.71	2.17	3.34	3.02

Edellä esitetyt suhdeluvut osoittavat, missä määrin erilaisten puutavaroiden uitosta niitä sekaisin uitettaessa keskimäärin aiheutuu varsinaisia uittokustannuksia. Kuten havaitaan, vaihtelee puutavaroiden uittohankaluus varsinaisia uittokustannuksia silmällä pitäen erittäin paljon niiden laadusta riippuen. Uittohankaluutta lisääviä puutavaran ominaisuuksia ovat suuri pituus ja läpimitta, puiden kuorimattomuudesta johtuva karkea pinta sekä huono kellumiskyky. Kaikkien edellä mainittujen ominaisuuksien vaikutusta uittohankaluuteen on jo edellä Pohjois- ja Etelä-Suomen uittotutkimustulosten yhdistelmissä käsitelty, joten tässä ei enää ole niihin syytä yksityiskohtaisesti puuttua. Edellä esitettyjä suhdelukuja tarkastettaessa on syytä huomata, että ne kuvaavat vain v a r s i n a i s t e n u i t t o k u s t a n n u s t e n v a i h t e l u a, ja siinä tapauksessa, että on kysymys kokonaisuittokustannuksista, muuttuvat suhdeluvut kokonaan toisiksi.

V. Erottelututkimukset.

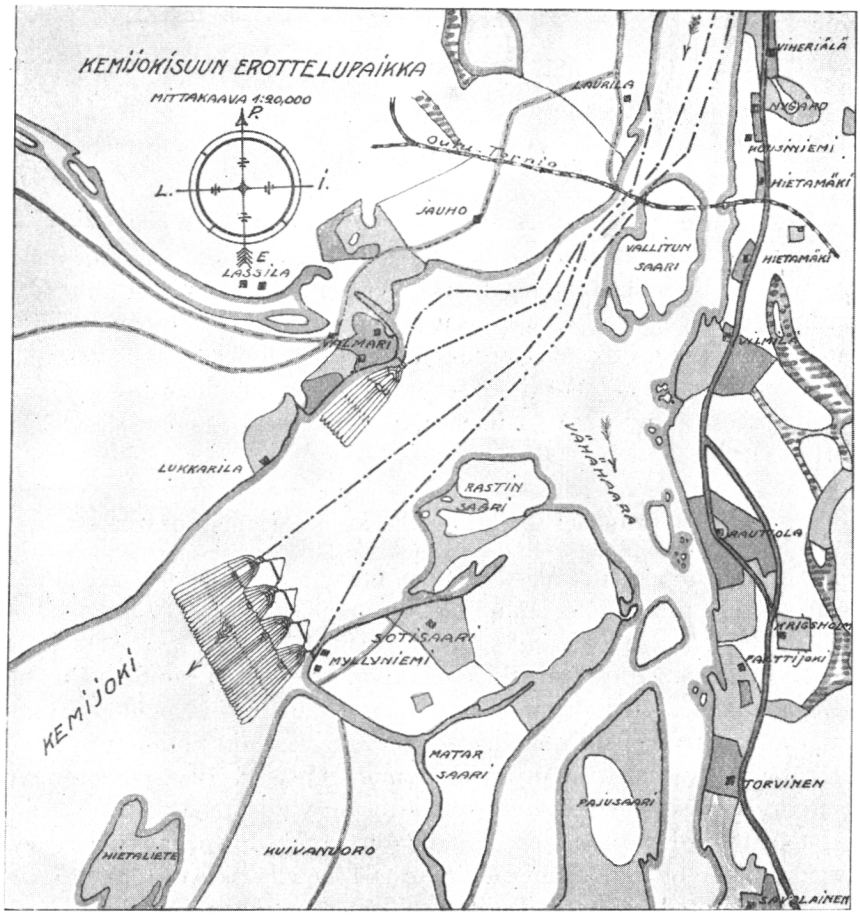
Tutkimusmenetelmää esiteltäessä on mainittu, että erilaisen puutavaran erotteluhankaluutta on tutkittu osittain aikatutkimusmenetelmää, osittain tilastomenetelmää käyttäen. Tutkimusten kulkua ja tutkimustuloksia selviteltäessä esitetään kullakin erottelupaikalla suoritetut tutkimukset aluksi erikseen ja tämän jälkeen saavutettujen tulosten yhdistelmä. Tutkimukset eri erottelupaikoilla esitetään siinä järjestyksessä kuin nuo paikat sijaitsevat pohjoisesta etelään kuljettaessa.

A. Tutkimukset poikittaisilla kujaerottelulaitoksilla.

1. Tutkimukset Myllyniemen erottelupaikalla Kemijoen suulla vv. 1934 ja 1935.

Myllyniemen erottelupaikka on aivan Kemijoen suulla. Rakenteensa puolesta on erottelulaitos kujaerottelulaitos ja puiden kulkusuunta poikittainen. Erottelulaitos oli aikaisemmin viuhkan muotoinen, mutta se uusittiin nykyiseen muotoonsa v. 1932. Eroteltava puuerä on siksi suuri, että erottelulaitos on yhdistelmä viidestä kujaerottelusta, joista neljä on rinnakkain poikki joen ja viides joen länsirannalla hiukan edellisen linjan yläpuolella (kuva 158). »Sekasumasta» erotellaan ensin tukit merkkiensä mukaan ja tukkien mukana kujaan tullut pientavara jatkaa matkaansa puomeilla erotettuun varastoon, jonka alapäässä on pientavaran kujaerottelu, sekin poikkisuuntainen. Riippuen siitä, missä suhteessa sumassa on tukkeja ja pientavaraa, vaihtelee työmäärä tukki- ja pientavaraerottelussa. Jos jompaa kumpaa tavaralaatua on suhteettoman paljon toiseen verraten, kärsii vähien tavaroiden erottelu työn puutetta. Tällainen ilmiö esiintyykin Myllyniemen erottelulla yleisenä. Kevätkesällä on tavallista enemmän pientavaraa, loppukesällä taas tukkeja. Aikakautisen vaihtelun lisäksi voi tavaralaatujen suhde vaihdella melkoisesti myös päivittäin häiriten erottelutyön tasaista, mah-

dollisimman tehokasta kulkua. Eroteltavien merkkien lukumäärä Myllyniemen erottelupaikalla on puumäärään nähden verrattain pieni, normaalisesti vain 10—20 merkkiä.



Kuva 158. Myllyniemen erottelupaikka Kemijoen suulla.

Kuten tutkimusmenetelmää esiteltäessä jo mainittiin, käytettiin Myllyniemen erottelupaikalla erotteluhankaluutta tutkittaessa työaikatutkimusmenetelmää. Tutkimuksia suoritettiin molempina uittohankaluustutkimuksen aineiston keräämiseen käytettyinä kesinä, siis vuosina 1934 ja 1935. Molempien kesien tutkimustulokset esitetään aluksi erikseen ja yhdistetään sen jälkeen yhdeksi lopputulokseksi niiltä osiltaan, joita molempina kesinä tutkittiin.

a. *Sahatukkien erottelututkimukset Myllyniemen erottelulla v. 1934.*

Tutkittaessa erilaatuisen puutavaran erotteluhankaluutta aikatutkimusmenetelmää käyttäen, on käytännöllisesti katsoen mahdotonta kohdistaa tutkimus koko erottelutyön vaatimaan aikaan. Samaa puuta joutuu näet käsittelemään usea henkilö ja usein kohdistuu toiminta lisäksi useaan puuhun yht'aikaa, joten käy mahdottomaksi erottaa, mikä osa työstä kuuluu millekin puulle. Tämän vuoksi onkin työstä valittu tutkimuksen kohteeksi jokin määrätty osa. Tutkimuksen kohteeksi valittavan työn osan täytyy kuitenkin olla sellainen, että sen merkitys koko työlle on ratkaisevaa laatua, joten siinä saavutetut työennätykset määräävät koko erottelun kulun. Poikittaisessa kujaerottelussa on tällainen työvaihe varsinainen puiden erottelu eli puiden veto kujasta lajittelupaikkoihin. Kun tutkimustulokset tähän ratkaisevaan työvaiheeseen kohdistuen ovat valmistuneet, on niitä vertaamalla mahdollisuus päätellä, miten kokonaiserotteluaika riippuu huomioon otetuista tekijöistä ja voidaanko ratkaisevan työvaiheen työhankaluus yleistää koko erottelutyötä koskevaksi.

Työaikatutkimuksia suoritettaessa meneteltiin seuraavasti. Aikamittauksia tehtäessä kohdistettiin huomio jokaisen lajittelijan työhön kokonaisuudessaan sekä erikoisesti varsinaiseen lajittelutyöhön, siis puiden vetoon kujasta lajitteluaukkoon. Ajat mitattiin pysäytyslaitteella varustetulla kellolla 1/100 minutin tarkkuudella. Jokaiseen työvaiheeseen kuluva aika merkittiin muistiin erikseen. Samoin merkittiin muistiin, minkä kokoista puuta käsiteltiin. Jokaisen työntekijän työtä seurattiin aina 15 min ajanjakso kerrallaan. Pitkän tavaran lajittelulla olivat kaikki käsitellyt puut kuorimattomia sahatukkeja, joten niiden pituus vaihteli verrattain vähän. Puun kokoa kuvaavana mittana merkittiin muistiin näin ollen ainoastaan puiden latvaläpimitta. Varsinaiseen puiden mittaukseen ei läpimitan toteamista varten katsottu olevan syytä ryhtyä, koska se olisi tuottanut tutkimuksen teolle suurta hankaluutta, vaan tyydyttiin silmämääräiseen arvioon, jota ajoittain tarkistettiin määrättyjen puiden saksimittauksella. Lisäksi on arvion tarkkuutta tarkastettu siten, että tutkimuksen aikana lajiteltujen puiden dimensionista jakaantumista on verrattu kunkin uitto-osakkaan koko puumäärän vastaavaan jakaantumiseen. Puiden läpimittaa ei merkitty muistiin täsmällisinä mittoina, vaan käytettiin seuraavaa läpimitta-luokittelua: luokka I 5″—6″, luokka II 7″—8″, luokka III 9″—11″ ja luokka IV 12″ ja sitä suuremmat.

Jotta kävisi selville, missä määrin työn järjestelyn vuoksi eri ripeästi suoritettu työ on mahdollisesti vaikuttanut erotteluaikaan ja sen perusteella laskettuihin erotteluhankaluussuhdelukuihin, jaetaan aineisto kahteen osaan, joista toiseen luetaan kahden suurimman sahatukkien uittajan puiden erotteluajat, toiseen muu aineisto. Edellisten omistajien tukit muodostavat noin 60 % koko uitettavasta tukkimäärästä ja niistä käytetään nimitystä isot merkit, muista tukeista taas nimitystä pienet merkit.

Erisuuruisten merkkien erotteluajalle saadaan seuraavat aikakeskiarvot eri läpimittaluokissa:

Tukin latvaläpimitta	5″—6″	7″—8″	9″—11″	12″ +
Isojen merkkien vars. erotteluaika min/100 per kpl.	6.15	7.75	9.38	11.52
Pienien merkkien vars. erotteluaika min/100 per kpl.	8.16	10.23	12.14	15.74

Kuten nähdään, on pienien merkkien puiden erottelu vienyt huomattavasti enemmän aikaa kuin isojen. Aikalisäys on noin 33 %. Laskemalla edellisten aikasarjojen perusteella erotteluhankaluussuhdeluvut isojen ja pienien merkkien tukeille nähdään, onko työn ripeys muuttanut edellä esitettyjä erotteluhankaluussuhdelukuja. Erotteluhankaluussuhdeluvuiksi saadaan seuraavat lukusarjat:

	Tukin latvaläpimitta	5″—6″	7″—8″	9″—11″	12″ +
Erottelu-hankaluus-suhdeluvut	Isojen merkkien tukit	79	100	121	149
	Pienien merkkien tukit	80	100	119	154

Huolimatta siitä, että työn ripeys on huomattavasti suurempi isojen kuin pienien merkkien puita eroteltaessa, on siis käytetyn työajan perusteella laskettu erotteluhankaluus suurin piirtein pysynyt muuttumattomana.

Ennenkuin ryhdytään tarkemmin käsittelemään erotteluhankaluuden vaihtelua tukkien laadusta riippuen, esitetään ensin vuoden 1935 aikana suoritetut erotteluhankaluustutkimukset ja niiden tulokset.

Varsinaiseen lajitteluun, siis tukkien vetoon kujasta lajitteluaukkoihin, käytetylle ajalle saatiin seuraavan korrelatiotaulukon mukaiset ajat eri vahvuusluokissa.

Taulukko 159.

Tukkien läpimitan vaikutus erotteluaikaan.

Työaika $\frac{\text{min}}{100}$ per kpl.	Tukin latvaläpimitta				
	5″—6″	7″—8″	9″—11″	12″+	
30	—	—	—	1	
29	—	—	—	—	
28	—	1	—	1	
27	—	1	1	—	
26	—	—	—	—	
25	1	1	2	1	
24	1	1	2	—	
23	1	2	1	4	
22	1	1	3	1	
21	1	4	4	1	
20	4	6	5	4	
19	2	6	6	3	
18	3	5	9	7	
17	3	10	11	7	
16	4	14	15	9	
15	13	17	16	13	
14	11	34	45	31	
13	7	31	38	19	
12	19	58	84	34	
11	17	88	90	35	
10	41	133	120	34	
9	67	256	189	22	
8	135	298	153	21	
7	144	261	80	16	
6	180	213	50	4	
5	263	196	36	3	
4	154	59	11	—	
3	19	3	—	—	
	1 091	1 699	971	271	4 032

Taulukosta laskien saadaan varsinaiseen erotteluun kuluvalle ajalle seuraavat keskiarvot eri läpimittaluokissa:

Tukin latvaläpimitta	5″ — 6″	7″—8″	9″—11″	12″ +
Varsinainen erotteluaika $\frac{\text{min}}{100}$ per kpl	6.81	8.31	9.96	12.05

Kuten jo korrelatiotaulukosta nähdään, lisääntyy varsinaiseen erotteluun kuluva aika säännöllisesti läpimitan kasvaessa. Selvän kuvan saamiseksi erotteluhankaluuden vaihtelusta puiden läpimitasta riippuen lasketaan erotteluhankaluussuhdeluvut käyttämällä vertauskohtana 7″—8″ puiden erotteluun kuluvaa aikaa. Suhdeluvut ovat seuraavat:

Tukin latvaläpimitta	5″—6″	7″—8″	9″—11″	12″ +
Erotteluhankaluussuhdeluku	82	100	120	145

Kun tarkastetaan erotteluhankaluussuhdelukuja, nähdään, että erotteluhankaluus vaihtelee suurin piirtein suoraan verrannollisesti tukkien läpimittaan. On kuitenkin syytä tarkastaa asiaa lähemmin. Kuten on mainittu, vaikuttaa eri läpimittaisten sahatukkien erotteluaikaan huomattavasti puiden vaihteleva pituus sekä työläisten eri ripeä työn tahti, riippuen lähinnä siitä, miten suuri osuus koko puumäärästä kunkin työläisen täytyy vetää erotteluaukkoihin. Mitä suurempaan merkkiin kuuluvia puita määrätyn työmiehen täytyy erotella, sitä kiireempää hänen on pidettävä työssään ehtiäkseen vetää kaikki hänelle kuuluvat puut lajitteluaukkoihin, ennenkuin ne ehtivät kulkea aukon ohi.

Tarkastettaessa taulukkoa huomataan, että työajan hajaantuminen samaankin vahvuusluokkaan kuuluvia puita lajiteltaessa on melkoisen suuri. Tämä hajaantumisen suuruus on kuitenkin täysin luonnollinen ja esiintyy aina työaikatutkimuksissa. Muutamat selvittelyt hajaantumisen syistä ovat kuitenkin tässä paikallaan. Ensinnäkin on huomattava, että vaikka puut lajitteluaukkoihin nähden ovat suunnilleen yhtä edullisessa asemassa, esiintyy siinä kohden kuitenkin jossakin määrin vaihtelua. Kanavan leveys on valittu suurinta esiintyvää uittotavaran pituutta vastaavaksi, joten lyhyemmät tavarat voivat kulkea lähempänä tai kauempana määrätyn lajitteluaukon suusta. Etäisyys voi nousta jopa 3—4 metriin, jollainen vetomatkan pituus on keskimääräisen vetomatkan pituuteen verraten jo huomattavan suuri. Toiseksi vaikuttaa vetotyön ripeyteen se, miten paljon puita kuhunkin lajitteluaukkoon on vedettävä. Jos puita samaan aukkoon tulee tavallista tiheämmin, täytyy lajittelijan koettaa jouduttaa työtään, ehtiäkseen vetää puut kanavasta, ennenkuin ne ehtivät aukon ohi. Suurien uitto-osakasten puut joutuvat siten keskinkertaista suuremmalla työteholla lajitelluiksi. Tähän kysymykseen palaamme lähemmin tuonnempana. Mainittujen kahden huomattavimman tekijän lisäksi vaikuttavat työennätysten hajaantumiseen vielä monet muut seikat, kuten esim. puiden vaihteleva pituus ja eri työntekijöiden työhalu sekä työkyky ynnä monet muut satunnaiset tekijät. Työaikojen hajaantumisesta huolimatta keskittyvät kunkin vahvuusluokan työajat kuitenkin sangen hyvin keskiarvon ympärille. Mitä suurempi työajan poikkeus on keskiarvosta, sitä vähemmän sellaisia aikoja esiintyy.

b. *Sahatukkien erottelututkimukset Myllyniemen erottelulla v. 1935.*

Kesällä 1935 jatkettiin erottelututkimuksia Myllyniemen erottelupaikalla Kemijoen suulla, koska haluttiin saada lisää aineistoa tuk-

kien erotteluhankaluuden selvittämiseksi yleensä ja lisäksi tutkia, mikä vaikutus tukkien vaihtelevalla pituudella on erottelutyöhön, sekä myös koota aineistoa pinotavaran erottelusta.

Sahatukkien erotteluhankaluuden yleistä selvittämistä varten koottiin aineistoa samojen periaatteiden mukaan kuin edellisenäkin kesänä. Aineisto käsittää kaikkiaan 6 910 tukin erotteluun kuluneen ajan aikamittaukset. Varsinaisen erotteluajan ja tukkien latvaläpimitan välille muodostuu korrelatiotaulukko 160.

Taulukko 160.

Tukkien läpimitan vaikutus erotteluaikaan.

Työaika $\frac{\text{min}}{100}$ per kpl.	Tukin latvaläpimitta				
	5″—6″	7″—8″	9″—11″	12″+	
26	—	—	1	4	
25	—	1	1	2	
24	—	3	2	3	
23	—	1	9	5	
22	2	8	4	9	
21	3	5	5	11	
20	8	7	21	13	
19	4	9	40	26	
18	8	22	62	31	
17	6	18	55	18	
16	5	38	79	15	
15	32	62	115	14	
14	25	118	182	16	
13	51	141	143	5	
12	105	285	198	10	
11	88	210	92	4	
10	163	327	140	5	
9	293	407	136	2	
8	415	445	63	1	
7	496	263	29	—	
6	568	127	10	1	
5	364	60	5	—	
4	114	10	2	—	
3	2	—	—	—	
2	—	2	—	—	
	2 752	2 569	1 394	195	6 910

Kuten edellisen kesän tutkimuksissa, esiintyy tässäkin huomattava työajan hajaantuminen kussakin paksuusluokassa. Erotteluaikojen keskittyminen on kuitenkin sangen selvä. Eri läpimittaluokkien erotteluaikojen keskiarvot ja niitä vastaavat erotteluhankaluussuhdeluvut ovat seuraavat:

Tukin latvaläpimitta	5 — 6″	7″—8″	9″—11″	12″ +
Varsinainen erotteluaika $\frac{\text{min}}{100}$ per kpl	7.67	9.98	12.83	17.25
Erotteluhankaluussuhdeluku	77	100	128	173

Jos verrataan erotteluaikojen keskiarvoja edellisen kesän vastaaviin aikoihin, on todettava, että erottelutyö on kesällä 1935 käynyt hitaammin kuin edellisenä kesänä tutkimusta suoritettaessa. Keskiarvoiset erotteluajat ovat näet suurin piirtein samat kuin pienien merkkien erotteluajat edellisenä kesänä. Syy tähän ilmiöön on kuitenkin selitettävissä. Tutkimukset suoritettiin kesällä v. 1935 uittoon verraten keskimäärin melkoista aikaisemmin kuin edellisenä kesänä, jolloin tutkimukset suoritettiin aivan uittokauden lopulla. Eroteltavan suman puutavaralajikokoomus taas vaihtelee, kuten on jo mainittukin, määrätyllä tavoin uittokauden kuluessa. Alkukesällä sisältää suma suhteellisesti enemmän pinotavaraa kuin myöhemmin. Alkukesällä ei tukkilajittelulla siis ole yhtä suurta kiirettä kuin loppukesällä, joten erottelu ehditään tukkien osalta suorittaa tavallista hitaammassa tahdissa. Asiaa käsitellään vielä lähemmin tukkilajittelijoiden kokonaistyöajan jakaantumista tarkastettaessa.

Edellisten erotteluaikojen perusteella saadaan eri läpimittaluokille asetelman alemmassa rivissä olevat erotteluhankaluussuhdeluvut, jotka tutkimuksen lopputuloksen kannalta ovat huomattavasti tärkeämmät kuin absoluuttiset aikakeskiarvot. Kun verrataan lukuja edellisen kesän tutkimustuloksiin, huomataan, että tukkien läpimitan vaikutus erotteluhankaluuteen kappaletta kohden on niiden mukaan jonkin verran voimakkaampi kuin edellisen kesän tulosten perusteella. Tulos ei kuitenkaan ole mitenkään kummeksuttava, sillä jo edellisenä kesänä kävi ilmi, että, kun työn tahti hidastuu pienien merkkien puita eroteltaessa, lisääntyy erotteluaika suhteellisesti nopeammin suurimpia puita eroteltaessa. Tällainen ilmiö on muuten luonnollinen seuraus siitä, että suurikin tukki saadaan voimia ponnistaen nopeasti vedetyksi lajitteluaukkoon, jos kiire siihen pakottaa, mutta jos aikaa on, tyydytään kohtuulliseen voimain ponnistukseen.

Kuten edellisen kesän erottelututkimuksia laskettaessa, tarkastetaan tässäkin keskimääräisiä erotteluaikoja isojen ja pienien merkkien tukkeja eroteltaessa. Aineiston perusteella muodostuu asiasta seuraava asetelma:

Asetelma 161.

Keskimääräiset erotteluajat isojen ja pienien merkkien tukkeja eroteltaessa.

Tukin latvaläpimitta		5″—6″	7″—8″	9″—11″	12″ +
Varsinainen erotteluaika	Isot merkit	7.60	9.94	12.68	17.25
	Pienet »	7.92	10.10	13.59	16.83

Asetelmasta nähdään, että erotteluaikojen keskiarvot ovat suurin piirtein samat isojen ja pienien merkkien tukkeja eroteltaessa. Ilmiö

on selitettävissä siten, että koko tukkien erottelutyö on suoritettu siksi rauhallisessa tahdissa, ettei lajittelijaa kohden tulevien tukkien hiukan pienempi tai suurempi määrä ole työn tahtiin vaikuttanut. Senvuoksi ei olekaan syytä laskea erotteluhankaluussuhdelukuja erikseen isojen ja pienien merkkien tukkien erotteluaikojen perusteella.

Erotteluhankaluustutkimuksia suoritettaessa huomioitiin erotteluaikaan vaikuttavana tekijänä tukkien läpimitan ohella myös niiden pituus. Koska pienet pituuden vaihtelut eivät kuitenkaan aiheuta sellaisia muutoksia erotteluaikaan, että ne muiden vaihtelevien tekijöiden aiheuttamien työaikavaihteluiden vuoksi voitaisiin aineiston perusteella saada näkyviin, tyydyttiin tukit aineistoa kerättäessä jakamaan ainoastaan kahteen pituusluokkaan, nimittäin lyhyihin ja pitkiin tukkeihin. Edellisiin luettiin 17-jalkaiset ja sitä lyhyemmät tukit ja jälkimmäisiin 18-jalkaiset ja sitä pitemmät. Pituusjako tehtiin silmämääräisen arvion perusteella, mutta sitä voidaan siitä huolimatta pitää riittävän tarkkana, syystä että tukin pituutta oli helppo verrata lajittelijoiden työskentelysiltaan, joka asemansa puolesta, se kun oli hiukan veden yläpuolella tukin suuntaisena, oli tähän tarkoitukseen erittäin sopiva.

Pitkien ja lyhyiden tukkien erotteluaikoja esittää asetelma 162.

Asetelma 162.

Tukkien pituuden vaikutus erotteluaikaan.

Tukin latvaläpimitta	5″—6″	7″—8″	9″ – 11″	12″ +
Pitkät tukit (18′ +)	9.84	12.06	14.88	19.36
Lyhyet tukit (17′—)	7.17	9.06	11.70	15.93
Aika-eroitukset	2.67	3.00	3.18	3.43
Ajan lisäys %:eina	37	33	27	22
Keskim. pituuden lisäys %:eina ..	29	29	29	29

Asetelmasta nähdään, että pitkien tukkien erotteluun on säännöllisesti kulunut enemmän aikaa kuin lyhyiden tukkien erotteluun. Aikalisäyksen suhteellisen suuruuden arvostelemiseksi on laskettu pitkien ja lyhyiden tukkien keskipituudet eri läpimittaluokissa ja laskettu näiden lukujen perusteella edelleen, montako % pitempiä pitkät tukit ovat lyhyihin verrattuina. Keskimääräinen pituuden eroitus on esitetty %:eina lausuttuna asetelman alimmassa rivissä. Jos verrataan ajan ja pituuden lisääntymisen %-lukuja toisiinsa, voidaan todeta, että ne eroavat jonkin verran toisistaan, mutta ovat kuitenkin siinä määrin yhdenmukaiset, että erotteluajan voidaan

katsoa suunnilleen lisääntyneen suoraan verrannollisesti tukkien pitenemiseen. Jos siis puutavaran pituus vaihtelee keskimäärin verrattain suppeissa rajoissa, kuten sahatukkien pituuden kysymyksessä ollen on asian laita, ei puiden pituuden vaihtelulla ole merkittävää vaikutusta erotteluaikaan tilavuusyksikköä kohden. Mikäli kuitenkin erotteluajan lisäyksen ja tukkien pituuden lisääntymisen suhteellisien suuruuksien eroituksista halutaan tehdä johtopäätöksiä, voidaan mainita, että erotteluaika on lisääntynyt pienillä puilla nopeammin kuin puiden pituus, suurilla päinvastoin.

c. *Pinotavaran erottelututkimukset Myllyniemen erottelulla v. 1935.*

Kuten edellä on mainittu, erotellaan pinotavaraa Myllyniemen erottelulaitoksella merkkien mukaan erityisellä pinotavaran erottelupaikalla. Pinotavaran erottelulaitos sijaitsee tukkierottelun alapuolella ja pinotavara tulee sinne puhtaana tukkien tultua erotetuiksi sumasta tukkierottelulla.

Pinotavaran erottelututkimus kohdistetaan Myllyniemen erottelulla v. 1935 2.2, 2 ja 1 metrin pituisten kuusipaperipuiden sekä 2 metrin pituisten mäntypaperipuiden erotteluun. Kuten tukkierottelullakin, tarkkaillaan sekä erottelijoiden kokonaistyöaikaa että erityisesti varsinaista erottelutyötä, siis puun vetoa kujasta erotteluaukkoon. Aluksi tarkastetaan varsinaista erotteluaikaa erilaista pinotavaraa eroteltaessa. Aikamittausten perusteella erilaiselle pinotavaralle on saatu seuraavat työaikajakaantumissarjat.

Taulukosta 163 nähdään, että kaikkien 2.2 ja 2 m pituisten puiden erotteluaikojen keskiarvot ovat suunnilleen samat. Samoin ovat myös työaikajakaantumissarjat samanmuotoiset. Yleisimmin esiintyvä erotteluaika on aina 2 ja 2 ½ min/100 välillä. Se onkin sangen luonnollista, syystä että eroteltavat puutkin ovat keskimäärin samankokoisia. Lisäksi ne ovat merkin selvyydeltään samanarvoisia, syystä että kuusipaperipuissa osoittaa pituusero omistajan, ja puulaji taas erottaa mänty- ja kuusipaperipuut. Puutavaran suhteelliseen paljouteen nähden ovat merkit myös suunnilleen samanarvoisia.

Yhden metrin pituisten paperipuiden erotteluaika on melkoista lyhyempi kuin vastaava 2 metrin puiden aika. Aika ei kuitenkaan ole lyhentynyt aivan samassa suhteessa kuin pituus. Siihen vaikuttaa ilmeisesti se, että erottelija joutuu suorittamaan saman liikkeen niin pientä kuin hiukan suurempaakin kappaletta erotteluaukkoon

Taulukko 163.

Varsinainen erotteluaika erilaista pinotavaraa eroteltaessa.

Aika $\frac{\text{min}}{100}$ per kpl	0—½	½—1	1—1½	1½—2	2—2½	2½—3	3—3½	3½—4	4—4½	4½—5	5—5½	5½—6	6—6½	6½—7	Erotteluajan keskiarvo	Keskilatvaläpimitta
	Erottelu-kappaleita															
2.2 m pituiset puolipuhtaat kuusipaperipuut.....	37	81	293	515	859	605	442	129	32	13	17	8	27	5	2.4	5¼″
2.0 m pituiset puolipuhtaat kuusipaperipuut.....	4	4	145	292	354	238	199	60	56	27	1				2.5	5½″
2.0 m pituiset puolipuhtaat mäntypaperipuut.....	1	25	179	574	967	552	375	119	48	53	32	4	5	8	2.5	5½″
1.0 m pituiset kokopuhtaat kuusipaperipuut.....	10	67	145	154	129	47	17	2							1.7	5½″

vetäessään. Tutkitussa tapauksessa on lyhyiden puiden erotteluaikaa kuitenkin epäilemättä suhteellisesti jonkin verran korottanut se seikka, että lyhyitä puita on pitempiin verraten ollut suhteellisen vähän, joten niitä eroteltaessa ei ole ollut kiirettä.

Jos verrataan 2 ja 1 m pituisten paperipuiden erotteluaikaa vastaaviin pituuksiin, todetaan, että erotteluhankaluus lisääntyy suhteellisesti jonkin verran pituuden lyhentyessä.

d. *Työajan käyttö Myllyniemen erottelulla.*

Vaikkakin työntekijöiden työajan käyttö erottelulaitoksilla riippuu ratkaisevasti työn suorituksen organisatiosta, ja eroteltavan puutavaran laadun vaikutus siihen nähden on vain toisarvoinen, on syytä tarkastaa kuitenkin tätäkin kysymystä siinä määrin, kuin se on aikatutkimustulosten perusteella mahdollista. Kuten aikaisemmin on mainittu, kulkee Myllyniemen erottelulaitoksella koko suma ensin ns. tukkierottelun läpi, jossa sumasta erotellaan sahatukit merkkiensä mukaan ja pinotavara jatkaa matkaansa virran suuntaan alempana olevalle pinotavaran erottelupaikalle. Tukkierottelulla suoritetaan näin ollen kaksi eri työtä, nimittäin tukkien ja pinotavaran erottelu toisistaan sekä lisäksi tukkien erottelu merkkien mukaan.

Jotta saataisiin selville, kuinka suuri osa työajasta tukkierottelulla kuuluu tukkien ja kuinka suuri pinotavaran käsittelyyn, tehtiin aikamittauksia yksityisten työntekijöiden kokonaistyöajan käytöstä. Työaika jaettiin seuraaviin osiin: tukkien yleinen käsittely, tukkien erottelu, pinotavaran käsittely ja odotus. Asetelma 164 esittää kokonaistyöajan jakaantumisen %:eina eri työvaiheitten kesken erikseen kummankin kesän tutkimusten mukaan.

Asetelma 164.

Erottelijoiden työajan jakaantuminen eri työvaiheiden kesken Myllyniemen tukkierottelulla.

	Tukkien yleiskäsittely	Tukkien erottelu	Pinotavaran käsittely	Odotus	
Kesän 1934 tutkimukset	14 %	20 %	39 %	27 %	= 100 %
» 1935 »	21 »	19 »	32 »	28 »	= 100 »
Keskiarvot	17 %	20 %	35 %	28 %	= 100 %

Asetelmasta nähdään, että varsinaiseen tukkien erottelutyöhön on kokonaistyöajasta kulunut vain noin 20 %, ja vaikka tukkien erottelutyöhön luettaisiin tukkien yleiskäsittelykin, saadaan tukkien käsittelyajaksi vain 34 à 40 % koko työajasta. Pinotavaran käsittelyyn on tukkierottelulla uhrattu aikaa suunnilleen saman verran, %-lukujen ollessa 32 ja 39. Odotuksen, siis täysin hukkaan menneen ajan osuus on molempina kesinä ollut hiukan yli $^1/_4$ eli 27—28 % koko ajasta. Työajan jakaantuminen tukkierottelulla osoittaa selvästi, että tukkien erottelu pinotavarasta muodostaa huomattavan osan työstä. Jos pinotavara ei kulkisi tukkierottelun kautta voitaisiin tukkien erottelutyötä huomattavasti tehostaa. Toiselta puolen on kuitenkin huomattava, että siinä tapauksessa jouduttaisiin suorittamaan erikoinen tukkien ja pinotavaran toisistaan erottelu. Jos erottelusta aiheutuvat työkustannukset halutaan jakaa, työn ollessa nykyisellä tavoin järjestettynä, todellisuutta vastaavassa suhteessa tukeille ja pinotavaralle, täytyy tukkierottelun kokonaiskustannuksista ainakin $^1/_3$ viedä pinotavaran erottelun tilille.

On vielä mielenkiintoista tarkastaa, miten työaika on jakaantunut eroteltaessa erisuuruisia merkkejä. Seuraava taulukko esittää työajan jakaantumista eri työvaiheiden kesken isojen ja pienien merkkien erottelussa.

Taulukko 165.

Työajan jakaantuminen työvaiheiden kesken erisuuria merkkejä eroteltaessa.

Merkin suuruus ja tutkimuksen teko-aika		Työaika %:eina koko työajasta				
		Tukkien yleiskäsittely	Tukkien erottelu	Pinotavaran käsittely	Odotus	Yhteensä
Isot merkit	v. 1934 ..	13	24	42	21	100
	v. 1935 ..	20	20	33	27	100
	Keskiarvo	17	22	37	24	100
Pienet merkit	v. 1934 ..	15	15	35	35	100
	v. 1935 ..	23	14	32	31	100
	Keskiarvo	19	15	33	33	100

Taulukosta nähdään, että isojen ja pienien merkkien erottelutyö eroaa toisistaan huomattavimmin siinä, että varsinaiseen tukkien erotteluun käytetty aika on isoja merkkejä eroteltaessa noin 50 % suurempi kuin pieniä merkkejä eroteltaessa. Pienien merkkien erottelussa on taas odotusaika vastaavasti suurempi. Isojen merkkien erottelutyö on näin ollen huomattavasti tehokkaampaa työtä kuin pienien merkkien erottelu. Merkkien epätasaisesta suuruudesta

johtuva epäkohta työajan tehottomaan käyttöön nähden on Myllyniemen erottelulaitoksella jo korjattu siten, että aivan pieniä merkkejä ei tukkierottelulla erotella merkkien mukaan, vaan ne menevät samaan aukkoon ja erotellaan vasta myöhemmin merkkiensä perusteella. Nykyisten merkkien suuruussuhteitten vallitessa voitaisiin kuitenkin työajan käyttöä todennäköisesti huomattavasti parantaa uudistamalla erottelutyön järjestely kokonaisuudessaan. Tämän kysymyksen käsittely ei kuitenkaan kuulu tämän tutkimuksen piiriin.

Työajan käytöstä pinotavaran erottelulla tehtiin myös aikamittauksia. Pinotavaran erottelutyö eroaa tukkierottelusta etupäässä siinä kohden, että siinä joudutaan käsittelemään puhdasta pinotavaraa, joten kokonaistyöaika jakaantuu kolmeen osaan, nimittäin puiden yleiseen käsittelyyn, varsinaiseen erotteluun ja odotukseen.

Aikamittausten perusteella on työaika keskimäärin jakaantunut seuraavasti:

Asetelma 166.

Keskimääräinen työajan jakaantuminen pinotavaran erottelulla.

Puiden yleinen käsittely	Varsinainen erottelu.	Odotus
35 %	36 %	29 %

Jos verrataan työajan tehottoman osan suhteellista pituutta vastaavaan aikaan tukkierottelulla, huomataan, että ne ovat käytännöllisesti katsoen samat. Varsinaiseen erottelutyöhön on sitävastoin käytetty suhteellisesti lähes puolta enemmän aikaa kuin tukkierottelulla. Ero johtuu lähinnä siitä, että eroteltava tavara on ollut puhdasta pinotavaraa, joten virran mukana kujassa kulkeva suma on kokonaisuudessaan voitu erotella, ja eroteltavaa tavaraa on siten ollut suhteellisesti enemmän kuin tukkierottelulla, jossa pinotavara tukkien seassa vaatii myös tilansa. Puiden pieni kappalekoko vaikuttaa myös jonkin verran samaan suuntaan. Puiden yleiskäsittelyyn pinotavaran erottelulla on kulunut huomattavasti enemmän aikaa kuin tukkierottelulla, jos viimeksi mainitulla otetaan huomioon vain tukkien yleiskäsittely. Se johtuu siitä, että erottelija joutuu kohottamaan päämerkillä varustetun pinotavaran päätä merkin todetakseen usein silloinkin, kun tavara ei kuulu hänen eroteltaviinsa puihin, vaan jatkaa matkaansa alempiin aukkoihin. Jos tukkierottelulla lasketaan yleiseen puiden käsittelyyn myös pinotavaran käsittely, nousee yleisten töitten suhteellinen määrä jonkin verran suuremmaksi kuin pinotavaran erottelussa.

On vielä mielenkiintoista tarkastaa, miten eroteltavien merkkien suuruus on vaikuttanut työajan käyttöön pinotavaran erottelulla. Aineisto on sitä varten jaettu kahteen osaan, nimittäin isoihin ja pieniin merkkeihin. Edellisiin on luettu kahden suurimman uittajan pinotavarat, jotka muodostavat noin 80 % koko pinotavaran määrästä, ja pieniin merkkeihin muiden tavarat. Ajan käyttö isojen ja pienien merkkien erottelussa on seuraava:

Asetelma 167.

Työajan jakaantuminen pinotavaran erottelulla erisuuria merkkejä eroteltaessa.

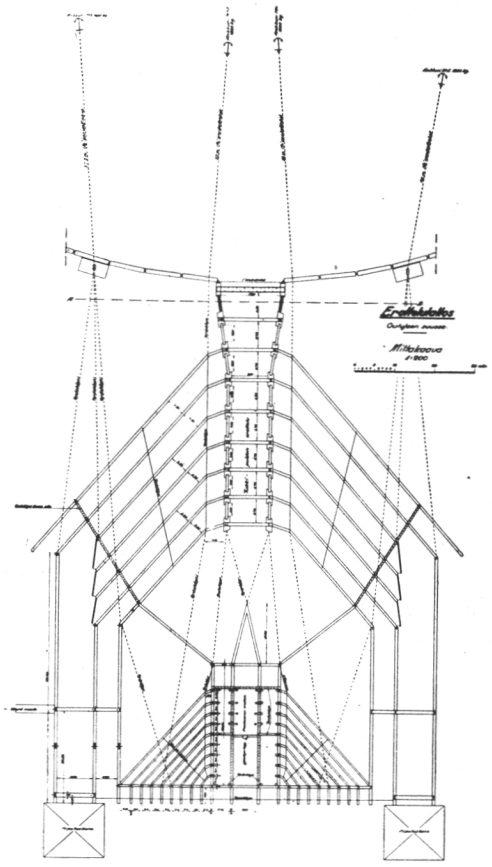
	Puiden yleinen käsittely	Varsinainen erottelu	Odotus
Isot merkit	32 %	38 %	30 %
Pienet merkit ...	66 »	11 »	23 »

Asetelmasta nähdään, että pienten merkkien erottelussa on puiden yleisen käsittelyn osuus noin kaksi kertaa suurempi kuin isoja merkkejä eroteltaessa. Varsinainen erotteluaika ja odotus ovat taas vastaavasti lyhyemmät. Se johtuu siitä, että pienien merkkien puut olivat ulkonäöltään samanlaisia, 1 m pituisia kuusipaperipuita, joten omistaja oli aina todettava leiman perusteella, minkä vuoksi erottelijan täytyi kohottaa melkein jokaisen pölkyn päätä nähdäkseen merkin. Siten hän joutui käsittelemään huomattavassa määrin niitäkin puita, jotka menivät muihin erotteluaukkoihin kuin hänen omaansa. Isojen merkkien 2.2- ja 2-metriset paperipuut sitävastoin erosivat toisistaan osittain pituutensa, osittain puulajinsa perusteella, joten merkkien tarkastelu supistui vähempään.

2. Tutkimukset Tukkisaaren erottelupaikalla Oulunjoen suulla v. 1935.

Tukkisaaren erottelupaikka sijaitsee Oulunjoen suulla, mutta joki jakaantuu vielä erottelupaikan alapuolella useaan haaraan, joten erotellut puut joutuvat kulkemaan Toppilan salmen läpi päästäkseen mereen. Erottelun paikasta johtuen ovat varastopaikat erottelun alapuolella verrattain ahtaat. Ennen vuotta 1935 oli Tukkisaaren erottelu viuhkan muotoinen pitkittäiserottelu, mutta se rakennettiin mainittuna vuonna uudelleen poikittaiseksi kujaerotteluksi. Eroteltu pitkätavara niputetaan heti erottelun alapuolella. Kuva 168 esittää erottelun rakennetta. Erottelututkimus suoritet-

tiin samalla tavoin kuin Myllyniemen erottelupaikalla Kemijoen suulla. Näin ollen ei tutkimusta ole syytä tarkemmin selittää, vaan esitetään ainoastaan tutkimustulokset.



Kuva 168. Tukkisaaren erottelu.

a. *Sahatukkien erottelututkimukset Tukkisaaren erottelulla.*

Aikamittausten perusteella muodostuu varsinaisen erotteluajan ja tukkien läpimitan välille korrelatiotaulukko 169.

Taulukosta saadaan eri läpimittaluokille seuraavat keskiarvoiset erotteluajat:

Tukin latvaläpimitta			5″ — 6″	7″ — 8″	9″ — 11″	12″ +
Varsinainen erotteluaika	$\frac{\text{min}}{100}$	per kpl	6.48	7.69	8.49	11.00

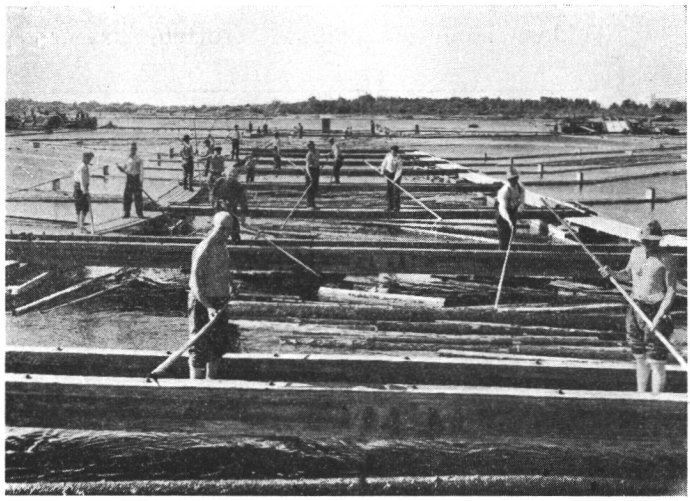
Taulukko 169.
Tukkien läpimitan vaikutus erotteluaikaan.

Työaika $\frac{\text{min}}{100}$ per kpl.	136	169	113	50	468
23	—	—	—	2	
22	—	—	—	—	
21	—	—	—	2	
20	—	2	3	—	
19	1	1	—	3	
18	1	5	—	1	
17	3	2	2	1	
16	—	—	1	3	
15	—	2	8	2	
14	6	2	3	2	
13	3	4	3	1	
12	2	8	3	—	
11	3	7	1	4	
10	7	15	13	3	
9	10	8	5	7	
8	8	19	19	5	
7	7	15	11	2	
6	11	14	10	7	
5	16	41	20	—	
4	31	15	5	3	
3	16	7	5	2	
2	11	2	1	—	
1	—	—	—	—	
	5″—6″	7″—8″	9″—11″	12″+	

Erotteluaika on siis, kuten luonnollista, noussut läpimitan lisääntyessä. Ajan lisääntyminen on kuitenkin hiukan pienempi kuin muissa kujaerottelututkimuksissa saatu vastaava lisääntyminen. Keskiarvoisten erotteluaikojen perusteella saadaan eri läpimittaluokille seuraavat erotteluhankaluussuhdeluvut:

Tukin latvaläpimitta	5″ — 6″	7″ — 8″	9″ — 11″	12″ +
Erotteluhankaluussuhdeluvut	84	100	111	143

Kuten jo keskiarvoisista erotteluajoista voitiin päättää, on erotteluhankaluus tukkien läpimitasta riippuen vaihdellut jonkin verran tavallista vähemmän. Syytä ilmiöön on vaikea selittää, mutta on kuitenkin todennäköistä, että seuraavat seikat ovat siihen vaikuttaneet. Tutkimusta suoritettaessa oli poikittainen erottelu ollut käynnissä sangen lyhyen ajan, joten työläiset olivat vielä työhön tottumattomia, niin että on mahdollista, ettei heidän työripeytensä ja voiman käyttönsä ollut vielä tasaantunut pitemmän aikaa toimineilla erottelulaitoksilla vallitsevaa käytäntöä vastaavaksi. Toiseksi on samaan suuntaan vaikuttanut se, että odotusaika on Tukkisaaren erottelulla ollut tavallista suurempi, mutta tukkien erotteluun käytetty aika siitä huolimatta myös suhteellisen suuri. Tällainen ajan käytön jakaantuminen on käynyt mahdolliseksi pinotavaran suhteellisen vähäisen määrän vuoksi.



Kuva 170. Tukkisaaren erottelulaitoksen pääkuja myötävirtaan katsottuna.

b. *Työajan käyttö Tukkisaaren erottelulla.*

Koska aikamittausten perusteella voidaan laskea myös erottelutyössä toimineitten kokonaistyöajan jakaantuminen eri työvaiheitten kesken, esitetään se seuraavassa, sillä osaltaan se selventää



Kuva 171. Pinotavaran erottelijat seisovat tynnyrissä, jotka ovat kiinnitetyt erottelusiltaan.

erottelutyön organisatiota ja työn kulkua yleensä. Kokonaistyöaika jaetaan samalla tavoin kuin edellä Myllyniemen erottelun työajan jakaantumisen ollessa kyseessä.

Asetelma 172.

Erottelijoiden työajan jakaantuminen eri työvaiheiden kesken Tukkisaaren tukkierottelulla.

Tukkien yleiskäsittely	Tukkien erottelu	Pinotavaran käsittely	Odotus
14 %	27 %	9 %	50 %

Verrattaessa työajan jakaantumista vastaavaan jakaantumiseen Myllyniemen erottelulla huomataan, että se eroaa siitä melkoisesti (vrt. s. 200). Suurimmat erot esiintyvät pinotavaran käsittelyssä ja odotuksessa. Pinotavaran käsittelyyn kulunut pieni aika johtuu luonnollisesti pinotavaran suhteellisen pienestä määrästä. Odotusaikaan taas vaikuttaa ratkaisevasti eroteltavien merkkien suhteellinen lukuisuus. Mitä useampia merkkejä erotellaan, sitä harvemmin tulee kuhunkin merkkiin kuuluva puu erottelijan kohdalle, syystä että puiden kulkunopeus erottelukujassa on virran nopeuden perusteella suunnilleen määrätty. Erotteluajan entistä tehokkaamman käytön kannalta olisikin tarkoin harkittava suman jakamista merkkien mukaan kahtia eri erottelulla, jolloin merkkien lukumäärä vähenisi puoleen varsinaisilla erotteluilla.

3. Erottelututkimukset Kiehimän erottelupaikalla Emäjoen suulla v. 1934.

Kiehimän erottelupaikka sijaitsee Emäjoen suulla ja siinä erotellaan Hyrynsalmen reitiltä tulevat puutavarat. Erottelulaitos on poikittainen kujaerottelu, jossa pinotavara kulkee tukkierottelun läpi alempana olevalle pinotavaran erottelupaikalle. Tutkimukset Kiehimän erottelulaitoksella suoritettiin kesällä 1934 ja esitetään seuraavassa erikseen tukkien ja pinotavaran erottelututkimukset.

a. *Sahatukkien erottelututkimukset Kiehimän erottelulla.*

Tutkimukset Kiehimän erottelupaikalla suoritettiin samalla tavoin kuin Myllyniemen erottelupaikalla, joten niiden suorituksen tarkempi selvittely on tarpeeton. Aikamittausten perusteella saadaan tukkien lätvaläpimitan ja varsinaisen erotteluajan välille seuraava korrelatiotaulukko.

Taulukko 173.

Tukkien läpimitan vaikutus erotteluaikaan.

Työaika $\frac{\text{min}}{100}$ per kpl.	Tukin latvaläpimitta 5″—6″	7″—8″	9″—11″	12″ +	
2	21	1	—	—	
3	109	20	1	—	
4	163	79	8	—	
5	134	143	22	—	
6	90	195	50	1	
7	28	199	102	3	
8	12	119	146	8	
9	—	40	111	13	
10	1	28	72	14	
11	—	7	50	27	
12	—	5	37	41	
13	—	2	12	27	
14	—	—	8	26	
15	—	1	8	25	
16	—	—	1	16	
17	—	—	1	5	
18	—	—	—	7	
19	—	—	1	3	
20	—	—	1	7	
21	—	—	—	2	
22	—	—	—	8	
23	—	—	—	2	
	559	839	631	235	2 264

Taulukosta nähdään, että erotteluaikojen hajaantuminen on jälleen samaa läpimittaakin olevia puita eroteltaessa huomattavan suuri. Vaihtelun syyt ovat samat kuin mistä jo Myllyniemen erottelututkimusten yhteydessä on puhuttu.

Korrelatiotaulukosta laskien saadaan eri läpimittaluokille seuraavat erotteluaikojen keskiarvot:

Tukin latvaläpimitta	5″—6″	7″—8″	9″—11″	12″+
Varsinainen erotteluaika $\frac{\text{min}}{100}$ per kpl	4.55	6.47	8.72	13.07

Aikakeskiarvoista nähdään, että pienien puiden erotteluaika on melkoista lyhyempi kuin mitä edellä esitetyt aineistot ovat osoittaneet. Syynä tähän ilmiöön on lähinnä se, että aikamittauksia tehtäessä suurin osa puista meni erotteluaukkoon Ouluun menevinä puina, jonka vuoksi erottelutyössä oli pidettävä erikoista kiirettä, etteivät puut ehtisi virran mukana aukon ohi.

Erotteluaikojen keskiarvojen perusteella saadaan eri läpimittaluokille seuraavat erotteluhankaluussuhdeluvut:

Tukin latvaläpimitta	5″—6″	7″—8″	9″—11″	12″+
Erotteluhankaluussuhdeluvut	70	100	135	201

Suhdeluvuista nähdään, että tukin läpimitta on vaikuttanut erotteluaikaan tähän asti esitettyjä tapauksia voimakkaammin. Syynä siihen on ilmeisesti puiden jakaantuminen erotteluaukkoihin tavallista epätasaisemmin siten, että ratkaisevasti suurin osa meni yhteen aukkoon. Siitä aiheutuneen jatkuvan kiireen vuoksi on pienempien puiden erotteluaika painunut tavallista pienemmäksi. Suuria puita ei näet enää nähtävästi saada kohtuullisin ponnistuksin paljonkaan nopeammasti vedetyksi erotteluaukkoon kuin mitä on tapahtunut. Pienien puiden erotteluajan pienentyessä ja suurien pysyessä suunnilleen muuttumatta muodostuu suhdelukusarja tavallista jyrkemmin kohoavaksi. Kujaerottelututkimusten tuloksia yhdistettäessä palataan vielä mainittuun kysymykseen.

b. *Pinotavaran erottelututkimukset Kiehimän erottelulla.*

Kuten jo on mainittu, sijaitsee pinotavaran erottelu Kiehimän tukkierottelun alapuolella ja tukeista eroavat pinotavarat tulevat sinne tukkierottelun läpi. Tukki- ja pinotavaran erottelupaikkojen välissä on pieni varasto pinotavaraa varten, mutta se ei pienuutensa vuoksi riitä tasaamaan juuri nimeksikään työskentelyä tukki- ja pinotavaraerottelulla mainittujen tavaralaatujen määrältään toisiinsa verraten vaihdellessa.

Eroteltavana tavarana oli Kiehimän lajittelulla tutkimusten tekoaikana 2 m pituiset puolipuhtaat paperipuut, joiden keskiläpimitta oli 5 ½″. Aikamittausten perusteella saadaan paperipuiden varsinaiselle erotteluajalle seuraava työaikajakaantumissarja:

1	1 ½	2	2 ½	3	3 ½	4	4 ½	5	5 ½	$\frac{\text{min}}{100}$ per kpl.
10		70	221	268	270	266	118	48	20	kpl.

Keskiarvoksi edellisestä sarjasta saadaan 3.1 min/100. Jos verrataan saatua erotteluaikojen keskiarvoa vastaavien puiden erotteluaikaan Myllyniemen erottelulla, todetaan sen olevan hiukan viimeksi mainittua suuremman. Eroitus ei kuitenkaan ole niin suuri, ettei sen voitaisi katsoa hyvin aiheutuneen työn erilaisesta intensiteetistä ja mahdollisesti myös jonkin verran pinotavaran erottelun jossakin määrin erilaisesta rakenteesta.



Kuva 174. Pinotavaran erottelu Kiehimässä.

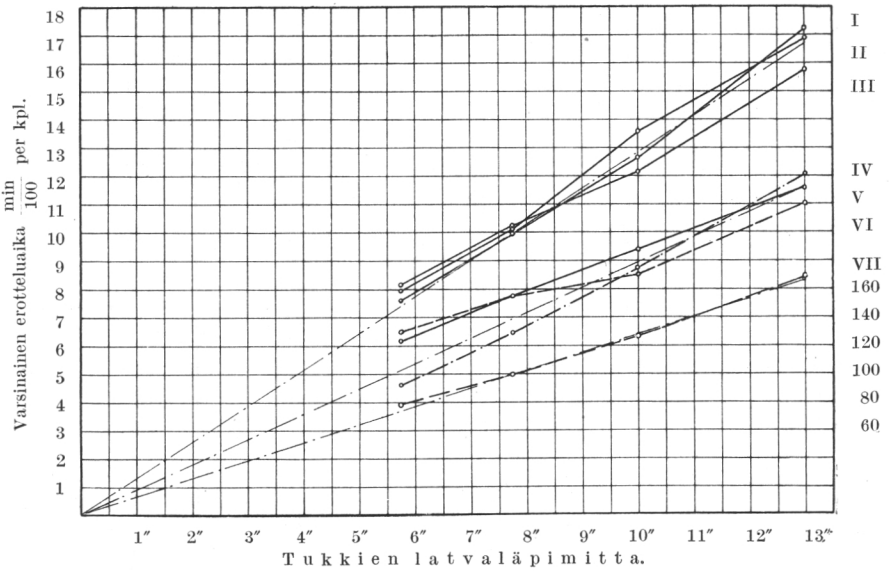
4. Erilaisen puutavaran erotteluhankaluus poikittaisessa kujaerottelussa.

Seuraavassa esitetään yhdistelmä edellisten yksityistutkimusten tuloksista. Aluksi tarkastetaan puiden läpimitan vaikutusta erotteluhankaluuteen. Jottei puiden pituuden vaihtelu häiritsisi tutkimusta, on se kohdistettava sahatukkeihin, joiden pituuden vaihtelu on keskimäärin suhteellisen pieni, eikä riipu sanottavasti puiden läpimitasta.

Havainnollisen yleiskuvan saamiseksi esitetään kuvassa 175 graafisesti kaikkien yksityistutkimusten tulokset. Sitä ennen on kuitenkin määrättävä käytettyjen läpimittaluokkien keskiarvot. Se voidaan tehdä kuitenkin vain suurin piirtein, kuten puiden läpimitan arviointikin edellyttää.

Luokkakeskusten määräämistä varten on huomattava, että yksityistutkimuksissa mainitut tuumaluvut, esim. 7″—8″, tarkoittavat sitä, että luokkaan kuuluvat kaikki puut, joiden läpimitta on 7″ tai siitä yli, mutta alle 9″. Äärimmäisiin luokkiin taas kuuluvat kaikki alle 7″ ja yli 12″ olevat puut. Tosin pienin luokka on rajoitettu myös minimirajalla, mutta alle 5″ olevia tukkeja on tutkimuksen alaisilla vesistöillä sangen vähän. Luokkakeskuksien määräämistä varten on laskettu eri liikkeiden tukkiluetteloista tukkien kappalemääräisiä jakaantumisia luokkarajojen sisällä ja näiden lu-

kujen perusteella määrätty luokkakeskuksen arvot. Tasaisille $^1/_4$ tuumille pyöristettyinä ovat luokkakeskuksien arvot 5 $^3/_4$″, 7 $^3/_4$″, 10″ ja 13″.



Kuva 175. Tukkien läpimitan vaikutus varsinaiseen erotteluaikaan.

I. Isot merkit Myllyniemessä v. 1935
II. Pienet » » v. 1935
III. Pienet » » v. 1934
IV. Kiehimän erottelu v. 1934
V. Isot merkit Myllyniemessä v. 1934
VI. Tukkisaaren erottelu v. 1935
VII. Keskimääräiset erotteluhankaluussuhdeluvut kuvan oikeassa laidassa olevan mittakaavan mukaan. 7″—8″ läpimittaluokan suhdeluku = 100.

Kuvassa on eri läpimittaluokkien keskiarvoiset erotteluajat merkitty pienillä ympyröillä ja samaan tutkimukseen kuuluvat ympyrät yhdistetty toisiinsa murtoviivoilla. Yksityisiä murtoviivoja tarkastettaessa voidaan todeta, että ne ovat suurin piirtein suoria. Asemansa puolesta x-akseliin nähden ryhmittyvät murtoviivat selvästi kahteen kohtaan. Toisen murtoviivaryhmän osoittamat keskiajat ovat lähes 50 % suuremmat kuin toisen. Aikaero johtuu, kuten edellä on esitetty, siitä, miten kiire erottelulla on ollut. Molempien murtoviivaryhmien suunnasta nähdään, että ne tähtäävät suurin piirtein akselistaan 0-pisteeseen. Asian selvittämiseksi on 0-pisteestä piirretty kaksi sädettä, jotka kulkevat suunnilleen murtoviivaryhmien keskikohtia myöten. Kuten nähdään, kulkevat säteet verrattain hyvin murtoviivaryhmien suuntaisesti, joten niitä hyvällä syyllä voi-

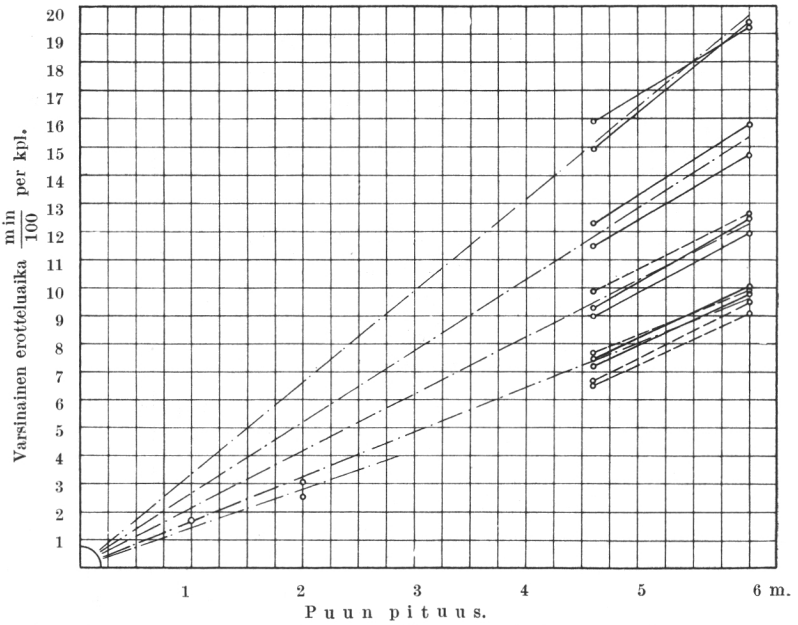
daan pitää ryhmien tasoitussuorina. Kun suoraviivainen tasoitus kulkee origon kautta, merkitsee se sitä, että tarkastettavat ominaisuudet ovat suoraan verrannolliset. Tässä tapauksessa on siis suoraviivaiseen erotteluun kuluva aika suoraan verrannollinen puun latvaläpimittaan. Matemaattisesti esitettynä on siis:

$t_e = k \times d$, jossa t_e = varsinainen erotteluaika
d = puun latvaläpimitta
k = vakio, jonka suuruus riippuu puun mittayksiköistä, puun pituudesta sekä kullekin erottelulle ominaisista tekijöistä.

Kun tarkastetaan saatua tulosta käytännöllisen erottelutyön kannalta, on se merkittävä sen vuoksi, että puiden vedessä uidessaan ottama tila on suoraan verrannollinen niiden läpimittaan, kuten edellä esitetty erotteluhankaluuskin. Siten on ilmeistä, että varsinaiseen erotteluun kohdistettujen tutkimusten tulokset voidaan hyvällä syyllä yleistää koko erottelutyötä koskeviksi. Tulosten yleistämisen perusteluksi mainittakoon, että puiden yleiskäsittely erottelulla on täysin varsinaiseen erottelutyöhön verrannollista puiden vetämistä ja työntämistä, niitä erottelukujaan tai muuten määrättyyn suuntaan ohjattaessa, ja työn määrään huomattavasti vaikuttava tekijä, määrätyn puuerän vaatima pinta-ala, on suoraan verrannollinen puiden läpimittaan, kuten varsinainen erotteluhankaluuskin.

Seuraavassa tarkastetaan sitten, miten erotteluhankaluus on vaihdellut puiden pituuden vaihdellessa. Asian havainnollistuttamiseksi esitetään puiden pituuden vaikutus erotteluaikaan graafisesti kuvassa 176. Kuten edellä on esitetty, on tukkien pituuden vaikutusta erotteluaikaan tutkittu siten, että tukit on pituutensa perusteella jaettu kahteen ryhmään, pitkiin ja lyhyihin tukkeihin, ja määrätty keskimääräiset erotteluajat kummallekin ryhmälle. Ryhmille on laskettu keskipituudet eri uittajien tukkiluettelojen perusteella, ja ne ovat täysin 10-senttimetrein lyhyille puille 4.60 m ja 6.00 m. Kuvaan on pienillä ympyröillä merkitty eri ryhmien erotteluaikojen keskiarvot eri tutkimustapauksissa määrätyille läpimittaluokille ja vastaavat pisteet on kussakin erikoistapauksessa yhdistetty viivoilla. Viivojen yleisen suunnan selventämiseksi on akseliston 0-pisteestä piirretty säteitä viivaryhmien kohdille. Tarkastettaessa säteiden ja viivaryhmien suuntia nähdään, etteivät ne paljonkaan poikkea toisistaan. Suurin poikkeus säteitten yleisestä suunnasta esiintyy kuvan yläreunassa viivaan nähden, joka esittää 12″ ja sitä paksumpien isoihin merkkeihin kuuluvien puiden erotteluaikaa Myllyniemen erottelulla

v. 1935. Mainittua viivaa leikkaava vastaavan kokoisten pieniin merkkeihin kuuluvien puiden erotteluaikaan kuuluva viiva sitävastoin on melkein säteen suuntainen. Näyttää oudolta, että lyhyiden, pieniin merkkeihin kuuluvien paksujen puiden erotteluun on kulunut aineiston mukaan vähemmän aikaa kuin isoihin merkkeihin kuuluvien puiden erotteluun. Sehän on vastoin kaikkia edellä esitettyjen yksityistutkimusten tuloksia. Voidaankin pitää ilmeisenä, että kysymyksessä olevassa tapauksessa ovat jotkut erikoissyyt kohottaneet isoihin merkkeihin kuuluvien puiden erotteluaikaa ja siten aiheuttaneet esiintyvän poikkeuksen viivojen yleisestä suunnasta.



Kuva 176. Puiden pituuden vaikutus varsinaiseen erotteluaikaan.

Edellä esitetyin perustein voitaneen pitää ilmeisenä, että akseliston 0-pisteestä lähtevät säteet kuvaavat suurin piirtein puiden pituuden vaikutusta erotteluaikaan esittävien viivojen keskimääräistä suuntaa niissä rajoissa, missä tukkien pituus on vaihdellut. Tämän mukaan on siis tukkien erotteluaika suoraan verrannollinen eroteltavan puun pituuteen.

On kuitenkin vielä syytä tarkastaa, miten tämä pitää paikkansa tukkeja huomattavasti lyhyempään pinotavaraan nähden. Tarkastelua varten on kuvaan merkitty ympyrällä 2 ja 1 metrin pituisten paperipuiden erotteluajat Myllyniemen ja Kiehimän erotteluilla suoritettujen aikamittausten keskiarvojen perusteella. Pisteiden ase-

man tarkkailua varten on kuvaan piirretty alimmainen säde sen suuntaiseksi, että se tukkien keskimääräisen pituuden kohdalla kulkee suunnilleen sillä korkeudella, mikä vastaisi paperipuiden 5 ½″ läpimittaisten tukkien keskiarvoista erotteluaikaa. Verrattaessa pisteiden asemaa viimeksi mainittuun säteeseen nähden todetaan, ettei se erikoisen suuresti poikkea säteestä. 2 metrin pituisten paperipuiden erotteluaikojen keskiarvot asettuvat, toinen säteen ylä-, toinen alapuolelle, keskiarvon joutuessa siten aivan säteen läheisyyteen. 1 metrin pituisten puiden erotteluaika on jonkin verran säteen yläpuolella. On myös luonnollista, että puun pituuden kovin paljon lyhentyessä ei erotteluaika voi samassa suhteessa lyhentyä, sillä erottelutyöhön tarvitaan aina määrätyt liikkeet, jotka aina vievät aikansa. Vielä metrin pituisiakin puita eroteltaessa on erotteluaika kuitenkin siinä määrin suoraan verrannollinen puun pituuteen, ettei tehdä merkittävää virhettä, vaikka katsotaan erotteluhankaluuden poikittaisessa kujaerottelussa olevan suoraan verrannollisen eroteltavien puiden pituuteen niissä rajoissa, joissa eroteltavien puiden pituus nykyisin vaihtelee. Puun pituuden vaikutus erotteluaikaan poikittaisessa kujaerottelussa on siis:

$t = a \times l$, jossa t = erotteluaika
l = puun pituus
a = vakio, jonka suuruus riippuu mittayksiköistä, puun läpimitasta ja kullekin erottelulle ominaisista tekijöistä.

Yhdistämällä edellä saadut tutkimustulokset puiden paksuuden ja pituuden vaikutuksesta erotteluhankaluuteen saadaan tulokseksi, että erotteluhankaluus on suoraan verrannollinen eroteltavien puiden läpimitan ja pituuden tuloon. Matemaattisesti esitettynä on erotteluajan kaava siis:

$t = a \times d \times l$, jossa t = erotteluaika
d = puun läpimitta
l = puun pituus
a = vakio, jonka arvo riippuu mittayksiköistä sekä kullekin erottelulle ominaisista tekijöistä.

Edellä esitetty tutkimusten tulos, erotteluhankaluuden suoraan verrannollisuus puun läpimitan ja pituuden tuloon, on sellaisenaan verrattain vaikeasti käytäntöön sovellutettavissa. Uitettavien puiden

läpimittaa ja pituutta ei näet tavallisesti tunneta. Erotteluhankaluuden argumenteiksi käytäntöä varten täytyi koettaa etsiä sellaiset puun ominaisuudet, jotka puiden hankintatilastoista yleensä helposti käyvät ilmi ja joiden tunteminen muistakin syistä on tarpeen. Samoin on pyrittävä siihen, että hankaluuden argumentit kaikissa uittotöiden vaiheissa olisivat samat, joten samojen argumenttien perusteella voitaisiin määrätä keskimääräinen uittohankaluus.

Seuraavassa tarkastetaan sen vuoksi, missä määrin edellä esitetyt erotteluhankaluuden argumentit, puiden pituus ja läpimitta, voidaan korvata joillakin toisilla, niistä suorastaan johdettavilla tai niistä muuten riittävän tarkasti saatavilla argumenteilla. Aluksi tarkastetaan puun läpimittaa. Puun läpimittaan nähden on verrattain läheinen argumentti puun poikkipinta-ala. Jos sitä voitaisiin läpimitan asemesta käyttää erotteluhankaluuden mittana riittävän tarkkuuden siitä huolimatta säilyessä, voitaisiin määrätynpituisen puun erotteluhankaluus ilmoittaa helposti myös puun kuutiosisällöstä riippuen. Koska tutkimustulokset edellä ovat osoittaneet, että erotteluhankaluus on suoraan verrannollinen puiden läpimittaan, ei edellä esitetty luonnollisestikaan voi tarkkaan pitää paikkaansa, mutta niissä rajoissa, joissa uitettavan puutavaran läpimitta käytännössä vaihtelee, voi se siitä huolimatta antaa käytäntöä varten riittävän tarkkoja tuloksia.

Tarkastelua varten esitetään ensin asetelma, jossa ovat yksityistutkimuksissa saadut erotteluaikaa vastaavat suhdeluvut eri-läpimittaluokkaisille tukeille.

Asetelma 177.

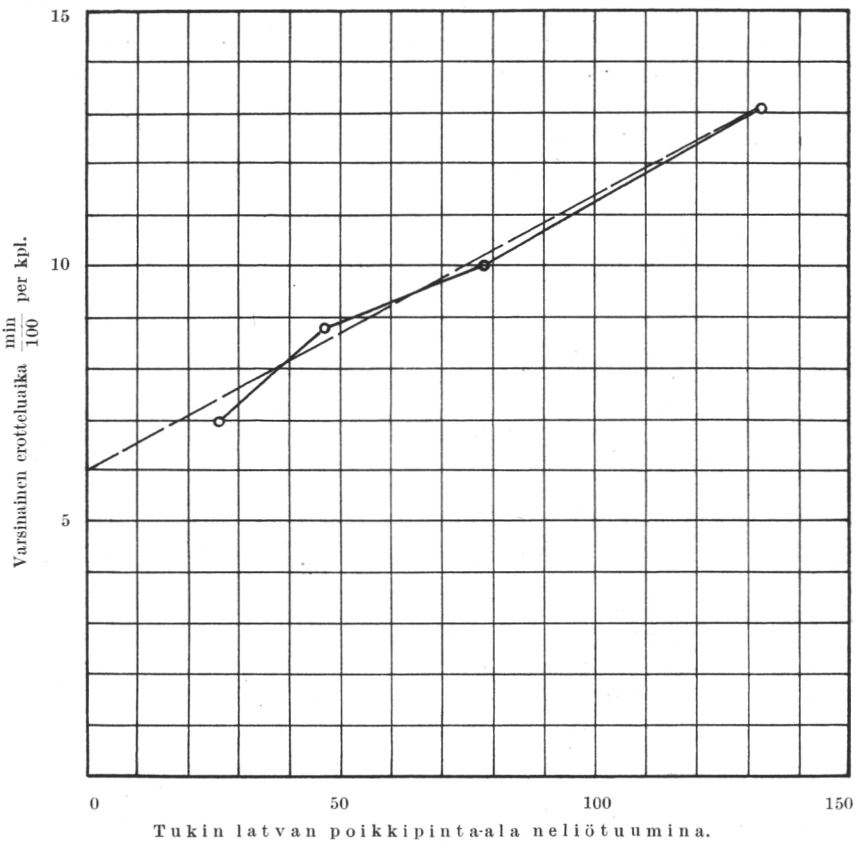
Eri-läpimittaluokkaisten tukkien erotteluaikaa vastaavat suhdeluvut.

Tukin latvaläpimitta	5″—6″	7″—8″	9″—11″	12″+
Myllyniemen erottelu v. 1934	82	100	120	145
» » » 1935	77	100	128	173
Tukkisaaren » » 1935	84	100	111	143
Kiehimän » » 1934	70	100	135	201
Punnittu keskiarvo	78	100	126	168

Asetelmasta nähdään, että suhdelukusarjat poikkeavat toisistaan jonkin verran. Poikkeusten syitä on edellä yksityistutkimusten tuloksia esitettäessä selitetty. Asetelman alimpaan riviin on laskettu suhdelukujen keskiarvot. Keskiarvona on käytetty punnittua keskiarvoa, vaikkakaan menettelyä ei teoreettisesti voida täysin perustella. Painolukuna on käytetty kunkin yksityistutkimuksen koe-

puitten määrää. Punnittu keskiarvo ja painoluvut on valittu sen vuoksi, että tutkimukset, joissa aineistoa on runsaammin, kuvaavat varmemmin erotteluhankaluutta kuin pienemmällä aineistolla tehdyt tutkimukset. Sentähden on oikeudenmukaista, että ne myös vaikuttavat suhteellisesti voimakkaammin lopputulokseen. On myös huomattava, että suhdelukujen keskiarvot olisivat muuttuneet sangen vähän, vaikka olisi käytetty punnitsemattomiakin keskiarvoja.

Tämän jälkeen on laskettu eri tutkimusten perusteella erotteluaikojen keskiarvo vertausperustana pidetylle 7″—8″ läpimittaluokalle. Edellä esitetyin perustein on tässäkin käytetty tutkimusten koepuumäärillä punnittua keskiarvoa. Siksi on saatu 8.9 min/100 per kpl. Erotteluhankaluussuhdelukujen avulla määrätään sitten keskimääräiset erotteluajat kaikille läpimittaluokille. Tuloksia esittää kuva 178 graafisesti.



Kuva 178. Tukin latvan poikkipinta-alan vaikutus varsinaiseen erotteluaikaan.

Jos tarkastetaan erotteluaikojen keskiarvoja yhdistävää murtoviivaa, todetaan, että se argumentin vaihdosta huolimatta on suurin piirtein suora. Se johtuu siitä, että murtoviivan paraboolinen luonne tulee selvästi esiin vasta niiden läpimittarajojen ulkopuolella, joiden välillä eroteltavien puiden läpimitta tavallisimmin vaihtelee. Kuvaan on piirretty graafisesti tasoitussuora, jonka voidaan katsoa riittävän tarkasti kuvaavan samanpituisten tukkien erotteluaikaa niiden latvan poikkileikkauspinta-alasta riippuen. Tosin pienimpien puiden erotteluajan keskiarvo on jo jonkin verran suoran alapuolella, joka siis osoittaa aikamurtoviivan jo alkavan kääntyä jyrkemmin x-akselia kohden, mutta on samalla huomattava, ettei käytännössä esiinny sanottavasti läpimitaltaan 5″ pienempiä puita, joten esiintyvä poikkeus ei pääse haitallisen suureksi.

Koska kuvassa 178 esitetyt tulokset perustuvat ainoastaan tukkien erottelututkimusten tuloksiin, on vielä tarkastettava, missä määrin pinotavaran erottelututkimukset ovat yhdenmukaisia niiden kanssa. Pinotavaran erottelututkimuksissa käsitellyn pinotavaran läpimitta oli 5 ½″ ja pituus joko 2 tai 1 metriä. Jos luetaan kuvasta 178 tasoitussuoralla 5 ½″ vastaava erotteluaika, saadaan siksi 7.2 min/100. Tämä aika on redusoitava tukkien keskipituuden 5.3 m ja pinotavaran pituuden suhteella. Edellähän tultiin siihen tulokseen, että määrätynläpimittaisen puun erotteluaika on suoraan verrannollinen puun pituuteen. 2-metristen paperipuiden erotteluajaksi saadaan tällöin tasoitussuoran perusteella 2.7 min/100, joka siis vastaisi suurin piirtein täsmälleen tutkimustulosten 2.5 ja 3.1 min/100:n keskiarvoa. 1 metrin pituisten paperipuiden erotteluajaksi saataisiin vastaavalla tavoin 1.4 min/100, tutkimustulosten keskiarvon ollessa 1.7. Eroitus alkaa siis jo suoraviivaisten tasoitusten käytön johdosta tulla esiin, mutta se ei ole vältettävissä asiaa huomattavasti monimutkaistuttamatta. On myös huomattava, ettei 1 metriä lyhyempiä paperipuita uiteta ja 1-metristenkin puiden määrä on suhteellisen pieni.

Kuvassa 178 esitetyn tasoitussuoran voidaan siis katsoa käytännön kannalta kyllin tarkasti kuvaavan erotteluajan riippuvaisuutta puiden poikkipinta-alasta. Suoraa vastaava analyyttinen lauseke on seuraava:

$t = 0.042\ d^2 + 6.00$, jossa t = 5.30 m pitkän puun varsinaiseen erotteluun kuluva aika min/100:na
d = puun latvaläpimitta tuumina.

Koska edellä on osoitettu, että määrätynläpimittaisen puun erotteluun kuluva aika on suoraan verrannollinen puun pituuteen, voi-

daan edellä esitetty kaava täydentää siten, että siinä tulee huomioon otetuksi myös puiden vaihteleva pituus. Koska kaava esittää 5.30 m pituisten puiden erotteluaikaa, täytyy sen oikea puoli muun pituisten puiden erotteluajan saamiseksi kertoa kysymyksessä olevan puun pituuden ja 5.30:n osamäärällä. Kaava saa silloin muodon:

$$t = (0.042\ d^2 + 6.00)\ \frac{l}{5.30}$$ tai sievennettynä

$t = 0.008\ d^2\ l + 1.13\ l$, jossa t = varsinaiseen erotteluun kuluva aika min/100:na
d = puun latvaläpimitta tuumina
l = puun pituus metreinä.

Lausekkeen oikean puolen ensimmäisessä termissä ovat tekijöinä d^2 ja l, joten niiden tulo siis voidaan korvata puun kuutiolla. Jos halutaan lausua puun kuutio j^3:oina ja pituus juoksujalkoina, muuttuu lauseke edellä käytetyt uittoyksiköt huomioon ottaen seuraavaksi:

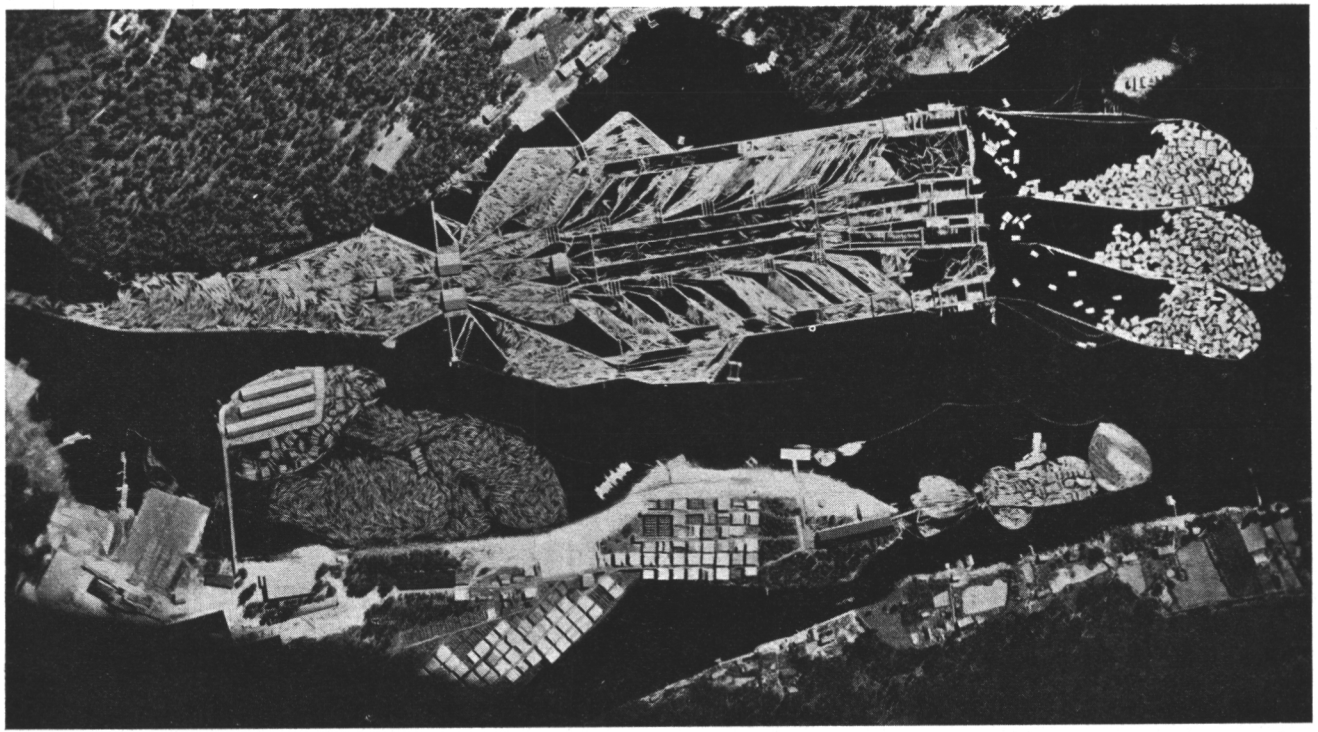
$t = 0.46\ v + 0.34\ l$, jossa t = varsinaiseen erotteluun kuluva aika min/100:na
v = puun kuutio j^3:oina
l = puun pituus jj:oina.

Esitetty kaava osoittaa, että puun varsinaiseen erotteluun kuluva aika muodostuu kahdesta termistä, joista toinen on suoraan verrannollinen puun kuutioon, toinen puun pituuteen. Jos halutaan määrätä jonkin puuerän erotteluun menevä kokonaisaika, täytyy kunkin puun erotteluun kuluvat ajat laskea yhteen. Puuerän erotteluun menevälle kokonaisajalle saadaan siten kaava:

$T = 0.46\ \Sigma v + 0.34\ \Sigma l$, jossa T = puuerän erotteluun menevä aika min/100:na
Σv = puuerän kokonaiskuutio j^3:oina
Σl = puiden yhteinen pituus jj:oina.

Tarkastettakoon vielä lopuksi esitettyä erotteluajan lauseketta. Jos oletetaan, että eroteltavien puiden keskiläpimitta on nykyisin noin $6\ ^3/_4''$, vastaa 1 juoksujalka $^1/_4$ kuutiojalkaa ja puuerän juoksujalkamäärä on 4 kertaa suurempi kuin kuutiojalkamäärä. Σl on siis $= 4\ \Sigma v$. Jos erotteluajan yhtälöön Σv ja Σl tilalle asetetaan luvut, jotka suhtautuvat toisiinsa kuten 1 : 4, tulevat työaikalausekkeen

kuutiomäärästä ja juoksujalkamäärästä riippuvat termit suhtautumaan toisiinsa kuten 1 : 3. Koska puuerän juoksujalkamäärä riippuu puiden keskimääräisestä läpimitasta, on puiden läpimitalla siis ratkaiseva vaikutus erotteluaikaan poikittaisessa kujaerottelussa. Puiden pituudella ei sitävastoin ole pituuden nykyisissä rajoissa vaihdellessa juuri nimeksikään vaikutusta erotteluaikaan.



Kuva 179. Lentokuva Haapakosken erottelulaitoksesta Päijänteen pohjoispäässä. Ylärannalla näkyvässä erottelulaitoksessa, johon vasemmalla oleva sekasuma juuri on tulossa,on useita viuhkanmuotoisia erottelupaikkoja peräkkäin. Heti erottelun tapahduttua niputetaan puut Blackstad'in niputtajalla (kuva 190). Erottelun alapuolella valmiita nippuja kolmessa eri ryhmässä (kuvassa oikealla).

B. Tutkimukset pitkittäisillä, viuhkanmuotoisilla erottelulaitoksilla.

1. Tutkimukset Haapakosken erottelulaitoksella Päijänteen pohjoispäässä v. 1935.

Haapakosken erottelulaitos sijaitsee Päijänteen vesistössä Jyväskylän kaupungin lähellä. Erottelulaitos on rakenteeltaan viuhkan muotoinen ja puiden kulkusuunta on pitkittäinen. Eroteltavien merkkien lukumäärä on siksi suuri, että erottelulaitoksessa on useita viuhkanmuotoisia erottelupaikkoja peräkkäin. Erotellut puut niputetaan heti erottelulaitoksen alapuolella. Erottelulaitoksen rakenne selviää kuvasta 179.

Eroteltavien merkkien määrä Haapakosken erottelulaitoksella on viime vuosina ollut noin 20. Merkkien lukumäärää vähentää huomattavasti se, että Päijänteen yli Kymijokeen kuljetettavia puita ei erotella merkkiensä perusteella, vaan niputetaan puut sekaisin ja lopullinen erottelu tapahtuu Kymijoessa olevissa erottelulaitoksissa.

Haapakosken erottelulaitoksessa luetaan kaikki erotellut kappaleet, joten tilastotutkimuksien tekokin on mahdollista. Seuraavassa selostetaan työaikatutkimusten ja tilastotutkimusten tulokset erikseen.

a. *Työaikatutkimukset Haapakosken erottelulaitoksella.*

Työaikatutkimukset Haapakosken erottelulaitoksella suoritettiin kesällä v. 1935. Erottelulaitoksen rakenteesta johtuu, että tiettyä osaa puista joudutaan käsittelemään useaan kertaan eri erottelukohdissa. Puiden käsittely kussakin erottelukohdassa on kuitenkin täysin samanlaista, joten eroteltavan tavaran laadun vaikutus työn tuloksiin on eri erottelukohdissa käytännöllisesti katsoen sama. Näissä olosuhteissa voidaankin työaikatutkimukset suorittaa tietyssä erottelukohdassa ja yleistää tulokset koko erottelutyötä kuvaaviksi.

Työaikatutkimuksia suoritettaessa meneteltiin siten, että erotteluaikana pidettiin se työaika, mikä kului kunkin erotellun kappaleen käsittelyyn siitä hetkestä, jolloin puun etupää sivuutti 7 m etäisyydellä erottelusillasta olevan linjan, siihen hetkeen, jolloin puun takapää sivuutti erottelusillan reunan. Työaikamittausten ohella merkittiin muistiin puiden pituus, keskiläpimitta, puulaji, kuorimisaste ja osassa aineistoa uittomerkin laatu. Tutkimustulokseksi saatu erotteluaika vastaa siis varsinaiseen erottelutyöhön kuluvaa aikaa, eikä siis sellaisenaan tietyllä erottelukohdalla kulutettua kokonaistyöaikaa. Tästä huolimatta kuvaavat tutkimustulokset kuitenkin erilaisen puutavaran erotteluhankaluutta, syystä että varsinaisen erotteluajan lisäksi tuleva työajan menekki riippuu puutavaran laatua ja kokoa silmällä pitäen samoista puutavaran ominaisuuksista kuin varsinainen erotteluaikakin.

Aluksi tarkastetaan puiden pituuden ja läpimitan vaikutusta erotteluaikaan. Sumassa olevien puiden molemmat mainitut ominaisuudet vaihtelevat aina sangen moninaisesti. Jos halutaan aineiston perusteella tarkastaa kahden ominaisuuden vaihtelun vaikutusta erotteluaikaan, täytyisi koota sellainen aineisto, jossa vain toinen ominaisuus vaihtelisi toisen pysyessä muuttumattomana. Tällaisen aineiston kokoaminen on käytännössä kuitenkin melkeinpä mahdotonta ja jakaantuisi aineisto joka tapauksessa sangen pieniin osiin. Tämän välttämiseksi käytetään seuraavassa useamman ominaisuuden korrelatiolaskentaa, jolloin vältytään jakamasta aineistoa ominaisuuksien puolesta homogeenisiin ryhmiin. Siitä huolimatta ei koko aineistoa kuitenkaan voida käsitellä yhdessä, syystä että erotteluaukot ovat jonkin verran eri asemassa puiden kulkusuuntaan nähden, ja tämä seikka voi jossakin määrin vaikuttaa tuloksiin. Sen vuoksi käsitellään aluksi kunkin erotteluaukon aineisto erikseen. Ja tuloksista lasketaan lopuksi yhteinen keskiarvo.

Kunkin lajitteluaukon aineistosta on muodostettu erotteluajan, puiden pituuden ja läpimitan väliset korrelatiotaulukot ja laskettu niiden perusteella perustunnuslukujen sekä osittaisregressiokertoimien (α ja β) arvot ja esitetään ne taulukossa 180.

Taulukon luvut osoittavat, että keskimääräinen erotteluaika on vaihdellut suhteellisen vähän huolimatta siitä, että erottelu on tapahtunut eri asemissa oleviin erotteluaukkoihin. Tämän erotteluaikojen tasaisuuden selittää osittain se, että eroteltavat puut ovat olleet keskimäärin sitä pienempiä, mitä etäisempiin aukkoihin niitä on eroteltu. Puiden koko ei tosin ole paljon vaihdellut, mutta etäisimmän aukon puut ovat kuitenkin sekä ohuempia että lyhyempiä kuin toisten aukkojen.

Taulukko 180.

Puiden pituuden ja latvaläpimitan vaikutus erotteluaikaan.

Erotteluaukon asema	Aineiston määrä kpl	Erotteluaika min/100 y	Puiden latvaläpimitta tuumina x	Puiden pituus m:einä z	Hajonnat δx	Hajonnat δy	Hajonnat δz	Osittaisregressiokertoimet α	Osittaisregressiokertoimet β
Lähin aukko	1 394	74.9	6.95	5.53	1.63	25.5	1.37	+ 2.55	+ 3.53
» »	220	77.7	6.98	5.76	1.57	35.0	1.46	+ 3.53	+ 4.75
» »	196	91.4	7.04	6.18	1.65	56.8	1.64	+ 5.33	+ 7.02
Keskimäärin	—	81.4	6.99	5.82	1.62	39.1	1.49	3.80	5.10
Keski-aukko	475	82.7	6.67	5.83	1.50	41.8	1.51	+ 2.01	+ 6.75
Etäisin aukko	421	76.8	6.48	5.79	1.51	29.8	1.58	+ 4.59	+ 5.01
» »	116	81.5	6.01	4.73	1.33	64.4	0.87	+ 7.72	+ 13.30
Keskimäärin	—	79.2	6.24	5.26	1.42	47.1	1.23	6.15	9.16
Kaikkien tapausten keskimäärä	—	80.9	6.69	5.64	1.53	42.2	1.41	4.29	6.73

Tarkastettaessa osittaisregressiokertoimia (α ja β) havaitaan, että ne kaikissa tapauksissa ovat + merkkisiä, ts. puiden enenevä läpimitta (x) ja pituus (z) ovat lisänneet erotteluaikaa. Osittaisregressiokertointen arvot, jotka yleensä osoittavat, miten voimakas vaikutus argumentin arvon vaihtelulla on funktion arvoon, suurenevat keskimäärin sitä mukaa, mitä etäisempään aukkoon erotellaan. Eroteltavien puiden enenevä läpimitta ja pituus lisäävät siis erotteluaikaa sitä enemmän, mitä etäisempään aukkoon erotellaan. Pituuden vaihtelun vaikutus näyttää jonkin verran voimakkaammalta kuin läpimitan vaihtelun vaikutus. Se tuntuukin luonnolliselta, sillä pitkää puuta on vaikeampi uittaa poikkisuuntaan erottelukanavassa kuin lyhyttä, paksua puuta.

Tutkimuksen lopputulosta silmällä pitäen ei erotteluaukkojen paikan vaikutusta erotteluaikaan voida ottaa huomioon, vaan on tyydyttävä keskiarvoisiin tuloksiin. Sen vuoksi määrätäänkin puiden läpimitan ja pituuden vaikutus erotteluaikaan asetelman alimmassa rivissä olevien keskiarvolukujen perusteella. Näiden perustunnuslukujen avulla muodostetaan yhtälö, joka esittää erotteluajan (y) keskimääräisen riippuvaisuuden puiden pituudesta (z) ja läpimitasta (x). Yhtälö on seuraava:

$$y\mu = 4.29\ x\mu + 6.73\ z\mu + 14.23$$

Yhtälö osoittaa, että puun läpimitan suurentuessa yhdellä tuumalla lisääntyy erotteluaika noin 0.043 min eli lähes 5 ½ %, ja

pituuden lisääntyessä yhdellä metrillä lisääntyy erotteluaika noin 0.067 min eli noin 8 ½ %. Pitkittäisessä erottelulaitoksessa vaikuttaa puiden koko siis suhteellisen vähän erotteluaikaan kappaletta kohden.

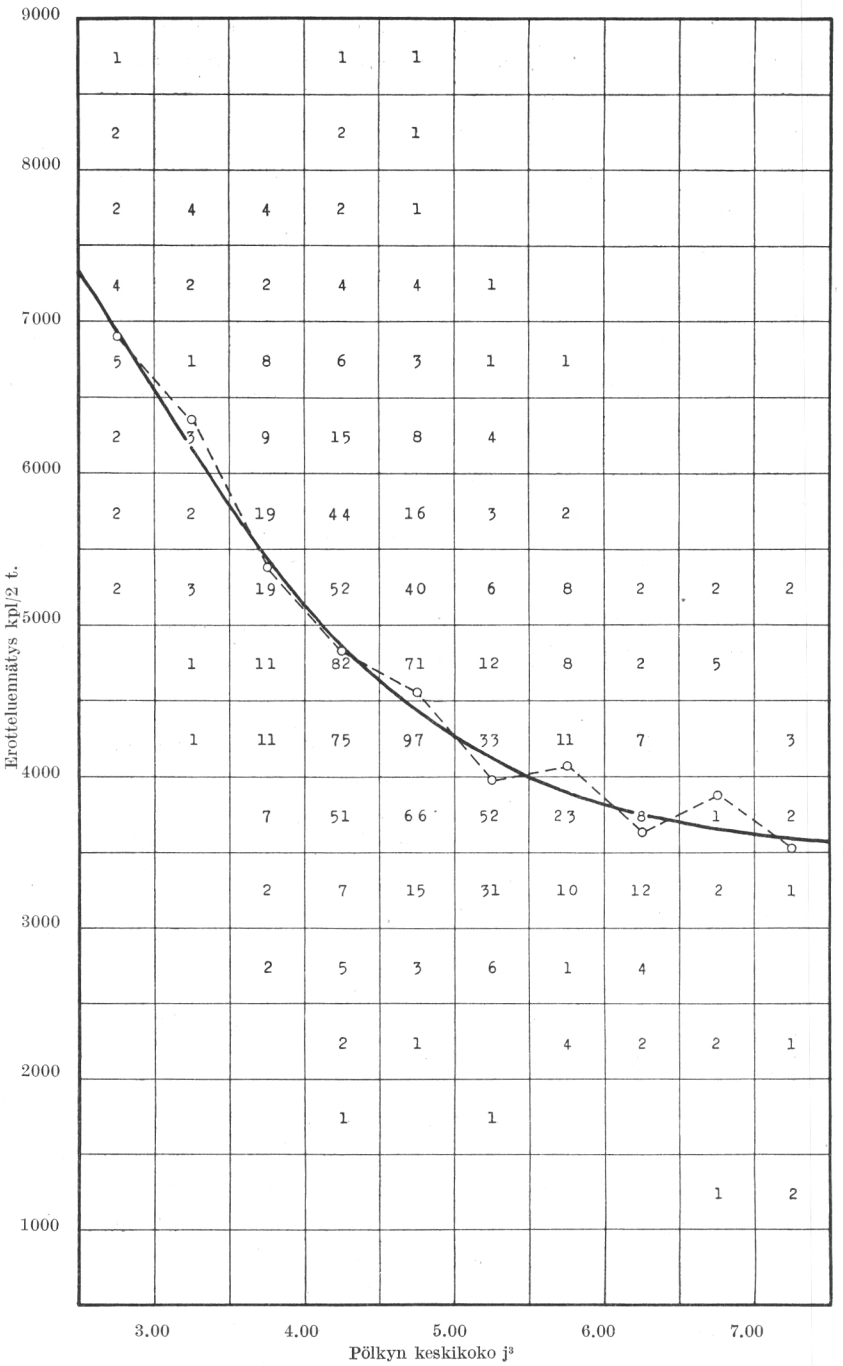
b. *Työtilastotutkimukset Haapakosken erottelulaitoksella.*

Kuten on mainittu, merkitään Haapakosken erottelulaitoksella muistiin kustannusten jakoa varten kaikkien eroteltujen kappaleiden lukumäärä työvuoroa kohden. Lisäksi käy merkinnöistä ilmi, kenen omistajien puita erotellut puut ovat olleet. Mainittujen tietojen perusteella voidaan saada selville työennätys vuoroa kohden sekä samoin eroteltujen puiden keskimääräinen laatu. Kesällä 1935 täydennettiin muistiin merkintöjä siten, että työennätykset voitiin laskea 2 tunnin ajanjaksoin, jolloin puiden koon ja laadun vaihtelu muodostui melkoista suuremmaksi kuin koko vuoron erottelutuloksia tarkastettaessa.

Tilastollista tutkimusmenetelmää käytettäessä ei yleensä voida ottaa argumenttina huomioon muita kuin sellaiset ominaisuudet, joiden määrä tilastoa varten on verraten helposti todettavissa. Niinpä tässäkin tapauksessa on tyydyttävä käyttämään argumenttina pelkästään puiden kuutiota. Puiden kuutio on määrätty siten, että aluksi on laskettu kunkin uittajan puutavaran eri laatujen keskikuutiot. Näiden lukujen perusteella on laskettu havaintoajanjaksojen keskikuutiot, kun on tunnettu, paljonko kunkin uittajan erilaatuisia puita on ajanjaksona eroteltu.

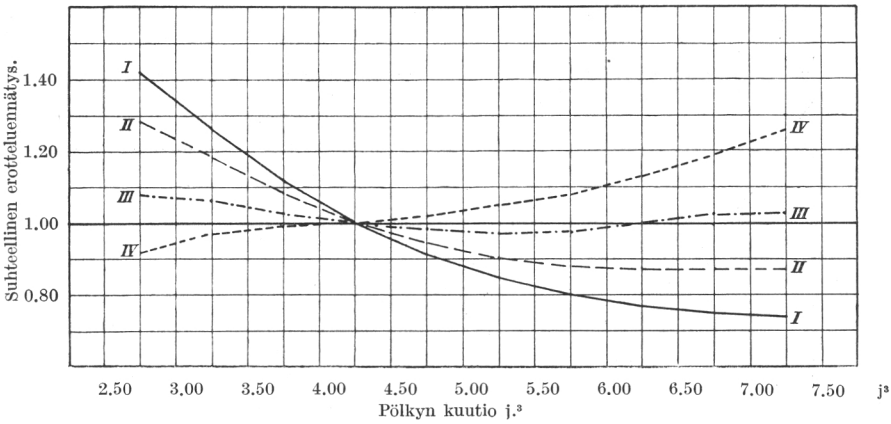
Tilastoaineisto käsittää 1 086 havaintoajanjaksoa eli siis 2 172 t:n erottelun tulokset. Aineistosta muodostuu korrelatiotaulukko 181.

Korrelatiotaulukkoon on laskettu puiden eri suuruusluokkien erottelutyöennätysten keskiarvot ja yhdistetty saadut keskiarvopisteet katkoviivalla murtoviivaksi. Murtoviiva on sitten graafisesti tasoitettu, ja esittää tehtyä tasoitusta paksulla, jatkuvalla viivalla piirretty käyrä. Kuten luonnollista, alenee kappalemääräinen työennätys eroteltavien puiden suurentuessa. — Jotta tilastotutkimustulosten perusteella voitaisiin määrätä, mitkä puun kokoa ilmaisevat ominaisuudet lähinnä vaikuttavat erotteluaikaan, toisin sanoen, mitä mittayksiköitä käyttäen eroteltava puuerä on mitattava, jotta erotteluaika mittayksikköä kohden pysyisi puun koon vaihteluista huolimatta vakiona, tehdään seuraavat laskelmat. Ensin lasketaan erotteluennätykset mitattuina kappaleittain, juoksujaloittain, pituuden ja läpimitan tulona lasketun pinta-alan perusteella sekä kuutio-



Taulukko 181. Puiden koon vaikutus kappalemääräiseen työennätykseen Haapakosken erottelulaitoksella.

jaloittain. Näin saatujen työennätyslukujen perusteella lasketaan suhteelliset työennätykset ja vertausperusteena pidetään 4.25 j^3 suuruisen puun ominaisuuksia. Suhteelliset työennätykset eri mittayksiköin mitattuina esitetään kuvassa 182.



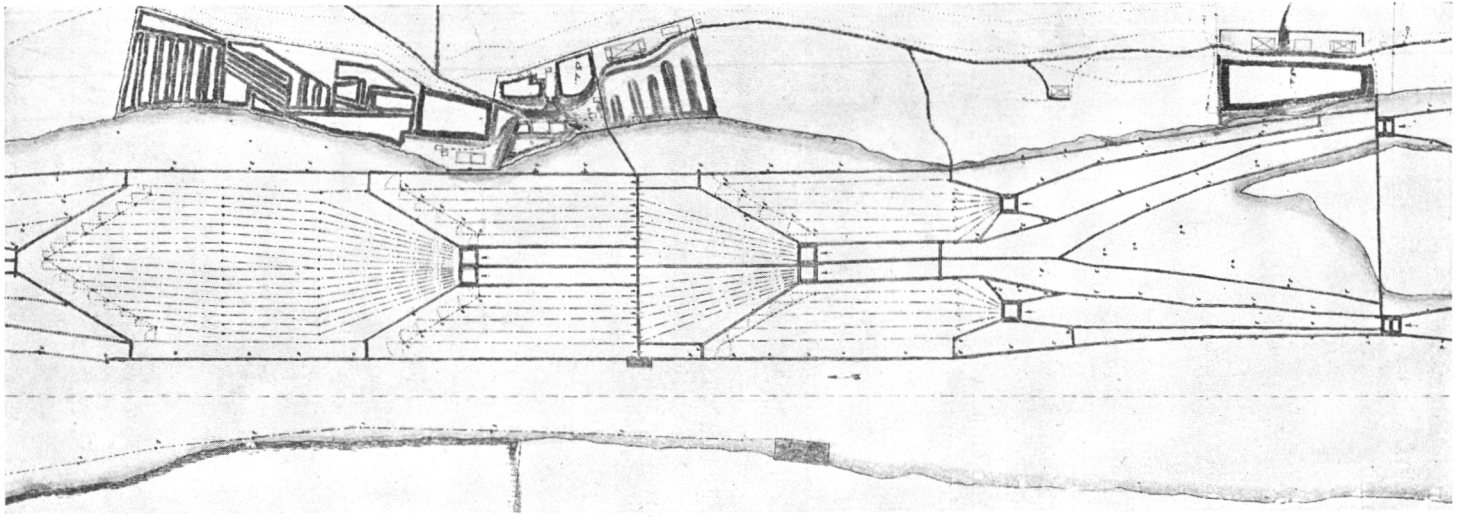
Kuva 182. Haapakosken erottelu. Eri tavoin mitatun suhteellisen erottelutyöennätyksen uittotavaran keskikuutiosta riippuva vaihtelu. Työennätys mitattu: I kappalein, II pituusyksiköin, III pinta-alayksiköin ja IV tilavuusyksiköin.

Tarkastettaessa kuvassa 182 esitettyjä neljää käyrää, havaitaan, että käyrä III, joka esittää erotteluennätystä mitattuna puiden pituuden ja läpimitan tulona lasketun pinta-alan perusteella, kulkee käyristä eniten x-akselin suuntaan. Se merkitsee sitä, että erikokoisia puita eroteltaessa kuvaa puiden pinta-ala parhaiten erotteluhankaluutta työaikamenekkiä silmällä pitäen.

2. Tutkimukset Ristisaaren erottelulaitoksella Pielisjoessa v. 1935.

Ristisaaren erottelulaitos sijaitsee Pielisjoessa Joensuun kaupungin pohjoispuolella. Se on rakenteeltaan yhdistelmä useista viuhkaerotteluista muistuttaen siinä suhteessa Haapakosken erottelulaitosta. Kuva 183 esittää lähemmin erottelulaitoksen rakenteen ja sijoittelun.

Erottelututkimukset suoritettiin kesällä v. 1935, ja niissä käytettiin työaikatutkimusmenetelmää sekä tilastotutkimusmenetelmää. Kuten Haapakoskellakin kohdistettiin työaikatutkimus yhteen erottelukohtaan kerrallaan. Erotteluaikana pidettiin aikaa, joka kului siitä hetkestä, jolloin puu tai puuryhmä tuli ylemmän erottelusillan



Kuva 183. Ristisaaren erottelulaitos sellaisena kuin se oli tutkimuksia v. 1935 suoritettaessa. Laitos on rakenteeltaan yhdistelmä useista viuhkaerotteluista ja muistuttaa siinä suhteessa kuvan 179 esittämää laitosta. Sittemmin on laitos uusittu kujaerotteluksi.

alle, siihen hetkeen, jolloin se oli kokonaan mennyt alemman erottelusillan alitse erotteluaukkoonsa. Tilastotutkimuksessa huomioitiin työennätykset 2 tunnin ajanjaksoin.

a. *Työaikatutkimukset Ristisaaren erottelulaitoksella.*

Erottelutyö Ristisaaren erottelulla tapahtuu siten, että ylemmällä erottelusillalla olevat miehet pidättävät eroteltavaa sumaa ja päästävät siitä virran mukana kulkemaan kerrallaan vain yhteen erotteluaukkoon meneviä puita. Alemmalla sillalla olevat miehet ohjaavat nämä puut vuorostaan oikeaan aukkoon. Riippuen siitä, miten paljon tiettyyn erotteluaukkoon kuuluvia puita on sumassa, kulkevat puut ylemmän sillan alitse joko yksitellen tai ryhmissä. Tutkimukset kohdistettiin molempiin tapauksiin erikseen. Aluksi tarkastetaan yksitellen kulkevien puiden erottelua.

Yksitellen kulkevien puiden erotteluaikaan vaikuttavina tekijöinä huomioitiin pölkyn puulaji, pituus ja läpimitta. Pituus määrättiin metreinä ja latvaläpimitta tuumina. Kukin puutavaran laji käsitellään erikseen. Tästä huolimatta jää erotteluaika riippuvaksi kahdesta puutavaroiden ominaisuudesta, nimittäin pituudesta ja läpimitasta, ja sen vuoksi joudutaankin käyttämään useamman ominaisuuden korrelatiolaskentaa. Taulukossa 184 esitetään eri puutavaralajien erottelusta kootun aineiston perusteella laadituista korrelatiotaulukoista lasketut perustunnuslukujen arvot.

Taulukko 184.
Eri puutavaralajien läpimitan ja pituuden vaikutus erotteluaikaan.

Puutavaran laji	Aineiston puiden kpl-määrä	Erotteluaika min/100 y	Puiden latvaläpimitta tuumina x	Puiden pituus m:einä z	Hajonnat σx	σy	σz	Osittaisregressiokertoimet α	β	1″ läpimitan lisäyksen vaikutus erotteluaikaan %:eina	1 m pituuden lisäyksen vaikutus erotteluaikaan %:eina
Kuoritut mäntytukit	796	41.0	7.98	5.84	2.15	13.0	0.99	+ 1.84	+ 1.43	+ 4.5	+ 3.5
» kuusitukit.	181	41.6	7.69	5.88	1.93	13.1	1.10	+ 2.08	+ 2.44	+ 5.0	+ 5.9
Kuorimattomat havutukit	65	55.1	10.31	6.43	2.20	19.0	2.20	+ 8.22	+ 4.20	+ 14.9	+ 7.6
Kuorimattomat koivutukit	472	48.0	7.00	6.69	1.56	14.2	1.26	+ 2.07	+ 3.27	+ 4.3	+ 6.8
Kelot	62	57.3	9.19	7.40	2.19	20.4	0.99	+ 3.64	+ 7.92	+ 6.4	+ 13.8
Kuorittu mäntypinotavara	200	29.2	4.59	3.49	1.73	12.0	0.68	+ 0.76	+ 2.59	+ 2.6	+ 8.9
Kuorittu kuusipinotavara	277	27.7	4.80	3.22	1.46	10.3	0.88	+ 1.55	— 0.81	+ 5.6	— 2.9
Keskimäärin	—	42.8	7.37	5.56	1.89	14.6	1.16	+ 2.88	+ 3.25	+ 6.2	+ 6.2

Taulukon luvut osoittavat, että erotteluaika on ollut keskimäärin sitä pitempi, mitä suurempia puita on eroteltu. Osittaisregressiokertoimien arvot (α ja β) osoittavat myös yhtä poikkeusta lukuunottamatta, että tietyn puutavaralajin enenevä läpimitta sekä pituus ovat keskimäärin lisänneet erotteluaikaa. Mainittu yksi poikkeus esiintyy kuorittujen kuusipaperipuiden erottelussa, missä paperipuiden lyhentyminen on lisännyt erotteluaikaa. Ajan lisääntyminen puiden lyhentyessä on tosin sangen vähäinen, ja vähenee sen merkitys vielä sen vuoksi, että puiden pituus vaihtelee verrattain vähän (σz = 0.88 m). Asia lienee selitettävissä siten, että lyhimpien kuusipaperipuiden kekseillä käsittely käy jo hankalaksi lyhyyden ja hyvän kellumiskyvyn vuoksi. Puiden pieni pituus aiheuttaa sen, etteivät alasillalla olevat miehet heti ylety kekseillään jouduttamaan lyhyiden puiden kulkua ja yläsillalla olevien miesten puille antama vauhti loppuu, ja suunta muuttuu helposti tuulen ym. tekijöiden vaikutuksesta puiden hyvän kellumiskyvyn ja keveyden vuoksi.

Läpimitan ja pituuden vaihtelun vaikutus erotteluaikaan on yksikköä kohden keskimäärin sitä voimakkaampi, mitä suuremmat puut ovat kysymyksessä.

Tutkimuksen lopputulosta silmällä pitäen muodostetaan yhtälö, joka esittää erotteluajan keskimääräistä riippuvaisuutta puiden läpimitasta ja pituudesta. Yhtälön muodostamiseen käytetään taulukon 184 alimmassa rivissä olevia tunnuslukujen keskiarvoja. Yhtälö on seuraava:

$$y_\mu = + 2.88\ x_\mu + 3.25\ z_\mu - 2.59,$$ jossa

y = erotteluaika min/100 per kpl
x = puun latvaläpimitta tuumina
z = » pituus metreinä.

Edellä esitetyt yksitellen kulkevien puiden erotteluaikaan kohdistettujen tutkimuksien tulokset voivat osoittaa vain suuntaa, miten puiden läpimitta ja pituus vaikuttavat erotteluaikaan. Käytännössä näet puut kulkevat melkein aina erottelun läpi ryhmissä, ja ryhmien kappaleluvun sekä puiden koon välinen korrelatio vaikuttaa huomattavasti erotteluaikaan puuyksikköä kohden. Seuraavassa tarkastetaan ryhmittäin kulkeneiden puiden erotteluaikaa.

Ryhmissä kulkevien puiden erotteluaikaa tutkittaessa laskettiin erotteluajaksi koko se aika, mikä kului ryhmän ensimmäisen puun tulosta ylemmän erottelusillan alta siihen hetkeen, jolloin ryhmän viimeinen puu meni alemman erottelusillan alitse erot-

teluaukkoon. Erotteluaika käsittää näin ollen, paitsi varsinaisen ryhmän puiden kulkuajan erottelun läpi, myös sen ajan, joka mahdollisesti kuluu ryhmän eri puiden erottelun läpikulun välillä. Toiselta puolen kulkee erottelun läpi myös useita ryhmään kuuluvia puita yhtaikaa. Mitä tiheämpi ryhmä on, sitä enemmän puita kulkee yht'aikaisesti erottelun läpi ja päin vastoin. Ne tekijät, jotka pääasiassa vaikuttavat ryhmän erotteluaikaan, ovat ryhmän kappaleluku, puitten koko ja ryhmän tiheys. — Koska ryhmän muodostavat aina samanmerkkiset puut, merkittiin ryhmäaikoja määrättäessä muistiin erotteluajan ohella ryhmän kappaleluku, puutavaran omistaja, puutavaran laji sekä keskipituus. Puutavaran omistajalta saatiin tiedot heidän eri puutavaralajiensa keskikoosta ja tätä tietä voitiin määrätä ryhmissä kulkeneiden puiden keskikoko. Aluksi tarkastetaan puutavaralajeittain ryhmien erotteluaikoja ryhmän kappaleluvusta riippuen. Taulukossa 185 esitetään eri puutavaralajien erottelua koskevien tutkimusten päätulokset.

Taulukko 185.

Erilaisen ryhmissä kulkevan puutavaran erotteluaika ryhmän suuruudesta riippuen.

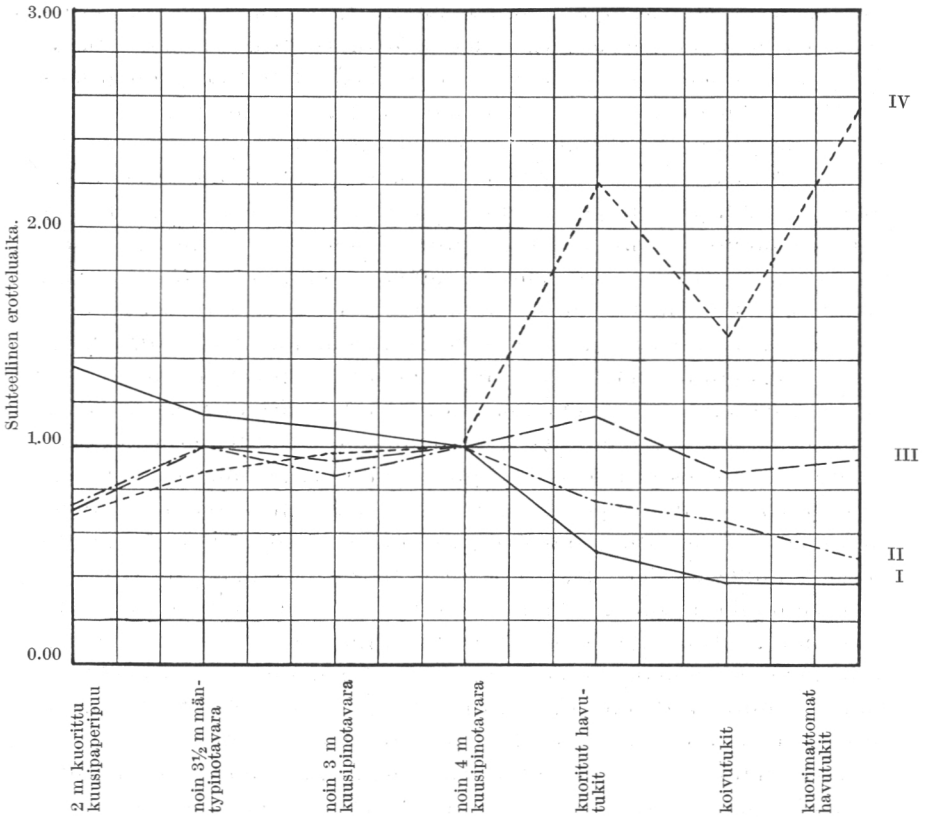
Puutavaran laji	Aineiston ryhmien luku	Ryhmän kpl-luku x	Ryhmän pinta-ala m²:einä		Hajonnat σ_x	Hajonnat σ_y	Korrelatiosuhteen ja sen keskivirheen osamäärä $\zeta:\varepsilon_\zeta$	Kappaleen koko j³:oina (todellinen)	Ryhmän erotteluaika ryhmän kpl-luvusta riippuen min :na y	Ryhmän kpl-luku edellyttäen, että jokaisen ryhmän puiden pinta-ala on samansuuruinen (8.7 m²)	Suhteellinen erotteluaika edellyttäen ryhmän pinta-alan olevan 8.7 m²			
											Suhteellinen erottelutyöennätys eri mittayksiköin mitattuna			
											kpl	jm	m²	j³
2 m kuorittu kuusipaperipuu ..	578	23.3	7.5	89.0	16.1	39.8	1.31	0.92	$y=2.04\ x+41.5$	26.9	1.37	0.73	0.74	0.69
Noin 3½ m mäntypinotavara ..	884	20.2	10.6	78.9	16.1	42.4	0.33	1.42	$y=2.32\ x+32.1$	16.5	1.15	1.00	1.00	0.89
Noin 3 m kuusipinotavara	543	20.5	10.6	84.0	16.0	45.3	0.42	1.61	$y=2.45\ x+34.6$	16.9	1.09	0.87	0.93	0.96
Noin 4 m kuusipinotavara	452	12.0	7.2	63.5	12.6	43.3	1.91	1.82	$y=3.02\ x+27.2$	14.5	1.00	1.00	1.00	1.00
Kuoritut havutukit	1 191	5.6	7.4	58.4	5.3	26.2	2.04	7.70	$y=3.57\ x+38.3$	6.6	0.52	0.76	1.15	2.20
Koivutukit	752	3.3	4.4	58.9	2.1	21.8	2.13	6.99	$y=6.78\ x+36.7$	6.5	0.39	0.66	0.88	1.51
Kuorimattomat havutukit	168	7.4	13.5	93.6	7.2	89.7	1.07	13.90	$y=6.85\ x+43.0$	4.8	0.38	0.50	0.94	2.36

Taulukosta nähdään, että ryhmän puuluku on ollut keskimäärin sitä suurempi, mitä pienempiä puut ovat olleet. Ryhmän kappalemäärän ja erotteluajan välillä on suoraviivainen korrelatio, jos asiaa tarkastetaan puulajeittain. Korrelation suoraviivaisuuden arvostele-

miseksi on laskettu korrelatiosuhteen ja sen keskivirheen osamäärät eri puutavaralajeille ja osoittavat niiden arvot taulukossa, että suoraviivainen korrelatio kuvaa riittävän hyvin ryhmän kappalemäärän ja erotteluajan välistä riippuvaisuutta. Tarkastettaessa taulukossa 185 olevia erotteluajan ja ryhmän puuluvun välisiä regressiosuorien yhtälöitä nähdään, että yhtälöiden konstanttitermi on noin puolet keskimääräisestä erotteluajasta, ja näin ollen vaikuttaa ryhmän kappaleluku voimakkaasti erotteluaikaan kappaletta kohden.

Koska ryhmän suuruudella on merkittävä vaikutus erotteluaikaan kappaletta sekä kuutioyksikköä kohden, on syytä tarkastaa eri puutavaralajien ryhmäsuuruuksia. Ryhmän suuruus riippuu luonnollisesti lähinnä siitä, miten paljon tietyn omistajan määrättyä puutavaralajia suhteellisesti sumassa on. Jos puita on vähän, muodostuvat ryhmät pieniksi, muussa tapauksessa päinvastoin. Toinen tekijä, joka vaikuttaa ryhmien kappalelukuun, on puiden koko. Mitä kookkaampia puut ovat, sitä vähemmän niitä luonnollisesti sopii tietynlaajuiseen erottelukanavaan. Puiden pituuden ja läpimitan perusteella laskettu pinta-ala on se puun ulottuvaisuuden mitta, joka määrää sen vedessä uidessa vaatiman pinta-alan. Siinä tapauksessa, että sumassa olisi ollut eri puutavaralajeja pinta-alaansa nähden suunnilleen yhtä paljon, olisivat eri ryhmien kappaleluvut muodostuneet suunnilleen sellaisiksi, että niiden puiden yhteinen pinta-ala olisi aina suunnilleen sama. Näin ei kuitenkaan ole käytännössä ollut asian laita. Taulukko 185 esittää käytännössä esiintyneet ryhmien kappaleluvut rinnan samaa pinta-alaa vastaavien kappalelukujen kanssa puutavaralajeittain. Koska puutavaran suhteellinen määrä uitettavassa sumassa ei ole mikään uittotavaran ominaisuus, täytyy koettaa eliminoida sen vaikutus erotteluaikaan. Eliminointiin onkin mahdollisuudet, koska ryhmän kappaleluvun ja erotteluajan välillä on suoraviivainen korrelatio. Ryhmän suuruuden vaikutus erotteluaikaan eliminoidaan siten, että oletetaan jokaisen ryhmän puiden yhteisen pinta-alan olevan kaikkien ryhmien keskimääräisen pinta-alan suuruinen ja lasketaan sitten regressiosuoran yhtälöistä erotteluajat kappaletta, pituusyksikköä, pinta-alayksikköä ja kuutiojalkaa kohden. Täten saatujen erotteluaikojen perusteella lasketaan suhdeluvut, jotka esittävät suhteellista erotteluennätystä puutavaralajista riippuen, edellyttäen, että puumäärä on mitattu edellä esitettyä neljää mittayksikköä käyttäen. Vertausperusteena pidetään kutakin mittayksikköä käytettäessä 4 m kuusipuutavaran erotteluaikaa ja merkitään sitä 1.00:lla. Taulukon 185 neljässä viimeisessä sarakkeessa olevat suhdeluvut esittävät suhteelliset erotteluennätykset erilaisia mittayksikköjä käytettäessä ja eri puutavaran lajeja eroteltaessa. Jo taulukon

suhdeluvuista nähdään, että pinta-alan perusteella mitatut työennätykset vaihtelevat vähiten erilaisia puutavaralajeja eroteltaessa. Graafinen esitys kuvassa 186 antaa kuitenkin asiasta selvemmän kuvan.

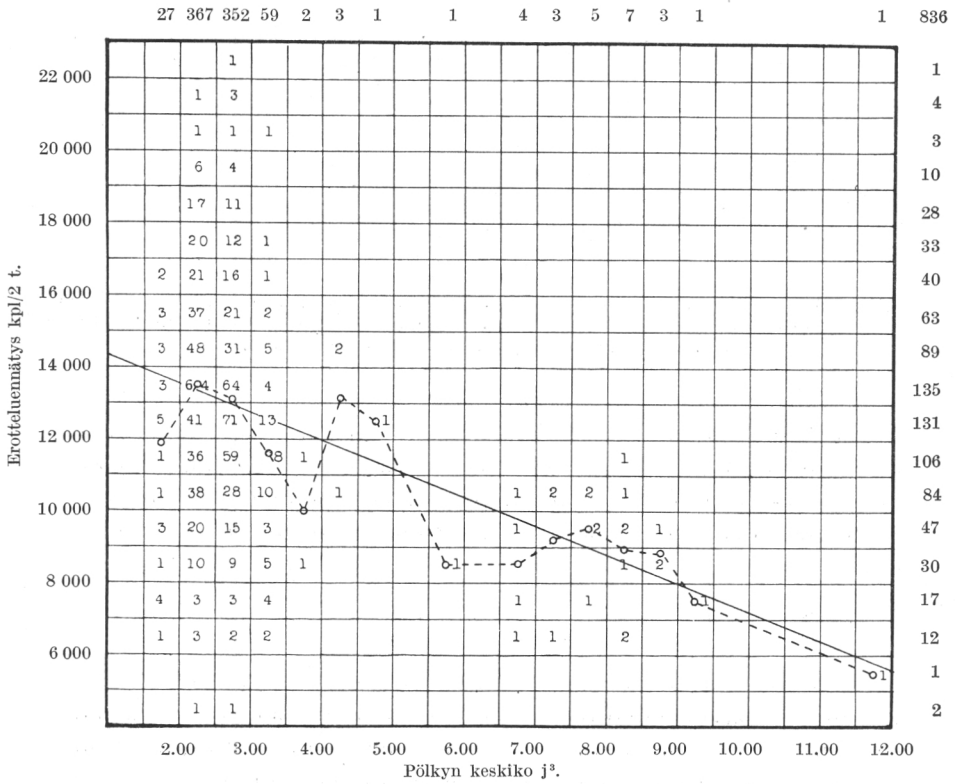


Kuva 186. Ristisaaren erottelu. Suhteellinen erotteluaika eri mittayksiköin mitattua puumäärää kohden puutavaralajeittain. Työennätys mitattu: I kappalein, II pituusyksiköin, III pinta-alayksiköin ja IV tilavuusyksiköin.

Kuvasta käy selvästi ilmi, että pinta-alan perusteella mitattu työennätys vaihtelee verrattain vähän puutavaralajin vaihtelusta huolimatta. Suurin poikkeus esiintyy 2 m paperipuilla, mutta johtunee se siitä, kuten jo edellä on mainittu, että 2-metriset puut ovat jo hankalan lyhyitä Ristisaaren erottelulaitoksella, joka on rakennettu täysin pitkää tavaraa silmälläpitäen. Joka tapauksessa voidaan kuvasta nähdä, että pinta-ala kuvaa parhaiten erikokoisen puutavaran erotteluhankaluutta.

b. *Työtilastotutkimukset Ristisaaren erottelulaitoksella.*

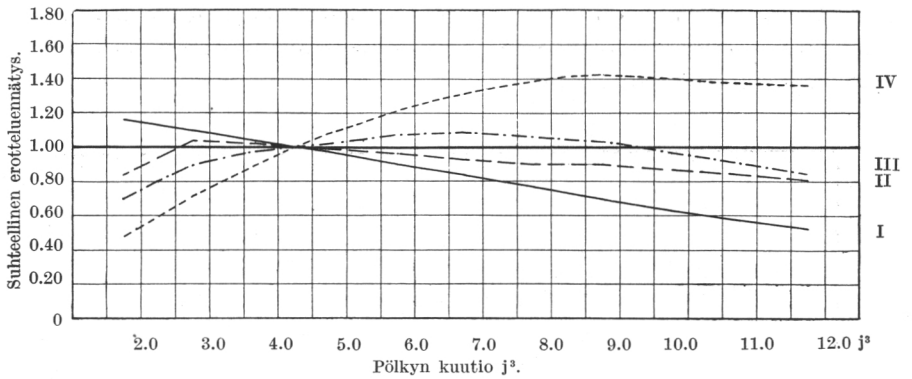
Ristisaaren erottelulaitokselta on käytettävissä myös tilastoaineisto, josta käy selville erotteluennätykset 2 tunnin ajanjaksoin sekä samoin se, kenen omistajan puita ja mitä puutavaralajeja on eroteltu. Viimeksi mainittujen tietojen perusteella on voitu laskea puitten keskikuutio kunakin 2 tunnin ajanjaksona. Korrelatiotaulukko 187 esittää tilaston mukaisia erotteluennätyksiä 2 tunnissa puiden keskikoosta riippuen.



Taulukko 187. Pölkyn koon vaikutus erotteluennätykseen Ristisaaren erottelulaitoksella.

Taulukossa on piirretty luokkakeskiarvoja yhdistävä murtoviiva katkoviivalla sekä laskettu ensimmäisen regressiosuoran yhtälö ja piirretty sitä vastaava suora taulukkoon. Korrelation suoraviivaisuuden kelpoisuutta on tarkastettu korrelatiosuhteen ja sen keskivirheen osamäärän perusteella ja todettu suoraviivainen tasoitus riittävän hyväksi. Tasoitussuoran mukaisten työennätysten perusteella on

sitten laskettu, samalla tavoin kuin Haapakosken erottelututkimuksia selitettäessä jo on mainittu, millaiset suhteelliset työennätykset ovat erikokoisia puita eroteltaessa, jos erotteluennätys mitataan kappaleluvun, puiden pituuden, pinta-alan ja kuutiomäärän perusteella. Saadut tulokset esitetään kuvassa 188 graafisesti.



Kuva 188. Ristisaaren erottelu. Eri tavoin mitatun suhteellisen erottelutyöennätyksen uittotavaran keskikuutiosta riippuva vaihtelu. Työennätys mitattu: I kappalein, II pituusyksiköin, III pinta-alayksiköin ja IV tilavuusyksiköin.

Kuvassa 188 olevat käyrät osoittavat jälleen, että puiden pinta-alan mukaan mitattua työennätystä kuvaava käyrä III kulkee eniten vaakasuorassa suunnassa, vaikkakin puiden pituuden perusteella mitattua työennätystä esittävä käyrä II on verrattain lähellä edellistä.

3. Erottelututkimustulosten yhteenveto.

Vaikkakin pitkittäinen, viuhkan muotoinen erottelulaitos ja poikittainen kujaerottelulaitos poikkeavat toiminnaltaan ja työmenetelmiltään suuresti toisistaan, osoittavat edellä esitetyt tutkimustulokset, että eroteltavien puiden samat ominaisuudet kuitenkin ovat määräväiä molemmilla erottelutyypeillä.

Kuten asian yksityiskohtaisesta käsittelystä on käynyt ilmi, on puiden pituus kertaa läpimitta, ts. puiden pinta-ala, se tekijä, joka parhaiten mittaa puuerän erotteluun kuluvan suhteellisen ajan, huolimatta siitä, miten puiden koko vaihtelee.

Poikittaisella kujaerottelulla on erotteluaikaan vaikuttava tekijä puiden läpimitta.

Pitkittäisillä erottelulaitoksilla taas vaikuttaa asiaan huomattavasti puiden pituus. Tämä tuntuu varsinkin silloin, kun on kysymys

useihin erotteluaukkoihin erottelusta, ts. jos puita joudutaan erottelutyössä kuljettamaan huomattavasti sivusuuntaan.

Yleensä näyttää siltä, että poikittainen kujaerottelu voidaan helpommin järjestää sellaiseksi, että erottelutyö kuutioyksikköä kohden riippuu vähemmän eroteltavien puiden koosta kuin pitkittäisillä erotteluläitoksilla.

VI. Niputustutkimukset.

A. Erilaisen puutavaran niputushankaluus.

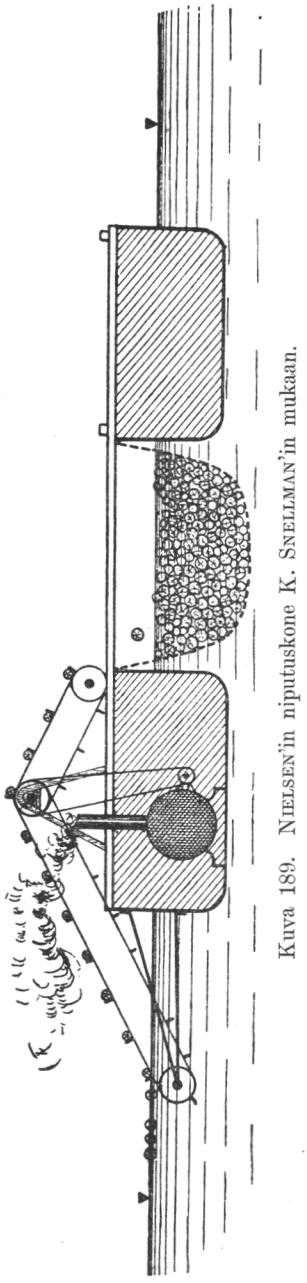
Vaikkakaan puutavaran niputtaminen ei varsinaisesti kuulu uittotöihin, vaan pikemminkin lauttaukseen, on niputtaminen otettu tässä tutkimuksessa käsiteltäväksi. Näin on menetelty sen vuoksi, että niputtaminen suurilla erottelulaitoksilla useasti kytkeytyy niin läheisesti varsinaiseen erotteluun, että molemmille töille lasketaan yhteiset kustannukset ja käytetään samaa kustannusten jakoperustetta. Erotteluhankaluutta käsiteltäessä ei näin ollen voida sivuuttaa niputtamistyön vaikutusta kokonaistyössä, ja niputtamishankaluuden selvittäminen on välttämätöntä.

Puutavaran niputtaminen on saanut viime aikoina yhä laajemman käytännön. Näin on tapahtunut monestakin syystä. Nippulautta on monin verroin tuulenkestävämpi kuin avolautta. Nipuissa olevat puut eivät kuljetuksen aikana pääse uppoamaan ja nippulauttojen kulkuvastus on vain noin $^1/_5$ avolauttojen kulkuvastuksesta.

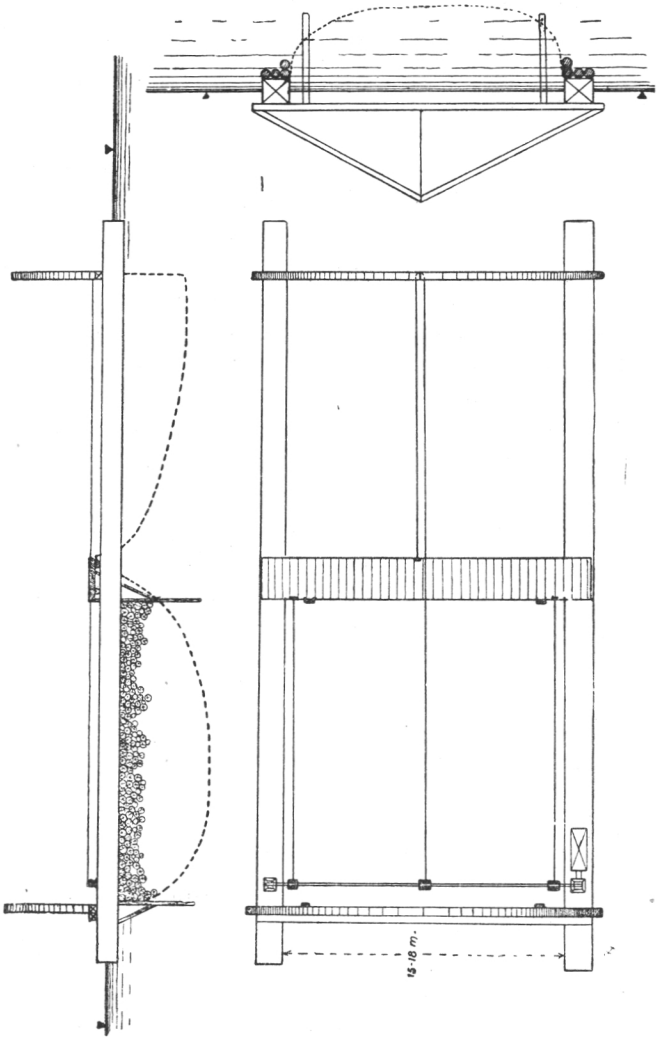
Puutavaranipun poikkileikkaus on suunnilleen ympyrä, jonka läpimitta vaihtelee 2—3 m. Puutavara sidotaan nipuiksi joko ketjuilla tai rautalangalla. Niputtaminen suoritetaan yleisimmin koneellisesti, mutta nykyisin myös melkoisessa määrin miesvoimalla etenkin silloin, kun niputetaan pinotavaraa järvivesistöjen rannoilla.

Koneellisessa niputuksessa käytetään Suomessa etupäässä kahta niputuskonetyyppiä, joita suunnittelijoittensa mukaan nimitetään Nielsen'in ja Blackstad'in niputtajiksi. Tässä tutkimuksessa kohdistetaan huomio vain mainitun tyyppisillä koneilla niputukseen.

Koska niputustyössä toiminta useissa, jopa useimmissa työvaiheissa kohdistuu niputettavaan puumäärään yleensä, on ilman muuta mahdotonta sanoa, minkä verran työtä ja sen mukaan kustannuksia minkinlaisen puutavaran niputtamisesta aiheutuu. Asian selvittämiseksi on suoritettu työaikatutkimuksia ja esitetään tutkimustulokset seuraavassa. Tutkimuksia on tehty, kuten edellä on sanottu, sekä Nielsen'in että Blackstad'in niputuskoneilla työskenneltäessä. Tutkimukset ensinmainitulla niputtajalla niputettaessa suoritettiin Päijänteen rannoilla suoraan rannoille ajettujen puiden sekä pieniltä



Kuva 189. Nielsen'in niputuskone K. Snellman'in mukaan.



Kuva 190. Blackstad'in niputtaja.

sivuväyliltä uitettujen puiden niputuksesta. Blackstad'in koneella suoritettiin tutkimukset Haapakosken lajittelupaikalla Jyväskylän lähellä. Molemmilla konetyypeillä suoritetut tutkimukset selostetaan aluksi erikseen ja sen jälkeen esitetään tulosten yhdistelmä. Aikamittaukset tutkimusta varten suoritettiin kesällä v. 1935.

1. Niputustutkimukset Nielsen'in niputtajalla.

Kuten tunnettua on Nielsen'in niputtajan (kuva 189) rakenne seuraava. Nippu muodostetaan kahden proomun välillä riippuvan kahden ketjun päälle siten, että puut nostetaan poikittaisasennossa toisen proomun yli koneellisesti käytettyjen päättömien koukkuketjujen avulla ja pudotetaan proomujen välillä riippuville ketjuille. Riittävän puumäärän tultua nostetuksi ketjuille, sidotaan puut nipuksi ja kannatusketjuja höllentämällä lasketaan nippu veteen ja uitetaan pois proomujen välistä.

Koska niputustyö työaikaan nähden ratkaisevalta osaltaan on kappalekäsittelyä, kiinnitettiin työaikatutkimuksessa päähuomio puiden koon vaikutukseen niputusaikaan. Työaikatutkimusta varten jaettiin niputustyö seuraaviin työvaiheisiin: 1. varsinainen niputusaika, 2. nipun sitominen ja 3. nipun pois uittaminen. Aineisto käsittää 1 286 nipun niputuksen. Keskimääräinen työaika nippua kohden on 9.73 min. Eri työvaiheiden kesken jakaantuu työaika seuraavasti:

Varsinainen niputus	7.34	min/nippu	75.4 %
Nipun sitominen	0.74	»	7.6 »
Nipun pois uitto	1.65	»	17.0 »
Kokonaisaika	9.73	min/nippu	100.0 %

Kuten työajan jakaantumisesta eri työvaiheiden kesken nähdään, muodostaa varsinainen niputus pääosan työstä. Tähän työhön kuluva aika niputettua kuutioyksikköä kohden riippuu ratkaisevasti niputettavien puiden koosta. Myöhemmin tarkastetaankin asiaa yksityiskohtaisesti. Nipun sitomisaikaan ei niputettavien puiden laatu vaikuta sanottavasti mitään, sillä kaikki niput ovat samankokoisia ja ne sidotaan muutenkin samalla tavoin. Käytettyjen siteitten laatu ja lukumäärä nippua kohden sitävastoin vaikuttaa luonnollisesti asiaan. Kokeitten aikana oli siteitten luku nippua kohden 2 ja käytettiin siteinä ketjuja ja rautalankoja, edellisiä kuitenkin valtavasti yleisemmin. On mielenkiintoista tarkastaa sitomisaikaa kumpaakin side-

lajia käytettäessä. Vertailun tekoa varten on aineistosta poimittu samojen henkilöiden työaikoja ketjuilla ja rautalangoilla sidottaessa ja laskettu keskiajat molempia sidelajeja käytettäessä.

Aineiston mukaan on nippujen sitominen rautalangoilla ollut hiukan hitaampaa kuin ketjuilla. Keskimääräinen nipun sitomisaika rautalangalla oli 1.09 min ja ketjuilla 0.93 min. Pieni eroitus johtuu lähinnä siteen kiinnitystavasta. Ketjun sitominen lukkolaitteen avulla on näet nopeampaa kuin rautalangan punominen riittävän lujalle puneelle. Koska nipun sitominen muodostaa kuitenkin verrattain pienen osan koko niputustyöstä, ei rautalangalla sitomisen hitaus lisää niputusaikaa kuin noin 2 %.

Nipun uittaminen pois niputtajan proomujen välistä ei luonnollisesti riipu merkittävästi niputettavien puiden laadusta, koska niput ovat kaikki yhtä suuria, vaan uittoajoissa esiintyneet vaihtelut aiheutuvat lähinnä sattumasta ja satunnaisesti esiintyvistä hankaluuksista. Nipun poisuittamisaikana käytetäänkin tämän vuoksi seuraavassa uittoaikojen keskiarvona 1.65 min nippua kohden.

Koska niputettavien puiden laatu vaikuttaa merkittävästi ainoastaan varsinaiseen niputukseen kuluvaan aikaan, tarkastetaan tämän työvaiheen viemää aikaa niputettavien puiden koon funktiona yksityiskohtaisesti.

Tutkimuksessa suoritettiin aikatutkimukset nippua kohden. Nippujen koon selvittämiseksi luettiin kunkin nipun puuluku ja sen lisäksi mitattiin yksityisten puiden latvaläpimitta noin 30 %:sta kuhunkin nippuun tulevia puita. Alkuaan oli tarkoitus mitata jokaisen puun latvaläpimitta niputtajan ketjuilla, mutta tämä osoittautui käytännössä mahdottomaksi niputtajan melkoisen työnopeuden vuoksi. Mittaus jouduttiin suorittamaan puiden ollessa nipussa ja senvuoksi voitiin mitata ainoastaan veden yläpuolella ja hieman pinnan alla olevat puut. Vaikkakin siten saatiin mitatuksi vain osa kunkin nipun puista, voidaan mittaustulosten katsoa riittävän tarkasti kuvaavan kunkin nipun puiden keskimääräistä läpimittaa, syystä että kunkin nipun puiden läpimitta vaihtelee verrattain vähän, koska niputus useimmiten kohdistui kerrallaan määrättyyn puutavaralajiin, kuten tukkeihin, paperipuihin jne. Toiseksi edustavat kunkin nipun veden yläpuolella olevat puut umpimähkäistä näytettä nipun koko puumäärästä, syystä ettei voida olettaa, että määrätynlaisia puita joutuisi erikoiseen paikkaan nipussa.

Aluksi tarkastetaan varsinaisen niputusajan ja nippujen puuluvun välistä riippuvaisuutta. Korrelatiotaulukko 191 esittää aineiston perusteella mainittua riippuvaisuutta.

Taulukko 191.

Varsinaiseen niputukseen kuluva aika nippua kohden nipun puuluvusta riippuen Nielsen'in koneella niputettaessa.

tn	60	179	196	253	130	50	39	48	73	59	66	82	52	7	1294
17.5													1		1
16.5										1		2			3
15.5				1								3		1	5
14.5					1			1	1	1	2	2	1		9
13.5				1					2	2	2	5	5	1	18
12.5				1	1		1	1	6	2	4	14	2		32
11.5			2	1					4	3	4	16	15	1	46
10.5	1	2	10		1	1			7	9	10	11	12	2	66
9.5	2	3	12	2	4	1	1	2	7	10	11	16	8	1	80
8.5	2	10	21	15	17	5	4	3	8	7	10	7	4	1	114
7.5	7	23	41	18	16	10	6	15	16	15	12	5	2		192
6.5	13	44	51	30	30	14	21	19	11	6	9	1	2		271
5.5	22	62	41	95	30	10	5	5	9	3	2				284
4.5	11	31	12	69	30	2	1	2	2						160
3.5	2	4	6			1									13
	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	n

Varsinainen niputusaika

Nipun puuluku.

Korrelatiotaulukosta nähdään, että varsinaiseen niputukseen kulunut aika vaihtelee melkoisesti, vaikkakin puuluku nippua kohden on pysynyt samana. Tämä vaihtelu johtuu, kuten tavallista, työn kulkuun satunnaisesti vaikuttaneista tekijöistä eikä riittävän laajaa aineistoa käytettäessä häiritse tutkimustulosta. Taulukosta nähdään, että aineisto ryhmittyy melko selvästi kahteen osaan nipun puulukua silmällä pitäen. Toisen keskuksen kohdalla on nipun puuluku noin 100 ja toisen 200—300 välillä. Edellisten nippujen puut ovat sahatukkeja, jälkimmäisen paperipuita. Korrelatiotaulukkoon on merkitty kunkin puulukuluokan keskimääräinen niputusaika pienellä ym-

pyrällä ja ympyrät on viivoilla yhdistetty toisiinsa murtoviivaksi. Syntynyt murtoviiva esittää niputusajan riippuvaisuutta nipun puuluvusta tasoittamattomana. Murtoviivassa esiintyvät mutkat täytyy kuitenkin vielä tasoittaa. Murtoviivan muodosta voidaan päättää, ettei suoraviivainen tasoitus ole paras mahdollinen. Koska käytännön kannalta katsoen kuitenkin olisi suotavaa, että suoraviivaista tasoitusta voitaisiin käyttää, tarkastetaan, millaisia poikkeuksia murtoviivan ja ensimmäisen regressiosuoran suunnissa esiintyy. Ensimmäisen regressiosuoran yhtälöksi saadaan:

1) $t = 0.0208\ n + 4.065$, jossa t = varsinainen niputusaika nippua kohden minutteina
n = nipun puuluku.

Regressiosuora on piirretty taulukkoon 191. Vertaamalla toisiinsa murtoviivaa ja regressiosuoraa, voidaan todeta, että suora antaa liian suuria arvoja puuluvultaan keskikokoisille nipuille. Poikkeukset ovat huomattavimmat nipun puuluvun vaihdellessa noin 120—200. Puulukuluokissa 160—200 on aineisto kuitenkin suhteellisen suppea toisiin puulukuluokkiin verraten, joten esiintyville poikkeuksille ei ole syytä antaa sitä merkitystä, mihin poikkeusten suuruus muuten antaisi aihetta. Toiseksi on huomattava, että puulukuluokissa 120—140, joissa aineistoa on runsaasti, on niputettavana tavarana ollut huomattavasti koivuja, joiden mutkaisen runkomuotonsa vuoksi täytyy olla melkoisesti ohuempia kuin havupuiden, jotta niitä sopisi nippuun sama kappalemäärä kuin havupuita (vertaa taulukkoa 192). Ohuiden puiden niputus taas on keskimäärin nopeampaa kuin paksumpien, joten tämä seikka alentaa niputusaikaa puulukuluokissa 120—140.

Suoraviivaisen tasoituksen käyttökelpoisuuden arvostelemiseksi on myös laskettu suureen $\frac{\xi}{\Sigma\ (\xi)}$ arvo ja saatu siksi 5.3. Suoraviivaista tasoitusta ei tämän mukaan enää voitaisi käyttää, sillä rajaarvona, minkä yli suureen arvo ei saisi nousta, pidetään 3. Mutta kun otetaan huomioon ne tekijät, jotka korrelation käyräviivaisuuden todennäköisesti ovat aiheuttaneet, voinee sitä siitä huolimatta käyttää.

Kuten yhtälöä 1) johdettaessa on mainittu, esittää se varsinaiseen niputukseen kuluvan ajan riippuvaisuutta nipun puuluvusta Päijänteellä käytettyjen kokoisille nipuille. Tutkimuksen lopputulosta silmällä pitäen on kuitenkin tärkeätä tuntea koko niputustyöhön kuluvan ajan riippuvaisuus nipun puuluvusta. Tällainen yhtälö on helposti johdettavissa yhtälöstä 1). Niputustyön muiden työvaiheiden

kuin varsinaisen niputuksen viemä aika ei näet riipu nipun puuluvusta, vaan on keskimäärin sama kaikille nipuille, joten lisäämällä tämä aika, 2.39 min, varsinaista niputusaikaa esittävään yhtälöön, saadaan niputustyön kokonaisaika nippua kohden. Yhtälö saa tällöin muodon:

2) $t_{\Sigma} = 0.0208\,n + 6.455$, jossa t_{Σ} = niputuksen kokonaisaika nippua kohden minutteina
n = nipun puuluku.

Koska nipussa oleva puuluku ei ole käytäntöön sopiva niputushankaluuden mitta, täytyy niputusajan argumenttina käytetty nipun puuluku muuntaa joksikin sopivammaksi mittayksiköksi. Tällaiseksi valitaan niputettavien puiden läpimitta. Koska nippujen ympärysmitta siteiden samanpituisuudesta johtuen on keskimäärin sama, on niiden poikkileikkauspinta-ala myös nippujen samanlaisesta muodosta riippuen keskimäärin yhtä suuri. Näin ollen määrää puiden läpimitta käytännöllisiä tarpeita varten riittävän tarkasti, montako puuta nippuun menee. On kuitenkin huomattava, että nipun puuluku riippuu huomattavasti siitä, miten tiivis nippu on. Nipun tiiviys taas riippuu melkoisesti niputuslaitteen rakenteesta ja toimintatavasta, joten keskenään verrannollisia ovat ainoastaan samalla tai samanlaisella niputtajalla tehdyt niput.

Niputuskokeiden yhteydessä sekä osaksi erikoisesti suoritettujen puiden mittausten perusteella saadaan nipussa olevan puuluvun ja puiden keskimääräisen läpimitan välille korrelatiotaulukko 192. Nippujen ympärysmitta on siteiden pituudesta johtuen keskimäärin 9 m. Puiden keskiläpimittaa laskettaessa on painolukuina käytetty kunkin läpimittaluokan pohjapinta-alaa.

Taulukosta nähdään, että samanpaksuistenkin puiden lukumäärä nipussa vaihtelee melkoisesti. Se johtuu lähinnä puiden pituuden ja runkomuodon vaihteluista sekä siitä, että nippujen koko vaihtelee, syystä että nippuun tuleva puumäärä riippuu työntekijöiden harkinnasta. Heidän täytyy arvion perusteella syöttää niputtajaan sopiva puumäärä, ja nipun koko voidaan todeta vasta sitomisen jälkeen. Saavutetun tottumuksen ansiosta tulevat niput kuitenkin keskimäärin samansuuruisia, ja tähän tulokseen täytyy käytännönkin kannalta pyrkiä, jotta siteiden koko pituus tulisi mahdollisimman tarkoin käytetyksi. Ainoastaan poikkeustapauksissa, esimerkiksi määrätyn omistajan yhteen menoon niputettavien puiden loppuessa, voi viimeinen nippu tulla tavallista pienempi tai mahdollisesti myös suurempi.

Taulukko 192.

Puiden latvaläpimitan ja nipun puuluvun välinen riippuvaisuus.

Nipun puuluku.	51	174	294	401	257	73	22	8	3	2	1285
320	3	2	3	1							9
300	11	30	13	1							55
280	25	43	17		1						86
260	6	28	26	4	2						66
240	5	22	24	7	1						59
220	1	23	36	14	1						75
200		10	21	14	2	3					50
180		2	14	19	4						39
160		2	10	29	17	2					60
140		2	28	54	36	11	2				133
120			30	108	80	25	7	2	1		253
100		10	55	64	41	14	9	3			196
80			15	79	68	18	2	3	2	1	188
60			2	7	4		2			1	16
	4.75	5.25	5.75	6.25	6.75	7.25	7.75	8.25	8.75	9.25	

Puiden latvaläpimitta tuumina.

Taulukkoon on pienillä ympyröillä merkitty nipussa olevien eri läpimittaluokkien puulukujen keskiarvot ja on ympyrät yhdistetty murtoviivaksi. Murtoviiva tasoitetaan käyrällä. Tasoituskäyränä on luonnollisin toisen asteen miinuspotenssinen paraabeli. Taulukkoon onkin piirretty tällainen tasoituskäyrä ja sen yhtälö on:

$$3)\quad n = \frac{6\,100}{d^2},$$ jossa n = nipun puuluku .
d = puun latvaläpimitta tuumina.

Taulukosta nähdään, että käyrän antama tasoitus on yleensä tyydyttävä. Läpimittaluokissa 6.25″ ja 6.75″ ovat aineiston keskiarvot jonkin verran pienemmät kuin mitä tasoituskäyrä edellyttää, ja luokassa 5.25″ päinvastoin. Esiintyvien poikkeusten syyt ovat kuitenkin selitettävissä. Läpimittaluokissa 6.25″ ja 6.75″ on melkoisessa määrin koivutukkeja, joita niiden havupuiden runkomuotoon verrattuna epäsäännöllisen runkomuodon vuoksi menee nippuun tavallista vähemmän. Osittain vaikuttaa samaan suuntaan myös se, että koivutukit ovat olleet huomattavasti pitempiä kuin havupuutukit.

Mainituissa kahdessa läpimittaluokassa on koivutukkinippujen pituus ollut noin 8.9 m ja havupuunippujen vastaava pituus vain 6.2 m. Lähinnä koivutukkien mutkaisuus ja pituus on aiheuttanut, että niitä on mennyt nippuun 6.25″ luokassa 88 kpl ja 6.75″ luokassa 86 kpl. Jos koivutukit jätettäisiin aineistosta pois, tulisivat läpimittaluokkien 6.25″ ja 6.75″ nipun kappalelukujen keskiarvot olemaan 143 ja 128. Mainitut pisteet on risteillä merkitty korrelatiotaulukkoon, ja kuten nähdään, ovat ne jo verrattain lähellä tasoituskäyrää. Tasoitussuoran melkoista suuremman arvon läpimittaluokassa 5.25″ aiheuttaa lähinnä se, että tähän luokkaan kuuluu suuri määrä 4 m pituisia paperipuita, joten sen luokan puut ovat keskipituutta lyhyempiä. Puiden lyhyys taas kohottaa nippujen tiheyttä ja kohottaa suhteellisesti nipun kappalelukua (Kiintomittataulukkoja 1929).

Edellä esitetty huomioon ottaen voidaan tasoituskäyrän katsoa tarpeeksi tarkasti kuvaavan puiden latvaläpimitan ja nipun puuluvun välistä keskimääräistä suhdetta.

Koska edellä on määrätty niputukseen kuluva kokonaisaika nippua kohden nipun puuluvusta riippuen sekä nipun puuluvun ja puiden keskimääräisen läpimitan välinen riippuvaisuus, voidaan mainittuja suhteita esittävien yhtälöiden avulla laskea puiden läpimitan vaikutus niputusaikaan puuta kohden. Yhtälöön sijoitetaan nipun puuluvun (n) tilalle sen arvo yhtälöstä 3) lausuttuna puun latvaläpimitan (d) avulla ja jaetaan yhtälön molemmat puolet nipun puuluvulla (n). Siten menetellen saadaan yhtälö:

4) $t_p = 0.021 + 0.00107\ d^2$, jossa t_p = niputusaika pölkkyä kohden minutteina
d = pölkyn latvaläpimitta tuumina.

Yhtälö 4) esittää niputusaikaa pölkkyä kohden latvaläpimitasta riippuen. Käytäntöä varten on kuitenkin pyrittävä määräämään niputushankaluus sopivammasta argumentista riippuvana. Tätä varten esitetään seuraava yhtälö pölkyn kuution, läpimitan ja pituuden välillä:

5) $v = \frac{\pi\ d^2\ L}{4.144}$, jossa v = pölkyn kuutio kuutiojalkoina
d = latvaläpimitta tuumina
L = pölkyn pituus jalkoina.

Ratkaisemalla yhtälö d^2:n suhteen saadaan:

6) $$d^2 = \frac{183\ v}{L}$$

Jos saatu d^2:n arvo sijoitetaan yhtälöön 4), saadaan se muotoon:

$$7) \qquad t_p = 0.021 + \frac{0.196\ v}{L}$$

Niputusaika pölkkyä kohden muodostuu siis kahdesta termistä, joista toisen (0.021) suuruus on riippumaton pölkyn mitoista, ja toinen $\left(\frac{0.196\ v}{L}\right)$ on suoraan verrannollinen pölkyn kuutioon (v) sekä kääntäen verrannollinen pölkyn pituuteen (L). Sanoin lausuttuna kuluu siis jokaisen pölkyn niputtamiseen määrätty vakioaika sekä lisäksi aikaa, jonka pituus on suhteellisesti sitä suurempi, mitä kookkaampi pölkky on. Niputusaika voitaisiin siis lausua pölkyn kuution ja pituuden funktiona.

Käytännön kannalta ei pölkyn pituus ole kuitenkaan sopiva argumentti niputushankaluutta määrättäessä, vaan on pyrittävä mikäli mahdollista käyttämään argumenttina yksinään pölkyn kuutiota. Siihen onkin mahdollisuus, kun otetaan huomioon, että yleisillä niputuspaikoilla niputetaan ainoastaan pitkää puutavaraa, jonka pituus vaihtelee keskimäärin verrattain vähän. Ainoastaan koivujen pituus on keskimäärin tavallista suurempi. Ottaen kuitenkin huomioon koivujen epäsäännöllisen runkomuodon aiheuttama yleisen käsittelyhankaluuden lisääntyminen, ei tehdä virhettä, vaikka oletetaan kaiken niputettavan puutavaran olevan niputushankaluutta silmällä pitäen samanpituista. Niputushankaluuden kaavaa edelleen kehitettäessä oletetaan tämän keskipituuden olevan 17 jalkaa. Havupuisten sahatukkien keskipituus on nykyisin suunnilleen mainitun suuruinen ja paperipuidenkin keskipituudet ovat sangen lähellä sitä. Jos kaavaan 7) sijoitetaan pituuden (L) paikalle valittu keskipituus, 17 j, saa se muodon:

$$8) \qquad t_p = 0.021 + 0.0115\ v$$

Yhtälö 8) esittää yhden pölkyn niputukseen kuluvaa aikaa. Jos halutaan saada tietää useamman pölkyn, toisin sanoen määrätyn puuerän aika, täytyy laskea yhteen kunkin pölkyn niputukseen kuluneet ajat. Tällöin saa yhtälö muodon:

$$9) \quad T_n = 0.021\ n + 0.0115\ \Sigma v$$

jossa n = niputettavien pölkkyjen lukumäärä

Σv = niputettavien pölkkyjen yhteinen kuutio kuutiojalkoina

T_n = niputukseen kuluva aika minutteina.

Siinä tapauksessa, että puiden vaihteleva pituus halutaan ottaa niputushankaluutta määrättäessä huomioon, menetellään seuraavalla tavalla. Niputusaika pölkkyä kohden on kaavan 9) mukaan:

$$10) \qquad t_p = 0.021 + \frac{0.196\ v}{L}$$

Määrätyn puuerän niputukseen kuluva aika saadaan siten, että lasketaan kunkin pölkyn niputukseen menevät ajat yhteen. Puuerän niputukseen menevälle ajalle saadaan siten lauseke:

$$11) \qquad T = 0.021\,n + 0.196\ \Sigma \frac{v}{L}$$

Kokonaisniputusaika riippuisi näin ollen puuerän kappaleluvusta ja eri pölkkyjen kuution ja pituuden suhteitten summasta. Viimeksi mainittu summa on kuitenkin käytännössä erittäin työläs laskea, joten on tyydyttävä käyttämään sen likimääräistä, yksinkertaisemmin laskettavissa olevaa arvoa. Koska puiden pituudet ja paksuudet yleensä vaihtelevat sen suuntaisesti, että pitkät puut ovat keskimäärin myös paksuja ja päinvastoin, voidaan käytäntöä varten olettaa, että

$$12) \qquad \Sigma \frac{v}{L} \backsim \frac{\Sigma\, v}{\Sigma\, L}$$

Puuerän kokonaisniputusajalle saadaan silloin lauseke:

$$13) \quad T = 0.021\ n + 0.196\ \frac{\Sigma\, v}{\Sigma\, L},$$

jossa T = puuerän kokonaisniputusaika minutteina
n = puuerän kappaleluku
Σv = puuerän kuutio j^3:oina
ΣL = puiden yhteinen pituus jj:oina.

Puuerän kokonaisniputusaika on siis edellisessä kaavassa määrätty kokonaiskappaleluvun (n), puiden yhteisen kuution (Σv) ja yhteisen pituuden (ΣL) perusteella.

2. Niputustutkimukset Blackstad'in niputtajalla.

Kuten tunnettua, tapahtuu niputus Blackstad'in niputtajalla toisen periaatteen mukaan kuin Nielsen'in niputtajalla. Blackstad'in niputtajan (kuva 190) toimintaperiaate on se, että niputettavat puut uitetaan poikkiasentoisesti niputuskanavaan. Kun kanavaan on saatu

yhteen nippuun riittävä määrä puita, puristetaan puut nipuksi kanavan toiseen päähän. Puristaminen tapahtuu kanavan pituussuunnassa koneellisesti liikkuvan sillan avulla. Sekä liikkuvassa sillassa että kanavan päässä olevassa kiinteässä sillassa on kohtisuoraan veden sisään pistävät käsivarret l. kahvat, joiden väliin nippu puristuu. Puristettu nippu sidotaan joko ketjuilla tai rautalangalla tavalliseen tapaan. Sen jälkeen käännetään kiinteän sillan käsivarret sivuun ja nippu uitetaan tai useimmiten painetaan liikkuvan sillan avulla ulos koneesta.

Niputustyön suoritustavan mukaisesti jaettiin niputustyö aikamittauksia varten seuraaviin työvaiheisiin: 1. puiden uitto ja järjestely, 2. nipun puristaminen, 3. nipun sitominen ja 4. valmiin nipun poistaminen kanavasta. Aineisto käsittää kaikkiaan 3 950 nipun niputtamisen. Keskimääräiseksi niputusajaksi nippua kohden saadaan 4.91 min. Eri työvaiheiden kesken jakaantuu työaika seuraavasti:

Puiden uitto ja järjestäminen kanavaan	2.79	min/nippu	56.9 %
Puristaminen nippuun	0.86	»	17.5 »
Nipun sitominen	0.92	»	18.7 »
Valmiin nipun poistaminen	0.34	»	6.9 »
Kokonaisaika	4.91	min/nippu	100.0 %

Puiden uitto kanavaan ja nipun puristaminen, siis varsinainen nipun tekeminen, muodostaa siten suurimman osan kokonaistyöajasta. Kun verrataan tätä aikaa vastaavaan aikaan Nielsen'in koneella niputettaessa, todetaan, että nipun tekeminen Blackstad'in koneella on noin puolta nopeampaa. Nipun sitominen on molemmissa tapauksissa sama, ja käytetty aikakin on suurin piirtein yhtä suuri. Tosin sitomisen keskiaika Blackstad'in koneella on jonkin verran suurempi kuin Nielsen'in koneella niputettaessa, mutta se johtunee siitä, että nippu Nielsen'in koneella tehtynä on säännöllisempi kuin Blackstad'in koneella niputettuna. Kun lasketaan sitomisaikojen keskiarvot erikseen ketjuja ja lankoja käytettäessä, saadaan niiksi edellämainitussa järjestyksessä 0.88 ja 1.05 min/nippu. Kuten huomattiin edelläkin Nielsen'in koneella tehtyjen nippujen sitomisaikoja tarkastettaessa, on ketjuilla sitominen ollut hieman joutuisampaa kuin langoilla sitominen. Eroitus on kuitenkin siksi pieni, ettei sillä ole mitään taloudellista merkitystä. Ketjujen ja lankojen hankintahinnan ero on näet siksi suuri, että se monin kerroin korvaa pienen työkustannusten eron.

Valmiin nipun poistaminen Blackstad'in koneesta käy nopeammin kuin Nielsen'in koneesta. Se onkin luonnollista, kun otetaan huomioon koneitten erilainen rakenne ja nipun kulku sen poistuessa koneesta. Nielsen'in koneesta uitetaan nippu pois nipun pituussuuntaan. Blackstad'in koneesta taas painetaan nippu konevoimalla poikkisuuntaan. Edellisessä tapauksessa on nipun koneesta poistamiseen tarpeellinen siirtymismatka huomattavasti lyhyempi kuin jälkimmäisessä tapauksessa.

Niputettavan tavaran laatu vaikuttaa Blackstad'in koneella niputettaessa puiden uitto- ja järjestelyaikaan kanavassa sekä lisäksi nipun puristamisaikaan. Mitä pienempää puutavara on, sitä useampia kappaleita puita täytyy niputuskanavaan järjestää nipun kokoon saamiseksi, ja sitä suuremman tilan ne vedessä rinnatusten uidessaan ottavat. Työaika nippua kohden lisääntyy näin ollen puiden pienentyessä.

Seuraavassa esitetään korrelatiotaulukko 193, joka osoittaa kokonaisniputusajan riippuvaisuutta nipun puuluvusta.

Taulukko 193.

Kokonaisniputusajan riippuvaisuus nipun puuluvusta Blackstad'in koneella niputettaessa.

Niputusaika min/nippu.	1	2o	143	335	329	443	468	292	2o9	458	61o	367	174	57	22	8	4	5	4	1	395o
16.5														1							1
15.5						1					3										4
14.5					1					1	3		1								6
13.5								3			1	2	2			1			1		1o
12.5					3	3	2	2	2	2	4	1	1		1						21
11.5				1	1	1	2	2	1	5	1	4									18
1o.5				3	4		8	6	5	6	11	8	1	2		2		1			57
9.5					4	9	7	4	6	18	15	16	1	3			2	2	1	1	89
8.5			2	4	5	8	9	4	2	17	37	22	8	1	2	2			1		124
7.5			1	9	16	12	16	13	11	28	31	2o	15	6	5		1	1			185
6.5			2	22	17	29	3o	2o	16	55	78	49	23	11	6	1	1		1		361
5.5			6	33	32	34	66	42	29	92	121	95	43	1o	5	2		1			611
4.5		1	14	4o	4o	83	114	73	5o	126	187	95	58	17	3						9o1
3.5		5	11	117	1o4	178	151	97	63	93	11o	51	19	5							1o34
2.5	9	13	69	1o1	99	85	63	25	24	15	8	4	2	1							51o
1.5		1	8	5	3			1													18
	1o	3o	5o	7o	9o	11o	13o	15o	17o	19o	21o	23o	25o	27o	29o	31o	33o	35o	37o	39o	

Nipun puuluku.

Taulukkoon on pienillä ympyröillä merkitty kunkin puuluku-luokan niputusajan keskiarvo ja yhdistetty pisteet murtoviivaksi. Murtoviivan muodosta nähdään, että niputusaika nipun puuluvusta riippuen voidaan sangen hyvin tasoittaa suoraviivaiseksi. Tasoitussuorana on käytetty ensimmäistä regressiosuoraa, jonka yhtälö on:

14) $t = 0.01225\ n + 2.97$, jossa t = niputusaika nippua kohden minutteina
n = nipun puuluku.

Suoraviivaisen tasoituksen arvostelua varten on laskettu suureen $\frac{\xi}{\Sigma(\xi)}$ arvo ja saatu siksi 3.0. Se on siis juuri sillä rajalla, minkä suoraviivaisen tasoituksen käyttö edellyttää. Ottaen huomioon korrelation käyräviivaisuuden aiheuttavat tekijät, jotka edellä on esitetty, voidaan suoraviivaiseen tasoitukseen hyvin tyytyä.

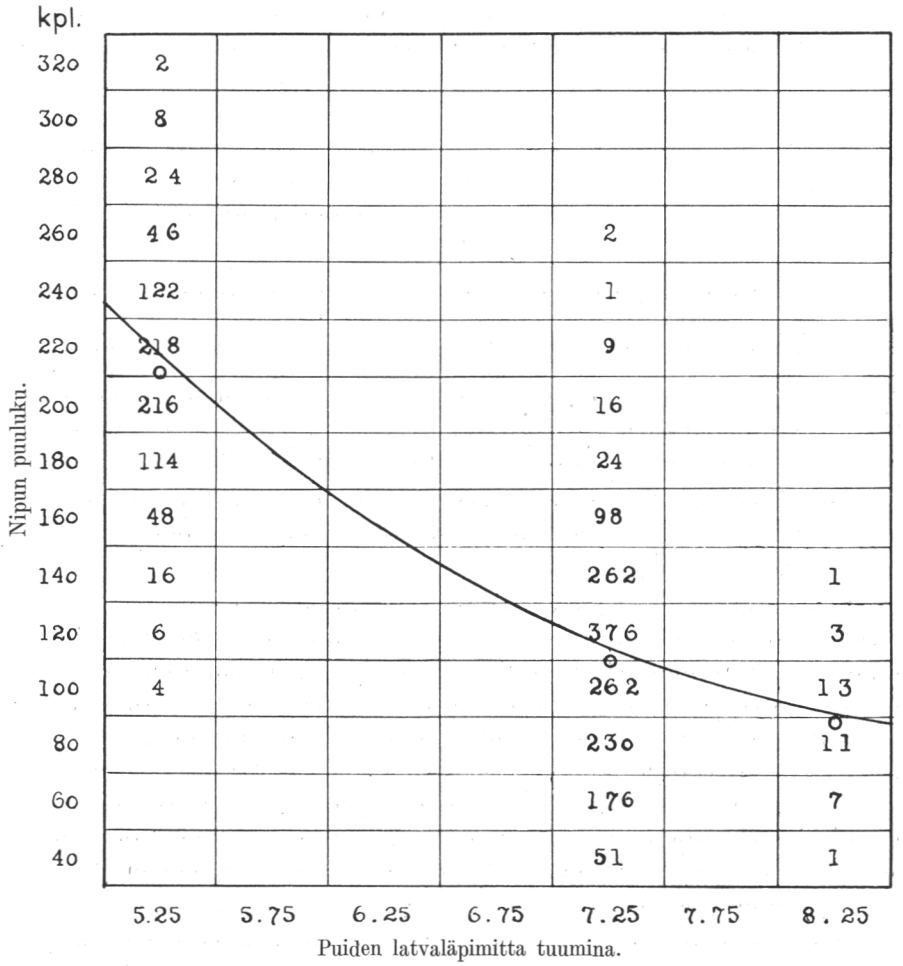
Kuten edellä Nielsen'in koneella niputusta tutkittaessa tehtiin, tarkastetaan tässäkin nipun puuluvun ja puiden läpimitan välistä suhdetta.

Nipun puuluvun ja puiden läpimitan välisen suhteen selvittämiseksi ei varsinaisia mittauksia suoritettu, vaan meneteltiin siten, että niputusaikatutkimuksen yhteydessä merkittiin nipun puuluvun lisäksi muistiin myös omistaja. Erottelututkimuksen yhteydessä tuli taas mitatuksi edustava aineisto kunkin omistajan puista, joten niiden perusteella voidaan laskea eri omistajien puiden keskimääräinen läpimitta. Sen mukaan jakaantuvat puut etupäässä laatunsa vuoksi kolmeen läpimittaluokkaan, nimittäin paperipuihin, keskikokoisiin tukkeihin ja suuriin tukkeihin. Taulukko 194 esittää puiden läpimitan ja nipun puuluvun välistä suhdetta.

Taulukkoon on merkitty kunkin läpimittaluokan keskiarvo pienellä ympyrällä ja piirretty lisäksi tasoituskäyrä, joka on sama kuin Nielsen'in koneella niputettaessa saatu vastaava tasoituskäyrä. Kuten nähdään, soveltuu sama käyrä tässäkin tapauksessa tasoituskäyräksi siksi hyvin, ettei sitä ole syytä vaihtaa toiseen. Tulos siis osoittaa, että nipun puuluku samankokoisia puita niputettäessa on suunnilleen sama Nielsen'in ja Blackstad'in koneita käytettäessä, jos siteet ovat samanpituisia. Sikäli kuin eroa puuluvussa on huomattavissa, on se sen suuntainen, että Blackstad'in koneella tehdyt niput ovat jonkin verran löyhempiä ja puuluku niissä hiukan pienempi kuin Nielsen'in koneella niputetuissa.

Taulukko 194.

Puiden latvaläpimitan ja nipun puuluvun välinen riippuvaisuus.



Menetellään samalla tavoin kuin edellä Nielsen'in koneella niputusta tutkittaessa, kun johdetaan niputusajalle pölkkyä kohden kaava myös Blackstad'in koneella niputettaessa. Kaava muodostuu seuraavaksi:

15) $t_p = 0.012 + 0.00049\ d^2$, jossa t_p = niputusaika pölkkyä kohden minutteina
d = pölkyn latvaläpimitta tuumina.

Niputusaika pölkkyä kohden johdetaan myös puun kuutiosta ja pituudesta riippuen samoin edellytyksin kuin sivulla 246 vastaavaa kaavaa Nielsen'in niputtajalle johdettaessa. Kaava saa silloin seuraavan muodon:

16) $t_p = 0.012 + \frac{0.090\ v}{L}$, jossa t_p = niputusaika pölkkyä kohden minutteina
v = pölkyn latvakuutio j³:oina
L = pölkyn pituus jalkoina.

Olettamalla pölkkyjen keskipituuden olevan 17 j, kuten edellä, muuttuu kaava 16) muotoon:

17) $$t_p = 0.012 + 0.0053\ v$$

Niputettavan puuerän kokonaisniputusajalle saadaan tästä edelleen seuraava kaava:

18) $T_n = 0.012\ n + 0.0053\ \Sigma v$, jossa n = niputettavien pölkkyjen lukumäärä
Σ_v = niputettavien pölkkyjen yhteinen kuutio j³:oina
T_n = niputukseen kuluva aika minutteina

Samoin kuin edelläkin (kaava 16) voidaan kokonaisniputusajalle johtaa lauseke, jossa puiden vaihteleva pituus on otettu huomioon. Lauseke on seuraava:

19) $T = 0.012\ n + 0.090\ \frac{\Sigma\ v}{\Sigma\ L}$, jossa T = puuerän niputusaika minutteina
n = puuerän kpl-luku
Σv = puuerän kuutio j³:oina
ΣL = puiden yhteinen pituus jj:oina.

3. Erikokoisten puiden niputushankaluus.

Edellä on esitetty tutkimustulokset Nielsen'in ja Blackstad'in koneilla niputtamisesta. Seuraavassa tarkastetaan, missä määrin niputushankaluus eri niputuskoneita käytettäessä on samansuuntainen, ja voidaanko näin ollen esittää niputushankaluussuhdelukuja, jotka voidaan yleistää käytetyn niputuskoneen laadusta riippumatta.

Vertailua varten lasketaan niputushankaluussuhdeluvut kuutiojalkaa kohden eriläpimittaisille puille kumpaakin niputuskonetyyppiä käytettäessä. Keskiläpimittana, johon vertaus tehdään, pidetään 7″ läpimittaa. Suhdeluvut lasketaan kaavoista kullekin tuumaluvulle. Tulokseksi saadaan seuraavan taulukon mukaiset luvut.

Taulukko 195.

Niputushankaluussuhdeluvut kuutioyksikköä kohden eriläpimittaisille puille Nielsen'in ja Blackstad'in koneilla niputettaessa.

Puiden latvaläpimitta	5″	6″	7″	8″	9″	10″	11″	12″	13″
Niputuskoneen tyyppi	Niputushankaluussuhdeluvut								
Nielsen'in niputtaja	128	111	100	93	89	86	83	81	80
Blackstad'in »	133	113	100	92	87	84	81	79	77
M	130	112	100	93	88	85	82	80	79

Huolimatta siitä, että niputtaminen Blackstad'in koneella on suunnilleen puolta nopeampaa kuin Nielsen'in koneella, on puiden läpimitan vaikutus niputusaikaan melkein sama. Niputushankaluussuhdeluvut ovat näet siinä määrin samat, että esiintyvät pienet erot voivat hyvin johtua aineiston epätasaisuuksista ja sattumasta.

Niputustutkimusten tulos osoittaa siis selvästi, että puiden koolla on sangen huomattava vaikutus niputushankaluuteen ja että niputustyö seuraa yksikkökäsittelynä kappalepaljouden lakia siten, että mitä pienempiä puut ovat, sitä enemmän työtä niiden niputtaminen kuutioyksikköä kohden aiheuttaa (Vuoristo 1935).

Loppusanat.

Käsillä oleva tutkimus on osoittanut, että uitettavien puutavaroiden vaihteleva koko ja laatu vaikuttavat huomattavasti niiden uittohankaluuteen. Erilaisen puutavaran uitosta aiheutuva työn määrä ja uittokustannukset kuutioyksikköä kohden vaihtelevat siis todellisuudessa samassakin uitossa suuresti. Tämä seikka on uittotyön järjestelyn ja suorituksen kannalta sangen merkittävä. Uittohankaluuden vaihtelulla on myös tärkeä merkitys yhteisuitosta aiheutuvia kustannuksia jaettaessa. Ellei mainittua vaihtelua oteta riittävässä määrässä huomioon, ei kustannusten jako nykyisin hyväksyttyjen periaatteiden mukaan muodostu oikeudenmukaiseksi, vaikka mainittuun päämäärään olisi epäilemättä pyrittävä. Puiden omakustannushinnan laskemisessa on uittohankaluuden vaihtelun tunteminen myös välttämätöntä, sillä ilman sitä ei voida päästä oikeisiin lopputuloksiin.

Jos luodaan yleissilmäys esitettyihin tutkimustuloksiin, havaitaan, että tietynlaisen puutavaran uittohankaluus varsinaisessa uitossa riippuu useista tekijöistä. Osan tekijöistä muodostavat uitettavan puutavaran ominaisuudet, osan käytettävän uittoväylän uittokelpoisuus. — Uittohankaluuteen voimakkaimmin vaikuttava uittotavaran ominaisuus on puun koko. Tämä johtuu lähinnä siitä, että uitettavien puiden koko vaihtelee nykyään sangen voimakkaasti. Osaksi uitetaan järeitä tukkeja, osaksi aivan pienikokoista pinotavaraa. Puiden kokoa karakterisoivat läpimitta ja pituus. Uitettavien puutavaroiden läpimitan vaihtelua rajoittaa käytännössä hakattavien runkojen läpimitta ja on vaihtelurajoina olevien läpimittojen suhde suunnilleen 1 : 3. Pituuden vaihtelu voi sitävastoin olla huomattavasti suurempi, sillä uitoissa esiintyy sangen yleisesti 1 m pituista pinotavaraa ja toiselta puolen 8—9 m rankoja ja tukkeja. Puiden enenevä läpimitta ja pituus lisäävät molemmat puiden uittohankaluutta. Käytännössä vaikuttaa puiden pituuden vaihtelu voimakkaammin uittohankaluuteen kuin läpimitan vaihtelu. Syynä tähän on se, että pituuden vaihtelut ovat suhteellisesti paljon suuremmat kuin läpimitan vaihtelut. Lisäksi on huomattava, että puiden pituuden ja läpi-

mitan välillä on yleisesti positiivinen korrelatio, ts. että ohuet puut ovat tavallisesti lyhyitä ja paksut pitkiä, mikä seikka lisää vielä käytännössä huomattavasti puiden koon vaikutusta uittohankaluuteen. — Puiden koon ohella vaikuttaa niiden uittohankaluuteen myös kellumiskyky, puun pinnan laatu sekä runkomuoto. Jos mainitut ominaisuudet vaihtelevat, lisääntyy uittohankaluus silloin, kun kellumiskyky huononee, puun pinta käy karheammaksi tai runkomuoto epäsäännöllisemmäksi. Viimeksi mainitut ominaisuudet voivat tosin käytännössä vaihdella suurestikin, mutta tiettyä uittotapausta tarkasteltaessa ei ominaisuuksien vaihtelu puutavaralajeittain kuitenkaan usein ole suuri. Eri puutavaralajien välinen eroavaisuus on sitävastoin useimmiten huomattava ja vaikuttaa merkittävästi uittohankaluuteen.

Kuten sanottu, ei puutavaran ominaisuuksien vaihtelu vielä sinänsä määrää niiden uittohankaluutta, vaan tärkeänä tekijänä on otettava huomioon myös uittoväylän uittokelpoisuus. Tietyn suuruinen ominaisuuden vaihtelu vaikuttaa näet uittohankaluuteen sitä voimakkaammin, mitä pienempi ja vaikeammin uitettava väylä on kysymyksessä. Puutavaran eri ominaisuuksien ja uittohankaluuden välistä suhdetta ei siis voida määrätä siten, että tulos olisi pätevä kaikkia uitto-olosuhteita silmällä pitäen. Jotta uittohankaluus tästä huolimatta voitaisiin määrätä käytännön tarpeita tyydyttävällä tavalla erilaisia uitto-olosuhteita silmällä pitäen, on tutkimuksessa laadittu erilaisille väylille uittokelpoisuusluokitus. Luokituksen perustana on käytetty erilaisten uittohäiriöiden, nimittäin rannalle, puomin taakse, ruuhkaan ja kosteeseen jäännin suhteellista määrää. Luokitusta käyttäen on erilaiselle puutavaralle voitu määrätä uittohankaluus tyydyttävällä tarkkuudella niiden ominaisuuksista riippuen eri uitto-olosuhteissa.

Asialla on huomattava käytännöllinen merkitys sen vuoksi, että tietyn uittoyhdistyksen hallussa on useimmiten uittoväyliä, joiden uittokelpoisuus vaihtelee suuresti, ja sama uittokustannusten jakoperuste ei siis sovellu sellaisenaan käytettäväksi koko uittoyhdistyksen alueella. Oikeudenmukaiseen jakoon pyrittäessä tulisi uittoreitit jakaa väyläosuuksiin uittokelpoisuuden perusteella ja määrätä eri uittokustannusten jakoperusteet kutakin uittokelpoisuusluokkaa olevilla väyläosuuksilla.

Sen lisäksi mitä edellä on sanottu uittohankaluuteen vaikuttavista tekijöistä varsinaista uittoa silmällä pitäen, on otettava huomioon myös se, että puutavaran ominaisuudet vaikuttavat erottelu- ja niputushankaluuteen. Puitten suureneva koko on nimittäin edullinen

ominaisuus erottelu- ja niputustyössä, siis täysin päinvastoin kuin varsinaisessa uitossa. Kun toiselta puolen varsinaisten uittokustannusten sekä erottelu- ja niputuskustannusten suhteellinen määrä vaihtelee eri uittoreiteillä, jopa samallakin reitillä riippuen siitä, miten ylhäältä uitetaan, ei tästäkään syystä samaa uittokustannusten jakoperustetta voida tyydyttävästi käyttää kokonaisuittokustannuksia jaettaessa. Molemmille uittotoiminnan päämuodoille tulisi näin ollen oikeudenmukaisen tuloksen saavuttamiseksi määrätä omat kustannusten jakoperusteensa.

Se seikka, että puutavaran ominaisuudet, lähinnä niiden koko, vaikuttavat eri tavalla uittohankaluuteen varsinaisessa uitossa ja erottelussa, aiheuttaa erään uittopoliittisen probleeman. Lainsäädäntömme edellyttämä yhteisuitto johtaa näet useimmissa tapauksissa siihen, että kaikki uitettava puutavara täytyy uiton päätyttyä erotella, ja täytynee erottelukustannuksia pitää varsinaisiin uittokustannuksiin verrattuina yhteisuiton aiheuttamina pakollisina lisäkustannuksina. Kun varsinainen uittohankaluus ja erotteluhankaluus ovat tietynlaiselle tavaralle päinvastaisessa suhteessa toisiinsa, aiheuttaa pakollinen erottelu helposti uitettavalle tavaralle suhteellisesti enemmän lisäkustannuksia kuin vaikeasti uitettavalle tavaralle. Jos uittomatka on pitkä ja varsinaiset uittokustannukset suuret, eivät erottelukustannukset vaikuta sanottavasti kokonaisuittokustannuksiin, mutta siinä tapauksessa, että puita uitetaan lähellä jokisuuta, voivat erottelukustannukset muodostaa suurimman osan kokonaisuittokustannuksista. Tällöin joutuu helposti uitettava, mutta vaikeasti eroteltava tavara epäoikeudenmukaiseen asemaan. Koska yhteisuitosta aiheutuu etua kaikille uitettaville puutavaroille, ja saavutetun edun määrä on suoraan verrannollinen varsinaisten uittokustannusten määrään, tuntuisi oikeudenmukaiselta, että yhteisuiton aiheuttaman pakollisen erottelun kustannukset jaettaisiin varsinaisten uittokustannusten suhteessa. Toisin sanoen lähellä jokisuuta uitetut ja yhteisuitosta vähän hyötyneet puutavarat maksaisivat erottelusta vähemmän kuin kauempaa uitetut tavarat.

Kuten edellä esitetystä lienee käynyt ilmi, ei uittohankaluutta ja siihen perustuvaa uittoyksikön määrittelemistä voida tehdä tuntematta kysymyksessä olevaa uittotapausta yksityiskohtaisesti. Vasta tämän tuntemuksen perusteella voidaan määritellä uittoreitin eri osien uittokelpoisuus ja huomioida ne erilaisen puutavaran ominaisuudet sekä niiden vaikutuksen voimakkuus, joista uittohankaluus kulloinkin riippuu. Kun tällainen selitys on olemassa, voidaan sen perusteella vasta laatia oikeudenmukaiseen tulokseen johtavat uittokustannusten jakoperusteet.

Kirjallisuusluettelo.

Andersson, G. 1912. Flottningsstatistik och skogspolitik. Flottningstidskrift. Stockholm.

Fredenberg, Karl. 1905. Flottningsafgäldernas beräknande. Skogsvårdsföreningens Tidskrift. Stockholm.

Glas, Gottne L. 1907. Kan något göras för att nedbringa flottningskostnaden i Lappmarkens mindre flottleder? Skogsvårdsföreningens Tidskrift. Stockholm.

Gyllenhammar, G. 1904. Om flottningsafgäldernas beräknande i de Norrländska flottlederna. II. Diskussion. (Kts. Ålund.) Skogsvårdsföreningens Tidskrift. Stockholm.

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

Hellström, Otto. 1912. De grundläggande principerna för fördelning af kostnaderna för flottning i allmän flottled. Skogsvårdsföreningens Tidskrift. Stockholm.

Jalava, Matti. 1938. Vanerikoivujen kaato ja uitto. Puutekniikan tutkimuksen kannatusyhdistys r. y. Julkaisu N:o 28. Helsinki.

Kaitila, I. V. 1928. Teollisuusliikkeen laskentatoimen perusteet. I. Omakustannuslaskenta. Jyväskylä.

Kiintomittataulukkoja. 1929. Keskusmetsäseura Tapion julkaisuja. Helsinki.

Kinnman, Gunno. 1919. Om flottleder och flottning. Stockholm.

Lassila, I. 1926. Puun mekaanillis-teknillisten ominaisuuksien tutkimuksia. Sen tuloksista ja tehtävistä. Acta Forestalia Fennica 31. Helsinki.

Lindeberg, J. W. 1917. Todennäköisyyslasku ja sen käytäntö tilastotieteessä. Alkeellinen esitys. Helsinki.

Lindman, (N. N.). 1904. Om flottningsafgäldernas beräknande i de Norrländska flottlederna. II. Diskussion. (Kts. Ålund.) Skogsvårdsföreningens Tidskrift. Stockholm.

Löf, Axel. 1912. Efter hvilka grunder böra kostnaderna för den allmänna flottningen rättvisligen fördelas? Skogsvårdsföreningens Tidskrift. Stockholm.

—»— 1912. Gemensamma sorteringsställen i flottleder. Flottningstidskrift. Stockholm.

Oksala, Arvi. 1926. Uitto ja lauttaus sekä uittorakenteet. Porvoo.

Pohjois-karjalan Uittoyhdistyksen Vuosikertomus 1935. Joensuu.

Saari, Eino. 1931. Uittotilastoa vuosilta 1928 ja 1929. Puutekniikan tutkimuksen kannatusyhdistys r. y. Julkaisu N:o 1. Helsinki.

Sandström, N. V. 1911. Om s. k. kubikflottning. Årsskrift från Föreningen för Skogsvård i Norrland. Stockholm.

Seppänen, O. 1937. Saimaan vesistöjen uittoväylät ja uittojen organisaatio niissä. Acta Forestalia Fennica 46. Helsinki.
Thunberg, (N. N.). 1904. Om flottningsafgäldernas beräknande i de Norrländska flottlederna. II. Diskussion. (Kts. Ålund.) Skogsvårdsföreningens Tidskrift. Stockholm.
Uittotilastoa vuosilta 1928 ja 1929. 1931. Puutekniikan tutkimuksen kannatusyhdistys r. y. Julkaisu N:o 1. Helsinki.
Wicksell, S. D. 1920. Elementen av statistikens teori, med särskild hänsyn till befolkningsstatistiken. Stockholm—Lund.
Vuoristo, Ilmari. 1931. Uittokustannusten jakoperusteet. Suomen Paperi- ja Puutavaralehti. Helsinki.
—»— 1932. Kemijoen sivuvesistöistä ja niiden uittokustannuksista. Suomen Paperi- ja Puutavaralehti. Helsinki.
—»— 1935. Kappalepaljouden laki. Suomen Paperi- ja Puutavaralehti. Helsinki.
Ålund, Vilh. 1904. Om flottningsafgäldernas beräknande i de Norrländska flottlederna. I. Inledande föredrag. II. Diskussion (Gyllenhammar, Lindman, Thunberg). Skogsvårdsföreningens Tidskrift. Stockholm.
Örtenblad, Th. 1905. Om flottningsafgäldernas beräknande. Skogsvårdsföreningens Tidskrift. Stockholm.

Investigations regarding Floating Difficulties.
Summary.

I. Introduction.

The floating is the most general method employed in timber transportation from forests further in a country with abundant watercoarses. According to floating statistics the following Solid m³ quantities of barkless timber have been floated in Suomi during the belowmentioned years:

Year	1931	7 813 335	Solid m³	Year	1934	10 804 580	Solid m³
»	1932	6 054 725	»	»	1935	10 666 117	»
»	1933	7 612 695	»	»	1936	9 994 857	»

The floating time is limited owing to the varying of water-level during the freezing time of watercoarses and in open water. Mainly therefore the floating legislation in Suomi directs the floating to be performed jointly. This has been in practice arranged so, that the floaters of a same floating channel form together a Floating Association, which takes care of the floating work. The costs of floating are divided between the different timber owners in proportion to the quantities of timber in each case floated. The joint-floating can be performed either by mixed floating or separate floating. In mixed floating the timber of different owners is floated mixed and assorted after the floating to the respective owners. In separate floating the timber of each owner is kept separate during the floating.

Different sorts of timber cause in different manner disturbances in floating. The object of floating difficulty is the proportional amount of costs, caused by floating different sorts of timber. Owing to the variation of floating disturbances it has been necessary to fix certain definitions according to which the floating associations could justly charge each timber owner the actual costs, which his timber has caused in the floating. Since the beginning of joint floating system, there have been differing opinions regarding the basis on which the floating difficulty should be estimated. In the beginning in Sweden and Suomi the dividing basis of floating costs was the piece-quantity of the floated timber. Afterwards, when the price of timber became such, that along with the long saw-mill logs there also was floated shorter and by dimensions smaller timber as rawmaterial for paperindustry, the floating unit based on the piece-quantity has been set aside as of secondary importance. (H e l l s t r ö m 1912). Neither the money value of the floated timber is considered a valid basis in the division of floating expenses.

When more developed floating units were introduced, the length of timber received the first attention. The long logs are causing more floating disturbances than the shorter ones. Therefore the length of a log considered as floating unit was limited to 27—30 feet at most. Longer logs were counted as several

floating units. Reduction was allowed for logs shorter than the average. Thus the short-length system was originated (Ålund 1904). This system has amply been employed both in Sweden and Suomi.

However, the floating unit based on piece-quantity did not satisfy the floaters, wherefore the floating unit based on cube was more and more generally employed.

Although the floating unit based on cube gives generally a more just result concerning the division of the costs than the one based on piece-quantity, the employing of the same does not give alone wholly justful result. The length of timber, its surface (barked or unbarked), its floating capacity (dry or fresh) and its form of trunk (irregular = broad-leaved, more regular = coniferous) are causing differences in floating difficulty. These circumstances have been taken into consideration in the division of floating costs, e. g. so that the broad-leaved, having considerably more irregular form of trunk than the coniferous, have been transferred to a higher class of expenses. Likewise the floating charges for unbarked timber are higher than those of barked timber. The studies of floating unit based on cu.m. have been considerably completed in this investigation, but how righteous result these complements shall give, is partly the significance of this study.

Except for the division of costs occasioned by joint floating the knowledge of the floating difficulties of different sort of timber is most important for determination the price of the actual value of timber.

If the floating costs are divided equally between the whole floated quantity of timber on the basis of cubic contents (the method generally employed at present) the result obtained cannot be considered fully righteous when self-cost price is taken into consideration. Easily floated timber is encumbered with part of the floating costs of the timber floated with difficulty, wherefore the self-cost price of the different timber will be incorrectly determined. Especially, when the floating expenses are considerable large, the error can be so noticeable, that the ideas regarding the stump-prices of trees will be completely mixed-up.

On the basis of practical floating it is rather difficult to determine in what extent the floating difficulty actually varies, taking into consideration the quality and size of the timber. In addition the quality of timber has a different effect on the floating difficulty of different floating channels. The only possibility to clear the question of floating difficulty is the studying and investigation of the floating work. This study presented is one of the first on this field. The question of floating difficulty is so manysided, that it has been impossible in the frame of this study to give detailed attention to all factors affecting the floating difficulty. It is hoped, however, that this study is sufficient to give direction in future adjustments regarding the division of floating costs.

II. Method of Investigation.

As the main purpose of this study is to determine the effect of the size and quality of floated timber on the floating difficulty, it has been necessary, for limiting the study, to take into consideration the floating conditions and circumstances only in such extent, that the explaining of the main question, the varying of floating difficulty has been possible. Therefore several factors

in floating have been left without special attention in this study as objects for future investigations.

The material for this study has been in whole gathered from floating in practice, wherefore the same, concerning the different stages of floating is rather varying. Any known method of investigation and gathering of material cannot be adapted on all stages of floating work, wherefore a way must be chosen by which aid the matter is best cleared up and the necessary material obtained. Even by arbitrarily changing the method, it has not always been easy to obtain the material needed, although there has been a margin for reduction in requirements regarding the studying method and quality of the material.

In following is briefly explained the methods of investigations and gathering of materials, which have been employed on the different stages of floating. In the investigation the floating work was divided into following main stages: floating, assorting and bundling.

As it is known the floating signifies floating of timber in flowing water. The floated timber is thus transported by the water without any proceedings from the part of floaters. If the floating should go on without any disturbances, the actual floating should not require any work at all, but should go on costless. However, the floating is never performed without disturbances. The floating disturbances occurred and the actions for avoiding them are causing a lot of work, which is causing the main part of the ordinary floating expenses. As different kinds of timber have different inclinations to cause floating disturbances, the amount of the floating expenses is depending on the quality of the floated timber. The inclination of timber causing floating disturbances is in this study called negative floating character. By studying the negative floating characters of the different kinds of timber it can be concluded in what relation the floating costs of different kinds of timber are to each other and by this manner determined the floating difficulty of the timber.

In practice the negative floating characters appear in many different forms, but for investigation they are to be classified. In this investigation the classification is made on the basis where the timber, which has caused the floating disturbances has remained, having become away from the floating. The following four places and ways away from the floating can come into question: on shore, behind the boom, in jam and in whirl. The negative characters of different kinds of timber can be determined by gathering statistics of the different timber sorts becoming away from floating, their relation to each other and to the whole quantity of floated timber.

The explanation of the negative floating characters does not, however, as such give a description of the floating difficulty of different kinds of timber. Additionally it must be known in what extent work is required to get the different pieces of timber from their remaining places to the floating again. The lastmentioned question has been studied with the aid of working-time investigations.

As different kinds of timber have different negative floating characters of unequal extent, their effect on some certain floating channel depends on the condition of the channel in question and how it has been fitted by the aid of floating equipment. In the different parts of the channel the circumstances vary considerably. Therefore only average floating difficulty ratios can be presented and only in some extent the effect of characters of the channel to the ratios described.

Examining the negative floating characters depending on the quality of timber, the following circumstances have been taken into consideration as quality-characters of timber: diameter and length of timber, sort of timber and its floating capacity, surface of timber. All these characters have been taken into consideration employing a rather broad classification for reason, that an uncalled-for accurate classification should not have brought any better result owing to the influence of incidental factors.

The method employed in gathering of material has been such, that along the floating channels material concerning the quantity and character of all timber that has become away from floating and its remaining places has been continuously collected. In all, such material has been gathered along a distance of 2 383 shore-kilometres. To clear up the quality-division of all floated timber on channels, informations have been obtained partly from the different floaters, partly the quality-division has been determined by experiments. In explaining the investigations performed on different floating channels, the manner of proceeding in each case has received detailed attention.

Except employing the abovementioned method of investigation, the floating difficulty has also been studied by experiment floating method, viz. on the area of the Floating Association of Kymi on Hartola waterway. This in practice a rare opportunity is afforded on the channel mentioned therefore, that the timber of each owner is there floated separately. The quality of timber differs also considerably as in most cases each owner has a certain sort of timber to be floated.

The following stage of floating work, the assorting, has been principally studied by employing the method of working-time investigations, but partly also statistical studies. If assorting work is examined in view of working-time investigations, it is ascertained, that it has been practically impossible to perform working-time investigations concerning the whole assorting work. In assorting the working time is partly concentrated upon the whole quantity of timber in general, but as numerous persons are handling a certain piece of timber and the extent of handling is wholly incidental, the variation is manifold in proportion to the effect of the timber quality. To remove this difficulty the working-time studies have been concentrated upon such decisive stages of assorting work, where the outer conditions remain approximately equal to all kinds of timber and the effect of the quality of timber can clearly be noted. When the working difficulty of these descriptive and decisive stages of work has been cleared up, there remains to be ascertained to what extent the results can be generalized to bear upon the whole assorting work. In the crosswise channel-assorting the actual assorting time has been studied and in the lengthwise fan-assorting one stage of assorting. To clear up the working difficulty of fan-assorting it has been possible to employ also the statistics of working records, because the quality of timber in these assortingplaces is at times so varied, that its effect can be noted from the working records statistics. For closer inspection regarding the quality of timber, the working records of Haapakoski and Ristisaari assorting places have been entered in the statistics in periods of two hours by the action of the Floating Associations.

The bundling difficulty has been studied by employing the method of working-time study. The bundling work is indeed suitable as such. When bundling is performed with Nielsen's machine the work is pure individual

handling, where time measuring can easily be made. Even when the bundling is performed with Blackstad's machine, time investigations can be made without difficulty.

As appears from the above explanation regarding the method of investigation, it has been possible to direct the investigation on its different stages only to certain parts of the floating work in certain circumstances. Therefore the results do not give an exhaustive explanation regarding the varying of floating work in exceptional cases. As the investigations have been directed to the floating work in practice, the circumstances correspond those averages in which the floating work at present is performed and are thus giving directions as to the dividing of costs between the different kinds of timber. It must also be noted that the quality composition of the floated timber has been corresponding the practice. This circumstance is of importance therefore, that the floating capacities of each piece of timber do not determine the floating difficulty in mixed floating, but the floating difficulty in practice depends on the combined influence of each piece of timber and the whole amount of timber (V u o r i s t o 1932).

Finally a brief survey is made regarding some mathematical points of view and methods, which have been employed in connection with this investigation.

For practical use of this investigation the characters, which have an effect on the floating difficulty have been generally classified by employing fixed class-distances. Thus the results of investigation correspond on its first stage the average class values of the characters. Finally the results of investigation must be transformed to correspond the amounts of absolute characters and therefore the class-averages must be fixed. In fixing the class-averages several methods can come into question. At all events the quality of those characters which have an effect on each other and which effect is studied, must first be taken into consideration. Owing to the purpose of this investigation, in most cases there is in question the effect of the quality of timber on the handling time. The quality of timber is thus the argument and the handling-time the function. If the character as argument has been measured by using such units, that the measuring unit only indirectly describes the character which has a decisive effect on the value of the function, this must be taken into consideration when the class-average is fixed. In such case the class-average must be fixed as weighted average and employ as amounts of weight the amount of characters measured by such units, that the character thus determined wholly or at least from decisive part determines the value of the function.

In working-time investigations the results of time-measuring are varying considerably, owing to the variation in the working capacity of the labourers and to the difference of the outer conditions of work. The values of functions with certain argument obtained as results of investigation are thus only determined as averages, and owing to the limited extent of the material the averages do not form an equal curve as the character of the matter demands, but the incidental exceptions from the probable right values of function must be made even. In case that the result of investigations is rectilineal function, the same is fixed by employing the method of correlation (L i n d e b e r g 1917). If the question has been only to make even som few average points, the graphic compensation is employed in view to avoid extensive calculation work by employing other methods (W i c k s e l l 1920).

As a fixed character, in this case mostly the working time, is often depending on several, simultaneously affecting factors, the effect of these factors can not easily be determined separately on the basis of material gathered from practical work, but in such cases correlation calculation has been employed. In other words with the aid of simultaneous value-groups of several characters it has been determined how each factor has affected the character investigated when deviating from the average.

Owing to the subject of the investigation and the possibilities of the practical employment of the study, the investigation has been concentrated only on the representative part of the action studied and therefore, to increase the practical employment of the results they have been generalized in larger extent than the action studied directly presumes. This generalizing of the results has been tried to do on basis of strict deliberation and supervising the apparent probability and similarity of the results, owing to the uniformity of certain circumstances. The final results of the investigation can thus be considered to correspond in general the reality in those circumstances and with such qualifications as to where and how the floating of timber is at present performed in Suomi.

As the final results of the investigation explain actually only the dependance of wages on the size and quality of the floated timber, the question of floating difficulty, such as it has been defined in this study, does not become wholly cleared up. It must, however, be observed, that when the proportional amount of the different costs caused by floating is known as also the general character of other costs in connection with the wages, the floating difficulty can practically be explained with sufficient accuracy and sureness.

III. Division of the Floating costs.

The proportional wages caused by floating are in this study employed as measure-standard of first degree. The informations regarding the division of the floating costs have been collected from the annually published floating statistics. The division of the costs are explained in the table 1, covering a period of five years.

Table 1.

The proportional division of the floating costs in main groups during 1932—36.

Year	General costs	Channel structure costs	Actual floating costs	Assorting costs	Total
1932	17 %	7 %	61 %	15 %	100 %
1933	15 »	6 »	63 »	16 »	100 »
1934	13 »	6 »	64 »	17 »	100 »
1935	12 »	11 »	59 »	18 »	100 »
1936	12 »	11 »	59 »	18 »	100 »
M	14 %	8 %	61 %	17 %	100 %

The actual floating and assorting costs compose thus the decisive part of the total costs of floating. The general expenses and costs of channel structures amount only to about $^1/_5$ of the total costs.

The quality of floated timber has no effect on these two lastmentioned amounts of costs. They are fixed expenses, the absolute amount of which depending nearest on the extension of the floating, on its organization and on the stage of maintenance of the floating channel. (S a a r i 1931). The percentages in the table indicate also the firmness of the general costs. The larger the amount of timber floated has been, the lesser is the proportional part composed by the general costs. The costs of channel structures vary arbitrarily, owing to the fact that when the quantity of timber floated becomes larger there is made more bold amortizations regarding floating structures. Thus it is tried to keep the total floating costs unchanged and to prevent the variation of floating costs caused by the quantity of the floated timber (A n d e r s s o n 1912, G l a s s 1912).

The costs of channel structures consist the amount of interest and amortizations laid down for channel clearing, permanent floating structures and for the maintenance of the equipment. For a just division of costs the expenses caused by the maintenance of the floating channel ought to be divided proportionally in what extent they facilitate the floating of different kinds of timber. Additionally there ought to be taken into consideration in what extent the different timber is wearing the floating equipment. In practice, however, it is impossible to employ such accurate division of the costs and it is not even necessary, owing to the minimal amount of these expenses. The wear of the floating equipment has not in this study or generally otherwise been investigated. The wear of the floating equipment is caused principally by pushes and chafings. The extent of both these factors is direct proportional to the piece quantities according to physics and thus, in case the floating equipments are right constructed so that they shall not be over-weared, their wear is direct proportional to the cubic quantity of the floated timber. Therefore the costs caused by the floating equipments and cleaning of the channel can with good reason be divided between the different kinds of timber in proportion to their cubic quantities, until the matter is by studies wholly explained.

In the following the division of the floating costs and assorting costs between the different amounts of expenses is investigated.

Table 2.

Proportional division of the actual floating costs 1932—1936.

Year	Annual costs of fixtures	Interest	Wages	Material	Indemnities, rent of land	Other costs	Total
1932	12 %	5 %	63 %	6 %	5 %	9 %	100 %
1933	14 »	4 »	64 »	6 »	4 »	8 »	100 »
1934	15 »	4 »	64 »	7 »	4 »	6 »	100 »
1935	11 »	2 »	70 »	7 »	4 »	6 »	100 »
1936	16 »	3 »	62 »	7 »	3 »	9 »	100 »
M	13 %	4 %	64 %	7 %	4 %	8 %	100 %

The wages compose the largest part of the actual floating costs. As the floating work in floatings of the Floating Associations is performed almost without exceptions employing time-payment, the time consumed by floating different kinds of timber is the decisive factor in the division of the actual floating costs on the part of wages.

90 % of the annual costs of fixtures are caused by depreciations. The purpose of depreciations is to compensate the natural wear of the equipment and the decreasing of their value in use. The more the equipment is used the more it wears. In average the amount of wages paid describes very accurately the extent of use, wherefore the annual costs of fixtures can wholly justly be divided for each kind of timber in proportion to the wages and the time consumed. The same method of division can also be employed for costs of material and other costs. It is natural indeed, that the more work is performed, the larger are the amounts of costs mentioned. The amount of interest is direct proportional to the total costs of other floating expenses. As the other amounts of costs are direct proportional to the working time used, even the interest on different timber divide in proportion to the floating time.

From the part of actual floating it can be ascertained that the floating costs in total, divide for different timber in same proportion as the time used by floating the same.

According to the floating statistics, the assorting costs divide as is shown in the table 3.

Table 3.

The proportional division of the assorting costs 1932—1936.

Year	Depreciation on structures	Annual costs of fixtures	Interest	Wages	Material	Indemnities, rent of land	Other costs	Total
1932	5 %	5 %	3 %	76 %	3 %	3 %	5 %	100 %
1933	6 »	4 »	3 »	78 »	3 »	2 »	4 »	100 »
1934	5 »	5 »	3 »	78 »	3 »	2 »	4 »	100 »
1935	10 »	1 »	1 »	76 »	5 »	2 »	5 »	100 »
1936	3 »	1 »	3 »	83 »	3 »	1 »	6 »	100 »
M	6 %	3 %	3 %	78 %	3 %	2 %	5 %	100 %

The part of wages in assorting is considerably larger than in floating. Generally the assorting work is performed employing partly time-, partly contract-payment. The time-payment composes, however, the decisive part of wages paid. Even the expenses caused by contract-payment are depending on the working time consumed and are thus proportional to the same. In proportion to the working time used for different timber, the other costs divide on same basis as the division of floating costs explained before. The only item of expenses, which requires special attention is the amount of depreciations for structures. It must be observed that different timber is assorted partly in different assorting establishments, which are varying as to their construction and value. The construction and costs of building are, however, generally depending decisively on the quantity and marks of timber, wherefore these circumstances have an important effect on the expenses. There ought not to be any difference worth mentioning in what extent the different kinds of timber wear the assorting establishments. This wear does not actually decrease the value of the assorting establishments, as the decreasing of value is principally caused by water-logged timber, its rotting and by the damages to the assorting structures during the building of them in spring and tearing them down in autumn. As the size of assorting establishments, their price and depreciations in accordance are depending on the achieved working re-

cords, the assorting difficulty depends on the amount of depreciations. The higher the assorting records obtained are, the smaller are the assorting establishments needed and vice versa. Even if the amount of depreciations of assorting establishments should not be direct proportional to the working time of assorting, it varies in same direction and therefore no fault worth mentioning can be noted although the depreciations are considered to divide for different timber in same proportion as the wages.

IV. Floating Investigations.

Owing to the quality of the floating channels and the different characters of the floated timber, the floating investigation is divided in two parts. In the first part the floating in North-Suomi is studied, in the second part the floating in South-Suomi. Regarding the floating channels they differ because the channels of the firstmentioned floating area are big rivers with outlet to the Gulf of Bothnia and the lake-percentage is small. The floating channels of the lastmentioned area are rich of lakes, where the floating is performed principally by short distances in the upper courses of the waterways and in the outlet to the sea. The watercourse of Oulunjärvi is considered the southermost floating channel belonging to North-Suomi.

The size and quantity of the floated timber vary also considerably in the different parts of the country. In North-Suomi only coniferous saw-logs of certain dimensions and short pilewood cut into equal lengths are being floated. The logs are without excemptions unbarked. In South-Suomi coniferous saw-logs are floated barked and unbarked. Additionally there are floated quantities of logs made of broadleaved trees. The length of pilewood varies in greater extent, because the maximum length of pulpwood in North-Suomi is 2.2 m. but in South-Suomi 4 m., often even more and in addition there are floated trunks of pulpwood, the length of which considerably exceeds the length of saw-logs.

A. Floating in North-Suomi.

The material of investigation was gathered during the summers 1934—1935 and includes the following shore-kilometres on different watercourses:

Kemijoki watercourse in 1934	.....	1 005	s/km.
» » » 1935	.....	470	»
Oulunjoki watercourse » 1934	.....	34	»
» » » 1935	.....	210	»
Iijoki » » 1935	.....	196	»
	In total	2 015	shore-kilometres.

1. Negative floating characters of logs and pilewood compared with each other.

As the floated timber in North-Suomi clearly divides to two different timber-groups, saw-logs and pilewood, it must first be examined in what proportion these timber-groups have generally caused floating disturbances.

It is observed in the examination that of the floated timber 20.6 % were logs and 79.4 % pilewood. Away from floating remained 31.2 % of logs and 68.5 % of pilewood. Thus be percentage of negative characters of pilewood is 57 % of the respective characters of logs. Thus it is ascertained that logs have become away from floating proportionally in larger extent than pilewood.

To facilitate the comparing a ratio has been calculated, which shows the proportional amount of negative floating characters in comparison with the floating characters of the whole quantity of timber. The ratio has been determined so, that a number has been calculated, by which the percentage-quantity of timber floated is multiplied for obtaining the percentage-quantity of timber, which has become away from floating. The ratio describes thus the extent of the more or less effective inclinations of certain timber to cause floating difficulties than the floated timber in average.

As the difference of the negative floating characters of logs and pilewood has an important significance for the just division of the floating costs, there is good reason to prove on basis of material, that the abovementioned relation between the negative characters of logs and pilewood is permanent, and therefore as such to be considered in the division of floating costs. When material was gathered the floating channels were divided by districts to channel-parts of few kilometres each and then it was counted how much and what kind of timber on each channel-part had become away from floating. On other part the division of timber floated through each district has been calculated between the different sorts of timber. By comparing the proportional division of timber away from floating to the different timber-groups and the respective division of the floated timber by channel-parts, several ratios are obtained, on basis of which the relation between the negative characters of logs and pilewood can be calculated in each special case. If the ratio indicating the amount of negative floating characters is approximately the same in each special case for certain timber-group, it can be considered proved, that the floating difficulty of the timber-group in comparison with the average is by direction the same as the average ratio indicating the amount of floating characters.

The following table indicates clearly, that the series of ratios describing the negative floating characters is higher concerning logs than pilewood in view of floating difficulty.

Table 6.

Division of ratios regarding the negative floating characters of logs and pilewood in the floating of Kemijoki in summer 1934.

Ratio of negative floating characters	0.20	0.60	1.00	1.40	1.80	2.20	2.40
			The number of channel-parts				
Logs	2	9	13	10	4	1	
Pilewood	2	23	14	—	—	—	

In this connection the occurrence is not detailed inspected as the respective results for each investigated floating channel are first described.

Table 8.

Division of ratios regarding the negative floating characters of logs and pilewood in the floating of Kemijoki in summer 1935.

Ratio of negative floating characters	0.20	0.60	1.00	1.40	1.80	2.20	2.40
			The number of channel-parts				
Logs	—	8	11	9	4	2	
Pilewood	1	25	8	—	—	—	

The table 8 indicates that the ratio of the negative floating characters of logs is clearly larger than that of pilewood. The division series of ratios are in this table as also in above somewhat contradictory, owing to incident and to the varying stage of the channel. This circumstance does not, however, alter the final result, because the division series of ratios resemble the normal series of division, their centrum being clearly on different sides of the average 1.

In the following table the average ratios collected in floatings of channels mentioned in the table as a summary:

Combination of tables 9—16.

The average ratios of the negative floating characters of logs and pilewood.

	Ratios of the negative floating characters	
	Logs	Pilewood
Ounasjoki floating in 1934	2.36	0.72
Raudanjoki floating in 1934	1.58	0.82
Meltausjoki joint-floating in 1934	1.22	0.86
Meltausjoki private floating in 1934	2.64	0.97
Kitinen floating in 1934	1.24	0.92
Iijoki floating in 1935	4.07	0.69
Oulunjoki floating in 1935	1.20	0.94
Kiehimänjoki floating in 1934	1.52	0.92

As has been explained above, the proportional amount of negative floating characters of logs on all investigated floating channels in North-Suomi has been considerably larger than that of pilewood.

The examination of the proportional amount of the negative floating characters of saw-logs and pilewood on different floating channels shows that the floating of unbarked logs is regularly more difficult than the floating of barked pilewood. Additionally it can be ascertained, that the proportional floating difficulty of logs is more extensive when a small channel with little water is in question.

2. Division of the logs and pilewood away from floating between the different remaining places.

For explaining the extent and variation of the negative floating characters of timber groups, logs and pilewood, the quality and fitness of the channel, in following is described how the timber away from floating divides between

the different remaining places. This division is decisively dependent together with the characters of timber on the quality of the floating channel and its floating fitness. By comparing the quantities of timber remaining on shore and behind the boom, they vary approximately direct proportionally to the proportional length of the boomed shore-parts. Regarding the question of timber remaining in jam or in whirl, the decisive factor is, in what extent on each channel are places, where such floating difficulties can occur. The falling of water during the floating has an extensive effect on the quantity of timber becoming in jam.

The proportional division of timber between the different remaining places gives also a good description of the procedures, by which the floating fitness of the channel can be most decisively made better and in what extent the eventual variations of the quality and size of timber are affecting the choosing of these procedures.

In the following table is explained how pieces of timber belonging to different timber groups divide, in accordance with the material, proportionally between the different remaining places on different floating channels in average.

Table 27.

Average proportional division of logs and pilewood remained away from floating between the different remaining places on investigated channels in North-Suomi.

Floating channel	Year	Proportional division of timber remained away from floating between the different remaining										Average quantity of pieces of timber remained per shore-kilometre.	Percentage of logs in the whole floated piece-quantity.	Piece-quantity of timber away from floating reduced to log-pieces.	
		Logs					Pilewood								
		On shore	Behind the boom	In jam	In whirl	Total	On shore	Behind the boom	Im jam	In whirl	Total				
		%					%								
Kemijoki	1934	41.3	12.9	39.2	6.6	100.0	55.7	11.4	28.1	4.8	100.0	283	27.6	109	125
»	1935	31.2	0.1	68.3	0.4	100.0	31.5	0.6	67.6	0.3	100.0	2 991	27.8	1 167	1 313
Ounasjoki	1934	43.4	2.1	54.5	4	100.0	56.9	1.8	41.3	4	100.0	2 930	16.9	820	996
Raudanjoki	»	7.4	4	90.8	1.8	100.0	8.1	0.2	90.5	1.2	100.0	7 177	23.9	2 548	2 978
Meltausjoki (joint floating)	»	8.4	—	91.6	—	100.0	5.2	—	94.8	—	100.0	5 524	39.5	2 618	2 861
Meltausjoki (private floating) .	»	12.9	0.4	86.3	0.4	100.0	31.0	4	67.0	2.0	100.0	4 857	2.0	461	729
Kitinen	»	42.8	3.8	48.3	5.1	100.0	50.8	2.7	44.7	1.8	100.0	4 619	23.9	1 640	1 917
Iijoki.....	1935	14.6	0.3	84.6	0.5	100.0	17.4	3.1	78.9	0.6	100.0	1 690	9.1	1 740	1 852
Oulunjoki	»	56.2	2.4	33.5	7.9	100.0	57.3	2.2	32.2	8.3	100.0	1 772	22.3	564	660
Kiehimänjoki ...	1934	22.4	14.7	38.2	24.7	100.0	25.6	18.7	42.4	13.3	100.0	1 024	13.3	415	435
Averages		28.1	3.7	63.5	4.7	100.0	33.9	4.1	58.8	3.2	100.0	3 287	23.5	1 208	1 386

Percentages marked on the lowest line of the table indicate the proportional division of logs and pilewood away from floating between the different remaining places on all investigated floating channels in North-Suomi. The proportional quantity of timber becoming in jam is the larger, the smaller and with less water the channel in question is. The proportional quantity of timber remaining on shore becomes larger when the floating channel is

enlargening. The inclination of pilewood to become in jam is somewhat smaller than that of logs, but its inclination to remain on shore is respectively more extensive. It has also been calculated in the table how many pieces of timber away from floating were in average on each channel-kilometre during the time of gathering material. This number does not, however, describe anything absolutely, but on the basis of same some conclusions can be made. For these conclusions the question of timber remaining along the floating channel must be somewhat analyzed. The quantity of timber on channel during the time of gathering material is principally depending on the quality of the channel, on conditions of water during the time of investigation and on the extent of work and labour power used by cleaning the channel during the floating. All these factors which are affecting the quantity of timber remaining along floating channels are varying considerably in individual cases under investigation. It can be noted from the numbers in the table that the quantity of timber on each channel-kilometre is generally larger on small channels than on the large ones. As the piece-quantity of timber away from floating describes very one-sided the amount of floating disturbances, owing to the considerable variation of the size of the floated timber, there have been calculated in the two last columns of the table the piece-quantities of timber remaining on shore-kilometres, reduced by certain manner. The numbers in the first of those columns mentioned indicate the quantities of timber reduced to log-pieces. The reducing is performed so that the cubic-rate for logs and pilewood of 2 and 1 metres has been fixed to 1 : 0.166 : 0.067, which rate corresponds in average the cubic-rate of the timber-qualities mentioned on the floating channels in North-Suomi. If the average of the numbers in the column is compared, it is noted that the quantity of timber remaining on small channels is also by cube larger than the quantity of timber remaining on large channels. The size and quality of the floated timber seems, however, to have a powerful effect on the cube of the timber remaining on the channels. The more pilewood the floated timber has contained, the smaller in proportion is the quantity of timber remaining on the floating channels, even if other factors affecting the quantity of timber should be taken into consideration. The floating difficulty of saw-logs per floating unit is thus larger than that of pilewood. The result is therefore in accordance with the results of investigation regarding the negative floating characters of different timber-groups. In the last column of the table the ratios, indicating the quantities of timber remaining on floating channels, have been calculated so, that the quantities of timber have been transmuted to log-pieces on basis of the area they take. The ratio of the area required by a log-piece and a pilewood-prop of 2 metres and 1 metre is considered to be in accordance with the series 1 : 0.25 : 0.25. The series obtained indicates the more evenly remained timber on the floating channels regarding the quality and floating conditions of the floating channels. Thus it seems, that the area of places causing floating disturbances has a considerable significance when floating difficulty is criticized.

3. The negative floating characters of different kinds of saw-logs and pilewood.

Previously it has been inspected what kinds of floating disturbances have been caused by timber. In the following is examined the influence of the size and quality of timber on the negative floating characters of logs and pilewood.

The different logs differ from each other in average only on basis of their size. The length of the saw-logs can be considered in average as constant, because the length of the majority of logs is always near the average-length. Only the diameter of logs can be taken into consideration as decisive factor regarding their size. Owing to the manner of measuring, the top-diameter is the only generally known measure indicating the thickness of logs. The classification was performed by inch-classes including four diameter-classes as follows: — 6″, 7″—8″, 9″—11″ and 12″ +. To each inch-class were counted all logs

Combination of

The ratios of the negative floating characters of logs of different sizes behind the boom, in

Quality-class of the watercourse	Floating channel		Logs									
			Remaining on shore				Remaining behind the boom				Remaining	
			— 6″	7″—8″	9″—11″	12″+	— 6″	7″—8″	9″—11″	12″+	— 6″	7″—8″
I	Kemijoki floating in 1934 [1]	M_{TP}	0.95	0.89	1.15	1.64	1.56	0.89	0.58	0.19	0.77	0.99
		M_{Σ}	0.82	0.77	0.99	1.41	1.81	1.03	0.67	0.22	1.03	1.32
	Kemijoki floating in 1935	M_{TP}	0.71	0.95	1.48	1.24	1.59	0.85	0.57	0.30	0.66	0.88
		M_{Σ}	0.85	1.14	1.77	1.48	0.55	0.30	0.20	0.10	0.80	1.06
	Oulunjoki floating in 1935	M_{TP}	0.87	0.84	1.01	5.77	1.68	0.99	0.35	0.14	—	—
		M_{Σ}	1.04	1.01	1.21	6.92	2.20	1.30	0.46	0.18	—	—
	Kiehimäjoki floating in 1934 [1]	M_{TP}	1.03	0.80	1.15	1.32	3.27	0.81	0.37	0.03	1.36	0.93
		M_{Σ}	1.29	1.00	1.44	1.65	3.73	0.92	0.42	0.03	1.73	1.18
II	Ounasjoki floating in 1934	M_{TP}	0.68	1.01	1.16	3.36	1.07	1.00	0.97	0.50	0.64	1.05
		M_{Σ}	1.02	1.51	1.74	5.04	2.75	2.57	2.49	1.28	1.74	2.85
	Kitinen floating in 1934 [2]	M_{TP}	0.76	0.81	1.31	4.25	1.82	1.13	0.80	0.96	0.75	1.10
		M_{Σ}	0.81	0.87	1.40	4.55	2.75	1.71	1.21	1.45	0.96	1.41
III	Meltausjoki floating in 1934 [3]	M_{TP}	0.40	1.27	0.82	4.21	—	—	—	—	0.95	0.73
		M_{Σ}	0.62	1.97	1.27	6.53	—	—	—	—	1.17	0.90
	Meltausjoki floating in 1934 [4]	M_{TP}	0.62	1.34	1.09	1.36	2.42	0.00	0.00	0.00	0.59	1.28
		M_{Σ}	1.02	2.21	1.80	2.24	12.00	0.00	0.00	0.00	2.88	6.25
	Raudanjoki floating in 1934	M_{TP}	0.60	0.83	1.12	4.36	1.18	1.12	0.59	0.85	0.88	0.87
		M_{Σ}	0.90	1.24	1.68	6.54	0.61	0.58	0.31	0.44	1.41	1.39
	Iijoki floating in 1935	M_{TP}	0.74	0.93	1.21	3.79	1.60	0.67	0.67	0.78	0.63	0.92
		M_{Σ}	2.94	3.69	4.80	15.05	1.15	0.48	0.48	0.56	2.90	4.23

[1]) In this floating the pilewood consists of spruce pulpwood of 1 and 2 metres and in
[3]) Joint-floating in early summer 1934. [4]) Private-floating in late summer 1934.

under the following larger inch-amount. Thus for example logs of 8 $^3/_4$″ belong still to the dimension-class 7″—8″.

Regarding pilewood, two length-classes, viz. of 1- and 2-metres were classified, the lastmentioned class including also the length of 2.2 m. Additionally in 1934 the pilewood was classified in accordance with the sort of timber and in both summers also in accordance with the drying-degree of the same. Pilewood, made before the end of August in the previous year of floating was considered as dry.

tables 28—37.

and pilewood of different sorts on the basis on the remaining on shore, jam and in whirl.

						Pilewood											
in jam		Remaining in whirl				Remaining on shore			Remaining behind the boom			Remaining in jam			Remaining in whirl		
9″—11″	12″+	—6″	7″—8″	9″—11″	12″+	1 m	2 m	PS	1 m	2 m	PS	1 m	2 m	PS	1 m	2 m	PS
1.22	1.44	0.97	1.09	0.84	1.59	1.28	0.73	1.28	1.09	0.50	1.79	1.16	0.72	1.35	0.69	1.02	1.34
1.63	1.92	1.29	1.46	1.12	2.12	1.35	0.77	1.35	1.01	0.47	1.67	1.01	0.63	1.18	0.60	0.88	1.16
1.46	1.86	0.82	1.05	1.17	1.09	2.04	0.84	—	3.78	0.67	—	2.09	0.84	—	2.62	0.78	—
1.77	2.25	1.17	1.50	1.67	1.56	1.88	0.78	—	4.66	0.83	—	1.92	0.77	—	2.15	0.64	—
—	—	—	—	—	—	1.28	0.80	—	1.25	0.82	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	1.20	0.75	—	1.14	0.75	—	—	—	—	—	—	—
0.89	1.21	1.00	1.01	1.17	0.15	1.12	0.87	1.16	1.35	0.46	2.10	1.17	0.81	1.22	1.32	0.64	1.48
1.13	1.54	2.24	2.26	2.62	0.34	1.08	0.84	1.11	1.32	0.45	2.06	1.12	0.78	1.17	1.07	0.52	1.20
1.15	3.37	1.03	1.70	0.00	0.00	1.06	0.98	—	1.13	0.93	—	0.99	1.01	—	0.00	1.51	—
3.13	9.16	1.97	3.25	0.00	0.00	0.89	0.82	—	0.76	0.62	—	0.64	0.65	—	0.00	1.24	—
1.15	2.27	1.09	0.91	1.11	0.64	1.00		—	1.00		—	1.00		—	1.00		—
1.47	2.91	2.43	2.03	2.48	1.43	0.98		—	0.84		—	0.91		—	0.61		—
1.19	2.91	—	—	—	—	0.86	1.08	—	—	—	—	0.81	1.11	—	—	—	—
1.46	3.58	—	—	—	—	0.55	0.69	—	—	—	—	0.69	0.94	—	—	—	—
1.33	1.09	0.24	1.71	1.20	0.00	0.94	3.38	—	1.03	0.00	—	0.93	3.54	—	0.92	4.04	—
6.49	5.32	0.18	1.32	0.92	0.00	0.10	0.37	—	0.35	0.00	—	0.10	0.39	—	1.03	4.52	—
1.04	2.68	1.06	0.86	0.99	1.95	1.83	0.86	—	2.11	0.81	—	1.94	0.84	—	1.35	0.94	—
1.66	4.29	2.22	1.80	2.07	4.08	1.54	0.72	—	2.43	0.93	—	1.57	0.68	—	0.89	0.62	—
1.33	4.75	0.55	0.69	2.30	0.83	1.29	0.86	—	1.25	0.86	—	1.25	0.87	—	0.98	1.01	—
6.12	21.85	1.95	2.44	8.14	2.94	0.90	0.60	—	1.30	0.89	—	0.80	0.56	—	0.74	0.76	—

the columns PS pine pilewood. [2]) In this floating pilewood has not been separated.

In the combination of tables 28—37 the ratios of negative floating characters are indicating separately the logs and pilewood on different floating channels of different class-quality. The average of ratios, calculated by floating districts, can be seen on lines marked M_{PT}. These ratios describe the negative floating characters of different pieces of timber belonging to a same timber-group compared with the average of the whole group. On basis of the different remaining places the combination is divided in columns, where on the lowest line M_{Σ} can be seen the ratios indicating the extent of the negative floating characters of the different sorts of timber compared with the average of the negative floating characters of the whole quantity of the floated timber.

The ratios describing the remaining on shore of logs of different sizes, show in accordance with the whole material, that the bigger the logs are, the more extensive is in average the remaining on shore. The correlation between the remaining on shore and the size of logs is somewhat irregular, but if the ratios describing the proportional remaining on shore by districts are inspected, it can be ascertained that the inclination of two diameter-classes above the average to remain on shore is always more extensive than that of two diameter-classes below the average. Thus it is apparent, that big logs have more extensive inclination to remain on shore than the smaller ones.

When examining the remaining of pilewood on shore it is to be observed, that the average diameter of the different sorts of pilewood is approximately the same. Therefore the size of props does not have any noteworthy effect on the varying extent of the different sorts of pilewood remaining on shore. In accordance with the materials of investigations performed during different years, there is, however, a noticeable difference. The main cause of this difference is the different floating capacity of the different sorts of pilewood. The differences regarding the floating capacities are caused partly by the different dryness-degree, partly therefore that different kinds of pilewood are made of different sorts of trees. When material for 1934 was gathered, the pilewood of pine and spruce were separated, and the lastmentioned group was divided in two length-classes, viz, of 1 and 2 metres. According to the combination, spruce pulpwood of 2 metres has remained on shore proportionally in smaller extent. The remaining on shore of pine pilewood (PS) and of spruce pulpwood of 1 m. has been considerably more extensive but compared with each other it has been equal. About 66 % of spruce pulpwood and about 45 % of pine pilewood was dry, the whole quantity of pulpwood of 1 m. being fresh. When the varying floating capacities of different sorts of pilewood and the ratios describing the remaining on shore in accordance with the combination are taken into consideration, it can be ascertained that easy-floating spruce pulpwood of 2 metres has remained on shore in considerable smaller extent than other sorts of pilewood.

In the material of 1935 only two kinds of pilewood were separated as sorts of pilewood, namely those of one and two metres. The pilewood of 2 metres contains about 55 % of spruce pulpwood and 45 % of pine pilewood. Of the firstmentioned about 60 % were dry and of the lastmentioned about 40 %. The props of 1 m. were all fresh. By floating capacity the pilewood of 2 metres in average has been considerably better than the pilewood of 1 m. Consequently much more pilewood of 1 m. has remained on shore than pilewood of 2 m. The difference regarding the amount of pilewood remained on shore is considerable larger than that in accordance with the material of 1934.

The cause of this occurrence is, that during the time of material gathering for 1935 the water-level on the floating channels was generally lower than in the previous year. Water-scarceness on the floating channels is heightening the effect of the size and quality of timber on the negative floating characters. The effect of the size of logs on the extent of their remaining on shore shows also clearly a similar result.

The ratios of $M\Sigma$-lines of the combination indicate the remaining on shore of logs of different sizes and different sorts of pilewood compared with each other. In 1934 logs measuring 12″ and more, pulpwood and pine pilewood of 1 m. remained on shore in larger extent than the average. In 1935 the timber-sorts, which have remained on shore in larger extent than the average are logs measuring more than 7″ and pulpwood of 1 m. Apparently the pine pulpwood should also belong to this class, but when it has not been separated in the material from the pulpwood of 2 m., the matter does not appear in the table. The height of the water-level, depending on the size of timber, affects thus considerably the floating difficulty in view of the remaining on shore.

When the remaining behind the boom is inspected, it is observed that the amount of timber remaining behind the boom is the larger, the smaller the logs are. In the joint-floating of Meltausjoki logs did not remain behind the boom owing to the high water in the river during the floating. The small boomings on the river were pressed against the rather steep shores, wherefore the possibilities of logs remaining behind the boom were minimal. The correlation between the diameter of logs and the extent of the remaining behind the boom is during the both years of investigation fully regular in average, and even in series of ratios calculated by districts there are only very few irregularities. Therefore it can be considered wholly explained, that the bigger the logs are, the smaller is the extent of their remaining behind the boom. Pilewood of 2 metres with good floating capacity has remained behind the boom in proportion considerably less than other sorts of pilewood. When the inclinations to remain behind the boom of logs of different sizes and different sorts of pilewood is compared with each other, it is ascertained that the inclination to remain behind the boom decreases regularly when the floating capacity becomes better. According to the material of 1934 the timber remaining behind the boom in larger extent than the average were logs under 9″, pulpwood of 1 m. and pine pilewood. According to the material of 1935 only pulpwood of 1 m. has remained behind the boom in larger extent than the average. Apparently also pine pilewood should have remained behind the boom in larger extent than the average, if the same had been taken into consideration as a separate group in the material. The decisive factor in the remaining behind the boom is thus the floating capacity of the timber, the extent of remaining behind the boom becoming larger when the floating capacity becomes weaker.

The inclination of logs to remain in jam increases regularly when the logs are getting bigger. The averages of materials gathered during both summers of investigation indicate regularly a positive correlation between the size of timber and its inclination to become in jam. The ratio-series calculated by floating districts are also very regular. The enlargening size of logs increases thus their inclination to become in jam.

The ratios describing the inclinations of timber to remain in jam show, that pulpwood of 2 metres has remained in jam in smaller extent than other

sorts of pilewood. As spruce pulpwood of 2 metres has remained in jam in smaller extent than spruce pulpwood of 1 m. and pine pilewood, and as the different pieces of timber differ from each other only by their floating capacity, it must be considered proved, that good floating capacity decreases the inclination of timber to become in jam.

In comparing the inclinations of logs of different sizes and pilewood of different sorts to become in jam, an important circumstance must be taken into consideration, namely, that logs in North-Suomi are unbarked but the pilewood barked. Consequently, according to the statistics, the inclination of logs to become in jam is more extensive than that of pilewood. It can also be noted from the number-series of the combination, that when the floating channels are getting smaller and the significance of the becoming in jam increases as a floating difficulty, the increasing or decreasing influence of the size and quality of timber floated is heightened.

When material was gathered in the floating of Oulunjoki, the timber remaining in jam were only logs and pilewood, wherefore the further inspection regarding this part must be abandoned.

There are some omissions in the number-series of Meltausjoki floating concerning the remaining in whirl. The extent of timber remaining in whirl has been decreased therefore, that on a small floating channel the whirls are packed with timber in jam and thus timber, which originally remained in whirl becomes thus as part of the group of timber in jam. On basis of ratios describing the inclination of different sorts of timber remaining in whirl, it seems that larger sizes of timber have more extensive inclination to remain in whirl than the smaller sizes. On basis of the material it is observed that the quantity of pilewood remaining in whirl has been proportionally smaller than that of logs. Also more big logs than small ones have remained in whirl. The private floating of Meltausjoki is an exception in this case. The matter is fully explained thus, that when logs are remaining in whirls of considerable small area, they form a jam and the whirl becomes a jam. Only pilewood circling in the whirl can remain free from jamming.

4. Combination of floating investigations in North-Suomi.

The relations of different timber between the negative floating characters are varying in many ways, depending on the quality of floating channels, water conditions and on several other factors. In spite of all variations, there are between the ratios describing the negative floating characters of different timber relations of certain direction, wherefore, on basis of the results of investigation, it can be concluded with considerable accuracy, if some quality of timber has larger or smaller inclinations to cause floating disturbances than other. In the figures 38—54 the ratio-averages of the negative floating characters of all investigated channels are presented graphically for final conclusions. — That the noticeable difference of the channels should not make the final ratio-averages fully dependable on incident, the channels are first grouped into three classes of largeness or floating fitness, and for each class own ratio-averages of the negative floating characters are determined. As there are, for determining the averages, only few individual cases in each

group, the mathematical determining of the averages is not justifiable, because every, by one or other reason deviating value has a powerful influence on the average, and therefore the average can become quite different as what the general character of the matter assumes. To avoid this inconvenience the averages have been determined by employing graphic compensation. The ratio-values of the negative floating characters of each channel of different group of floating fitness are marked with broken lines. These broken lines indicate jointly the direction, in which the floating difficulty, depending on the quality of the floated timber, in general varies. In case the ratio-values describing the negative floating characters regarding some quality of timber are centralized by relative narrow range, the arithmetical average is employed as the final average. In case some of the values differ considerably from the other values, the average is graphically determined by taking into consideration the general direction of the resulting broken line and the averages of ratio-values, which have been best centralized.

After this preliminary survey regarding the negative floating characters, the results of the different channels of different classes of floating fitness are compared with each other. To eliminate the risk as much as possible that accidental circumstances and incidents, owing to the small number of cases, should affect the results obtained, the material representing those negative floating characters, the extent of which is not depending on the quality or largeness of the channel, is used entirely by determining the final results. Such negative floating characters are the remaining behind the boom and in jam. There is namely no reason to suppose that different kinds of timber should remain behind the boom in different extent of relation dependent on the quality of the channel. Same is the case regarding the remaining in whirl. On the contrary, the quality, largeness and water supplies of the channel are affecting considerably the remaining on shore and in jam. In comparing the results on channels of different classes of floating fitness with each other, it is apparent that this statement is true in practice.

The classification of channels to classes of floating fitness is performed on the following basis. The big, water-rich rivers, where there is sufficient water, in view of floating, even during the low-water season, belong to class I. Rivers of medium size, but always with sufficient water in view of floating form the class II. The class III consists rivers with scarce water and on which the floating in midsummer-time consequently is difficult.

According to the division the rivers investigated are classified as follows:

Class	I	Kemijoki
»	»	Oulunjoki
»	»	Kiehimänjoki
Class	II	Ounasjoki
»	»	Kitinen
Class	III	Meltausjoki
»	»	Raudanjoki
»	»	Iijoki

In the following there is first inspected in what extent the size of sawlogs has affected the proportional extent of their negative floating characters. The survey is directed to a known negative floating character in succession

in each class of floating fitness. The figures 38, 39 and 40 describe graphically the inclination of logs of different sizes to remain on shore on different kinds of channels. In the figures the ratio of the negative floating characters appears on the y axis and the top-diameter on the x axis. The figures are in order according to the class of floating fitness.

In the figures the graphic compensation of the broken lines, describing the inclination to remain on shore is performed. The compensation curves are drawn with thick dot-lines. For comparing the results of different channels, the ratios describing the extent of remaining on shore for few diameter-classes are presented in the table 41, calculated by the compensation curves.

Table 41.

Ratios [1]) describing the inclinations of logs of different diameter to remain on shore on channels of different classes of floating fitness.

Class of floating fitness of the channel	Top-diameter of log 6″	8″	10″	12″
I	0.90	0.90	1.15	1.41
II	0.74	0.93	1.26	2.40
III	0.70	0.95	1.26	2.60
M_{II-III}	0.72	0.94	1.26	2.50

It can be observed from the table that the ratio-averages of class I differ essentially from those of other classes of floating fitness. The ratio-averages of the lastmentioned classes are practically equal. Therefore it is apparent that in classes II and III the extent of the remaining on shore has been approximately the same. Therefore when the final results of the investigation are calculated for the classes II and III the average-ratios of the classes of floating fitness mentioned are therefore used as ratios describing the inclination of remaining on shore. These ratios can be noted on the lowest line in the table A 35. — Numbers in the table show, that the larger the floating channel is, the less is the increasing effect of the size of logs on their inclination to remain on shore. This is caused mainly therefore, that on large floating channels the shores are comparatively far from the main channel and big logs, following the main direction of the stream become rather seldom in contact with the shores. The small logs, on the contrary, are easier carried by wind away from the main stream to shallow water, where they have possibilities to fasten on shores. The fact that small logs need only scarce water-depth for floating is the cause, that big logs even in large channels are remaining on shore more extensively in proportion. On small channels all timber become easier in contact with the shores than on large channels, because even a slight departing from the main stream drives them to shallow water and thus they are likely to fasten on shore. Compared with the capacity of a floating channel, large quantities of timber have been floated more easy on small channels than on large ones. When a larger quantity of timber than average is floating on a channel, a part of the timber must float along the edges of the channel and is thus likely to remain on shores. The fact that small and big logs are in equal extent driven to the sides of the drive causes, that big logs are remaining on shore more extensively than small ones.

[1]) The ratio representing the average of the negative floating character of logs in each class of floating fitness = 1.00.

The figures 42, 43 and 44 describe the respective ratios regarding the remaining behind the boom of logs of different sizes, with similar notes as in the previous figures.

It is plainly observed from the figures, that the extent of logs remaining behind the boom is smaller when the logs are bigger. The following table 45 presents ratios describing the inclination of logs of different diameter to remain behind the boom calculated by compensation curves, on channels of different classes of floating fitness.

Table 45.

Ratios describing the inclination of logs of different diameter to remain behind the boom on channels of different classes of floating fitness.

Class of floating fitness of the channel	Top-diameter of log 6″	8″	10″	12″
I	1.56	0.80	0.49	0.24
II	1.44	1.02	0.87	0.72
III	1.56	0.81	0.62	0.60
M_{I-III}	1.52	0.88	0.66	0.52

The ratio-series of different classes of floating fitness are somewhat differing from each other. The most differing is the ratio-series of class II. Notwithstanding the deviations, the ratio-series are in general approximately similar. Most noticeable deviation appears in the diameterclass of 12″, in which the number of logs is small, only few % of the whole piece-quantity. When in addition is taken into consideration, as mentioned afore, that there is no reason to suppose that logs should go under the boom in different relation of extent on different kinds of channels, it seems, for obtaining the most just result, that for all channels of different classes of floating fitness the average ratios of the preceding table are employed to describe the inclination of logs of different size to remain behind the boom. There is a direction in the ratio-series indicating that logs of 6″ have remained behind the boom proportionally twice as much as thicker logs. This is caused by the fact that logs of 6″, which are almost by 100 % top-logs, are floating considerably weaker than thicker logs, most part of them being base-logs. The weaker the logs float, the easier they slip under the boom by the pressure of wind and stream.

The figures 46, 47 and 48 describe the inclination of logs of different sizes to become in jam on channels of different classes of floating fitness, the notes on x and y axis being as before. Similarly with the remaining on shore, the inclination to remain in jam increases when the logs are getting bigger. The following table 49 describes the ratios of inclination to remain in jam in accordance with the compensation curves.

Table 49.

Ratios describing the inclination of logs of different diameter to remain in jam on channels of different classes of floating fitness.

Class of floating fitness of the channel	Top-diameter of log 6″	8″	10″	12″
I	0.88	0.95	1.15	1.40
II	0.76	1.00	1.16	2.09
III	0.76	0.95	1.15	2.14
M_{II-III}	0.76	0.97	1.15	2.12

Inspecting the inclination of logs of different sizes to remain on shore it was observed, that ratios of channels belonging to I class of floating fitness are essentially differing from the ratios of other channels. The same is also observed in this. The effect of diameter on the inclination to remain in jam is namely considerably smaller than on small channels. The ratio-series of channel-classes II and III are practically viewed the same. In the final calculations the average of the ratio-series of these channels is employed to describe the inclination of logs of different sizes to remain in jam on channels of both II and III classes of floating fitness.

The reason why the diameter of logs has smaller effect on the inclination to become in jam when larger channel is in question is, that jams on large channels are also extensive including all sizes of logs when the jamming has begun. On small channels the jamming appears mostly on shallow water and in rocky places, where, owing to the scarceness of water, only big-sized logs are fastened.

The material concerning the inclination of logs of different sizes to remain in whirl is so scattered, that it can not be divided between the channels of different classes of floating fitness. There are in the material channels, where only few logs have remained in whirl and thus the division of their diameter is naturally incidental. In view to form some kind of a description regarding the effect of the size of logs on their remaining in whirl, all those channels are chosen from the material, on which there have remained in whirl logs in such extent that all diameter-classes are included and then the averages of ratios describing the remaining in whirl on these channels are calculated. The series of ratios is in accordance with the following table.

Table 50.

Ratios describing the inclination of logs of different sizes to remain in whirl.

Top diameter-class of logs	— 6″	7″—8″	9″—11″	12″ +
Averages of ratios	0.91	0.94	1.26	1.04

The ratios of the table are presented graphically in figure 51 and at the same time their graphic compensation has been performed. The ratios describing the remaining in whirl are following according to the compensation curve.

Diameter of logs	6″	8″	10″	12″
Compensated ratios	0.92	1.00	1.09	1.09

The afore presented ratios describing the negative floating characters of logs of different sizes do not as such indicate in what extent a log of certain size causes floating disturbances compared with logs of other sizes floated on a same channel. To clear this question it must be taken into consideration in what extent different floating disturbances have appeared in average on channels of different classes of floating fitness. For this explanation it has already previously been calculated in what %-relation the logs away from floating have divided between the different remaining places on each floating channel. (Table 27.) In the following the average %-amounts for each class of floating fitness are calculated.

Table 52.

The average %-division of logs away from floating between the different remaining places on channels of different classes of floating fitness.

Class of floating fitness of the channel	Percentage part of the remaining place of the whole quantity of logs remained			
	On shore	Behind the boom	In jam	In whlri
I	36.9	7.7	45.4	10.0
II	43.1	2.9	51.4	2.6
III	10.8	0.2	88.3	0.7

The %-amounts of the table show, that the proportional remaining on shore of logs decreases generally when the channel is getting smaller. This is caused by the powerfully increasing jamming, wherefore the proportional number of logs remaining on shore is decreasing. On small channels logs are remaining also behind the boom and in whirl proportionally in smaller extent than on large channels. The small number of boomings and whirls are the cause of this occurrence.

For clearing up the circumstance in what extent logs of different sizes are in average causing floating disturbances on channels of different classes of floating fitness, for ratio-series describing the remaining on shore, behind the boom, in jam and in whirl weighted average series must be calculated, employing as weigth-amounts the %-amounts in the table 52. By this procedure ratio-series are obtained, in which the comparing concentrates by diameter on such log, by which caused extent of floating disturbances corresponds the average extent of floating difficulties of logs in accordance with the material. The point of comparison, namely the diameter of such log, by which the floating disturbances compared are caused is in this case not constant, but is dependent on what kind the diameter-division of the floated quantity of logs is. These ratio-series, although they describe the proportional extent of floating disturbances caused by logs of different thickness, are rather difficult to employ. To be usable, the ratios must indicate the proportional extent of floating disturbances to the extent of floating disturbances caused by a log of certain diameter. In North-Suomi a log of 8″ top-diameter can be chosen as a suitable comparing diameter, because it corresponds approximately by cube a log of medium size. The ratio-series obtained by procedure mentioned are thus transmuted so, that 1.00 is taken as ratio of floating disturbances for a log of 8″ and other ratios are multiplied by part-amount, in which the numerator is 1 and denominator the ratio of the original ratio-series corresponding a log of 8″. Thus the following ratios describing the extent of floating disturbances are obtained.

Table 53.

Ratios describing the extent of floating disturbances caused by logs of different diameter on channels of different classes of floating fitness. (The comparing is made to the extent of floating disturbances caused by a log of 8″ top-diameter).

Class of floating fitness of the channel	Top-diameter of log			
	6″	8″	10″	12″
I	1.01	1.00	1.19	1.40
II	0.82	1.00	1.24	2.27
III	0.79	1.00	1.20	2.23
M_{II-III}	0.80	1.00	1.22	2.25

The ratio-series of channels of II and III classes of floating fitness are in such extent similar, that there is no reason to employ own series for both classes, but the average of the series is calculated and employed for both channels. The average series is on the lowest line in the table.

The figure 54 describes graphically the ratio-series in accordance with the table 53.

It is plainly observed from the figure 54, that the effect of the diameter of logs on the extent of floating disturbances is considerably more powerful on small channels than on large channels. The cause, why small logs are proportionally more disadvantageous on big channels than on the small ones is the large extent of small logs remaining behind the boom. The large channels are always amply fitted with boomings, and other floating disturbances are minimal. Thus the remaining behind the boom of small logs is affecting strongly on the total extent of their floating disturbances. When big logs are in question, the small extent of their remaining behind the boom is decreasing the total extent of floating disturbances. On small channels the extent of floating disturbances is decided by the remaining on shore and in jam and both of these floating disturbances are increasing when the logs are getting bigger. Therefore the increasing size of the logs increases powerfully the extent of floating disturbances on small channels.

In the following the relation of negative floating characters of different sorts of pilewood to the extent of respective characters of logs is inspected, and in addition the influence of the quality of pilewood on its negative floating characters. At first is inspected the average inclination of pilewood to cause floating disturbances compared with logs on channels of different classes of floating fitness.

Table 55.

Average ratios of the negative floating characters of logs and pilewood on channels of different classes of floating fitness.

	Floating channel and class of floating fitness	Ratios describing the negative floating characters		Percentage part of logs of the piece quantity of floated timber
		Logs	Pilewood	
Class I	Kemijoki 1934	1.21	0.92	27.6
	» 1935	1.27	0.90	27.8
	Oulunjoki 1935	1.18	0.94	22.3
	Kiehimänjoki 1934	1.52	0.92	13.3
	In average	1.29	0.92	22.8
Class II	Ounasjoki 1934	2.36	0.72	16.9
	Kitinen 1934	1.24	0.92	23.9
	In average	1.80	0.82	20.4
Class III	Raudanjoki 1934	1.58	0.82	23.9
	Meltausjoki joint floating 1934	1.22	0.86	39.5
	« private » 1934	2.64	0.95	1.4
	Iijoki 1935	4.10	0.69	9.1
	In average	2.38	0.83	18.5

The table shows that on all channels sawlogs have caused in average more floating disturbances than pilewood. In addition it can be observed that the extent of floating disturbances caused by logs is proportionally the larger, the smaller and with less water the channel is (V u o r i s t o 1932). Similarly the extent of floating disturbances caused by logs is in proportion the larger, the less they have been floated compared with the pilewood.

In the following is in detail inspected, what kinds of floating disturbances have been caused by different sorts of pilewood and the extent of floating disturbances is compared with the average extent of floating disturbances caused by logs. Table 56 presents the ratios describing the inclination of timber to remain on shore on channels of different classes of floating fitness. As in determining the ratios of the table graphic method could not be employed, the average has been calculated as weighted average thus, that for the extreme values weight-amount 1 is given and for other values 2. By this method it has been tried to reduce the influence of the most deviating values on the average value, without leaving them out of consideration.

Table 56.

Ratios describing the remaining on shore of logs and different sorts of pilewood on channels of different classes of floating fitness.

Class of floating fitness of the channel	Logs	Spruce pulpwood 1 m	Spruce pulpwood 2 m	Pine pilewood 2 m	Pilewood of 2 metres in total
I	1.15	1.34	0.80	1.23	0.85
II	1.28	0.94	0.85	1.30	0.90
III	1.96	0.54	0.57	0.88	0.61

The table shows, that the remaining on shore of pilewood is smaller in extent, the smaller the floating channel is. On channels of class I pulpwood of 1 m, being almost all fresh, and pine pilewood, which owing to the quality of wood floats more weakly than spruce, remained on shore in larger extent than logs. On channels of II and III classes the relation is, however, contrary.

As average ratios for spruce and pine pilewood of 2 metres are employed ratios, which are obtained by multiplying the ratios of channels of different classes of floating fitness by the part-amount of the joint ratio-average of pilewood of 2 metres and of the respective ratio of the class of floating fitness in question.

Table 57.

Ratios describing the remaining behind the boom of logs and different sorts of pilewood on channels of different classes of floating fitness.

Class of floating fitness of the channel	Logs	Spruce pulpwood 1 m	Spruce pulpwood 2 m	Pine pilewood 2 m	Pilewood of 2 metres in total
I	1.04	1.76	0.46	1.86	0.81
II	2.04	0.80	0.42	1.68	0.73
III	1.73	1.36	0.37	1.49	0.65
M_{I-III}	1.60	1.31	0.42	1.68	0.73

The ratios of table 57 describing the remaining behind the boom are deviating on channels of different classes of floating fitness considerably more than the respective ratios of logs of different sizes. As the variation of ratios does not, however, indicate any certain direction dependent on the floating fitness of the channels, as is not even supposed, the ratio-averages on the lowest line in the table are employed by calculating the final results on all channels of floating fitness.

Table 58.

Ratios describing the remaining in jam of logs and different sorts of pilewood on channels of different classes of floating fitness.

Class of floating fitness of the channel	Logs	Spruce pulpwood 1 m	Spruce pulpwood 2 m	Pine pilewood 2 m	Pilewood of 2 metres in total
I	1.27	1.29	0.71	1.17	0.83
II	2.00	0.78	0.67	1.10	0.78
III	3.08	0.78	0.55	0.91	0.64

The ratios of the table show, that on floating channels of class I logs, pulpwood of 1 m and pine pilewood of 2 metres have remained in jam approximately in similar extent. Only pulpwood of 2 metres has remained in jam considerably less than other sorts of timber. On floating channels of classes II and III the remaining in jam of pilewood is in whole considerably less than that of logs, the difference becoming considerably larger when the channel is getting smaller.

Table 59.

Ratios describing the remaining in whirl of logs and different sorts of pilewood on channels of different classes of floating fitness.

Class of floating fitness of the channel	Logs	Spruce pulpwood 1 m	Spruce pulpwood 2 m	Pine pilewood 2 m	Pilewood of 2 metres in total
I	1.61	1.07	0.56	1.18	0.72
II	2.06	0.31	0.72	1.52	0.93
III	1.42	0.89	0.86	1.82	1.11
M_{I-III}	1.69	0.78	0.71	1.51	0.92

Between the class of floating fitness of the channel and the inclination to remain in whirl of some certain sort of timber there can not be noted any clear correlation. On the contrary the ratios show, that on all channels of different classes of floating fitness logs have remained in whirls in considerable larger extent than pilewood. Additionally it must be observed, that props of 1 m have remained in whirls in a trifle smaller extent than props of 2 metres. It is thus apparent, as also appeared by surveying the remaining in whirls of logs of different sizes, that in whirls remains the less timber, the smaller it is. In calculating the final result of the investigation the ratio-averages on the lowest line in the table 59 are employed as ratios describing the remaining in whirl.

The previous tables describe in what extent logs and pilewood are causing floating disturbances in the form of remaining on shore, behind the boom, in jam and in whirl on channels of different classes of floating fitness. For determining the average floating difficulty of the sorts of timber mentioned on channels of different classes of floating fitness, weighted ratio-series describing the negative floating characters must be calculated, employing as weight-amounts %-amounts, which indicate the proportional average extent of the floating disturbances on channels of different classes of floating fitness. The %-amounts are in accordance with the following table.

Table 60.

Proportional division of timber away from floating between the different remaining places on channels of different classes of floating fitness.

	Character of floating disturbance.			
	On shore	Behind the boom	In jam	In whirl
I	39.3 %	8.0 %	44.3 %	8.4 %
II	48.5 »	2.6 »	47.2 »	1.7 »
III	13.1 »	0.5 »	85.5 »	0.9 »

By weighing the ratio-series of the tables 56—59 by the %-amounts of the table 60, the average ratios in accordance with the table 61 are obtained to describe the extent of floating disturbances caused by different sorts of timber on channels of different classes of floating fitness.

Table 61.

Ratios describing the average extent of floating disturbances caused by logs and pilewood on channels of different classes of floating fitness.

Class of floating fitness of the channel	Logs	Spruce pulpwood 1 m	Spruce pulpwood 2 m	Pine pilewood 2 m	Pilewood of 2 metres in total
I	1.28	1.27	0.72	1.26	0.84
II	1.64	0.87	0.75	1.22	0.84
III	2.91	0.75	0.55	0.92	0.64
I	1.00	0.99	0.56	0.98	0.66
II	1.00	0.53	0.46	0.74	0.51
III	1.00	0.26	0.19	0.32	0.23

The ratios of the table 61 show, that sawlogs, spruce pulpwood of 1 m and pine pilewood of 2 metres have practically viewed caused floating disturbances in same extent on channels of different classes of floating fitness. The extent of floating disturbances caused by spruce pulpwood of 2 metres is on the contrary considerably smaller. When the floating channel gets smaller the floating difficulty of logs increases fast compared with the pilewood and at the same time difference between the floating disturbances caused by different sorts of timber becomes smaller.

The ratios presented in the table 61 describe the extent of floating disturbances caused by different sorts of timber compared to the extent of floating disturbances caused in average by the whole floated quantity of

timber. Similarly as it was previously done by inspecting the floating of logs separately, even these ratio-series are transmuted thus, that the comparison is made to the extent of floating disturbances caused by a log of 8″. On the place of ratio in table 61 describing in average the negative floating characters of logs as comparison is taken amount the respective ratio of log of 8″. On channels of different classes of floating fitness these ratios are 1.19, 1.55 and 2.81. By dividing the ratios of each series by the respective ratio of 8″ log new ratio-series are obtained, in which the comparison is made to the extent of floating disturbances caused by a log of 8″, the respective ratio of which being 1.00. The transmuted ratio-series are in the table 62.

Table 62.

Ratios describing the average extent of floating disturbances caused by logs of 8″ and different sorts of pilewood on channels of different classes of floating fitness. (Comparison made to log of 8″).

Class of floating fitness of the channel	Log of 8″	Spruce pulpwood 1 m	Spruce pulpwood 2 m	Pine pilewood 2 m	Pilewood of 2 metres in total
I	1.00	1.07	0.61	1.06	0.71
II	1.00	0.56	0.48	0.79	0.54
III	1.00	0.27	0.20	0.33	0.23

The table shows that fresh pilewood, thus pulpwood of 1 m and more than half-dry pine pilewood, which also floats more weakly than spruce owing to the quality of wood, have caused more floating disturbances than logs of 8″. Such has the case been only on channels of I class of floating fitness. When the channel gets smaller the floating of all sorts of pilewood is easier than the floating of logs. On channels of III class of floating fitness the extent of floating disturbances caused by pilewood is only 3rd part of the extent of floating disturbances caused by logs of 8″.

The final result of the investigation shows convincingly that unbarked logs are causing in average more floating disturbances than barked pilewood. The question in what extent the different quantity of floating disturbances affects the total costs of floating, has been left unattended to, but to the matters is returned in a later part of this investigation.

B. Floating in South-Suomi.

The quality of floated timber in South-Suomi varies considerably more than in North-Suomi. The most notable difference is caused by the fact that timber of broadleaved trees is floated in large quantities. Main part of these are plywood birches. The variations of the quality of timber in South-Suomi are also caused, besides by the floating of broadleaved trees, by the fact that coniferous logs are floated both barked and unbarked, though mostly barked. The length of spruce pulpwood varies also in South-Suomi manifold compared with North Suomi. Together with pulpwood cut to even length there are in addition floated pulpwood trunks, which are often unbarked.

The big and irregular variation of the composition of the floated timber on the floating channels in South-Suomi is causing, that floating investiga-

tion must be concentrated separately on each investigated floating channel. This method is also caused by the fact that in South-Suomi there are rich lake-watercourses and consequently the floating channels are small and short compared with the channels in North-Suomi, and the floatings are often performed as special floatings. The last mentioned circumstance is an advantage for the investigation, as the floatings performed as special floatings often get the character of experiment floatings.

The floating investigations in South-Suomi were concentrated on five different floating channels upon 17 different floating cases: 1. On Hartola channel in 1934—35, a. Floating of barked spruce pulpwood and broadleaved trunks for fuel, b. Floating of coniferous logs, c. Floatings of birch logs and barked coniferous logs, d. Floating of barked coniferous logs. e. Floating of barked coniferous timber, f. Floating of barked spruce pulpwood trunks and broadleaved trunks for fuel, g. Floating of birch logs and barked coniferous logs, h. Floating of barked coniferous logs, i. Floating of barked spruce pulpwood of 2 metres. 2. On Kymi-river in 1934, a. Floating of coniferous logs and b. Floating of spruce pulpwood trunks. 3. On the channel of Höytiäinen in 1935, a. Floating of birch logs felled during the winter, b. Floating of barked coniferous logs and spruce pulpwood, c. Floating of barked coniferous logs, birch logs and pulpwood. 4. On the river of Ala-Koitajoki in 1935, a. Floating of barked coniferous logs, birches and pilewood, b. Floating of barked and unbarked coniferous logs, birches and pilewood. 5. On Lieksa-river in 1935, a. Floating of barked coniferous logs, birches and pilewood.

k. *The effect of wind on the extent of floating disturbances.*

On Hartola channel investigations regarding the effect of wind on the extent of floating disturbances were performed. It was ascertained, that according to the proportional strength of wind, on the certain opposite shore there appeared more disturbances than on the shore above the wind. In what extent the wind affects the extent and kind of the floating disturbances is naturally dependent on the quality of the channel, extent of boomings and local conditions of wind. On channels with ample boomings the wind has an increasing effect on the floating disturbances, as the extent of timber getting behind the boom is practically viewed almost unlimited. The wind increases, however, also other floating disturbances, as it pushes timber away from the main channel to parts of channel where floating disturbances are more likely to occur.

6. Combination of floating investigations in South-Suomi.

In the following a combination is formed of the results of investigations, describing the dependence between certain qualities of timber and negative floating characters on different floating channels.

At first the floating channels investigated must be classified on basis of their floating fitness. Only Kymi-river can be taken to the class I, all other channels belong to the class II. The jamming on Hartola channel is not quite corresponding the average jamming on channels of class II therefore, that in all rapids there are floating troughs, but owing to the smallness of the channel it must be taken to this class. Among the channels investigated there are none belonging to the class III of floating fitness.

a. *Effect of diameter of logs on the extent of their negative floating characters.*

In the following is first inspected the effect of diameter of logs and other timber with respective length on the proportional extent of negative floating characters. The inspection is concentrated upon a certain negative floating character in succession on channels of both classes of floating fitness separately on coniferous logs and birches. The figures 124, 125 and 126 describe graphically the inclination of logs of different diameter to remain on shore in accordance with the results of investigation. The figures describe the inclination to remain on shore thus, that the figure 124 regards coniferous logs on channels belonging to class I of floating fitness, the fig. 125 the same on channels of class II and the fig. 126 the same inclination of birch logs on channels of class II. The ratio of the negative floating characters appears on y axis and the top-diameter of logs on x axis.

In the figures a graphic compensation of the broken lines is performed, which is drawn by a thick dot-line. The table 127 describes the ratios obtained thus, that the number values of ratios have been calculated on the compensation curves, then transmuted so, that all ratios have been divided by the ratio of 8″ log and thus obtained ratio for 8″ log = 1.00, that is to say that the ratios present the inclination of logs of different diameter to remain on shore compared to the 8″ log. Also the ratios of other floating disturbances are presented by similar calculation.

Table 127.

Ratios describing the inclination of coniferous and birch logs of different diameter to remain on shore.

Quality of timber		Class of floating fitness of channel	Top-diameter of log 6″	8″	10″
Barked coniferous logs	(fig. 124)	I	0.93	1.00	1.11
» » »	(» 125)	II	0.93	1.00	1.42
Birch logs	(» 126)	II	0.70	1.00	1.05

The ratios of barked coniferous logs indicate, that the enlargening diameter of logs is increasing the inclination to remain on shore the more, the smaller the floating channel in question is. The result is thus similar with the results of floating investigations in North-Suomi. The enlargening diameter of birch logs has increased the inclination to remain on shore approximately in same extent as that of coniferous logs on a same kind of channel, if the comparison is made between the smallest and biggest diameter class. The difference of logs of medium size and big logs in remaining on shore is considerably smaller. The cause of this occurrence is rather difficult to explain, but it can be caused by the fact that the length and form of trunk of birch logs are varying much more indefinitely than those of coniferous logs, disproving thus partly the influence of the variation of diameter.

The figures 128, 129 and 130 are presenting the respective ratios of different sort of logs remaining behind the boom. As previously, the series of broken lines have been compensated graphically by curves drawn with thick dot-lines. The following table 131 presents the ratios calculated on compensation curves and then transmuted.

Table 131.

Ratios describing the inclination of coniferous and birch logs of different diameter to remain behind the boom.

Quality of timber		Class of floating fitness	Top-diameter of log 6″	8″	10″
Barked coniferous logs	(fig. 128)	I	1.14	1.00	0.88
» » »	» 129)	II	1.66	1.00	0.80
» » »	.....	M_{I-II}	1.40	1.00	0.84
Birch logs	(fig. 130)	II	1.24	1.00	0.25

The ratios describing the inclination of barked coniferous logs to remain behind the boom indicate, that logs of 6″ have remained behind the boom in average about 67 % more than logs of 10″. The difference is not quite as big as the results of investigation in North-Suomi indicate. This is presumably caused by the fact, that the logs floated in North-Suomi are unbarked and the rough surface of logs is hampering the going of big logs under the boom, which even usually is difficult. The ratios describing the remaining behind the boom of birches of different diameter indicate the same. With regard to the birches an affecting cause may be the fact, that smaller logs are generally more irregular as to their form of trunk and are therefore going more easily under the boom.

The figures 132, 133 and 134 are describing the inclination of logs of different sizes to become in jam. In the figures are graphically compensated broken lines according to the material and the table 135 presents the transmuted ratios corresponding the compensations.

Table 135.

Ratios describing the inclination of coniferous and birch logs of different diameter to remain in jam.

Quality of timber		Class of floating fitness of channel	Top-diameter of log 6″	8″	10″
Barked coniferous logs	(fig. 132)	I	0.87	1.00	1.05
» »	(» 133)	II	0.80	1.00	1.68
Birch logs	(» 134)	II	0.83	1.00	1.52

The diameter of coniferous logs affects the inclination to remain in jam in smaller extent on channels belonging to class I than on channels of class II. The effect of diameter of barked logs on jamming is more powerful than that of unbarked logs. It is presumably caused by the fact, that the rough surface of unbarked logs of all sizes increases their jamming and thus partly compensates the effect of diameter. The ratios of birch logs of different sizes indicate also the same.

The material concerning the inclination of logs of different sizes to remain in whirl is so scattered, that it can not be divided between the different classes of floating fitness, but the whole material is handled jointly by sorts of timber. As on some channels logs have remained in whirl in so small extent, that not even all diameter classes are represented, such cases have been left without attention in the following. The average-series has been calculated in such cases

where the material includes logs of all diameter classes. The figures 136 and 137 present the broken lines and their compensations in accordance with the material.

The table 138 presents the ratios describing the inclination to remain in whirl calculated on the compensation curves and then transmuted.

Table 138.

Ratios describing the inclination of coniferous and birch logs to remain in whirl.

Quality of timber		Class of floating fitness of channel	Top-diameter of log 6″	8″	10″
Barked coniferous logs	(fig. 136)	I—II	0.90	1.00	1.11
Birch logs	(» 137)	II	0.99	1.00	1.01

The enlargening diameter of barked coniferous logs increases the remaining in whirl. Practically viewed the ratios are the same as those in accordance with the floating investigations in North-Suomi. Regarding the birch logs, their diameter has not had any noteworthy effect on the remaining in whirl.

For determining, on basis of the ratios describing the different negative floating characters of logs, in what extent they cause floating disturbances in average, the average proportional occurrence of floating disturbances must be known. According to the material of investigation, in the following is calculated in which %-relation the logs, which have caused floating disturbances are dividing between the remaining places on channels of different classes of floating fitness. The table 139 presents these %-amounts.

Table 139.

Average division in percentage of logs away from floating on channels of different classes of floating fitness.

Quality of timber	Class of floating fitness of channel	Percentage-part of the remaining place of the whole quantity of logs: On shore	Behind the boom	In jam	In whirl
Barked coniferous logs.....	I	27.7	6.2	17.2	48.9
» » »	II	28.4	5.3	62.7	3.6
Birch logs	II	35.2	3.2	53.5	8.1

The %-amounts indicate that the proportional jamming increases and the remaining in whirl decreases when the class of floating fitness is descending. The %-amounts of the class II are approximately the same as those of the floating channels investigated in North-Suomi. The remaining in whirl on channels of class I is rather extensive, decreasing thus the proportional extent of other floating disturbances. Small variations in the proportional extents of different floating disturbances do not have any noteworthy effect on the final result of the investigation.

It has been explained above, how the diameter of logs affects their inclination to cause different kinds of floating disturbances. If the ratio series are

weighted by %-amounts corresponding to the average occurrence of different floating disturbances, the result obtained are ratios, presenting the average inclination of logs of different sizes to cause floating disturbances.

Table 140.

Ratios describing the average proportional extent of floating disturbances caused by coniferous and birch logs of different diameter.

Quality of timber	Class of floating fitness of channel	Top-diameter of log 6″	8″	10″
Barked coniferous logs	I	91.9	100.0	108.6
» » »	II	88.6	100.0	153.8
Birch logs	II	81.5	100.0	129.2

The ratios in the table indicate, that the enlargening diameter of logs in general increases their inclination to cause floating disturbances. The result is thus similar with the results of floating investigations in North-Suomi. In comparing the effect of diameter of barked coniferous logs to their inclination to cause floating disturbances on channels of different classes of floating fitness, it can be observed that floating of big-sized logs is more difficult when the floating fitness of the channel becomes weaker. — By comparing the floating of coniferous and birch logs with each other on channels belonging to class II of floating fitness, it is observed that the effect of diameter of logs on the proportional extent of floating disturbances caused by them concerns less the birch logs than coniferous logs. The irregular form of birchtrunks and their bark, which are increasing the absolute extent of floating disturbances caused by birches and are thus proportionally decreasing the effect of diameter on the same, can be considered as the cause for this occurrence.

b. *Effect of the length of logs on the extent of their negative floating characters.*

In the detailed survey regarding the different floating cases it was ascertained that the enlargening length of the logs increases the extent of floating disturbances. In the following the combinations of before-presented results of investigations are presented. In the combinations only logs and trunks of respective length are handled. This procedure is employed therefore that length of pilewood cut to a certain measure in a certain quality of timber does not vary in any noteworthy extent. The influence of the length of different sorts of pilewood is noted in comparing the negative floating characters of different sorts of timber with each other. The average ratios of the negative floating characters of logs of different sizes presented in the combination 141 are obtained by calculating averages for ratios obtained by individual floatings. In calculating the averages, all floatings have been taken into consideration in which the length of logs has been taken into consideration in gathering the material. The ratios have been calculated separately for remaining on shore, behind the boom, in jam and in whirl. Also the coniferous logs and birch logs are separately attended to. On floating channels of class I there is material only regarding one case and on channels of class II regarding 8 cases.

Table 141.

Effect of the length of timber on the extent of negative floating characters.

Floating disturbance	Class of floating fitness of channel	Barked coniferous logs			Birches		
		Length of logs					
		— 14′	14′—20′	20′ +	— 14′	14′—20′	20′ +
Remaining on shore	I	0.52	0.88	1.45			
	II	0.61	0.96	1.42	0.50	0.74	2.06
Remaining behind the boom	I	1.20	0.96	1.03			
	II	0.63	1.06	1.06	0.13	0.86	1.67
Remaining in jam	I	0.34	1.03	1.09			
	II	0.33	0.94	1.83	0.31	0.72	2.20
Remaining in whirl	I	0.48	1.09	0.71			
	II	0.87	1.12	0.71	4	1.14	2.03
In average	I	0.52	1.00	1.18			
	II	0.46	0.96	1.63	0.35	0.76	2.12

From the table 141 it can be observed that the increasing length of logs increases their inclination to remain in jam. Next is the remaining on shore. The inclination to remain behind the boom increases in some extent when the number of logs gets larger, especially when birches are in question, but with regard to the remaining in whirl the length of logs has not any effect worth mentioning. The material of birches presents the contrary, but there is only one case in the material and its quantity of timber is very small. It is in general apparent, that the enlargening length of birches causes more difficulty to the floating than the respective length-enlargening of coniferous logs. In addition the floating of long logs causes more difficulty on smaller channels. On the two lowest lines in the table are the weighted averages of ratios of the average negative floating characters. The proportional extents of the different floating disturbances have been used as weight amounts. The average ratios indicate, as also the ratios describing the extent of different floating disturbances, that the enlargening length of it is in average increasing the extent of floating disturbances and the increasing is the larger, the worse the channel is and the timber in question with more difficulty floated.

c. *Influence of the floating capacity of logs on the extent of their negative floating characters.*

According to those individual floating cases, where there has been opportunity to attend to the floating capacity, it has been ascertained, that the weakening floating capacity of logs is increasing the extent of floating disturbances caused by them. In the following combination of results obtained in the individual cases is presented. In calculating the averages of the combination, all those cases have been taken into consideration, which have been presented in the detailed handling of the material. The averages have been calculated separately for coniferous logs and broadleaved timber, on I and II classes of floating fitness. The results indicate the average of

negative floating characters of logs with different floating capacity, without paying attention to the sort of floating disturbances.

Table 142.
Influence of the floating capacity on the extent of negative floating characters of logs.

Quality of timber	Class of floating fitness of channel	Floating capacity Good	Normal	Weak	Minimal
Coniferous logs	I	0.66	0.87	1.37	2.16
» »	II	0.57	0.99	1.50	2.85
Broadleaved	II	0.15	0.98	1.40	3.38
In average		0.46	0.91	1.42	2.80

The averages of ratios describing the negative floating characters indicate, that the floating capacity of logs has a powerful effect on the extent of floating disturbances caused by them. Compared to the extent of floating disturbances caused by logs with normal floating capacity, it is observed that the extent of floating disturbances caused by logs with good floating capacity is only about half of the extent of floating disturbances caused by logs with normal floating capacity. The extent of floating disturbances caused by logs with weak floating capacity is about 50 % larger than that caused by logs with normal floating capacity, the extent of disturbances caused by logs with minimal floating capacity being about threefold larger. It seems apparent, that the floating capacity has generally smaller effect on the extent of floating disturbances on big channels than on small ones.

d. *Proportional amounts of the negative floating characters of different sorts of timber.*

Surveying the question of floating difficulty it is impossible at present, when there are always large quantities of different sorts of timber in the floating, to pay attention to the varying characters of certain sorts of timber. Therefore only the average floating characters of different sorts of timber are compared with each other. Such comparison is presented in the following, in accordance with the results of investigation. To begin with, all such floating cases, in which more than one sort of timber has been floated, are collected and a combination is made of the ratios of floating difficulty. That the comparison between the ratios should be possible, in all floatings the ratio of barked coniferous logs or barked coniferous trunks of respective sizes is taken as the point of comparison and marked with 1. Each ratio-series is transmuted by dividing it by the ratio of floating difficulty of barked coniferous logs. The floatings on channels of classes I and II are separately handled.

On channels of class I there is only one case from Kymi-river. The result shows, that in the floating of unbarked spruce pulpwood trunks 34 % more floating disturbances have occurred than in the floating of respective barked culls. As the culls in question were approximately the size of small logs, the afore presented result ought to correspond approximately also to the relation of floating difficulty between the barked and unbarked logs.

On channels of class II there is material regarding 9 floating cases. The average results appear on the lowest line of the table 143. The transmuting of ratios is made on the presumption barked coniferous logs and barked pulpwood culls are considered equal in value regarding the floating difficulty. The supposition may not be fully right, but there should not be faults in any

Table 143.
Ratios of floating difficulty compared to the floating difficulty of barked coniferous logs on different floating channels.

Name of the floating channel	Quality of timber										
	Classes of floating fitness	Barked spruce pulpwood trunks	Unbarked birch trunks for fuel	Unbarked aspen trunks for fuel	Barked aspen trunks	Barked coniferous logs	Plywood birches	Unbarked coniferous logs	Barked pulpwood of 1—2 metres	Barked pulpwood of 3—4 metres	Unbarked spruce pulpwood trunks
Kymi-river	I	1.00									1.34
Hartola channel 1	II	1.00	1.32	1.54	0.57						
» » 2						1.00	0.95				
» » 3		1.00	2.55								
» » 4						1.00	1.00				
Höytiäinen 1						1.00			0.23		
» 2						1.00	1.69		0.32		
Alakoitajoki-river 1 ...						1.00	1.87			0.59	
» » 2 ...						1.00	2.01	3.29		0.83	
Lieksanjoki-river						1.00	2.46		0.41		
	M_{II}	1.00	1.94	1.54	0.57	1.00	1.66	3.29	0.32	0.71	

larger extent. The fault is caused mainly by the different average diameter of the logs and culls. Naturally, even all the ratio-series compared to the coniferous logs are not fully proportional, because in different floatings the size of logs is always somewhat varying, affecting thus the results. In general, however, the result indicates the relations of floating difficulty of different sorts of timber. For correction of the worst irregularities a closer survey of the results is necessary.

In the floating of plywood birches in average about 66 % more floating difficulty has occurred than in the floating of barked coniferous logs. However, the ratios are much varying. The earlier in spring the floating is performed, the smaller is the difference of ratios. According to the ratios appearing in different floatings it seems apparent, that if the floating is concluded during the month of June the increase of difficulty is about 25—35 %, but if the floating lasts until autumn, the respective increase is about 100 %.

According to the ratio of unbarked coniferous logs no conclusions can be made, as the only floating case in which they appear is quite unfit for comparison. The unbarked logs were from Russia, their size being about the double of the size of our logs and thus by their sizes so difficult to float, that the influence of unbarkness can not be observed.

The ratio of barked pulpwood of 1—2 metres indicates, that the floating of them has caused in average only 32 % of the extent of disturbances caused by the floating of barked coniferous logs. The relation is approximately the same with the results of North-Suomi and should therefore correspond to the reality. The proportional extent of floating disturbances caused by pulpwood of 3—4 metres is 71 % of the extent of floating disturbances caused by coniferous logs. The enlargening length of timber has thus considerably increased their floating difficulty, as the results of this investigation even in general presume.

Regarding the floating of trunks for fuel there is material from four floating cases, but the quality of trunks is much varying and all these floatings have been performed on Hartola channel, which is exceptional, owing to the small extent of jamming. The ratios of floating difficulty are varying between 2.55 and 0.57. The lastmentioned amount presents the floating of aspen trunks. The floating of such fuel trunks is quite uncommon and at present they are mostly considered as pulpwood, wherefore they can with good reason be left without attention as fuelwood. Thus only three floatings of unbarked timber have been taken into consideration. The average ratio of floating difficulty obtained with regard to these three floatings is 1.81, in other words the floating of trunks for fuel has caused 81 % more floating disturbances than the floating of barked coniferous logs.

C. Working time consumption in floating disturbances caused by different sorts of timber.

1. Working time investigations.

For clearing the relation between the extent of floating disturbances and the expenses caused by them, it is inspected in accordance with working time investigations performed, in what extent working time consumption is caused by different sorts of timber in the different cases of floating disturbances. The working time investigations divided: a. For investigation regarding working time used in rolling the logs remained on shore to the channel, b. regarding working time used in removing the logs remained behind the boom and in whirl and c. regarding working time used in breaking jams.

2. Investigations regarding working statistics.

According to the statistics collected on Hartola channel the working time consumption caused by different floatings and factors, on which the working time consumption is dependent, are surveyed. For the survey the floating work is divided to the actual floating and to the rumping. The matter is described in the table 150.

Table 150.

Quantities of timber floated and of timber, which has caused floating disturbances, and working hours used in the actual floating and rumping in some floatings performed on Hartola channel.

Quality of floated timber	Quantity of timber floated in cubic feet	Working hours used in actual floating	Quantity of timber which has caused floating disturbances in cubic feet	Working hours used in rumping	Working hours used in actual floating per 1 000 cubic feet	Working hours used in rumping per 1 000 cubic feet of timber, which has caused floating disturbances	Proportional water-level on channel
1	2	3	4	5	6	7	8
Barked coniferous logs ...	294 000	964	43 000	284	3.1	6.6	134
« » » ...	588 000	1 687	52 000	292	2.9	5.6	129
Barked pulpwood trunks and broadleaved trunks for fuel	259 000	898	44 000	239	3.5	5.4	125
Barked coniferous logs and birch logs	469 000	2 229	71 000	356	4.8	5.0	120
Barked coniferous logs....	266 000	1 376	58 000	282	5.2	4.9	112
Barked pulpwood of 2 m.	265 000	1 291	42 000	240	4.9	5.7	110

The working time consumption described in the table 150 is presented graphically in the figure 151, in which the broken line II indicates working time consumption required by the actual floating of 1 000 cubic feet, depending on the relation of the height of water. The amount of working hours is in the left side of the figure and the height of water in the lower side. The broken line I indicates the amount of working hours used in rumping regarding 1 000 cubic feet of timber causing floating disturbances. The falling of water has not increased the working time in rumping per cubic foot. The extent of timber causing floating disturbances is most decisively affecting the rumping regarding cubic unit thus, that the more there are such timber, the smaller is the average working time per cubic unit. The amounts marked by the circle-points of the broken lines indicate on the line I the quantities of timber, which have caused floating disturbances and on the line II the quantities of timber floated, by thousands cubic feet. The floating of pulpwood of 2 metres is deviating from the general direction of the broken line. This floating was performed during the lowest water, when the extent of floating disturbances depending on the quality of timber is usually smaller and the working time consumption larger than in nearest previous floating. The amount of timber, which has caused floating disturbances is so varying, that the variation covers the variation caused by the quality of timber.

Inspecting the amount of working hours required by the rumping it is observed that working time required by rumping is increasing when the extent of timber causing floating disturbances is getting larger. The consumption of working time does not, however, increase direct proportionally to the enlargening of the extent of timber. It is caused, except by the time used in walking, which consumption of time is independent on the extent of timber handled, partly therefore, that when the extent of floating disturbances is increasing the worst areas of floating disturbances are filled up and timber begins to remain also on such places, from which they easily can be removed. The size of timber has not any effect worth mentioning on the time required by the handling of timber, causing floating disturbances, in rumping. The investigations regarding working time statistics confirm thus the results of working time investigations.

3. Combination of investigations regarding working time consumption.

It had been previously inspected, how the size and quality of the floated timber affects the consumption of working time required by timber, which has caused different kinds of floating disturbances, when it is brought to the floating again. As the absolute and proportional extent of the different floating disturbances is decisively dependent on the quality of the floating channel, it is impossible without further consideration to conclude, how the difference of timber generally affects their floating difficulty, owing to the different time consumption required by timber, which has caused floating disturbances. For making conclusions in the table 154 is presented a combination of amounts regarding working difficulty of timber, which has caused floating disturbances, in accordance with the results of investigation.

Table 153.

Ratios of working difficulty by bringing timber, which has caused floating disturbances to the floating again.

Quality of timber	Floating disturbance				Weighted average		
	On shore	Behind the boom, removing by pushing	Behind the boom and in whirl, removing by rowing	In jam	Class of floating fitness of channel		
	Ratios of working difficulty				I	II	III
Barked coniferous logs	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Unbarked coniferous logs	1.39	1.00	1.01	1.34	1.29	1.29	1.31
Birch logs	1.63	1.01	1.74	2.42	1.93	2.01	2.26
Barked pilewood	0.80	1.15	1.03	0.78	0.85	0.84	0.87

It can be observed from the table that the ratios of working difficulty of different timber vary considerably. For determining average ratios for the whole floating work, it should be known in what proportion the different floating disturbances are appearing in average. The proportional extent of floating disturbances on different channels is, however, much varying. For determining averages of ratios of working difficulty, ratio-series are formed for channels of different classes of floating fitness in accordance with the material of investigation. These ratio-series describe the average appearance of the different floating disturbances. The average ratio-series are following.

Table 154.

Proportional extent of different kinds of floating disturbances on channels of different classes of floating fitness.

Class of floating fitness of channel	Floating disturbance and its proportional extent				
	On shore	Behind the boom	In jam	In whirl	
I	40 %	10 %	40 %	10 %	100 %
II	30 »	10 »	50 »	10 »	100 »
III	10 »	5 »	80 »	5 »	100 »

If the ratios of working difficulty in different cases of floating disturbances are weighted by the ratios describing the extent of floating disturbances, average ratios of working difficulty are obtained for all floating disturbances. The weighted averages of working difficulty are presented on the three last columns in the table 153. It has been presumed in the calculation of averages that half of the timber, which has remained behind the boom has been removed by pushing and the other half by rowing; all timber, which have remained in whirl has been removed by rowing. This presumption corresponds to the average practice and the small variations in one or other direction do not have any noteworthy effect on the final result.

Surveying the averages of working difficulty presented in the table 154 it can be observed, that the extent of work per cubic unit caused by the floating disturbances of barked coniferous logs and barked pilewood are in average in same relation with each other on all floating channels. The handling of pilewood causes 15—16 % less work than the handling of logs. The floating disturbances of timber floated with difficulty are causing more work, when

the floating fitness of the channel is getting worse. Regarding unbarked coniferous logs the difference is not large but is already considerable when birch logs are in question. Comparing the working difficulty to the working difficulty caused by barked logs, it is observed, that the handling of unbarked logs is causing in average about 30 % more and the handling of birch logs about 100 % more work than the handling of barked logs.

The presented ratios of working difficulty have been calculated on basis of time used in the handling of timber. A considerable part of time in floating is used in walking, and the consumption of time in this respect is independent on the quality of floated timber, if the quantity of timber causing floating disturbances is unchangeable. According to the working statistics presented on the page 295 about $^1/_3$ of the total working time is used in work and walking, which are independent on the quantity and quality of timber, which has caused floating disturbances. If this circumstance is taken into consideration in determining total working time per cubic unit of timber, which has caused floating disturbances, the effect of the quality of timber on the time consumption decreases in some extent. Thus the ratios of working difficulty regarding the total working time are in accordance with the table 155.

Table 155.

Ratios of working difficulty for getting different timber, which have caused floating disturbances to the floating again, calculated on basis of total working time.

Quality of timber	Class of floating fitness of channel I	II	III
	Ratios of working difficulty		
Barked coniferous logs	1.00	1.00	1.00
Unbarked coniferous logs	1.19	1.19	1.21
Birch logs	1.62	1.67	1.84
Barked pilewood	0.90	0.89	0.91

The ratios of working difficulty in accordance with the table 156 are describing the proportional extent of floating work, which has been caused by the floating disturbances of different timber per cubic unit. When the proportional amount of timber which has caused floating disturbances is known, it is possible, on basis of the ratios of working difficulty, to determine the proportional extent of floating work, caused by the floating of different timber. As the ratios of floating work difficulty are varying depending on the quality of timber in same direction as the ratios describing the negative floating characters, these factors affecting the floating difficulty are supporting each other.

D. Combination of results of floating investigations.

1. The effect of the proportional extent of floating disturbances on work comsumption and actual floating expenses caused by floating.

The extent of work caused by the handling of timber, which has caused floating disturbances is partly dependent on the quantity, partly on the quality of timber. The ratios of the negative floating characters are describ-

ing the proportional quantity of timber. The ratios presented in the table 156 are describing the effect of the quality of timber on the proportional working time consumption per cubic unit. By multiplying the ratio-series mentioned with each other thus, that each ratio describing the negative floating characters is multiplied by the ratio describing the handling time of quality or size of same timber sort (table 156) and by dividing the amounts obtained by the amount corresponding to that sort or size of timber, to which the comparison is based, a new ratio-series is obtained, which describes the proportional working time consumption regarding that part of floating work, in which timber, which has caused floating disturbances, is handled. — The ratio-series is thus actually not describing the proportional amount of the actual floating expenses caused by floating of different sorts of timber, but the ratio-series can, however, without any bigger errors be used to describe also the proportional division of the amount of expenses mentioned between different sorts of timber. The matter is here with few words nearer explained. It has been explained on the page 264 how the actual floating expenses are dividing in average between the different amounts of expenses. In the same connection the final result of statements is, that the amount of floating wages is well describing the total amount of actual floating expenses. It is yet to be inspected in the following in what proportion the floating wages are when compared to the extent of work caused by the handling of timber causing floating disturbances. Regretably there is no material for explaining this matter, wherefore the question must be left for theoretical explanation. The floating work can be divided in three parts of different character, namely preparing the floating fitness of channel, the actual floating and rumping. Regarding the extent of work, the two lastmentioned parts compose the decisive part of the whole floating work. The purpose of the work performed during the actual floating is partly to prevent disturbances, which could hamper the free moving of the timber on the floating channel, partly to bring the timber, which has caused floating disturbances back to the moving drive. The purpose of the work is thus partly to prevent in advance floating disturbances, partly to clear up the disturbances occurred. The extent of work in the lastmentioned activity is naturally direct proportional to the extent of work caused by the handling of timber, which has caused floating disturbances. The extent of work, which is caused by preventing the floating disturbances in anticipation is also dependent on the inclination of the floated timber quantity to cause floating disturbances. The more floating disturbances should occur, if they were not prevented using human power, the more laborers, so called catchingmen should be required per each floating unit. Every case, where floating disturbance threatens, requires the action of the catchingman and takes his time. The consumption of working time is thus direct proportional to the number of cases, in which floating disturbances are threatening to occur. The number of such cases and the number of floating disturbances are direct proportional with each other. The preventing of a threatening floating disturb ance is generally more difficult, when timber floated with difficulty is in question. On account of above it can be considered, that the extent of work caused by the preventing of floating disturbances is varying in same relation as the extent of work caused by the handling of timber causing floating disturbances varies.

An other important part in the floating work is the rumping. The rumping signifies that part of the floating work, when timber, which has remained along the channel and caused floating disturbances, is brought at the end of the floating back to the channel. The extent of work in rumping is thus

dependent on the quantity of timber, which has remained away from floating and also on the quality of the remained timber. The extent of work is thus direct proportional to the extent of work caused by handling of timber, which has caused floating disturbances.

The extent of work, which is caused by preparing the floating fitness of the channel in the beginning of floating, is not so firmly dependent on the quality of the floated quantity of timber as the extents of work in other stages of floating work. There is, however, a known relation between the quality of floated quantity of timber and the preparing of floating fitness of channel. With the more difficulty floated the timber in question is, the better the channel must be fitted for the proceeding of floating. The inclination of timber to cause floating disturbances is thus increasing the extent of work, which must be laid down for floating fitness of the channel. As only about 4—14 % [1]) of the total expenses of floating work is consumed by the fitting of channel, any noteworthy fault is not made if it is considered that the extent of work caused by the fitting of channel is also direct proportional to the extent of work caused by the handling of timber, which has caused floating disturbances.

On basis of the before presented statements it is considered, that the ratio-series, describing the extent of work caused by the handling of timber, which has caused floating disturbances, describes also the variation of the actual floating expenses in floating different sorts of timber.

As has been previously mentioned, the number-series describing the proportional amount of floating expenses are calculated by making the comparison to a certain quality of timber, for which 1.00 is taken as ratio in the series. In North-Suomi an unbarked log is chosen as the point of comparison and in South-Suomi a barked log. The number-series describing the proportional amount of the actual floating expenses for different sorts of timber on channels of different classes of floating expenses in North-Suomi and South-Suomi are in the tables 156 and 157.

Table 156.

Ratios describing the amount of actual floating expenses caused by floating of different sorts of timber on the floating channels in North-Suomi (comparison made to the floating expenses of unbarked logs).

Class of floating fitness of the channel	Quality of timber: Unbarked logs	Barked pilewood of 2 m. in average	Barked spruce pilewood of 1 m. fresh	Barked spruce pilewood of 2 m. dry	Pit props half dry
I	1.00	0.50	0.75	0.42	0.74
II	1.00	0.38	0.39	0.34	0.55
III	1.00	0.17	0.20	0.14	0.24

Table 157.

Ratios describing the amount of actual floating expenses caused by floating of different sorts of timber on the floating channels in South-Suomi (comparison made to the floating expenses of barked logs).

Class of floating fitness of channel	Quality of timber: Barked coniferous logs	Unbarked coniferous logs	Barked pilewood 1—2 m.	Barked pilewood 3—4 m.	Plywood birches: Floating ends before 1. VII	Plywood birches: Floating proceeds to late summer	Broad-leaved trunks
I	1.00	1.59	—	—	—	—	—
II	1.00	—	0.28	0.71	2.17	3.34	3.02

[1]) According to the calculations of Dr. Seppänen.

The before presented ratios describe in what extent the floating of different sorts of timber are in average causing actual floating expenses when they are floated mixed. As it is observed the floating difficulty of timber is much varying depending on their quality when the actual floating expenses are viewed. The characters of timber increasing the floating difficulty are big length and diameter, the rough surface of the unbarked timber and weak floating capacity. The effect of all these characters on the floating difficulty has been previously attended to in the combinations of the results of investigations in North- and South-Suomi, wherefore detailed survey is not more necessary. Surveying the before presented ratios, there ought to be taken into consideration, that they describe only the variation of the actual floating expenses and in case total floating expenses are in question the ratios are altogether different. The matter will receive additional attention in the final combination of the investigation.

V. Investigations regarding Assorting.

The assorting difficulty of different sorts of timber has been investigated partly employing the method of time investigation, partly the statistical method. The investigations on different assorting places are presented in the order those assorting places are situated in north and south direction.

A. Investigations on crosswise channel-assorting establishments.

1. Investigations on Myllymäki assorting place on the mouth of Kemijoki.

The assorting place of Myllyniemi is by its construction a crosswise channel-assorting establishment, the moving course of timber being there crosswise. The form of the establishment during the time of investigation is from the year 1932. The assorted quantity of timber is so large, that the establishment is a combination of 5 channel-assorting places, of which 4 are side by side across the river and the fifth on the western shore of the river, a little above the previous line. (Fig. 158). From the mixed drive the logs are first assorted according to their marks and pilewood, which has floated to the assorting channel with the logs, proceeds its course to a depository separated by booms, where at the lower end is channel-assorting place for pilewood, also that being crosswise. In case there are disproportionately large quantities of logs or pilewood compared with each other, the assorting crew of timber of smaller extent is suffering from lack of work. On the Myllyniemi assorting place the quantity relations are considerably varying daily and by periods of time. This disturbes the even proceeding of the assorting work. The number of assorted marks varies from 10 to 20 marks. The investigation material was obtained on Myllyniemi assorting place in 1934 and 1935 by methods of working time investigations. The equal results during the both summers have been combined to one final result.

d. *Consumption of working time on Myllyniemi assorting place.*

On Myllyniemi assorting place the whole drive moves first through the so called log-assorting, where the saw-logs are assorted according to their

marks and pilewood proceeds its course to the assorting place for pilewood, which is situated lower on the river. On the log-assorting place are thus two different work performed, separating the logs and pilewood from each other and additionally assorting the logs according to their marks.

For ascertaining how large part of the working time on the log-assorting place was used in handling the logs and pilewood respectively, working time investigations were made regarding the consumption of total working time of individual workers. The working time was divided into different parts in manner described in the table 164.

Table 164.

Division of working time of assorters between the different stages of work on Myllyniemi assorting place.

Investigations	General handling of logs	Assorting of logs	Handling of pilewood	Waiting time	Total
1934	14 %	20 %	39 %	27 %	100 %
1935	21 »	19 »	32 »	28 »	100 »
Averages	17 %	20 %	35 %	28 %	100 %

It can be noted from the table that only 20 % of the total working time has been used for the actual assorting-work of logs, and even if the general handling should be added to the assorting-work, the handling time for logs is only 34 à 40 % of the total working time. The time used for handling the pilewood has been approximately the same, the %-amounts being 32 and 39. The part of waiting time, of time wholly wasted, has during the both summers been little more than $^1/_4$ or 27—28 % of the total time. If the working expenses caused by assorting work by this manner of assorting are divided respectively for logs and pilewood to correspond the reality, at least $^1/_3$ of the total costs of log-assorting must be entered in the account of pilewood assorting.

In the table 165 the division of time in the assorting of small and big marks, is observed the different stages of time used being in the same order than in the previous table. The lines of the upper column include the big marks and lines of the lower column the small marks. The most noted difference in the assorting work of big and small marks is, that the time used for the actual assorting of logs is in assorting the big marks about 50 % larger than in assorting the small marks. In assorting the small marks the waiting time is respectively larger.

The assorting work of pilewood differs from the log-assorting mainly therefore, that there is handled only pilewood, and thus the total working time divides into three parts in the manner described in the table 166.

On basis of time measuring the working time divided in average as follows:

Table 166.

Average division of working time on the assorting place for pilewood.

General handling	Actual assorting	Waiting time
35 %	36 %	29 %

The proportional duration of the wasted part of working time on the assorting place for pilewood is practically viewed the same as on the assorting place for logs. On the other hand for actual assorting work there has been

used nearly half as much time in proportion as on the assorting place for logs. The difference is caused by the fact that the assorted timber has been nothing but pilewood and thus the whole drive moving with the stream on the channel have been assorted and consequently there has been proportionally more timber to be assorted than on the assorting place for logs. For general handling on the assorting place for pilewood has been used considerably more time than on the assorting place for logs, if on the lastmentioned place only the general handling is taken into consideration. This is caused by the fact that the assorter must often raise the end of marked pilewood although the prop does not belong to the timber to be assorted by him.

Table 167.

Division of working time on the assorting place of pilewood in assorting different marks.

	General handling	Actual assorting	Waiting time
Big marks	32 %	38 %	30 %
Small marks	66 »	11 »	23 »

In the table 167 is presented the division of working time on the assorting place for pilewood between the big marks and small marks. The big difference of the %-amounts is caused therefore, that the props of small marks were similar by appearance, spruce pulpwood of 1 m., wherefore the owner had to get ascertained always by the mark, whereas the props of big marks were measuring 2.2 and 2 metres and also by sort of timber easily to be recognized

2. Investigations on the assorting place of Tukkisaari on the mouth of Oulunjoki in 1935.

The assorting investigations were performed in the same manner as on the Myllyniemi assorting place. The assorted long-wood is bundled immediately below the assorting place. Fig. 168.

a. *Assorting investigations of saw-logs on the Tukkisaari assorting place.*

According to the correlation table 169 following average assorting times are obtained for different diameter classes.

Diameter class	5″—6″	7″—8″	9″—11″	12″+
Actual assorting time min./100 per piece ..	6.48	7.69	8.49	11.00
Ratios of assorting difficulty	84	100	111	143

(In the picture 170 the working procedure is seen on the main channel of Tukkisaari assorting establishment viewed in the direction of stream.)

b. *Working time consumption on Tukkisaari assorting place.*

In the table 172 the division of the working time is presented in the same order and in same stages as afore in the table 164. The short time used by handling the pilewood is caused by the relative small quantity of pilewood.

The relative numerousness of the marks assorted affects decisively on the waiting time. The greater the number of marks assorted are, the less frequently a piece of timber belonging to each mark passes the assorter, as the moving fastness of the timber on the assorting channel is approximately determined on basis of the fastness of current.

3. Assorting investigations on Kiehimä assorting place on the mouth of Emäjoki in 1934.

On the assorting place of Kiehimä the timber coming from the watercourse of Hyrynsalmi is assorted. The assorting establishment is a crosswise channel-assorting place, where the pilewood moves through the logassorting place to the assorting place for pilewood situated lower.

a. *Investigations regarding assorting of saw-logs on Kiehimä assorting place.*

The investigations were performed in similar manner as on Myllyniemi assorting place. On basis of time measurings the correlation table 173 is obtained between the top-diameter of logs and the actual assorting time. By calculating from the table for different diameter-classes following averages of assorting times are obtained, and on basis of them, ratios of the floating difficulty:

Diameter class	5″—6″	7″—8″	9″—11″	12″+
Actual assorting time min./100 per piece ..	4.55	6.47	8.72	13.07
Ratios of assorting difficulty	70	100	135	201

The reason, that diameter of log has affected more powerfully on the assorting time than in cases presented before, is the more unequal division of the timber. Decisively most part of the timber is floated to a same assorting channel, wherefore, owing to the hurry caused by this, the assorting time of smaller timber became shorter than usually.

b. *Investigations regarding assorting of pilewood on Kiehimä assorting place.*

On basis of time measurements the average 3.1 min./100 is obtained for actual assorting time for pulpwood. The average is a trifle larger than on Myllyniemi assorting place. (The picture 174 describes the assorting in Kiehimä river and the picture 171 shows how the assorting of pilewood is performed, the men standing in barrels which are fastened to the assorting bridge.)

4. Assorting difficulty of different timber in crosswise channel-assorting.

In the following the combination of results of individual investigations is presented. At first the effect of the diameter of logs on the assorting difficulty is inspected. That the variation of the timber should not disturb the investigation, it has been concentrated to saw-logs, as the variation of their lengths in general is small and is not dependent on the diameter of logs.

For obtaining a clear general description, the results of all individual investigations are presented graphically in fig. 175. In the graphic figure the numbers on the y-axis indicate the actual assorting time min./100 per piece and on x-axis the diameter quantity of logs. The average assorting-times of different diameter-classes are marked in the figure by small circles and circles belonging to a same investigation are united with broken lines. Adjusted by even $^1/_4$ of inch, the values of class-centers are 5 $^3/_4$″, 7 $^3/_4$″, 10″ and 13″. The numbering of broken lines on the right side of the figure alludes to the different investigations made.

I	Big marks on Myllyniemi assorting place in 1935.
II	Small marks » » » » » 1935.
III	» » » » » » 1934.
IV	Assorting of Kiehimä » 1934.
V	Big marks on Myllyniemi assorting place » 1934.
VI	Assorting of Tukkisaari » 1935.
VII	Average ratios of assorting difficulty in accordance with the scale on the right side in the figure. Ratio of the diameter-class 7″—8″ = 100.

The broken lines are clearly divided into two groups with regard to the x-axis. The averages indicated by one group of broken lines are nearly 50 % larger than those of the other. The difference of time is caused by the prevailing haste in assorting work. The rectilineal compensation goes by origo and the characters inspected are thus direct proportional with each other. In this case the time used in rectilineal assorting is direct proportional to the top-diameter of the log. Presented mathematically $t_e = k\,d$, in which t_e = the actual assorting time, d = top-diameter of the log and k = constant, quantity of which being dependent on measuring units, length of log and factorsc characteristic of each assorting place.

Surveying the result obtained from the view of practical assorting work, it is to be noted, that the space required by logs floating in water is direct proportional to their diameter, as also the floating difficulty. Therefore it is apparent, that the results concentrated on the actual assorting work can with good reason be generalized to concern the whole assorting work.

In the figure 176 the effect of the length of logs on the assorting time is presented graphically. The effect of the length of the logs on the assorting time has been studied so, that the logs have been divided into two groups according to their length, 4.6 m and 6.0 m. The average lengths have been calculated for each group in accordance with the log-lists of the different floaters. Examining the directions of radius and line-groups drawn from the point 0 of the axes, it is observed that their difference is rather minimal. The most notable deviation from the direction of radius can be seen on the upper edge of the figure regarding the assorting time of logs measuring 12″ and more, belonging to the group of big marks, on Myllyniemi assorting place in 1935. The line indicating logs belonging to the group of small marks is on the contrary nearly similar with the direction of the radius. It is curious indeed, that the time used in handling the short and thick logs belonging to the small marks is shorter than the time used in assorting the logs of big marks. This is also contrary to the individual investigations, wherefore it is apparent that in

case in question some particular reasons have caused the rise in the assorting time of logs belonging to big marks. According to the afore presented the assorting time of logs is direct proportional to the length of logs assorted.

In the figure 176 the assorting times of pulpwood of 1 and 2 metres are marked with circles in accordance with the averages of time-measuring on the assorting places of Myllyniemi and Kiehimä. For accurate placing of the points, the lowest radius is drawn in the figure by its direction to go approximately on the level corresponding to the average assorting time of pulpwood measuring 5 ½″ by diameter. By comparing the assorting time with the length of log, no notable fault is made even if the floating difficulty in the crosswise channel-assorting should be considered direct proportional to the length of logs within the limit of length-variation of assorted logs at present.

The effect of the length of log on the assorting time in crosswise channel-assorting is thus $t = a \times l$, in which t = assorting time, l = length of log, a = constant, quantity of which being dependent on the measuring units, diameter of logs and factors characteristic on each assorting place.

The assorting difficulty is direct proportional to the sum of diameter and length of the logs. Thus $t = a \times d \times l$, in which t = assorting time, d = diameter of log, l = length of log, a = constant, quantity of which being dependent on the factors characteristic on each assorting place.

As the diameter and length of timber floated is usually unknown, such characters of timber must be chosen as arguments for assorting difficulty, which can easily be observed from statistics regarding procuring of timber. Also the arguments regarding all stages of floating work should be the same. A relative close argument regarding the diameter of timber is the cross-area of the timber. If it could be used as measure instead of diameter, at the same time maintaining sufficient accuracy, the assorting difficulty of a log of certain length could be easily determined also by the cube. According to the previous results of investigations the assorting difficulty is direct proportional to the diameter of timber, wherefore the afore presented can not be quite accurate, but within limits in which the diameter of floated timber in practice is varying, it gives results of sufficient accuracy.

On the lowest line on the table 177 the ratios corresponding to the assorting time of logs of different diameter can be noted as weighted averages on the different assorting places, being

in diameter-class	5″—6″	7″—8″	9″—11″	12″+
	78	100	126	168

A weighted average has been employed as average, although the method may not be fully justified. The numbers of experiment-logs of each individual investigation have been employed as weight amounts. The weighted average and weight amounts are chosen therefore, that investigations with ample material describe more accurately the assorting difficulty. Therefore it is just, that they have also in proportion more powerful effect on the final result. The averages of ratios should not have changed much even if unweighted averages had been employed.

Then, on basis of different investigations, the average of assorting times for diameter-class 7″—8″, considered as the point of comparison, has been calculated. Similarly as before also here the average weighted by the experi-

ment-amounts of logs has been employed. The average obtained is 8.9 min./100 per piece. By ratios of assorting difficulty the average assorting times for all diameter-classes are determined. The results are graphically described in fig. 178.

On left in the figure can be seen the actual assorting time min./100 per piece and below the cross-area of the top of the log in square inches.

Surveying the broken line uniting the averages of assorting times it is ascertained, that notwithstanding the change of argument, it is in general straight. It is caused by the fact that the parabolic character of the broken line is clearly noted first outside the limits of diameter, within which the diameter of assorted logs usually varies. In the figure there is drawn a compensation line, which is describing with sufficient accurancy the assorting time of logs of same length depending on their top cross-area. The average of assorting time for smaller logs is a little below the straight line, indicating thus that the time broken line begins to turn towards the axis x. It must be at the same time taken into consideration that in practice there is not usually appearing smaller logs than 5″ by diameter, wherefore the deviation does not become inconvenient large.

As the results described in the figure are based only on the results of assorting investigations for logs, it must additionally be inspected in what extent they are similar with the assorting investigations of pilewood. The pilewood handled during the investigation measured by diameter 5″, the length being 2 or 1 m. If assorting time corresponding $5^1/_2$″ is calculated on the compensation straight line in the figure the time obtained is 7.2 min./100 per piece. This time is to be reduced by the relation of the average length of logs 5.3 and of the length of pilewood. Previously it was ascertained that the assorting time of timber of certain length is direct proportional to the length of timber. According to the compensation straight line the assorting time for pulpwood of 2 metres is thus 2.7 min./100, which corresponds almost accurately the average of results of investigation 2.5 and 3.1 min./100. Assorting time obtained respectively for pulpwood of 1 m. is 1.4 min./100, the average of the investigation results being 1.7. Owing to the employment of rectilineal compensations a difference can be noted, but this can not be avoided, without making the matter more complicated. It must also be taken into consideration that pulpwood shorter than 1 m. is not floated and even the extent of pulpwood measuring 1 m. is small in proportion.

The compensation straight line presented in the fig. 178 can be considered to describe with sufficient accuracy the dependence of assorting time on the cross-area of timber. The analytical expression corresponding to the straight line is following: $t = 0.042\ d^2 + 6.00$, in which t = actual assorting time min./100 of log measuring 5.30 m., d = top-diameter of log in inches.

As previously has been proved, the assorting time of timber of certain length is direct proportional to the length of timber, the afore presented can be completed by taking into consideration the varying length of the timber. As the formula indicates the assorting time of logs measuring 5.30 m., for obtaining the assorting time for logs of other length, the right side of the formula must be multiplied by the part-amount of the length of log in question and of 5.30. The formula is thus following:

$$t = (0.042\ d^2 + 6.00)\ \frac{1}{5.30} \text{ or reduced}$$

$t = 0.008\ d^2 l + 1.13\ l$, in which t = actual assorting time in min./100
d = top-diameter of log in inches
l = length of log in metres

The factors in the first term of the right side of the formula are d^2 and l, wherefore their sum can be compensated by the cube of the timber. If the cube of the timber is expressed by cubic feet and the length by running feet, the expression gets the following form by taking into consideration the floating units employed previously:

$t = 0.46\ v + 0.34\ l$, in which t = actual assorting time in min./100
v = cube of timber in cubic feet
l = length of timber in running feet.

The formula presented indicates, that time used for actual assorting is composed by two terms, of which one is direct proportional to the cube of timber and the other to the length of timber. If the total assorting time for some timber-quantity should be determined, the assorting times used for each piece of timber must be summed up. Thus the following formula is obtained for the total assorting time of some certain timber-quantity:

$T = 0.46\ \Sigma v + 0.34\ \Sigma l$, in which T = assorting time of timber-quantity in min./100
Σv = total cube of timber-quantity in cubic feet
Σl = total length of timber in running feet.

Finally the presented expression of the assorting time shall be surveyed. Presuming that the average diameter of timber assorted is at present about $6\ ^3/_4''$, 1 running foot corresponds $^1/_4$ cubic foot and the amount of running feet of the timber-quantity is 4 times larger than the amount of cubic feet. Σl is thus $= 4\ \Sigma v$. If in the equation of the assorting time Σv and Σl are replaced by amounts in a relation 1 : 4 to each other, the terms of expression dependent on the cubic amount and the amount of running feet are in relation 1 : 3 to each other. As the amount of running feet is dependent on the average diameter of the timber, the diameter of timber has a decisive effect on the assorting time in the crosswise channel-assorting. Within the present limits of the length-varying of timber, the length of timber has no effect worth mentioning on the assorting time.

B. Investigations on lengthwise fan-assorting establishments.

1. Investigations on Haapakoski assorting place at the north end of Päijänne lake.

The construction of this assorting place is described in the picture 179, which is an air-photo from the establishment. On the upper shore the assorting establishment can be seen, to which a mixed drive on left is just coming. Owing to the large number of assorted marks there are several fan-formed assorting places one after another. Immediately after the assorting the timber

is bundled with Blackstad bundling machine (fig. 190). Below the assorting place ready bundles in three groups can be seen on right.

a. *Working-time investigations on Haapakoski assorting establishment.*

In performing working-time investigations, that time was taken into consideration, which was used by handling of each assorted piece from the moment when the fore-end of the timber-piece passed the line at 7 m distance from the assorting bridge to the moment when the back part of the timber passed the edge of the assorting bridge. Together with time measurements were noted also the length of timber, average diameter, sort of timber, barking degree and in a part of material the quality of floating mark. The assorting time obtained as result of investigation corresponds thus to the time used in actual assorting and not to the total working time.

From the material of each assorting opening correlation tables have been formed between the assorting time and length and diameter of the timber, and on basis of them the values of base character-amounts and part regression coefficients have been calculated. By the aid of average base character-amounts an equation is formed, which describes the average dependence of assorting time (y) on the length (z) and diameter (x) of timber. The equation is following: $y\mu = 4.29\ x\mu + 6.73\ z\mu + 14.23$. The equation indicates, that when the diameter of timber is enlargening by one inch the assorting time increases by 0.043 min. or almost 5 ½ % and when the length of timber increases by one metre, the assorting time increases by about 0.067 min. or about 8 ½ %.

b. *Investigations regarding working statistics on the Haapakoski assorting establishment.*

The material of statistics consists 1.086 observing periods of two hours or thus the results of 2 172 hours assorting. By the notes performed the number of all assorted pieces by each working shift and also the owners of the assorted timber can be seen. In the correlation table 181, in which on x axis the average size of timber in cubic feet and on y axis the number of pieces assorted in two hours can be seen, the averages of assorting work records of timber of different size-classes have been calculated and the average points obtained have been united by dot-line to a broken line. The broken line is graphically compensated and the compensation is described by a curve, drawn by a continuing line.

In the figure 182 is observed the variation of the proportional working record measured by different manners dependent on the average cube of the floated timber, the cubic feet of the timber being on x axis and the proportional time used in minutes on y axis. The lines indicate the assorting records measured: I by pieces, II by length units, III by area units and III by volume units. The area of timber gives a best description of the assorting difficulty in view of working time consumption.

2. Investigations on Ristisaari assorting establishment in the river of Pielisjoki.

The assorting establishment of Ristisaari is by construction a combination of several fan-assorting places. The fig. 183 describes the establishment as it was during the time of investigations in 1935, having the same appearance

as the establishment described in the figure 179. At present the establishment has been renewed to a channel assorting place. The assorting investigations were performed by employing the method of working-time investigation and the method of statistic investigation.

a. *Working-time investigations on Ristisaari assorting establishment.*

The time, which passed from the moment when a piece or group of timber came under the upper assorting bridge to the moment when it had gone under the lower assorting bridge to its assorting opening was considered as assorting time. The timber moves under the upper assorting bridge one by one or by groups. As factors affecting the assorting time of timber moving one by one were observed the sort of timber, its length and diameter. The length by metres and the top-diameter by inches. The assorting time is dependent on the length and diameter of timber. The enlargening diameter and length of a known sort of timber are in average increasing the assorting time. In the assorting of spruce pulpwood the shortening of props has increased the assorting time.

Regarding the final result of the investigation an equation is formed, which describes the average dependence of assorting time on the diameter and length of the timber. The equation is following: $y_\mu = +2.88\, x_\mu + 3.25\, z_\mu - 2.59$, in which y = assorting time min./100 per piece, x = top-diameter of timber in inches and z = length of timber in metres.

When the assorting time of timber moving in groups was investigated, as assorting time was considered the whole time which passed from the moment the first piece of timber of the group came under the upper assorting bridge to the moment when the last timber-piece of the group went under the lower assorting bridge to the assorting opening. The piece-number, size of timber and denseness of the group are affecting the assorting time. The largeness of the group has a considerable effect on the assorting time per piece and cubic unit. As the proportional quantity of timber in the floated drive is not a character of floated timber, its effect on the assorting time must be eliminated. The effect of the largeness of the group on the assorting time is eliminated thus, that the total area of timber of each group is supposed to be equal with the average area of all groups and then from the equations of regression line the assorting times are calculated per piece, running foot, area-unit and cubic foot.

In the figure 186 the different sorts of timber are marked on the x axis in the following order: timber of 2 metres, about 3 ½ metres, 3 metres, spruce of 4 metres, the assorting time of the lastmentioned being considered as point of comparison and is marked with 1.00. The following in order are coniferous logs, birch logs and black coniferous logs. The figure describes the proportional assorting time measured by different measuring units per sorts of timber. The working record is measured I by pieces II by length units III by area units and IV by volume units. It can be seen from the figure, that the area gives the best description of the assorting difficulty.

b. *Statistical investigations on Ristisaari assorting establishment.*

The statistical material in hand shows the assorting records by periods of two hours and also the owner of timber and the sorts of timber assorted. The correlation table 187 describes the assorting records in two hours depending

on the size of timber, in accordance with the material. In the table the cubic foot quantity of timber assorted is marked on the x axis and the number of timber-pieces on the y axis. The broken line uniting the class averages is drawn by dot-line, the equation of the first regression line has been calculated and line corresponding to the same is drawn by continuation line. The straight-lineal qualification of the correlation has been inspected on the basis of correlation relation and the part-amount of the average error, and it has been ascertained that the straight-lineal compensation is sufficient. According to the working records of the compensation line the proportional working records, when timber of different sizes are assorted, has been calculated and broken lines corresponding to them have been drawn in the figure 188, in which I is the measuring result of the assorting time in accordance with the piece-number, II the length of timber, III the area and IV the cubic quantity. On the x axis in the figure is seen the cube of the timber in cubic feet and on y axis the assorting time in minutes. The direction of the curve III describing the working record measured in accordance with the area of the timber, is mostly horizontal, and therefore the area is the best measure of the assorting difficulty.

3. Summary of the assorting investigations.

Although the lengthwise, fan-formed assorting establishment and the crosswise channel-assorting establishment are much differing from each other by their activity and working methods, the results of investigations show, that the same characters of the assorted timber are decisive for both assorting types.

The length of timber multiplied by diameter, in other words the area of timber is the factor, which is best measuring the proportional time used in assorting of certain quantity of timber, notwithstanding the variation of the size of timber.

In the crosswise channel-assorting the most efficient factor on the assorting time is the diameter of timber. On a lengthwise assorting establishment the length of timber has a considerable effect. Especially when assorting is performed to several assorting openings, in other words, if timber must be moved considerably in side direction in the assorting work.

Generally it appears, that the crosswise channel assorting can easier be arranged so, that the assorting work per cubic unit is less dependent on the size of assorted timber than on lengthwise assorting establishment.

VI. Investigations regarding Bundling.

On the big assorting establishments the bundling is so closely connected with the actual assorting, that for both work expenses are counted jointly and same division basis is employed.

The cross-section of a timber bundle is nearly a circle, the diameter of which varying from 2 to 3 metres. The timber is bundled with chains or with wire. The bundling is performed mostly mechanically but also by man-power, especially when pilewood is bundled on the shores of lake water-courses.

In this investigation the attention is concentrated upon the bundling performed with machines of the type Nielsen (fig. 189) and of the type Blackstad (fig. 190). The working time investigations regarding the bundling with the firstmentioned machine were performed on the shores of Päijänne lake. The

investigations regarding bundling with Blackstad machine were made on the assorting place of Haapakoski. The time measurings were performed in summer 1935.

The material consist in all 1 294 bundles bundled with Nielsen machine and 3 950 bundles with Blackstad machine.

The results of investigations regarding the bundling with both machines are in this presented as a summary.

3. Bundling difficulty of timber of different sizes.

In the following is inspected in what extent the bundling difficulty is similar by employing different bundling machines and if it is possible to present ratios of bundling difficulty, which could be generalized ignoring the quality of bundling machine used.

For comparison the ratios of bundling difficulties are calculated for cubic foot for timber of different diameter when both types of bundling machines are employed. The diameter of 7″ is considered as average diameter, to which the comparison is made. Ratios are calculated for each inch-amount. The results obtained are the amounts in accordance with the following table.

Table 195.

Ratios of bundling difficulty per cubic unit of timber of different diameter, when bundling is performed with Nielsen and Blackstad bundlingmachines.

Top diameter of timber	5″	6″	7″	8″	9″	10″	11″	12″	13″
Type of bundling machine	Ratios of bundling difficulty								
Nielsen bundler	128	111	100	93	89	86	83	81	80
Blackstad bundler..	133	113	100	92	87	84	81	79	77
M	130	112	100	93	88	85	82	80	79

The result of the bundling investigations shows, that the size of timber has a considerable effect on the bundling difficulty and, that the bundling work follows the rule of piece quantity as a unit handling so that the smaller the timber are, the more work the bundling of them per a cubic unit is causing (Vuoristo 1935).

Final conclusion.

The study presented shows, that the varying size and quality of the floated timber are considerably affecting the floating difficulty. Therefore the extent of work caused by the floating of different timber and the floating expenses per cubic unit are actually much varying even when one floating is in question. This fact is very important in view of the organizing and performing of the floating work. The varying of floating difficulty has also a notable significance in dividing the costs caused by joint floating. If this varying is not sufficiently taken into consideration, the dividing of costs shall not be righteous, although that no doubt is the aim. In calculating the selfcost price of timber the know-

ledge of the varying of floating difficulty is also necessary, as otherwise right results can not be obtained.

By generally surveying the presented results of investigation it is observed that the floating difficulty of a certain sort of timber is dependable on several factors. The characters of the timber floated are a part of these factors. As such can be mentioned the size of timber, thus the diameter and length, floating capacity, surface of timber and the form of trunk. According to the results of investigation the floating difficulty in the actual floating is increasing when the size of timber becomes larger, the floating capacity weaker, the surface of timber rougher and the form of trunk more irregular. The varying of these characters do not as such determine the varying of floating difficulty, but as an important factor must be taken into consideration the quality of the floating channel. The smaller and with more difficulty floated the channel is, the more powerful the floating difficulty is varying with the variation of the characters of timber. The relation between the different characters of timber and the floating difficulty can thus not be determined so, that the result should be fully right when all floating circumstances are taken into consideration. The matter has a practical importance therefore, that a certain floating association in most cases are in posession of floating channels with much varying floating fitness and therefore a same basis for division of floating expenses can not be applied on the whole area of the floating association.

In addition to the previous statement regarding the factors affecting the actual floating, it must also be taken into consideration that the characters of timber have a different effect on the assorting and bundling difficulty than on the actual floating difficulty. The enlargening size of timber is a favourable character in the assorting and bundling work, thus quite the contrary to the actual floating. As the proportional amount of the actual floating costs and assorting and bundling expenses is varying on different floating channels, even on a same channel, depending on the floating distance, a same basis for division of floating expenses can not satisfactorily be used when total floating expenses are divided. Therefore for both principal floating stages should be fixed own basis for division of expenses for obtaining a righteous result.

As appears from the afore presented the floating difficulty and the floating unit based on the same can not be determined without detailed knowledge of the floating case in question. First on basis of this knowledge the floating fitness of the different parts of the channel can be determined and the characters of different sorts of timber and the extent of their effect on the floating difficulty in each case, can be taken into consideration. On basis of such knowledge the basis for division of floating expenses can be fixed for obtaining a righteous result.