METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN JULKAISUJA

COMMUNICATIONES
INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

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

69

HELSINKI 1969

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
JULKAISUJA

COMMUNICATIONES
INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

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

69

HELSINKI 1969

COMMUNICATIONES

INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

69

69.1 Rummukainen, Ukko. 1969. Vesakoiden lentoruiskutusajankohdasta. *Summary:* On the optimum time of spraying coppices from the air ..... 1—33

69.2 Hintikka, Veikko. 1970. Studies on white-rot humus formed by higher fungi in forest soils. *Seloste:* Tutkimuksia metsämaan valkolahohumuksesta ..... 1—68
Correction: The publication has been printed as a serial publication 67.7. Should be 69.2. *Korjaus:* Julkaisu on painettu sarjajulkaisuna 67.7. Pitäisi olla 69.2.

69.3 Heiskanen, Veijo & Asikainen, Kalevi. 1969. Havusahatukkien järeyden mukaiset arvosuhteet ja hinnoitteluperusteet. *Summary:* The value relationships and pricing principles of coniferous sawlogs on the basis of their diameter ..... 1—122

69.4 Kuusela, Kullervo & Salminen, Sakari. 1969. The 5th national forest inventory in Finland. General design, instructions for field work and data processing ..... 1—72

69.5 Hintikka, Veikko & Korhonen, Kari. 1970. Effects of carbon dioxide on the growth of lignicolous and soil-inhabiting hymenomycetes. *Seloste:* Hiilidioksidin vaikutus puutalahottavien ja kariketta hajottavien lakkisienten kasvuun ..... 1—29

69.6 Hanioja, Pauli. 1969. Taimipoltteen aiheuttajista metsäntutkimuslaitoksen Punkaharjun koeaseman taimitarhoissa. *Summary:* On damping-off fungi in the nurseries of Forest Research Institute at Punkaharju experimental station ..... 1—21
Korjaus: Nimiölehdellä on Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 69.9. Pitäisi olla 69.6. *Correction:* On the title leaf has been found Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 69.9. Should be 69.6.

Helsinki 1969. Valtion painatuskeskus

COMMUNICATIONES

INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

69

69.1 Rummukainen, Ukko. 1969. Vesakoiden lentoruiskutusajankohdasta. *Summary:* On the optimum time of spraying coppices from the air ..... 1—33

69.2 Hintikka, Veikko. 1970. Studies on white-rot humus formed by higher fungi in forest soils. *Seloste:* Tutkimuksia metsämaan valkolahohumuksesta ..... 1—68
Correction: The publication has been printed as a serial publication 67.7. Should be 69.2. *Korjaus:* Julkaisu on painettu sarjajulkaisuna 67.7. Pitäisi olla 69.2.

69.3 Heiskanen, Veijo & Asikainen, Kalevi. 1969. Havusahatukkien järeyden mukaiset arvosuhteet ja hinnoitteluperusteet. *Summary:* The value relationships and pricing principles of coniferous sawlogs on the basis of their diameter ..... 1—122

69.4 Kuusela, Kullervo & Salminen, Sakari. 1969. The 5th national forest inventory in Finland. General design, instructions for field work and data processing ..... 1—72

69.5 Hintikka, Veikko & Korhonen, Kari. 1970. Effects of carbon dioxide on the growth of lignicolous and soil-inhabiting hymenomycetes. *Seloste:* Hiilidioksidin vaikutus puutalahottavien ja kariketta hajottavien lakkisienten kasvuun ..... 1—29

69.6 Hanioja, Pauli. 1969. Taimipoltteen aiheuttajista metsäntutkimuslaitoksen Punkaharjun koeaseman taimitarhoissa. *Summary:* On damping-off fungi in the nurseries of Forest Research Institute at Punkaharju experimental station ..... 1—21
Korjaus: Nimiölehdellä on Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 69.9. Pitäisi olla 69.6. *Correction:* On the title leaf has been found Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 69.9. Should be 69.6.

VESAKOIDEN LENTORUISKUTUS-AJANKOHDASTA

UKKO RUMMUKAINEN

SUMMARY IN ENGLISH:

ON THE OPTIMUM TIME OF SPRAYING COPPICES FROM THE AIR

HELSINKI 1969

Helsinki 1969. Valtion painatuskeskus

ALKUSANAT

Oheisessa tutkimuksessa esitetään osa kesällä 1965 suoritettujen lentoruiskutusinventointien tuloksista. Samoin esitetään muutamia tuloksia havupuiden versojen vesakonhävitteen kestävyyttä koskevista tutkimustuloksista, molempia sen verran kuin on katsottu tarpeelliseksi johdantoluvussa esitettyjen, tälle tutkielmalle asetettujen päämäärien selvittämiseksi. Lopulliset tulokset molemmista tutkimuksista on tarkoitus julkaista myöhemmin eräiden vireilläolevien jatkoselvitysten jälkeen.

Kirjoittaja haluaa lausua erityisen kiitoksen maat.metsät. ylioppilas Jukka Selanderille, joka lyhyen harjoittelun jälkeen itsenäisesti johti lentoruiskutusalojen inventointia kentällä ja myös käsitteli suurimman osan kertyneestä aineistosta. Tutkimuksen suunnittelussa antoivat suuriarvoista apua fil.maisterit Matti Kokkonen ja Esko Tanskanen, jotka myös samoinkuin metsänhoitaja Mirja Ruokonen ovat suurella huolella suorittaneet versonpuutumisselvityksiä. Imatran Voima Oy:n voimajohto-osaston metsänhoitaja Kurt Håkansson järjesti kesällä 1964 tilaisuuden vertaileviin lento- ja maaruiskutuskokeisiin. Toimitusjohtaja Erkki Veisterän kanssa käydyt monet keskustelut ja häneltä saatu muu apu ovat ratkaisevasti auttaneet ymmärtämään lentokoneen käyttömahdollisuuksia vesantorjunnassa.

Käsikirjoituksen ovat lukeneet professori Risto Sarvas ja professori Sakari Saarnijoki tehden joukon arvokkaita huomautuksia.

Englanninkieliset käännökset ovat metsänhoitaja K. Ahlsvedin käsialaa.

Kaikille mainituille ja monille muille nimeltä mainitsemattomille avustajille haluaa tekijä lausua parhaat kiitokset.

Ukko Rummukainen

SISÄLTÖ

Sivu

Alkusanat 3

Sisältö 4

Johdanto 5

Kenttätutkimukset

- Lentoruiskutusalojen inventointi 7
- Vertaileva maa- ja lentoruiskutuskoe Kuivaniemellä 9
- Versonpuutumistutkimukset Punkaharjulla 9
- Lentoruiskutusajankohdan määrittäminen 9
- Vesojen lehvästön kuoleminen eri lämpösumma-ajankohtina suoritetuissa lentoruiskutuksissa 12
- Männyn- ja kuusentaimien vioittumistapa 20
- Männyn- ja kuusentaimien vioittuminen lentoruiskutusaloilla 22
- Maa- ja lentoruiskutusten aiheuttamien vioitusten vertailua 25
- Päätelmiä 27
- Tutkimustulosten tiivistelmä 28

Lähdeluettelo 31

Summary in English 32

JOHDANTO

Vesakoiden hävittämistä lentokoneesta käsin suoritetuin ruiskutuksin on meillä harjoitettu eniten valtion metsissä, siellä 1950-luvun lopulta lähtien (P i s p a 1961). Vuonna 1967 käsittivät ruiskutukset noin 16 000 ha ja 1968 noin 7 000 ha (T. H i n t t a l a, suullisesti). Viimeksi mainittuun lukuun vaikuttivat valtakunnan työllisyysnäkökohdat, joiden vuoksi vesojen hävityksessä keskityttiin enemmän työvoimaa vaativiin maasta käsin suoritettuihin ruiskutuksiin.

Myös eräät puutavarayhtiöt ovat käyttäneet lentokonetta melkoisessa mitassa vesantorjuntaan 1960-luvulla. Esim. Enso-Gutzeit Oy:n mailla ruiskutukset aloitettiin 1962 ja on niitä sittemmin jatkettu vuosittain käsiteltyjen alojen pinta-alan vaihdellessa 1 000 ha:n kahden puolen (T. T u r u n e n, suullisesti).

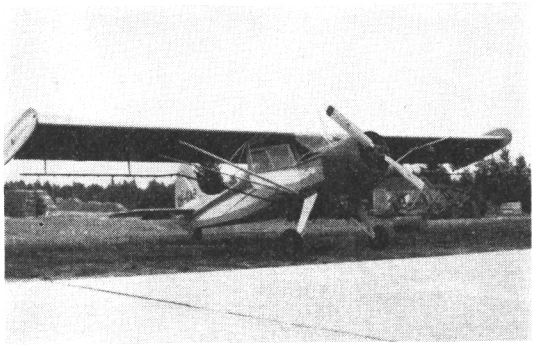
Yksityismetsissäkin lentoruiskutuksia on suoritettu jonkin verran, mm. Pohjois-Karjalassa ja Keski-Pohjanmaalla. Keski-Pohjanmaan piirimetsälautakunnan alueella käsiteltiin 1967 150 ha ja 1968 noin 800 ha (J. P i r i n e n, suullisesti).

Vertailun vuoksi mainittakoon, että Ruotsissa ruiskutettiin 1968 lentokoneesta käsin 30 000 ha ja maasta käsin 26 000 ha (J o n d e l i u s 1969).

Huomattava osa lentoruiskutuksista on suoritettu valmiilla viljelyaloilla, siis havupuutaimistojen päältä. Näin tultaneen vastaisuudessakin tekemään, vaikka entistä enemmän pyrittäisiinkin siirtymään lentokoneen käyttöön viljelyalojen raivauksen yhteydessä.

Taimien läsnäolo pakottaa tiettyihin varotoimenpiteisiin ruiskutuksia suunniteltaessa, koska lennettäessä ei voida estää vesakonhävitteen osumista myös taimiin. Liian aikaisin suoritetut ruiskutukset vioittavat taimien keskenkasvuisia versoja (kuva 5). Syksyä kohden versot tulevat kestäviksi. Jotta vioituksilta vältyttäisiin, ryhdytään lentoihin vasta kesän loppupuolella. Kesällä 1965 inventoitiin metsäntutkimuslaitoksen toimesta 23 lentoruiskutusalaa vuosilta 1961—64. Käsittelyt olivat tapahtuneet seuraavina ajankohtina:

Ruiskutus-ajankohta	Alueiden luku
30—31. VII	3
5—15. VIII	6
28—31. VIII	8
1— 9. IX	6



Kuva 1. 1960-luvulla lentoruiskutuksissa paljon käytetty konetyyppi, puolalainen PZL-101, GAWRON. Lastauskyky 500 kg, lentonopeus ruiskutettaessa 100 km/t. (Lentokoneen käyttö metsätaloudessa..) Valok. U. Rummukainen

Fig. 1. An aircraft commonly used for aerial spraying in the 1960's is the Polish PZL-101, GAWRON with a loading capacity of 500 kg and a speed of 100 km/h when spraying. (Lentokoneen käyttö metsätaloudessa..) Photo: U. Rummukainen.

Valtaosa eli 14 aluetta oli siis ruiskutettu vasta elokuun lopussa tai peräti syyskuun puolella. Lähdettäessä liikkeelle näin myöhään jää työaika kovin lyhyeksi. Tilannetta vaikeuttaa se, että tästäkin lyhyestä ajasta suurin osa kuluu soveliaan, tyynen ja sateettoman sään odotteluun. Lentoruiskutukset ovat näihin asti olleet mahdollisia käytännöllisesti katsoen vain aivan tyynellä säällä, joka kesäkuukausina enimmäkseen vallitsee vain ilta- ja aamuyön välillä (Huovila 1967). Maamme lentoruiskutusten uranuurtajan, toimitusjohtaja E. Veisterän arvioinnin mukaan vesakkoruiskutuksiin käytetystä ajasta kuluu 90 % odotteluun ja 10 % varsinaiseen työhön.

Tämän tutkielman tarkoituksena on koettaa selvittää, onko nykyinen käytäntö lentoruiskutusajan osalta paras mahdollinen vai olisiko syytä joihinkin muutoksiin. Sitä varten on syytä tarkastella lähinnä kahta pääkysymystä, nimittäin:

— miten tehokkaasti vesat kuolevat kesän eri aikoina suoritetuissa ruiskutuksissa, ja
— miten suuri on männyn- ja kuusentaimien vioittumisvaara kesän eri aikoina suoritetuissa ruiskutuksissa.

KENTTÄTUTKIMUKSET

Lentoruiskutusalojen inventointi

Kesällä 1965 inventoitiin 23 lentoruiskutusalaa, joiden sijainnit ilmenevät kuvasta 2. Inventointi suoritettiin tutkimalla kullakin alalla 1 m:n levyisiä linjoja. Linjoilta laskettiin kaikki vesat puulajeittain, vesojen pituus mitattiin ja lehvästön kuolleisuus arvioitiin sadanneksina. Samoin tutkittiin runkojen kuolleisuus erikseen tyvestä, keskirungosta ja latvasta. Vesojen toipumisesta tehtiin havaintoja.

Myös jokainen linjoille osunut männyn- ja kuusentaimi laskettiin ja vioittumisista tehtiin havainnot.

Lisäksi selvitettiin ruiskutusajankohdat, käytetyt kemikaalit ja niiden määrät sekä ruiskutuskesien sääsuhteet. Koska säähavaintoja ei ollut tehty itse ruiskutuspaikoilla, kerättiin tiedot soveliaimmilta Ilmatieteellisen Keskuslaitoksen säähavaintoasemilta. Asemien valinnasta neuvoteltiin ko. keskuslaitoksen asiantuntijoiden kanssa.

Seuraavassa esitetään tietoja tutkimusalueista.

Tutkimusalueita oli 23 kpl.

Lentoruiskutukset oli suoritettu vuosina 1961—64.

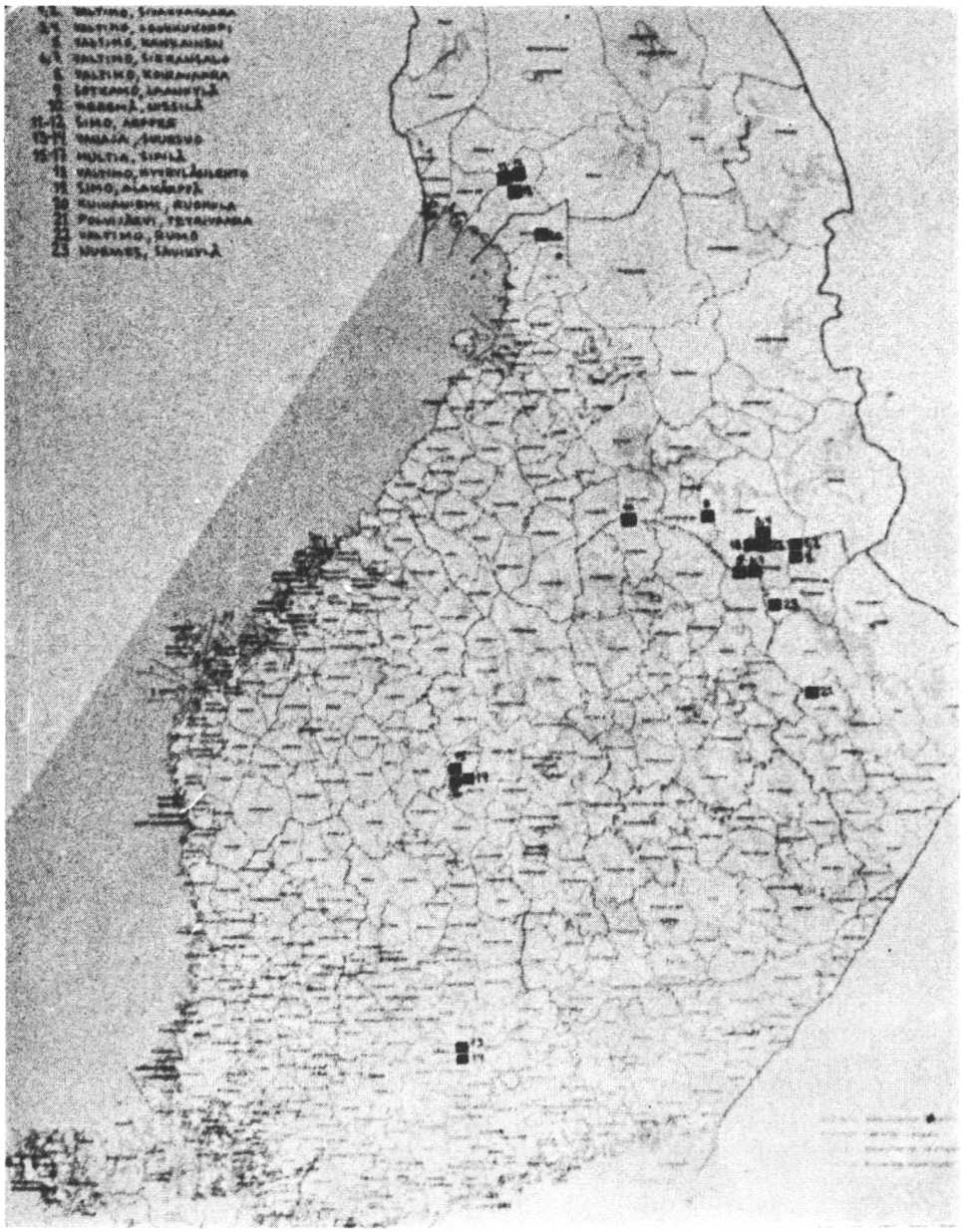
Alueiden yhteinen pinta-ala oli 1 177 ha. Yksittäisten alueiden koko vaihteli 9—230 ha:n välillä.

Tutkimuslinjaa vedettiin yhteensä 49.8 km. Yksittäisillä alueilla linjan pituus vaihteli 500—6 000 m:n välillä.

Linjoille osui seuraavat määrät vesoja tai vesapensaita:

koivuja	6 528 kpl,	44.6 %	vesamäärästä
haapoja	4 345 »	32.6 »	»
pihlajia	2 183 »	14.2 »	»
pajuja	802 »	6.3 »	»
leppiä	246 »	2.3 »	»
yhteensä	14 104 kpl,	100.0 %	

Vesoja tai vesapensaita oli siis linjoilla keskimäärin noin 3 m:n välimatkoin.



Kuva 2. Kesällä 1965 inventoitujen lentoruiskutusalojen sijainti.
Fig. 2. Geographical location of the areas studied in 1965.

Männyn- ja kuusentaimia osui linjoille seuraavasti:

mäntyjä	3 566 kpl,	71.2 %	taimimäärästä
kuusia	1 444 »	28.8 »	»
yhteensä	5 010 kpl,	100.0 %	

Taimia oli siis linjoilla keskimäärin noin 10 m:n välimatkoin.

Vertaileva maa- ja lentoruiskutuskoe Kuivaniemellä

Kesäkuussa 1964 suoritti Imatran Voima Oy lentoruiskutuskokeita Kuivaniemellä vesojen hävittämiseksi voimajohtolinjoilta. Linjoilla kasvoi suuri määrä erikokoisia luontaisesti syntyneitä männyntaimia (kuva 17). Koelennot suoritettiin 18. VI ja tulokset tarkastettiin samana kesänä 11. IX. Kokeen järjestelystä lähemmin s. 25.

Kun lentoruiskutukset tapahtuivat männyntaimien parhaan kasvun aikaan, jolloin niiden versot olivat vioittumiselle alttiissa kehitysvaiheessa, järjestettiin metsäntutkimuslaitoksen toimesta samanaikaisesti vesakonruiskutuksia myös maasta käsin. Myös niiden osalta selostetaan kokeen järjestelyä s. 25.

Tällä tavalla päästiin vertailemaan näiden kahden vesakonhävitystavan mahdollisia eroja männyntaimien voittajina.

Versonpuutumistutkimukset Punkaharjulla

Toukokuussa 1964 aloitettiin metsäntutkimuslaitoksen Punkaharjun kokeilualueessa männyn- ja kuusentaimien versojen puutumista selvittelevät kokeet. Keskenään samanlaisia vesakonhäviteruiskutuksia maasta käsin suoritettiin viikottain alkaen 17. V sekä taimitarhassa että metsässä männyn- ja kuusentaimialoilla. Kokeilla pyrittiin selvittämään taimien ruiskutteenkestävyyden kehitys. Samalla koetettiin löytää keinoja kestävyyden saavuttamishetken määrittämiseksi. Kokeet järjestettiin aivan samalla tavalla kuin maaruiskutuskoe Kuivaniemellä. Myös männyntaimet metsäkokeissa Punkaharjulla olivat luontaisesti syntyneitä ja vaihtelivat kokonsa puolesta samaan tapaan kuin Kuivaniemellä.

Kokeet tarkastettiin 25. IX. 1964. Niitä on jatkettu myöhempinä vuosina.

Lentoruiskutusajankohdan määrittäminen

Kehitys luonnossa ei joka vuosi tapahdu samalla nopeudella ja samassa rytmissä. Kasvi voi saavuttaa saman kehitysasteen sangen paljon toisistaan

Taulukko 1. Tuomen, *Prunus padus* ja pihlajan, *Sorbus aucuparia* puhkeaminen kukkaan ja hedelmien kypsyminen Kiteen Päätyessä eräinä vuosina Reuterin (1948, 1957) mukaan. Lämpösummat laskettu Ilmatieteellisen Keskuslaitoksen Tohmajärven sääaseman havaintojen perusteella. Vuosina 1941—45 päivittäiset lämpötilamittaukset suoritettu klo 7.00, 15.00 ja 21.00, vuosina 1951—55 klo 8.00, 14.00 ja 20.00.

Table 1. Bursting into blossom and ripening of the fruits of Prunus padus and Sorbus aucuparia in some years at the village of Päätye in the parish of Kitee according to Reuter (1948, 1957). The temperature sums were calculated on the basis of data obtained from Tohmajärvi Weather Station. In 1941—45 temperature readings were taken daily at 7 a.m. and 3 and 9 p.m., in 1951—55 at 8 a.m. and 2 and 8 p.m.

Vuosi *Year*	Prunus padus			Sorbus aucuparia		
	Ensimmäiset kukat *Earliest flowers*		Ensimm. hedelmät *Earliest fruits*	Ensimmäiset kukat *Earliest flowers*		Ensimm. hedelmät *Earliest fruits*
	Päivämäärä *Date*	Lämpösumma d.d. *Temperature sum*	Päivämäärä *Date*	Päivämäärä *Date*	Lämpösumma d.d. *Temperature sum*	Päivämäärä *Date*
1941	15. VI	103	6. IX	30. VI	228	10. IX
1942	—	—	—	—	—	—
1943	23. V	96	28. VIII	8. VI	209	—
1944	11. VI	156	22. VIII	20. VI	222	1. IX
1945	14. VI	153	20. VIII	19. VI	186	24. VIII
1951	11. VI	139	10. IX	21. VI	235	10. IX
1952	5. VI	144	18. VIII	21. VI	288	18. VIII
1953	21. V	113	12. VIII	6. VI	237	20. VIII
1954	10. V	178	8. VIII	13. VI	256	10. VIII
1955	18. VI	154	28. VIII	28. VI	250	28. VIII

poikkeavina ajankohtina eri kasvukausina. Esimerkiksi Sarvaksen (1962) mukaan männyn kukkiminen (siitepölyn pääosan lento) 1950—59 välisenä aikana tapahtui Tuusulassa varhaisimmin 1953 eli 2—3. VI ja myöhäisimmin 1955 eli 25—27. VI. Väliä oli siis runsaat kolme viikkoa. Toisessa yhteydessä hän (Sarvas 1965) esittää erityisen kärjistetyn esimerkin tästä vaihtelusta mainitessaan rauduskoivun Helsingin seudulla 1921 puhjenneen lehteen 24. IV, mutta 1867 vasta 16. VI. Vaikka suotuisat olosuhteet myöhemmin kesällä ehkä saattavatkin korvata kasvukauden alkamisessa ilmennyttä viivästymistä, eivät keski- ja loppukesälläkään luonnonkehityksen vaiheet eri vuosina satu samoille päiville (ks. taulukko 1).

Toisaalta on tietoja siitä, että ns. tekohormonivalmisteiden kulkeutumiseen kasveissa ja siten aineiden tehoon rikkakasvien hävittäjinä vaikuttaa kasvien kehitysaste. Müllerin ja Özerin (1968) mukaan vesakonhävityksiinkin käytetyn MCPA:n kulkeutuminen *Cirsium arvense*ssa on tehokkainta kasvin ollessa noin 20 cm:n korkuinen. Kasvin vararavinnetilanteen kannalta olisi edullisinta ruiskuttaa (ravinteet juuristossa vähimmillään) MCPA silloin kun kasvi on 10 cm:n pituinen. Kehityksen ja kasvun jatkuessa ravinne-kulkeutumistilanne muuttuu jatkuvasti epäedullisemmaksi kasvin

Taulukko 2. Lämpösummien 500 ja 800 yksikön saavuttamispäivät Kajaanin säähavaintoasemalla vuosina 1961—64.

Table 2. The dates when the temperature sums 500 and 800 d.d. were reached in 1961—64 at Kajaani Weather Station.

Vuosi *Year*	Lämpösumma *Temperature sum*	
	500, d.d.	800, d.d.
	Päivämäärä *Date*	
1961	13. VII	5. VIII
1962	30. VII	9. X
1963	9. VII	5. VIII
1964	20. VII	21. VIII

hävittämisen kannalta vaikka pääosa kasvusta tapahtuukin vasta noiden vaiheiden jälkeen.

Myös se tosiasia että havupuiden versot vioittuvat ruiskutettaessa niitä vesakonhävitteellä alkukesällä, mutta kestävät käsittelyn loppukesällä, viittaa puissa tapahtuvaan kehitykseen, jonka nopeus vaihtelee eri vuosina.

Jotta eri vuosina ja eri paikkakunnilla suoritettujen lentoruiskutusten tuloksia voitaisiin vertailla keskenään, on siis yksittäistapaukset koetettava järjestää kasvien kehitysasteeseen vaikuttavien tekijöiden eikä pelkästään kalenteriaikojen mukaisesti.

Vastaavanlaisissa tilanteissa on muiden tutkimusten yhteydessä hyvällä menestyksellä käytetty ns. tehoisan lämpösumman laskentaa (Sarvas 1965). Tässä menetelmässä summataan kasvukauden aikana vuorokausien keskilämpölukemista +5°C yli menevät lämpöasteet. Jokaiselle lento- tai muulle ruiskutuspäivälle eri vuosina voidaan laskea tapahtumahetken lämpösumma ja vertailla eri vuosina samansuuruisten lämpösummien yhteydessä suoritettujen toimenpiteiden reurauksia. Kalenteriajankohdan lisäksi voidaan siis puhua lämpösumma-ajankohdasta.

Lämpösummien käyttämiselle on esitetty monia varauksia (mm. Collander 1947; Sarvas 1965). Nyt esillä olevaa tutkimusta ajatellen varaukset ovat paikallaan jo siitä syystä, että lämpösummamäärityksiä ei lentoruiskutustapauksissa ole voitu suorittaa paikan päällä, vaan soveliaimmin (yleensä lähimpänä) sijainneiden Ilmatieteellisen Keskuslaitoksen säähavaintoasemien mittausten perusteella. Tutkimuspaikan ja säähavaintoaseman välimatka on saattanut olla jopa useita kymmeniä kilometrejä. On silti luultavaa, että näissäkin oloissa lämpösummamenetelmä antaa luonnonmukaisemman pohjan ruiskutustulosten vertailulle kuin kalenteri. Siitä syystä menetelmän kokeiluun tässäkin yhteydessä on ryhdytty.

Taulukko 3. Lentoruiskutuspäivät ja -lämpösummat.
Table 3. The dates of aerial spraying and the corresponding temperature sums.

Ruiskutusalan n:o *No. of the sprayed area*	Ruiskutuspäivät *Date of spraying*	Lämpösumma d.d. *Temperature sum*
11, 12	30. VII. 1963	670
5	31. VII. 1962	500
1, 2	3— 4. VIII. 1961	772
3, 4	4. VIII. 1962	515
19, 20	10—15. VIII. 1964	710
15, 16, 17	28—29. VIII. 1963	1 058
21	29. VIII. 1964	998
18	29—31. VIII. 1964	886
6, 7	31. VIII. 1962	683
9, 10	30. VIII— 1. IX. 1963	1 013
8	2. IX. 1963	1 040
22	2. IX. 1964	901
23	4. IX. 1964	911
13, 14	8— 9. IX. 1963	1 291

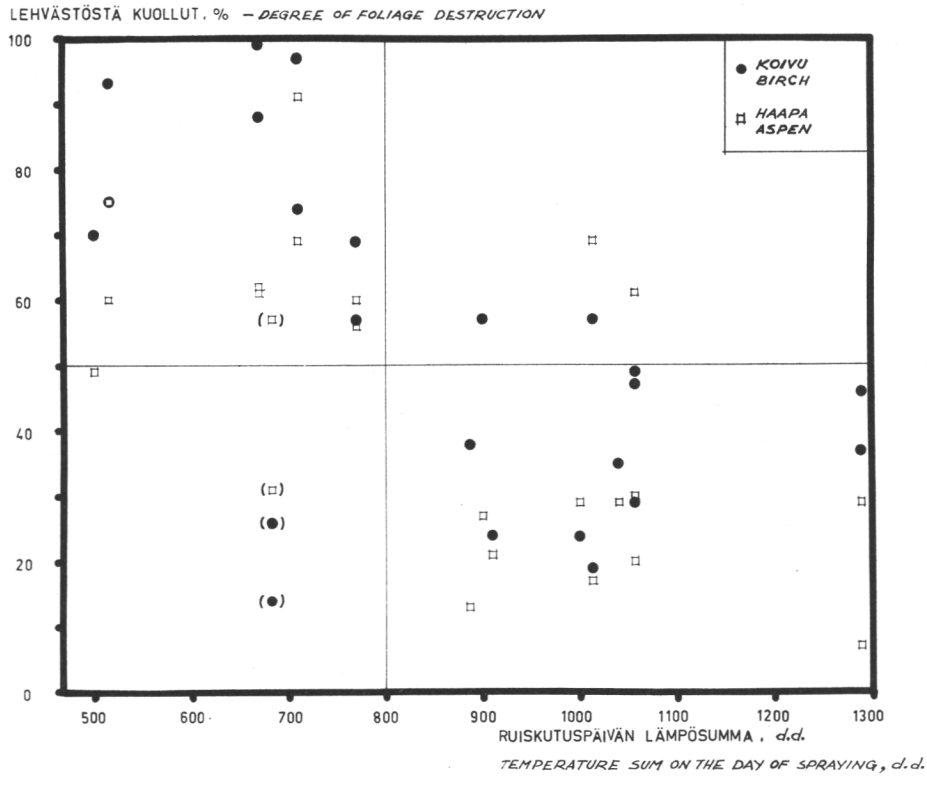
Lentoruiskutuskesien 1961—64 lämpöoloista ja niiden vaihteluista antaa kuvan taulukko 2, josta ilmenee 500 ja 800 yksikön saavuttamisajankohdat Kajaanin säähavaintoasemalla. Kajaanin asema sijaitsee jotensakin lentoruiskutusalojen pääosan keskimailla (kuva 2). Lämpösummat 500 ja 800 yksikköä taas ovat eräänlaisia kardinaalipisteitä tässä tutkimuksessa. Niihin palataan useissa yhteyksissä.

500 yksikön saavuttamisessa on siis ollut vaihtelua 3 viikkoa ja 800 saavuttamisessa peräti runsaat kaksi kuukautta.

Taulukossa 3 on esitetty lentoruiskutusajankohtien lämpösummat, jotka siis ovat lasketut kussakin tapauksessa soveliaimmiksi katsottujen säähavaintoasemien mittausten perusteella. Niistä voidaan todeta ruiskutuksia suoritetun lämpösumma-ajankohtien 500—1 291 yksikön välillä eli vaihtelu on ollut likimain 800 yksikköä. Vaihtelu tuntuu suuremmalta kuin kalenteriajankohtien 30. VII—9. IX välinen vaihtelu. Erityisesti kiintyy huomio siihen, että kalenteriajanjakson 31. VIII—9. IX välillä, siis 10 vrk:n sisällä lämpösummat ovat vaihdelleet 683—1 291 välillä eli yli 600 yksikköä.

Vesojen lehvästön kuoleminen eri lämpösumma-ajankohtina suoritetuissa lentoruiskutuksissa

Kuvassa 3 on esitetty eri lämpösumma-ajankohtina suoritettujen lentoruiskutusten aikaansaama koivun- ja haavanvesojen lehvästön kuoleminen. Kahta aluetta koskevat merkinnät on kuvassa sijoitettu sulkujen sisään.



Kuva 3. Haavan- ja koivunlehvästön kuoleminen eri lämpösumma-ajankohtina suoritetuissa lentoruiskutuksissa. Sulkujen sisään sijoitettujen merkkien osoittamat tulokset saatu 31. VIII. 1962 hallakauden alussa suoritetuissa ruiskutuksissa.

Fig. 3. Dying of the foliage of aspen and birch due to aerial sprayings carried out at various temperature sums. The results shown in the parentheses were obtained from sprayings carried out on 31 August 1962, in the beginning of the frost period.

Niitä vastaavat tiedot eivät myöskään sisälly jäljempänä lehvästön kuolemisesta esitettyihin laskelmiin. Perustelut ovat seuraavat.

Ko. alueet (tutkimusalueet n:o 6 ja 7) sijaitsivat Rautavaaralla. Ne ruiskutettiin 31. VIII. 1962 juuri kesän ensimmäisen yöhallakauden alkaessa, jolloin lämpötila laski nopeasti ja minimiarvot pysyttelivät sitten 6 vrk. nollan tienoilla (kuva 4; T o m m i l a 1963 a). Sään kehitys muihin lentoruiskutuksiin verrattuna oli sikäli poikkeuksellista, että alhaiset minimilukemat ulottuivat näin monelle peräkkäiselle päivälle. Tällä on ilmeisesti ollut ruiskutuksen tehoa huonontava vaikutus.

Viileän sään on jo kauan tiedetty heikentävän tekohormonien tehoa (H a m n e r ja T u k e y 1944; M a r t h ja D a v i s 1945; K e l l y 1949; B u r s c h e l ja R ö h r i g 1960; P a l l a s 1960; B ä r r i n g 1965). Esim. K e l l y (1949) selostaa turkinpavulla suorittamiaan 2,4-D-ruiskutuskokeita,

joissa hän välittömästi käsittelyn jälkeen asetti koekasvit viikon ajaksi erilaisiin lämpötiloihin. Hän totesi kasvien kuolemiseen eri olosuhteissa olleen tarpeen seuraavien 2.4-D-konsentraatioiden:

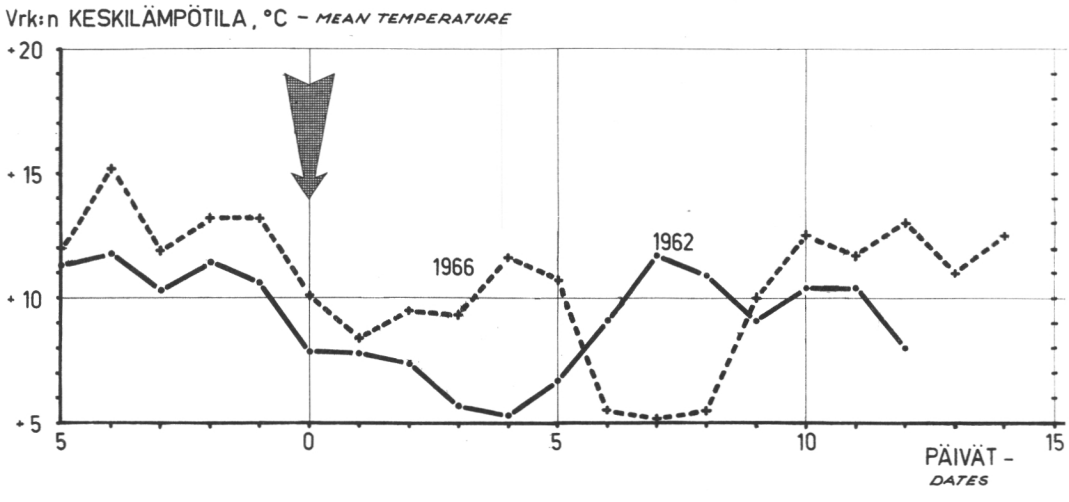
lämpötila °C	2.4-D-konsentraatio, %
+ 5	> 0.5
+15	0.5
+25	0.01

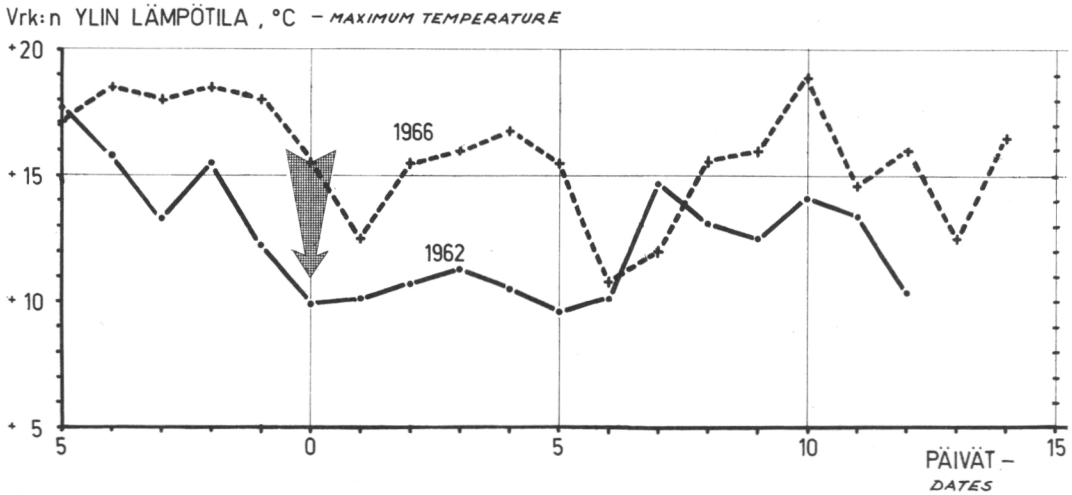
Lämpötilassa +5° tarvittiin siis yli 50-kertainen väkevyys verrattuna tarpeeseen lämpötilassa +25°.

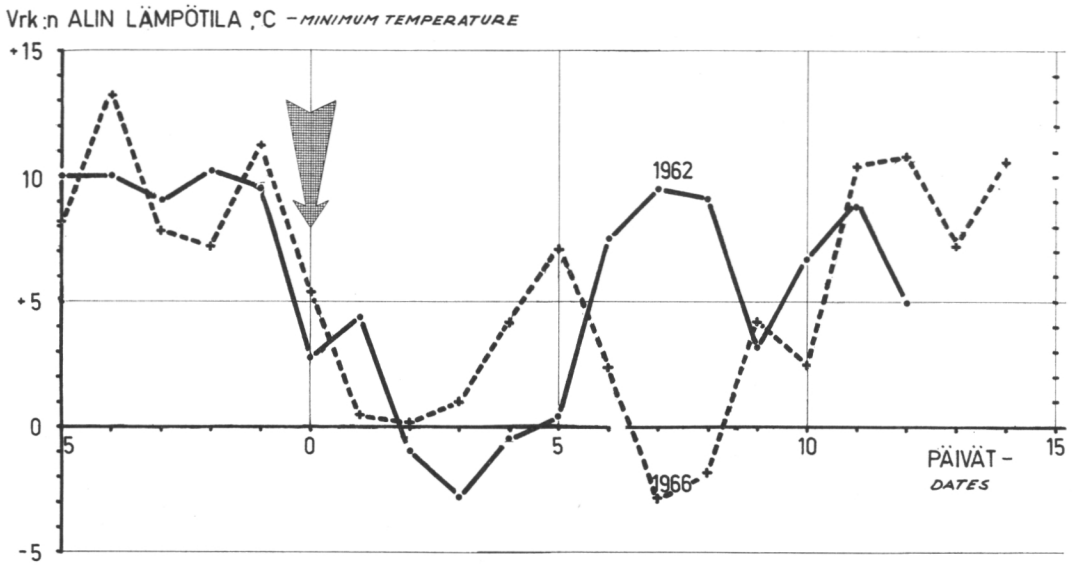
Burschelin ja Röhrigin (1960) mukaan pitkän viileän kauden tehoa heikentävä vaikutus on seurausta siitä, että tekohormonit, jotka eivät niissä olosuhteissa kunnolla pääse vaikuttamaan vesoihin kuitenkin hajaantuvat kasvissa koko ajan. Jos viileä kausi jatkuu riittävän kauan, vähenee tehoava aine niin paljon, että säiden vihdoin lämmetessä se ei riitäkään vesoja enää tuhoamaan.

Tarkastettaessa kuvan 4 lämpötilakäyriä havaitaan juuri vuorokausien minimilämpötilakäyrässä tapahtuneen 30—31. VIII erittäin jyrkän alenemisen. Samantapainen aleneminen vaikkakin lievempänä on havaittavissa myös keskilämpötilakäyrässä keskilämpötilojen laskiessa +5—+10° välille oltuaan sitä ennen yli 10°. Vasta 7. IX se on jälleen noussut yli 10°. Maksimilämpötilat ovat laskeneet +15°:sta lähelle 10° ja pysytelleet siellä viikon päivät.

Kylmän kauden vesakkohormonien tehoa eliminoiva vaikutus näyttää ilmenneen myös eräiden kesällä 1966 suoritettujen lentoruiskutusten yhteydessä. Toimitusjohtaja E. Veisterä tiedusteli syksyllä 1967, oliko kesällä







Kuva 4. Eräiden vuosina 1962 ja 1966 suoritettujen, erityisen huonotehoisiksi jääneiden lentoruiskutusten aikaiset säätilat (minimi-, maksimi- ja keskilämpötilakäyrät). Nuolet osoittavat käsittelyajankohtia (31. VIII. 1962 ja 21. VIII. 1966). Molemmissa tapauksissa lämpötilat käsittelyhetkellä ovat olleet laskussa ja etenkin minimilämmöt ovat sen jälkeen olleet useina päivinä matalia.

Fig. 4. The weather conditions at the time of some sprayings in 1962 and 1966 the results of which remained extremely poor. The curves indicate the minimum, maximum and mean temperatures. The arrows indicate the dates of treatment (31 August 1962 and 21 August 1966).

1966 heti elokuun 20. päivän jälkeen sääoloissa Itä-Suomessa sattunut jotakin erikoista. Hänen antamiensa suullisten tietojen mukaan tuon päivämäärän kahden puolen suoritettiin Ilomantsissa ja Pielisjärvellä noin 100 km:n säteellä useita lentoruiskutuksia. Elokuun puolivälin tienoissa käsittelyt onnistuivat tyydyttävästi. Mutta vain muutamia päiviä myöhemmin ruiskutetuilla alueilla tulos oli niin huono, että »näytti kuin paikalla ei olisi käyty ollenkaan».

Kesän 1966 sääoloja tutkittaessa ilmeni (kuva 4), että 22. VIII. 1966 oli Ilomantsin Pienviljelijäkoulun säähavaintoaseman mittausten mukaan alkanut samanlainen jyrkkä minimilämpötilojen aleneminen kuin 1962 Rautavaaralla. Myös keskilämpötilakäyrässä on havaittavissa jälleen lievää laskua moniksi päiviksi. Maksimilämpötilalukemat ovat olleet vain tilapäisesti tavallista huomattavasti matalemmalla.

Minimilämpötilat ovat pysytelleet 3 vrk. nollan lähellä, sen jälkeen on tapahtunut tilapäinen kohoaminen, mutta sitten ovat lukemat jälleen painuneet alas, jopa pakkasen puolelle säähavaintokopissakin. Kun Pienviljelijäkoulun säähavaintoasema sijaitsee korkealla vaaralla, on todennäköistä että alavammilla vesakkoalueilla on ollut vieläkin kylmempää. Maanpintalämpötilat säähavaintoasemalla ovat olleet yleisesti 2—3° matalempia kuin kopissa 2 m:n korkeudella.

Kun ruiskutukset onnistuneilla ja epäonnistuneilla alueilla suoritettiin samoilla lentokoneilla samojen miesten toimesta ja käyttäen samoja vesakonhävitteitä samat määrät, näyttää viileällä säällä olleen ratkaiseva vaikutus käsittelyjen epäonnistumiseen.

Molempien vuosien poikkeuksellisen heikosti onnistuneiden ruiskutusten säille on siis ollut tyypillistä etenkin minimilämpötilan nopea ja suuri aleneminen juuri ruiskutuksen aikoihin ja sen pysyminen 0°C tienoilla useita päiviä.

Yhden kylmän päivän osuminen ruiskutuksen tienoille ei näytä sanottavasti tulokseen vaikuttavan (Marth ja Davis 1945, Kelly 1949). Esim. 1964 Kuivaniemellä (tutkimusalue 20) suoritettiin lentoruiskutus 15. VIII hallayönä, jolloin lämpötila laski —4°C asti, mutta tulos oli silti hyvä sään lämmetessä välittömästi. Kuvasta 4 ilmenee, että ilmeisesti myöskään jonkin lämpimän päivän osuminen pitkän viileän kauden keskelle ei käsittelyn tehoa paranna, vaan siihen tarvitaan useampia päiviä.

Kun poikkeuksellisen viileän kauden osuminen 31. VIII. 1962 suoritettujen lentoruiskutusten yhteyteen näyttää olleen selvästi todettavana syynä käsittelyjen huonoon onnistumiseen, on pidetty asiallisena erottaa ko. ruiskutusten tulokset muista, joiden kohdalla samanlaista poikkeavuutta ei ole todettavissa.

*

Kuva 5. Männyntaimien vioittuminen metsässä Punkaharjun kokeissa 1964. Vasen kuva: ruiskutus 14. VI, lämpösumma 214 yksikköä, keskikuva: ruiskutus 5. VII, lämpösumma 446 yksikköä, oikeanpuol. kuva: ruiskutus 12. VII, lämpösumma 510 yksikköä. Valok. 25. IX. 1964 U. Rummukainen.

Fig. 5. Damage on pine saplings in the forest in the experiments carried out in 1964 at Punkaharju. To the left: Spraying on 14 June, 214 d.d. In the middle: Spraying on 5 July 446 d.d. To the right: Spraying on 12 July, 510 d.d. Photo: 25 September 1964, U. Rummukainen.

Kuva 9. Männyntaimien vesakonhävitteenkestävyyden lisääntyminen Punkaharjun taimitarhassa kesän 1967 kokeissa. M 1: Taimi kuollut, versot vääntyilleet, M 2: Taimi kuollut, versot suorat. Neulaset kuolleet eri asentoihin, M 3: Taimi kuollut, versot suorat. Neulaset kääntyneet alaspäin pitkin runkoa, M 4: Taimet elossa. Elävistä neulasista osa vielä vääntyillyt alaspäin, M 5: Taimi on kestänyt käsittelyn täydellisesti. Valok. syksyllä 1967 Yliopiston Kuvalaitos.

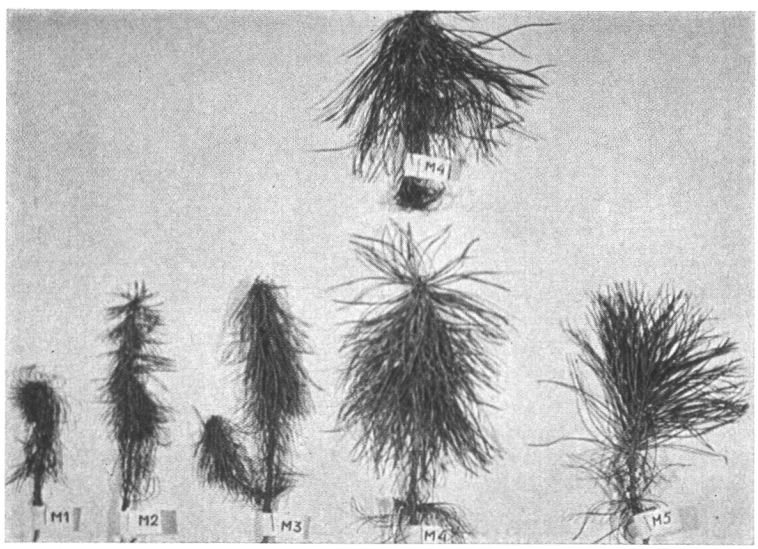
Fig. 9. Increase in the resistance to brush killer of pine saplings according to experiments carried out in the summer of 1967 in the nursery at Punkaharju. M 1: Sapling dead, shoots twisted. M 2: Sapling dead, shoots straight. Needles have died in various positions. M 3: Sapling dead, shoots straight. Needles have turned down along the stem. M 4: Saplgs alive. Part of the living needles have turned downward. M 5: The sapling has resisted completely. Photo: Autumn 1967, University Photo Service.

Kuva 10. Kuusentaimien vioittuminen metsässä Punkaharjun kokeissa 1964. Selitykset samat kuin kuvassa 9. Kaksi vasemmanpuoleista tainta ruiskutettu 14. VI. Valok. 25. IX. 1964 U. Rummukainen.

Fig. 10. Damages on spruce saplings in the forest in the experiments carried out in 1964 at Punkaharju. For a legend, see Fig. 9. The two saplings on the extreme left were sprayed on 14 June. Photo: 25 September 1964, U. Rummukainen.



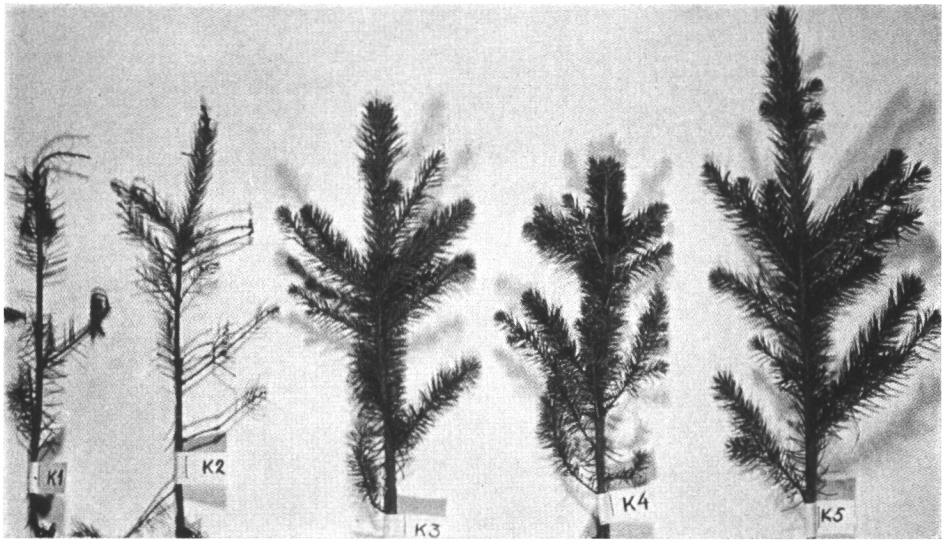
Kuva 5



Kuva 9



Kuva 10



Kuva 11


Kuva 14


Kuva 17

Kuva 11. Kuusentaimien vesakonhävitteenkestävyyden lisääntyminen Punkaharjun taimitarhassa kesän 1967 kokeissa. Vertaa kuvaan 9. Lähemmin tekstissä. Valok. syksyllä 1967 Yliopiston Kuvalaitos.

Fig. 11. Increase in the resistance to brush killer of spruce saplings according to experiments performed in the summer of 1967 in the nursery at Punkaharju. See Fig. 9. Photo: Autumn 1967, University Photo Service.

Kuva 14. Vasemmalla lentokoneesta ja oikealla maasta käsin 18. VI. 1964 Kuivaniemellä suoritetun vesantorjuntaruiskutuksen jäljet saman vuoden syyskuussa. Valok. 11. IX. 1964 U. Rummukainen.

Fig. 14. The traces as seen in September 1964 of sprayings carried out on 18 June in the same year at Kuivaniemi. Photo: 11 September 1964, U. Rummukainen.

Kuva 17. Yleiskuva Imatran Voima Oy:n voimajohtolinjalla 18. VI. 1964 suoritetun lentoruiskutuksen tuloksista 11. IX. 1964. Koivunvesat ovat kuolleet, männyntaimet terveitä. Valok. U. Rummukainen.

Fig. 17. General view of the results from an aerial spraying operation carried out along a power line on 18 June 1964. The birch coppice has been killed, but the pine saplings are sound. Photo: 11 September 1964, U. Rummukainen.

Taulukko 4. Koivun- ja haavanlehvästön tuhoutuminen eri lämpösummajaksoina suoritetuissa lentoruiskutuksissa.

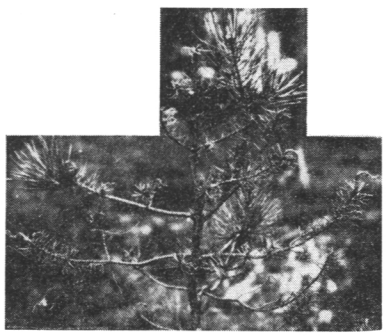
Table 4. Dying of the foliage of birch and aspen due to aerial sprayings carried out at various temperature sums.

Puulaji *Tree species*	Lämpösumma d.d. *Temperature sum*	Lehvästöstä kuollut *Degree of foliage destruction* %	Ruiskutusaloja, kpl *Number of sprayed areas*
Koivu — *Birch*	500— 800	80.2	9
» — »	900—1 300	38.5	12
Haapa — *Aspen*	500— 800	64.8	9
» — »	900—1 300	29.5	12

Haavan ja koivun lehvistöjen kuoleminen samoinakin lämpösumma-ajankohtina suoritetuissa ruiskutuksissa vaihteli suuresti. Tämä on ymmärrettävää, koska tuloksiin voivat vaikuttaa monet eri tekijät kuten maaston muoto, ilmanvirtaukset, kosteusolosuhteet, ruiskutustekniikka, vesakon rakenne jne. (B ä r r i n g 1965). Vaikka niillä ei olisikaan yhtä ratkaisevaa merkitystä kuin kylmäkausilla, nehän voidaan ottaa huomioon jo työtä suunniteltaessa ja suoritettaessa, aiheuttavat ne joka tapauksessa tuloksiin hajontaa.

Vaihtelusta huolimatta yleinen suunta molemmilla puulajeilla oli se, että mitä pienempi oli lämpösumma ruiskutushetkellä, sitä paremmin vesojen lehvästöt tuhoutuivat. Kuvan 3 perusteella voidaan todeta 50 %:n kuolleisuuteen yleisesti päästyn lämpösummajaksolla 500—800. Kuten taulukosta 4 ilmenee, oli koivun lehvästön kuolleisuus-% tänä aikana keskim. 80.2 ja haavan lehvästön 64.8. Lämpösummajaksolla 900—1 300 koivun lehvästön kuolleisuus-% oli enää keskim. 38.5 ja haavan lehvästön 29.3. T-testin mukaan muutos kummallakin puulajilla oli erittäin merkitsevä merkitsevyystasolla 0.5 % (t-arvo 2.86, vapausasteita 19). Keskiarvovertailun t-arvo koivulla oli 7.1, haavalla 5.1. Lämpösummajaksolla 500—800 todettu koivun ja haavan lehvästöjen keskikuolleisuuden ero oli erittäin merkitsevä 1 %:n merkitsevyystasolla (t-arvo 2.70, vapausasteita 16). Sitävastoin lämpösummajaksolla 900—1 300 suoritetuissa ruiskutuksissa saatujen kuolleisuuksien välillä ei ollut merkitsevää eroa (t-arvo 1.40, vapausasteita 22), vaan molempien lehvästöt tuhoutuivat yhtä huonosti.

Vaikka havupuutaimistoista ei pyrittäisikään hävittämään kaikkia vesoja, on 30—40 %:n kuolleisuutta pidettävä riittämättömänä. Ainakin haavalla olisi päästävä mahdollisimman hyvään tehoon, koska uusien vesojen muodostuminen juuristosta on usein runsasta päällisinpuolin katsoen melko onnistuneidenkin ruiskutusten jälkeen (vrt. mm. M a r t y n o v ja S h u t o v 1963. Esim. meillä on eräissä käytännön ruiskutuksissa saatu



Kuva 6. Ankarasti vioittuneen männyntaimen toipuminen kesän 1964 koealalla Punkaharjulla. Valok. 1968 U. Rummukainen.

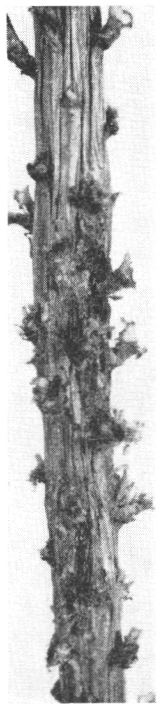
Fig. 6. Recovery of severely damaged pine sapling in the sample plot of the summer 1964 at Punkaharju. Photo: U. Rummukainen. 1968.

haavanvesojen maanpäälliset osat kuolemaan 1—2 %:n väkevyisillä liuoksilla, mutta juurivesojen muodostuminen vasta 5 %:n liuoksilla. Ruiskutukset pitäisi ilmeisesti saada keskitetyksi lämpösummajaksolle 500—800, jotta niiden teho olisi mahdollisimman hyvä. Tällöin hallakausien aiheuttama ilmeinen riskinvaarakin olisi pienempi kuin ruiskutettaessa nykyiseen tapaan kovin myöhäisinä ajankohtina.

Kuten taulukosta 3 ilmenee, suoritettiin lämpösummajakson 500—800 d.d. ruiskutukset viimeistään 15. VIII. Eräissä ruotsalaisissa kokeissa (Rennerfelt ja Fransson 1949; Fransson 1952) tehosi 2.4-D-ruiskutus koivunvesoihin hyvin kesäkuussa (parhaiten 20. VI), mutta huomattavasti heikommin jo 23. VIII. Fransson (1952) jopa on sitä mieltä, että vesakkoruiskutukset maastakin käsin pitäisi lopettaa 1. VIII mikäli elokuun alku ei ole erityisen lämmin ja kuiva. Myös Huikarin (1953) kokemusten mukaan maasta käsin suoritetut ruiskutukset olisi edullisinta suorittaa 15. VI—15. VII välisenä aikana. Hillin (1948) mukaan jopa »keskikesällä (13. VII. 1946) suoritetun käsittelyn vaikutus on hitaampi ja lopputulos saattaa jäädä osittaiseksi» verrattuna aikaisemmin (23. V—16. VI. 1947) suoritettujen käsittelyjen vaikutukseen. Hänen kokeilujensa jälkeen vesakonhävitteiden teho on parantunut. On myös otettava huomioon, että lentoruiskutuksissa, joissa vesoja hävitetään havupuutaimiston päältä, eivät taimien vioittumisvaaran vuoksi ilmeisesti ainakaan kesäkuun ruiskutukset voine tulla kysymykseen (ks. s. 22).

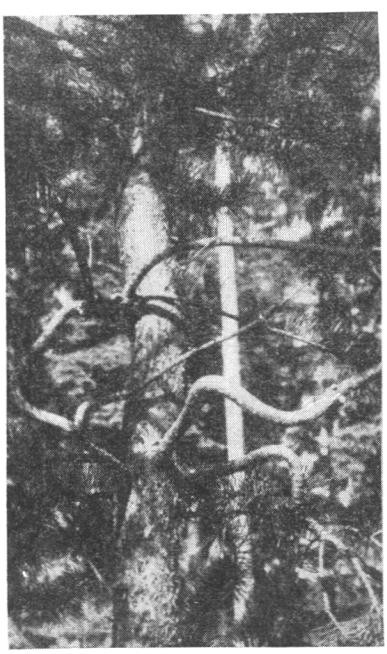
Jos tutkimuskaudella 1961—64 olisi lentoruiskutuksiin ryhdytty lämpösumman saavutettua 500 d.d:n rajan, olisi esim. Kajaanin korkeudella työt voitu kahtena kesänä aloittaa 10. VII tienoilla ja muinakin vuosina joka tapauksessa heinäkuun puolella (taulukko 2). Nyt aikaisimmat ruiskutukset suoritettiin 30. VII ja vain 3 aluetta 23:sta käsiteltiin niukasti heinäkuun puolella.

Paitsi lehvästöruiskutuksissa on keskikesä, juhannuksen tienoo ja heinäkuu, osoittautunut edullisimmaksi ajankohdaksi muissakin vesantorjunnan muodoissa, niin kemiallisissa (vrt. mm. Rennerfelt 1948; Mukula 1952, 1956) kuin mekaanisissakin (mm. Heikinheimo 1915; Haveraaen 1963; Rummukainen 1967).



Kuva 7. Männynversoruosteen, *Melampsora pinitorqua*, tummuneita ja pihkoittuneita helmi-itiöpesäkkeiden jälkiä kuolleessa männynversossa. Vesakon hävitteen tappamissa versoissa ei tällaisia jälkiä esiinny. Valok. Yliopiston Kuvalaitos. 1968.

Fig. 7. The dark, resinous marks caused by the sporangia of Melampsora pinitorqua on a dead shoot of pine. On shoots killed by the brush killer such marks could not be observed. Photo: University Photo Service. 1968.



Kuva 8. Vesantorjuntaruiskutuksen seuraukset männyssä. Versot ruiskutuksen jälkeen jääneet eloon mutta vääntyilleet ja jääneet niihin asentoihin. Myös latvakasvain on taipunut. Sen etsiessä alkuperäistä asentoa on runkoon syntynyt loivaa mutta selvää mutkittelua. Ruiskutus on suoritettu vain hiukan liian aikaisin, koska versot eivät ole kuolleet. Ahlainen. Valok. 1. 8. 1968 Seppo Pohjola.

Fig. 8. The influence of the brush killer on pine. After the spraying the shoots have remained alive, but become twisted. The terminal shoot has also been bent, and when it has tried to get its former position, a slight but clear crookedness has appeared. Spraying has been carried out a little too early. Photo: S. Pohjola.

Männyn- ja kuusentaimien vioittumistapa

Varttuneet, yli 5-vuotiaat männyn taimet eivät arimmillaankaan ollessa yleensä kuole vesakonhäviteruiskutuksen seurauksena. Jos käsittely tapahtuu paljon ennen versojen puutumista, keskenkasvuiset kasvaimet kyllä kuolevat ja vääntyilevät erilaisille kiemuroille (kuvat 5 ja 14). Kun ne kuitenkin muodostavat vain osan taimien yhteyttämispinnasta, tosin tärkeän osan, jäävät taimet eloon. Menetetty latva korvautuu alempaa terveeksi jääneestä taimenosasta (kuva 6).

Samantapaista versojen kuolemista ja vääntyilemistä saattaa aiheuttaa myös männynversoruoste- [*Melampsora pinitorqua (A. Br.) Rostr.*] sienitauti. Ruosteen tappamien versojen kyljestä löytää kuitenkin aina mustuneita ja pihkoittuneita itiölaikkujen jälkiä (kuva 7), joita ei esiinny vesaruiskutuksen tappamissa versoissa.

Kun versojen puutuminen on ehtinyt riittävän pitkälle, seuraa vaihe jolloin neulaset ja versot kokonaisuudessaankin vielä kuolevat, mutta versot eivät enää vääntyile (kuvat 5 ja 12). Tämä on merkkinä siitä että täydellinen vesakonhävitteenkestävyys ollaan saavuttamassa.

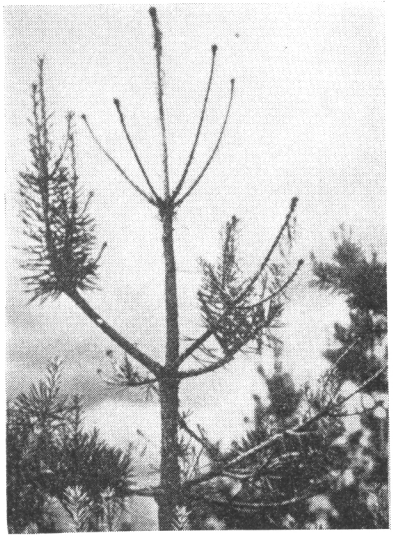
Aivan lievissä vioittumistapauksissa saattavat sekä versot että neulaset jäädä eloon, mutta ilmenee erilaisia kasvuhäiriöitä (kuva 15). Häiriöt saattavat jäädä pysyviksi näkyen puussa vielä vuosien jälkeen (kuva 8).

Nuorissa, vain muutaman vuoden ikäisissä männyntaimissa vioittuminen ilmenee jonkin verran toisella tavalla (kuva 9). Se on myös pahempi seurauksiltaan kuin vanhemmissa taimissa. Versojen puutumisen ollessa ruiskutushetkellä pahasti kesken kuolevat ja vääntyilevät versot nytkin. Mutta koska yhteyttämispintaa on niukasti ja taimi ilmeisesti muutenkin vanhempaa tainta heikompi, johtaa vioittuminen usein taimen kuolemaan.

Seuraavassa vaiheessa versot nytkin kuolevat suorina. Myös taimien kuoleminen saattaa jatkua, vaikka rungoista voi puhjetakin uusia silmuja. Suorissa versoissa neulaset aluksi kuolevat milloin mihinkin asentoon. Vähitellen käy tyypilliseksi niiden taipuminen kuollessaan kattolaskuisesti pitkin runkoa. Ennen lopullisen kestävyyden saavuttamista neulaset alkavat jäädä eloon, mutta taipuvat vielä enemmän tai vähemmän selvästi alaspäin. Samalla neulasten tyvet säilyvät huomiota herättävän vaaleina syksyyn asti.

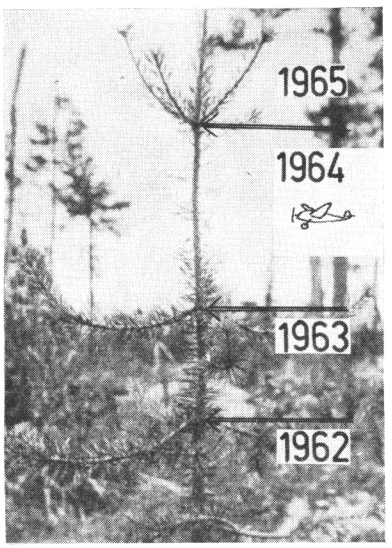
Usein aivan nuoret männyntaimet eivät kesän aikana laisinkaan saavuta täydellistä kestävyyttä. Siten vesakoiden ruiskuttaminen aivan nuorilla kylvöaloilla samoinkuin hyvin nuorilla taimilla suoritetun istutuksen jälkeen on suoritettava erityistä harkintaa ja varovaisuutta noudattaen.

Kuusen taimet vioittuvat versojen selvästi keskenkasvuisina ollessa männyntaimien tapaan eli versot kuolevat ja käyristelevät (kuvat 10 ja 11).



Kuva 12. Valtimolla (alueet 3 ja 4) 4. VIII. 1962 suoritetun lentoruiskutuksen aiheuttamaa ankaraa, versojen kuolemiseen johtanutta vioitusta männyntaimessa. Taimi toipuu, mutta runkoon jää ilmeisesti paha laatuvika. Valok. J. Selander.

Fig. 12. Due to aerial spraying on 4 August 1962 severely damaged pine sapling. The shoots have been partly killed. The sapling will recover, evidently, however, with a bad quality defect in the stem. Valtimo (areas 3 and 4). Photo: J. Selander.



Kuva 13. Simossa (alue 19) 10. VIII. 1964 suoritetun lentoruiskutuksen jäljiltä männyntaimissa todettua lievää neulasten vioittumista, joka ei ole johtanut versojen kuolemiseen. Valok. J. Selander.

Fig. 13. Slight damage on the needles in a pine sapling stand caused by aerial spraying on 10 August 1964. The damage has not caused dying of shoots. Simo (area 19). Photo: J. Selander.

Kestävyyden lisääntyminen tuntuu ensiksi voimakkaissa versoissa ja niissä ensiksi versojen tyvessä. Viimeksi pysyvät alttiina hennot alaoksien kasvaimet sekä versojen kärjet. Yleisesti ottaen kuusenversot näyttävät saavuttavan vesakonhävitteenkestävyyden hieman aikaisemmin kuin männynversot. Kuusellakin aivan nuoret taimet ovat kauemmin vioittumisille alttiita kuin vanhat.

Yhteenvetona voidaan siis todeta männyn- ja kuusentaimien vesakonhävitteenkestävyyden lisääntyvän syksyä kohden tietyillä tavoilla. Aivan pienet ja hennot taimet saattavat säilyä arkoina koko kesän. Nuorissa männyntaimissa tekohormonit tietyssä kehityksen vaiheessa aiheuttavat samanlaista neulasten sateenvarjomaista kattolaskuisuutta kuin mitä on todettu ilmenevän myös versosyövän, *Scleroderris lagerbergii Gremmen* ja kylmyyden aiheuttamien taimivioitusten yhteydessä (Kurkela 1967; Rummukainen 1968).

Männyn- ja kuusentaimien vioittuminen lentoruiskutusaloilla

Taulukossa 5 on esitetty yhdistelmä lentoruiskutusaloilla havaituista männyn- ja kuusentaimien vioittumisista. Sen mukaan tutkituista männyntaimista oli terveitä 97.0 % ja kuusentaimista 99.0 %. Männyistä oli kuollut 0.1 %, kuusista ei yhtään. Vioituksia esiintyi 3:lla alueella, 20:lla taimet olivat terveitä. Kahdella samana yönä ruiskutetulla alueella (n:ot 3 ja 4, Valtimo, Loukkukorpi, 4. VIII. 1962) vioitukset männyntaimissa olivat huomattavia. Kuusentaimet kestivät paremmin minkä myös mm. Hilli (1949) ja Huikari (1953) omissa kokeissaan ovat todenneet.

Männyntaimien kuolemiseen oli lisäsyynä lumikaristeen, *Phacidium infestans Karst.* samanaikainen esiintyminen niissä. Kariste oli ruiskutusta edeltäneenä talvena tappanut taimien alaosia. Kun vesakonhävite tuhosi kituvien taimien nuorempia versoja, jotka niissä oloissa muodostivat tärkeimmän osan yhteyttämispinnasta, taimet eivät enää kestäneet vaan suortuivat. Kumpikaan tuhonaiheuttaja yksinään tuskin olisi taimia tappanut. Jos ruiskutettavan vesakon alla männyntaimet ovat pieniä, on lumikaristeen esiintyminen ilmeisesti syytä ottaa huomioon ruiskutusta suunniteltaessa.

Vioittuneissa taimissa versot olivat kuolleet suorina, mikä viittaa jo melko hyvään kestävyyteen (ks. s. 16).

Alueet 3, 4 ja 5 tarjoavat kiintoisan tilaisuuden yrittää tarkastella vioittumisen syitä. Alueilla 3 ja 4 vioituksia esiintyi runsaasti, mutta alueella 5 ei laisinkaan. Kaikki alueet oli ruiskutettu 1962 ja kaikki sijaitsivat Valtimolla. Ruiskutukset suoritti sama lentokone ja miehistö käyttäen jokaisella alueella 2.4.5-T-esteriä 2 820 g/ha ja ruiskutetta yhteensä öljyn kanssa 6 l/ha. Alue 5 käsiteltiin 31. VII lämpösummahetkellä (Kajaanin säähavaintoaseman mukaan) 500 yksikköä ja alueet 3 ja 4 4. VIII lämpösummahetkellä 515 yksikköä. Ajankohdan puolesta olisi siis vioituksia pitänyt esiintyä myös alueella 5.

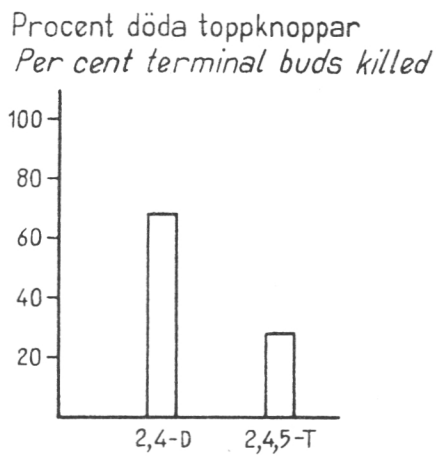
Lentoajankohtien sääoloja vertailtaessa todetaan seuraavaa (Tommila 1963 a):

	Alueet 3 ja 4	Alue 5
Ruiskutusta edeltäneen vrk:n keskilämpötila	9.6°C	11.6°C
» » » minimilämpötila	7.4 »	2.0 »
Ruiskutusvrk:n keskilämpötila	10.1 »	8.8 »
» minimilämpötila	7.7 »	6.9 »
Ruiskutuksen jälkeisen vrk:n keskilämpötila	12.2 »	7.2 »
» » » minimilämpötila	8.6 »	4.3 »
Ruiskutusta edeltäneen vrk:n sade	1.2 mm	1.5 mm
Ruiskutusvrk:n sade	0.0 »	5.7 »
Ruiskutuksen jälkeisen vrk:n sade	2.7 »	3.4 »



Kuva 15. Kuivaniemellä 18. VI. 1964 suoritetun lentoruiskutuksen satunnaisesti aiheuttamia vioituksia mäntyjen latvoissa. Muutamat versot ovat vääntyilleet mutta eivät kuolleet. Valok. 11. IX. 1964 U. Rummukainen.

Fig. 15. Sporadic damage of the tops of pines caused by aerial spraying on 18 June 1964 at Kuivaniemi. Some shoots have become twisted, but not killed. Photo: 11 September 1964, U. Rummukainen.



Kuva 16. 2.4-D- ja 2.4.5-T-esterit *Pinus ponderosan* versojen vioittajina Dahmsin (Bärring 1965) mukaan. Teho-aineita käytettiin 1.1—1.7 kg/ha ja ruiskutukset suoritettiin 1. VII. 1955. 2.4-D on vioittanut mäntyjä huomattavasti ankarammin.

Fig. 16. Damages on the shoots of Pinus ponderosa caused by 2.4-D and 2.4.5-T esters according to Dahms (Bärring 1965). The active principles were used in portions of 1.1—1.7 kg/ha and sprayings were carried out on 1 July 1955. 2.4-D had damaged the pines considerably more severely than 2.4.5-T.

Tervetaimista aluetta 5 ruiskutettaessa lämpötila on siis ollut melko jyrkästi laskemassa, kun taas niitä alueita ruiskutettaessa joissa vioituksia ilmeni, lämpötila on ollut selvässä nousussa. Tervetaimisen alueen ruiskutuspäivänä on satanut melko runsaasti, vikaisten taimien alueiden ruiskutuspäivänä ei laisinkaan.

Todettakoon vielä, että tervetaimisella alueella koivunvesojen lehvästön kuolleisuus-% oli 70 ja haavanlehvästön 49, vikaisten taimien alueiden vastaavien lukujen ollessa 75 ja 93 sekä 60 ja 75 %. Vikaisten taimien aloilla siis lehvästön kuolleisuus on ollut jonkin verran suurempi, mutta eroa ei ole yhtä paljon kuin havupuiden taimien vioittumisessa.

Alueiden vesakoiden tiheydet olivat seuraavat:

alue 3	0.20	kpl/m²
» 4	0.14	»
» 5	0.21	»

Taulukko 5. Männyn- ja kuusentaimien vioittuminen lentoruiskutusaloilla.
Table 5. Damages on pine and spruce saplings in the areas sprayed from the air.

Alue, n:o *Area, no.*	Mänty *Pine*				Kuusi *Spruce*			
	Terveitä *Sound*	Vioittuneita *Damaged*	Kuolleita *Killed*	Yhteensä *Total*	Terveitä *Sound*	Vioittuneita *Damaged*	Kuolleita *Killed*	Yhteensä *Total*
	Taimia, kpl *Number of saplings*							
1	64	—	—	64	85	—	—	85
2	187	—	—	187	87	—	—	87
3	147	33	3	183	262	7	—	269
4	63	66	2	131	112	7	—	119
5	137	—	—	137	87	—	—	87
(6)	(46)	—	—	(46)	(11)	—	—	(11)
(7)	(95)	—	—	(95)	(45)	—	—	(45)
8	266	—	—	266	63	—	—	63
9	145	—	—	145	15	—	—	15
10	173	—	—	173	3	—	—	3
11	62	—	—	62	27	—	—	27
12	43	—	—	43	66	—	—	66
13	408	—	—	408	37	—	—	37
14	172	—	—	172	24	—	—	24
15	242	—	—	242	115	—	—	115
16	173	—	—	173	12	—	—	12
17	52	—	—	52	9	—	—	9
18	129	—	—	129	234	—	—	234
19	48	3	—	51	12	—	—	12
20	51	—	—	51	14	—	—	14
21	24	—	—	24	1	—	—	1
22	235	—	—	235	52	—	—	52
23	497	—	—	497	57	—	—	57
Yht. — *Total*	3 479	102	5	3 566	1 430	14	0	1 444
%	97.0	2.9	0.1	100.0	99.0	1.0	0.0	100.0

Alueen 4 vesakko oli harvin kaikki tutkimusalueet mukaanlukien. Enimmäkseen (14 aluetta) tiheys oli 0.30 kpl/m² tai suurempi, maksimi 0.55 kpl/m².

On mahdollista että harvassa vesakossa lentoruiskutuksissa käytetty vähäinen nestemäärä, 4—6 l/ha, joutuu vesojen varjossa kasvaville havupuiden taimille runsaampana kuin tiheässä vesakossa ja aiheuttaa siitä syystä myös enemmän vioituksia (vrt. B ä r r i n g 1965). Kuitenkin jokaisessa monien hehtaarien laajuisessa vesakossa on niin harvoja kohtia, että taimet sen puolesta voisivat vioittua jos olisivat vioittuakseen. Siitä syystä tuntuu epätodennäköiseltä että tiheydellä olisi ollut ratkaisevaa vaikutusta tässä tapauksessa. Näin on syytä uskoa sitäkin suuremmalla syyllä, kun ottaa huomioon että myös alueella 5 vesakko oli harva.

Alueiden 3 ja 4 lisäksi esiintyi männyntaimissa vioituksia Simossa 10. VIII. 1964 ruiskutetulla alueella n:o 19. Vauriot olivat niin vähäisiä etteivät

ne haitanneet taimien kasvua (kuva 13). Käsittely oli suoritettu lämpösumma-ajankohtana 710 yksikköä useita päiviä vallinneen lämpimän ja sateettoman kauden keskellä (T o m m i l a 1965). Vesakon tiheys oli 0.28 kpl/m² ja koivun ja haavan lehvästöjen kuolleisuudet 97 ja 91 %. Samaan aikaan ruiskutettiin alue 20 Kuivaniemellä ilman että vioituksia ilmeni. Molemmissa tapauksissa käytettiin 2.4.5-T-esteriä 2 115 g/ha ja ruiskutetta yhteensä hehtaaria kohden 4.5 l.

Yhteenvetona voidaan siis todeta, että vioituksia oli sattunut 3:lla alueella ruiskutettaessa lämpösummajaksolla 500—710 yksikköä. Samalla jaksolla käsitellyillä 5:llä muulla alueella (ks. taulukko 3) vioituksia ei ilmennyt. Keskimäärin ottaen vioituksilla oli siis hyvin vähän merkitystä käytännössä vaikka kahdessa yksittäistapauksessa (alueet 3 ja 4) niitä ei voikaan sivuuttaa huomiotta. Vioittumisvaaraa näyttäisi voitavan vähentää ottamalla ruiskutuksiin ryhdyttäessä huomioon vallitseva säätila ja säätelemällä sen mukaan mm. käytettävän tehoaineen määrää. Samoin puulaji vaikuttaa asiaan kuusentaimien ollessa männyntaimia kestävämpiä.

Maa- ja lentoruiskutusten aiheuttamien vioitusten vertailua

Kuivaniemellä kesäkuussa 1964 suoritetuissa vertailevissa maa- ja lentoruiskutuskokeissa maasta käsin suoritetut ruiskutukset vioittivat männyntaimia erittäin ankarasti (kuva 14). Keskenkasvuiset versot kuolivat ja käyristelivät samaan tapaan kuin samoihin aikoihin Punkaharjulla versonpuutumistutkimuksissa suoritetuissa ruiskutuksissa. Maaruiskutus oli siis suoritettu selvästi liian aikaisin. Käsittelyhetken lämpösumma lähimmällä säähavaintoasemalla Kemissä oli 129 yksikköä.

Samaan aikaan suoritetut lentoruiskutukset sitävastoin eivät näinkään aikaisessa vaiheessa aiheuttaneet vioituksia muuta kuin satunnaisesti ja aivan lieviä (kuva 15).

Lentoruiskutuksissa käytetään normaalisti pelkkiä 2.4.5-T-estereitä, koska ne 2.4-D-estereitä paremmin tehoavat vaikeasti hävitettäviin puulajeihin kuten pihlajaan ja haapaan ja koska ne myös ovat vähemmän vaarallisia männyn- ja kuusentaimille (ks. kuva 16; M u k u l a 1964; B ä r r i n g 1965). Tutkituista 23:sta lentoruiskutusalasta vain kahdella oli käytetty 2.4-D-esteriä sisältävää valmistetta, muilla pelkästään 2.4.5-T:tä. Tällä kerralla 2.4.5-T-esteriä ei kuitenkaan ollut saatavissa, mistä syystä sekä maa- että lentoruiskutukset suoritettiin yhdisteillä, joissa oli sekä 2.4-D:tä että 2.4.5-T:tä. Seuraavassa joitakin tietoja käytetyistä valmisteista:

	Lentoruiskutus	Maaruiskutus
Valmistenimi	»Brushpon»	»Berner lepikkomyrkky»

	Lentoruiskutus	Maaruiskutus
Tehoaineet	2.4-D- ja 2.4.5-T-polypropylenglykoksibutylesterit	2.4-D- ja 2.4.5-T-butylesterit
Tehoainemäärät kauppavalmisteessa, g/l	338 + 171	400 + 200
Kuivaniemellä 1964 käytetty yht. tehoaineita, g/ha	2 650	3 000
Väliaine	Muuntajaöljy	Vesi
Tehoainetta ja väliainetta käytetty yht. l/ha	13	500

Kokeissa mukana olleiden kummankintyyppisten estereiden tehoa pidetään yhtä hyvinä (K ö p p ä 1963). Kun valmisteiden käyttömääristä maa- ja lentoruiskutuksissa päättivät eri henkilöt, eivät tehoainemäärät pinta-alayksikköä kohden sattuneet samoiksi. Lentoruiskutuksissa oli tehoaineita hehtaaria kohden 350 g vähemmän kuin maaruiskutuksissa. Siinä voisi olla yksi syy männyntaimien vioittumisissa havaittuun eroon.

Toisaalta edellä mainittu 2.4-D- ja 2.4.5-T-estereiden välillä havaittu erilainen havupuidentaimien vioittamiskyky tasoittaa eroa. Jos lentoruiskutus olisi suoritettu normaaliin tapaan pelkällä 2.4.5-T-esterillä, olisi vioittumisvaara ilmeisesti ollut vielä pienempi ja ero maaruiskutuksiin nähden vielä suurempi.

Kokonaisnestemäärissä oli erittäin suuri ero, koska lentoruiskutusaloilla käytettiin vain 13 l mutta maaruiskutuksissa 500 l/ha. Jos vesakko olisi ollut kovin tiheää, vähäinen nestemäärä lentoaloilla olisi ilmeisesti vähentänyt taimien vioittumisvaaraa. Kuten kuvasta 17 ilmenee, vesakot olivat kuitenkin niin harvoja että vesojen havupuidentaimia suojaavalla vaikutuksella ei voinut olla ratkaisevaa merkitystä. Sen sijaan väliaineen määrä sellaisenaan saattoi ehkä vaikuttaa asiaan. Lentosumutuksessa pisarakoko oli pienempi kuin reppuruiskulla suoritetussa maaruiskutuksessa. Pisarakoon pienentäminen vähentää väliaineen tarvetta, reppuruiskun 500—1 000 litran asemesta tarvitaan sumuruiskua käytettäessä jopa vain 40—80 litraa nestettä hehtaaria kohden (B r e i t e n s t e i n 1962). B e n g t s s o n i n (1961) mukaan männynneulasten tapaisilla rasvaisilla lehtipinnoilla pisarakoon pienentäminen sallii myös tehoaineen määrän vähentämisen jossain mitassa ruiskutuksen tehon siitä kärsimättä. Ero 13 litrasta 500 litraan on kuitenkin niin suuri, että se tuskin on voinut olla vaikuttamatta vioituksissa ilmenneeseen eroon. Todettakoon että 13 l/ha on lentoruiskutuksissa tavallista suurempi nestemäärä. Tutkituilla 23 lentoruiskutusalalla oli kokonaisnestemäärä kahta poikkeusta lukuunottamatta 4—6 l/ha. Siten nestemäärän suhteen tavanomaisesti suoritetun käsittelyn olisi ilmeisesti pitänyt olla vieläkin vähemmän vahingollinen männyntaimille.

Lentoruiskutuksessa käytettiin väliaineena öljyä, jota sellaisenaan käy-

tetään rikkakasvien hävittämiseen (R u m m u k a i n e n 1962). Maaruiskutuksessa oli väliaineena vesi. Lentoruiskutuksessa siten väliaineen laatu oli omiaan lisäämään männyntaimien vioittumisvaaraa. Nestemäärän vähäisyyden vuoksi (enintään runsas 10 l öljyä/ha) sen merkitys ei kuitenkaan voinut olla suuri. Joka tapauksessa tavanomaisissa lentoruiskutuksissa käytetyt vieläkin pienemmät öljymäärät eivät varmasti olisi männyntaimia vahingoittaneet ainakaan enempää.

Yhteenvetona voidaan siis todeta, että maasta käsin suoritettu ruiskutus vioitti käsittelyajankohdan huomioon ottaen männyntaimia odotetulla tavalla eli erittäin ankarasti. Lentoruiskutuksessa taimet sitävastoin säilyivät käytännöllisesti katsoen terveinä. Eroavuuden tärkeimpänä syynä on ehkä pidettävä maaruiskutuksessa käytettyä paljon suurempaa nestemäärää. On ilmeistä että lentoruiskutusten aloitusajankohtaa havupuutaimistoissa ei pidä päättää maasta käsin suoritetuissa ruiskutuksissa saatujen vioituskokemusten perusteella, vaan lennot voi aloittaa jo aikaisemmin.

Päätelmiä

Tutkielmassa on ilmennyt että vesakoiden lentoruiskutuksiin olisi ryhdyttävä nykyistä käytäntöä aikaisemmin. Vesojen kuoleminen heikentyy erittäin selvästi syksyä kohden ja viileiden säiden aiheuttama erityisriski myös suurenee. Olisi myös tärkeää saada pidennystä lentoruiskutusaikoihin.

Sekä versonpuutumiskokeiden että lentoruiskutustulosten perusteella näyttäisivät männyn- ja kuusentaimet kestävän aikaisemmin suoritettuja ruiskutuksia. Aivan pieniä taimia lukuunottamatta kestokyky saavutetaan lämpösumman noustessa 500 yksikön yli. Jos vuosina 1961—64 tuota rajaa olisi pidetty silmällä, olisi kolmena kesänä neljästä päästy käsittelyjä suorittamaan Kajaanin korkeudella noin kuukautta aikaisemmin kuin mitä tapahtui ja myöhäisimpänäkin (1962) jo heinä-elokuun vaihteessa. Ruiskutustulokset niin määrän kuin laadunkin puolesta olisivat tällöin olleet paremmat.

Erilaisten viljelyalojen ruiskutuksissa voitaisiin pyrkiä seuraavaan järjestykseen:

— vesakot joiden alla ei ole havupuiden taimia, käsitellään kesä-heinäkuussa,
— vesakot joiden alla on havupuutaimisto ja päävesalajit haapa ja (tai) pihlaja, käsitellään lämpösummajaksolla 500—700 yksikköä
— vesakot joiden alla on havupuutaimisto ja päävesalajit koivu ja (tai) leppä, käsitellään lämpösummajaksolla 500—800 (900) yksikköä

Käytännössä ei tietenkään ole usein mahdollista erotella kahta viimeksi mainittua vaihtoehtoa toisistaan.

Jos ruiskutuksia suoritetaan lämpösumman ollessa suurempi kuin 800 yksikköä, on ruiskutteen väkevyyttä lisättävä, ehkä mieluimmin kaksinkertaiseksi tavanomaisesta. Kun esim. tutkituilla lentoruiskutusaloilla 2.4.5-T-esteriä oli käytetty yleensä 2 100—2 800 g/ha, olisi myöhäisissä käsittelyissä siten käytettävä 4 000 g tai enemmän. Toinen mahdollisuus parantaa tehoa näyttää olevan väliaineen huomattava lisääminen käytetystä 2—4 öljylitrasta hehtaaria kohden. Öljyn lisäämisellä moninkertaiseksi voi kuitenkin olla se haitta, että öljy sellaisenaan alkaa tuhota vesojen lehvästöä eivätkä vaikuttavat aineet ehdi riittävästi imeytyä juuristoihin. Tällöin uudelleenvesominen ei kunnolla estyisi. Väliainetta lisättäessä jouduttaisiin ilmeisesti siirtymään öljystä veteen.

Tutkimustulosten tiivistelmä

Tutkimuksessa inventoitiin 23 lentoruiskutusalaa vuosilta 1961—64, yhteiseltä pinta-alaltaan 1 177 ha (s. 7).

Aloille osuneista vesapuulajeista oli koivua 44.6 %, haapaa 32.6 %, pihlajaa 14.2 %, pajuja 6.3 % ja leppää 2.3 %. Havupuiden taimista oli mäntyä 71.2 % ja kuusta 28.8 %.

Lentoruiskutukset oli suoritettu 30. VII—9. IX välisenä aikana. Jotta eri vuosina suoritettujen ruiskutusten tehoa olisi voitu paremmin vertailla, laskettiin jokaiselle käsittelyhetkelle myös tehoisa lämpösumma (s. 12). Ruiskutuksia oli suoritettu lämpösummajaksolla 500—1 291 (1 300) yksikköä.

Lämpösummajaksolla 500—800 yksikköä suoritetuissa ruiskutuksissa oli koivun lehvästön kuolleisuus keskim. 80.2 % ja haavanlehvästön 64.8 %. Ero oli tilastollisesti erittäin merkitsevä (riski 1 %). Lämpösummajaksolla 900—1 300 yksikköä oli kuolleisuus koivulla 38.5 % ja haavalla 29.5 %. Puulajien välinen ero ei ollut merkitsevä. Kummallakin puulajilla todettu lämpösummajaksojen välinen kuolleisuusero oli erittäin merkitsevä (riski 0.5 %). Jos tutkituilla aloilla ruiskutukset olisi suoritettu tehoisalla jaksolla 500—800 yksikköä, olisivat ne tapahtuneet keskim. ainakin kuukautta aikaisemmin kuin käytännössä tehtiin.

Lehvästöjen kuolemista heikensi ratkaisevasti ruiskutuksen yhteyteen sattunut säätilan kylmeneminen ja pysyminen sen jälkeen viileänä useita päiviä (5 vrk. tai kauemmin). Analysoiduissa epäonnistuneissa tapauksissa minimilämpötilat tänä aikana olivat 0°C tienoilla ja vuorokausien keskilämpötilat +5—10°C tienoilla.

Liian aikaisin suoritettu vesakonhäviteruiskutus vioittaa keskenkasvuisia männyn- ja kuusenversoja. Kestävyys lisääntyy tietyllä tavalla (s. 20). Varttuneet taimet alkavat kokeiden mukaan kestää käsittelyhetken lämpösumman saavutettua n. 500 yksikön rajan. Aivan pienet taimet saatta-

vat säilyä arkoina myöhäsyksyyn asti. Männyntaimet ovat kuusentaimia arempia.

Lentoruiskutetuilla aloilla havupuidentaimien vioittuminen oli ollut vähäistä. Männyntaimista oli vikaisia 2.9 % ja kuolleita 0.1 % (s. 24). Kuolleisuuteen vaikutti ruiskutuksen aiheuttaman versovioituksen lisäksi samanaikaisesti esiintynyt lumikariste, *Phacidium infestans Karst.* — Kuusentaimista ei ollut kuollut yhtään ja vikaisia oli keskim. 1.0 %. — Vioituksia oli sattunut lämpösummajaksolla 500—710 yksikköä ja yhteensä 3:lla ruiskutusalalla. Samalla jaksolla ruiskutetuilla 5:llä muulla alalla ei vioituksia ilmennyt.

Kesäkuussa 1964 suoritetuissa vertailevissa maa- ja lentoruiskutuksissa tavanomainen maaruiskutus vioitti männyntaimia selvästi ankarammin kuin tavanomainen lentoruiskutus (s. 25). Suurimpana syynä eroon lienee ollut suuri ero väliaineen määrässä (maaruiskutuksessa n. 500 l vettä/ha, lentoruiskutuksessa n. 10 l/ha muuntajaöljyä). Lentoruiskutusajankohdasta ei siis ilmeisestikään voi päättää maaruiskutuksissa todettujen vioitusten perusteella, vaan lentoruiskutukset voidaan aloittaa maaruiskutuksia aikaisemmin.

Yhteenvetona todetaan että niin vesakonhävitteen tehon puolesta vesoihin kuin männyn- ja kuusentaimien vioitusten puolesta olisi ilmeisesti edullista ja mahdollista ryhtyä lentoruiskutuksiin nykyistä aikaisemmin. Aloituksesta ja lopetuksesta päätettäessä voitaisiin pitää silmällä lämpösumman kehitystä.

LÄHDELUETTELO

Bengtsson, A. 1961. Droppstorlekens inflytande på ogräsmedlens verkan. Växtodling, 17.

Breitenstein, W. 1962. Kasvinsuojeluvälineet. Puiden taimien suojelu taimitarhassa. Kasvinsuojeluseuran julkaisuja n:o 21, ss. 52—55.

Burschel, P. und E. Röhrig 1960. Unkrautbekämpfung in der Forstwirtschaft. Hamburg und Berlin.

Bärring, U. 1965. Behandling av lövträdsvegetation med herbicider. Studia Forestalia Suecica, nr 25.

—»— 1967. Studier av metoder för plantering av gran och tall på åkermark i södra och mellersta Sverige. Studia Forestalia Suecica, nr 50.

Collander, R. 1947. Kasvifysiologian perusteet. II. Helsinki.

Fransson, P. 1952. Bekämpning av björk i Norrland medelst hormonderivat. Meddel. fr. Stat. Skogsforskn. inst., 41.2.

Hamner, C. L. and H. B. Tukey 1944. Selective herbicidal Action of Midsummer and Fall Applications of 2.4-dichlorophenoxyacetic Acid. Botan. Gaz., 106, ss. 232—245.

Haveraaen, O. 1963. På hvilken tid skall en rydde bjørk. Norsk Skogbr., 9, ss. 692—693.

Heikinheimo, O. 1915. Kaskiviljelyksen vaikutus Suomen metsiin. Acta. Forest. Fenn., 4.2.

Huovila, S. 1967. On the Structure of Wind Speed in Finland. Ilmatiet. Keskuslait. Toimit., n:o 69.

Jondelius, B. 1969. Nytt om ogräsbekämpning i skogsbruket. Ogräs och ogräsbekämpning. 10:e svenska ogräskonferensen Uppsala 22—23 januari 1969. Uppsala.

Kelly, S. 1949. The Effect of Temperature on the Susceptibility of Plants to 2.4-D. Plant Physiology, 24, ss. 534—536.

Kurkela, T. 1967. Keväällä havaitusta männyn taimitarhataudista ja *Scleroderris lagerbergii*sta. Metsätal. Aikak.l., 84 (30), ss. 391—392.

Köppä, P. 1963. Kasvinsuojeluaineluettelo 1963. Kasvinsuojeluseuran julkaisuja n:o 27.

Lentokoneen käyttö metsätaloudessa. Lentomainos Oy:n esittelylehtinen. 1963. 14 s.

Lund Høie, K. 1964. Bruk av ugrasmidler i plantefelt. Bilag til Norsk Skogbr, nr 5. Oslo.

Marth, P. C. and F. F. Davis 1945. Relation of Temperature to the selective herbicidal Effects of 2.4-dichlorophenoxyacetic Acid. Botan. Gaz., 106, ss. 463—472.

Martynov, A. N. ja I. V. Shutov 1963. Kuusen kasvun muutokset lehtipuukuusisekametsiköissä, jotka on käsitelty 2.4.5-T:llä ja 2.4-D:llä. (Venäjänkielinen) Lesnoi Shurnal, n:o 5.

Mukula, J. 1952. Lepänkantojen hävittämisestä tekohormoneilla. Koetoiminta ja Käytäntö, 9, n:o 6.
—»— 1956. Kannattaako vesakkojen talviruiskutus? Koetoiminta ja Käytäntö, 13, n:o 6.
Mukula, J. 1962. Rikkaruohojen kemiallinen torjunta. Kasvinsuojeluseuran julkaisuja n:o 25.
—»— 1964. Rikkaruohot ja niiden torjunta. Helsinki.
Müller, F. und Z. Özer 1968. Translokation von C-14-markiertem MCPA und Reservestoffhaushalt von *Cirsium arvense*. Zeitschr. der Pflanzenkrankh. (Pflanzenpathologie) und Pflanzenschutz. Sonderhft IV, ss. 119—129.
Pallas Jr., J. E. 1960. Effects of Temperature and Humidity of foliar Absorption and Translocation of 2.4-dichlorophenoxyacetic Acid and benzoic Acid. Plant Physiology, 35, s. 575.
Pispa, P. 1961. Kokemuksia tekohormonivalmisteiden käytöstä metsätaloudessa. Leipä leveämmäksi, 9, n:o 4, ss. 25—28.
Rennerfelt, E. 1948. Försök att med kemiska medel förhindra stubbskottsbildning hos björk. Norrl. Skogsvårdsförs. Tidskr., ss. 119—139.
—»— och P. Fransson 1949. Bekämpning av björksly med fenoxiättiksyrderivat. Skogen, 36, s. 177.
Reuter, M. 1948. Pflanzenphänologische Beobachtungen in Finnland 1941—45. Bidr. till. känned. af Finlands natur och folk, Hft 92, nr 1.
—»— 1957. Ibid. 1951—55. Hft 100, nr 1.
Rummukainen, U. 1962. Rikkakasvien kemiallinen torjunta. Puiden taimien suojelu taimitarhassa. Kasvinsuojeluseuran julkaisuja n:o 21, ss. 16—20.
—»— 1966. Lentoruiskutusten tuloksista. Metsälehti, n:o 20.
—»— 1967. Kokemuksia mekaanisesta vesantorjunnasta. Metsälehti, n:o 17.
—»— 1968. Muovihuone- ja avomaataimien kylmänkestävyys. Metsätal. Aikak.l., 85 (31), ss. 138—141.
Sarvas, R. 1952. On the Flowering of Birch and the Quality of Seed Crop. Selostus: Koivun kukkimisesta ja siemensadon laadusta. MTJ 40.7.
—»— 1955. Investigations into the Flowering and Seed Quality of Forest Trees. Selostus: Tutkimuksia metsäpuiden kukkimisesta ja siemensadon laadusta. MTJ 45.7.
—»— 1962. Investigations on the Flowering and Seed Crop of *Pinus silvestris*. Selostus: Tutkimuksia männyn kukkimisesta ja siemensadosta. MTJ 53.4.
—»— 1965. Metsäpuiden kehityksen vuotuinen periodi. Suomalaisen tiedeakatemian Esitelmät ja Pöytäkirjat, ss. 239—259.
Tommila, M. 1963, 1963 a, 1965, 1965 a. Ilmastohavainnot 1961, 1962, 1963, 1964. Meteorological Data 1961, 1962, 1963, 1964. Suomen Meteorologinen vuosikirja. Nide 61, osa 1 a, Nide 62, osa 1 a, Nide 63, osa 1 a, Nide 64, osa 1 a.

ON THE OPTIMUM TIME OF SPRAYING COPPICES FROM THE AIR

The present study is an attempt to find out whether the sprayings of coppices from the air carried out in the 1960's have been done at the best possible time of the year. To this end 23 areas so treated in the period 1961—64 were studied in 1965. Fig. 2 shows the geographical location of these areas, which, ranging from 9 to 230 hectares of extent, make a total of 1 177 hectares. Data for the study were collected from a total of 49.8 km (0.5—6.0 km each) of sample strips with a width of 1 m. All hardwood sprouts as well as *Picea abies* and *Pinus silvestris* saplings encountered on the strips were examined. On an average, sprouts were found at a distance of 3 m from each other, the corresponding distance for the coniferous saplings being about 10 m. Among the sprouts encountered 44.6 % were *Betula* spp., 32.6 % *Populus tremula*, 14.2 % *Sorbus aucuparia*, 6.3 % *Salix* spp. and 2.3 % *Alnus incana*.

71.2 % of the coniferous saplings studied were *Pinus silvestris*, the remaining 28.8 % being *Picea abies*.

Three of the areas in question had been sprayed during the period July 30—31, six between August 5 and 15, eight between August 28 and 31 and another six in the period September 1—9.

In the sprayings 2 000—3 000 g/ha of the active principle of 2.4.5-T ester had been used together with a quantity of kerosene which made the total amount of spray used per hectare to 4—6 liters. Only in one case water had been used as additive instead of kerosene, and here the total quantity of spray used was 30 l/ha.

Determination of the spraying time

As development takes place in the nature at varying rates in different years, the results from sprayings carried out on the same day in various years are not comparable as such. For this reason the so-called effective temperature sums were calculated for each day spraying had been carried out. This was done by summing up the part of the daily mean temperatures exceeding +5°C from the beginning of the growing season to the date of spraying. The calculation was based on readings taken at the weather stations considered best suited to the purpose. Table 3 shows the dates of spraying and the corresponding temperature sums. Table 2, on the other hand, shows the variation in the development of the temperature sum in the various years of spraying at the weather station of Kajaani, which was considered of central importance for the study.

Dying of the foliage of sprouts sprayed on dates of various temperature sums

Table 4 and Fig. 3 show the dying of the leaves of *Betula* spp. and *Populus tremula* sprayed on dates of various temperature sums. The differences between the temperature sum periods 500—800 d.d. and 900—1 300 d.d. were highly significant at the 0.5 % level for both of these tree species. For the period 500—800 d.d. the difference observed between *Betula* and *Populus* was highly significant at the 1 % level, whereas no statistically significant difference could be established between these species for the 900—1 300 d.d. period.

With regard to the dying of the foliage, the spraying should consequently have been carried out earlier than was done. If, for instance, spraying had been commenced at a temperature sum of 500 d.d. and finished at about 800 d.d., the work had virtually been done at least one month earlier than it was.

In some cases the results from sprayings carried out in 1962 and in 1966, beyond the period of this study, were exceptionally poor with respect to the dates of treatment and the temperature sums. It was established, however, that the temperature had been in a phase of strong decline on the days in question and that especially the daily minimum temperatures had been rather low during at least the next six days, namely around 0°C (Figs. 3 and 4). One or two cool days in the middle of a warm spell or a fewwarm days in the middle of a cool period did not seem to have influenced the results.

Damages on saplings of Pinus silvestris and Picea abies

Damaging of the saplings was studied both in the areas sprayed and through experiments performed in nurseries and sawn or planted areas.

The types of damages occurring are shown in Figs. 5—11.

In the areas that had been sprayed from the air, damages were established to an extremely small extent only (Table 5). Only 0.1 % of the *Pinus* saplings had died, while 2.9 % were damaged. No *Picea* sapling had died, and only 1.0 % were damaged. Dying of the *Pinus* saplings had still been furthered by a simultaneous occurrence of the fungus *Phacidium infestans Karst.*, which destroyed the needles of the lower parts of the saplings, whereas the spraying killed the leaders. The damages which were of significance had occurred at the moment of a temperature sum of 515 d.d. In areas of the same locality which had been sprayed in the same year at 500 d.d., no damage was observed. In the former case the temperature had been in a period of rapid increase on the date of treatment, which was followed by a rainless period, whereas, in the latter case, the temperature had been in a clearly discernible period of falling. On the day of spraying the rainfall measured was 5.7 mm.

Customary spraying of the foliage from the ground (rucksack sprayer; 3 000 g/ha of 2.4-D and 2.4.5-T esters in the proportion 2: 1 in 500 l of water per hectare) caused the *Pinus* saplings considerably more damage than an aerial spraying operation carried out on the same day with the same active principles in a similar proportion. The additive used here, however, was 11 l of transformer oil per hectare (Figs. 14—17).

The study showed that, taking the conditions prevailing on each separate occasion into consideration, spraying of coppices with coniferous saplings can be carried out without too great risks as soon as the temperature sum has exceeded 500 d.d.

CORRECTION:

The publication has been printed as a serialpublication 67.7. Should be 69.2.

KORJAUS:

Julkaisu on painettu sarjajulkaisuna 67.7. Pitää olla 69.2.

STUDIES ON WHITE-ROT HUMUS FORMED BY HIGHER FUNGI IN FOREST SOILS

VEIKKO HINTIKKA

HELSINKI 1970

Helsinki 1970. Valtion painatuskeskus

CONTENTS

Introduction 4
Definition of white-rot humus 6
Species of fungi causing the formation of white-rot humus in forest soils 6
Occurrence of white-rot humus in different forest types 8
Some physical, chemical and biological properties of white-rot humus compared with ordinary surrounding humus 10
- Moisture content 10
- Acidity 11
- Contents of water-soluble substances and ash 13
- Degree of neutralization 14
- Exchangeable potassium and calcium and readily soluble phosphorus 15
- Oxalic acid 21
- Carbon:nitrogen ratio 23
- Nitrogen in white-rot humus 24
- O_2 uptake and CO_2 production 33
- Content of anthrone-positive substances 39

Some effects of white-rot fungi on litter in laboratory experiments 39
Relations with other plants 44
Detection of white-rot fungi in forest soils by manometric and colorimetric methods 47
Discussion 54
Notes on humus terminology 57
Summary 60
Acknowledgements 61
References 62

INTRODUCTION

The chemical, physical and biological properties of forest humus have been the object of numerous investigations in Northern Europe (Hesselman 1917, 1926, 1937, Romell 1934, 1939, Aaltonen 1935, 1939, Lindquist 1938, Forsslund 1938, Malmström 1949, Sjörs 1954, 1961, Låg & Mork 1959, Linnermark 1960). Among the great variety of factors affecting the properties of humus, micro-organisms are particularly important for the liberation, fixation and circulation of nutrients in the humus layer. In particular, the availability of nitrogen, which in forest soils is often an important limiting factor for tree growth, has been largely controlled biologically. As there are always large numbers of fungal hyphae present in mor, which is the dominant humus layer type in the Finnish forests, the assumption is often made that fungi play a central role in the formation of this type of humus. On the other hand, elucidation of the activity of the fungal population in soil, especially that of higher fungi, and separation of their effects from those caused by other factors have proved extremely difficult.

The present investigation arose out of some observations on the effects on forest soils of certain higher saprophytic fungi, many of which are known as »fairy-ring fungi». These have attracted considerable attention since ancient times (Ramsbottom 1953), although this common name covers mycorrhizal species as well as saprophytes. The humus and litter around the fruit-bodies of certain saprophytic species is almost always pale-colored and often covered with whitish mycelia (Fig. 1). Although there are several earlier reports of such a type of humus (Baillon 1906, Romell 1939, Saitô 1957, Meyer 1959, Kühnelt 1963 a), they do not include an adequate comparison of its properties with those of ordinary humus. As pointed out by Romell (1939), the limits of its occurrence are usually readily visible against ordinary forest humus. According to some preliminary investigations (Hintikka 1961, 1964) and the results of the present study, this whitish humus, which is quite common in Finnish forest soils, differs in so many respects from ordinary humus that it seemed appropriate to create a new term, »white-rot humus», to cover this type of humus and disintegrated plant residues. An analysis of the properties of white-rot humus and its possible significance in forest ecosystems is the object of this study.

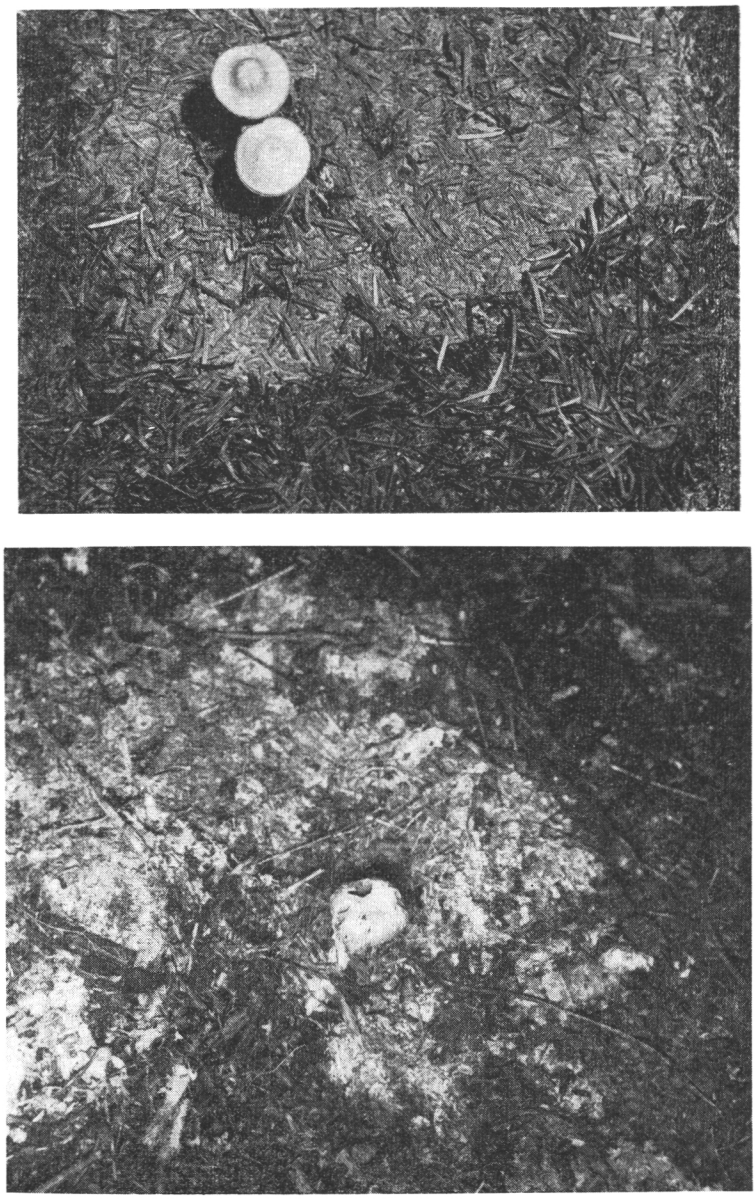


Fig. 1. *Collybia peronata* and *C. confluens* (above) forming white-rot humus in forest soils. Before taking the picture the uppermost loose litter was removed. *C. peronata* photographed by Lalli Laine, other pictures by the author.

DEFINITION OF WHITE-ROT HUMUS

In accordance with the definition of humus presented by Scheffer & Ulrich (1960), the term white-rot humus is used in the present paper to describe plant residue which is markedly decolorized in comparison with the surrounding humus cover, being light brown or pale yellow in color, and evidently decomposed by fungus mycelia, and which, when fresh, usually gives a dark green or blue reaction with benzidine. The degree of decomposition varies, being sometimes so advanced that the original structure of the plant remains only with difficulty can be seen with the unaided eye. Although this definition is based solely on differences in color, the boundary between the white-rot humus and the surrounding darker humus is as a rule so clear that one soon learns to distinguish it from the color difference caused by unequal moisture conditions or by different types of litter. As far as is known, white-rot humus only exceptionally forms uniform layers, but occurs as restricted patches in the humus and fermentation layers only. Humus nomenclature is discussed in greater detail on pp. 57—60.

SPECIES OF FUNGI CAUSING THE FORMATION OF WHITE-ROT HUMUS IN FOREST SOILS

Even superficial observations on the higher saprophytic fungi in the field reveals that they include a group of species which produce white-rot humus at the base of their fruit-bodies. According to my observations in Finland during the period 1962—65, the following species have the most conspicuous effect in this regard:

Clavaria abietina coll. (*Ramaria invalii* (Cott. et Wakef.) Donk)
C. ligula Fr. (*Clavariadelphus ligula* (Fr.) Donk)
Clitocybe candicans (Fr.) Kummer
C. cerussata (Fr.) Kummer
C. clavipes (Fr.) Quél.
C. gilva (Pers. ex Fr.) Kummer
C. gibba (Pers. ex Fr.) Kummer (= *C. infundibuliformis*)
C. metachroa (Fr.) Quél.
C. nebularis (Fr.) Kummer
C. odora (Fr.) Kummer
C. squamulosa (Fr.) Lge
Collybia butyracea (Fr.) Quél. and var. *asema* Fr.
C. confluens (Fr.) Kummer
C. dryophila (Fr.) Kummer
C. peronata (Fr.) Kummer

C. putilla (Fr.) Sing.
Cudonia circinans (Pers.) Fr.
C. confusa Bres.
Cystoderma carcharias (Pers. ex Secr. (Fayod ex auct.)
C. granulosum (Fr.) Fayod ex auct.
Lepiota clypeolaria (Fr.) Kummer
Marasmius oreades (Fr.) Fr.
M. prasiosmus (Fr.) Fr.
Mycena pura (Fr.) Kummer
Psalliota silvicola coll.
Rhodocybe mundula (Lasch) Sing.
R. nuda (Fr.) Cooke
R. sordida (Fr.) Sing.
Spathularia flavida Fr.

Future taxonomic investigations will probably lead to an increase in the number of such species.

Among the North American agarics, the following species produce white-rot humus:

Collybia strictipes Peck
Marasmius delectans Morgan
M. elongatipes Peck
M. fasciatus Penn.
M. resinosus (Peck) Sacc.
M. rotula (Fr.) Fr.
M. semihirtipes Peck
M. siccus (Schwein.) Fr.

The observations concerning American fungi were made in Michigan during the fall of 1961. The author expresses his thanks to Prof. A. H. Smith for determining the species.

The most common species causing formation of white-rot humus in Finnish moist moss forests are *Collybia butyracea*, *C. dryophila*, *Mycena pura* and *Cudonia confusa;* in grass-herb forests this flora is increased by *Collybia butyracea* var. *asema*, *Clitocybe odora*, *C. nebularis* and *Collybia confluens*. The white-rot humus produced by these species is particularly distinct and light yellow-brown in color. In some cases, as often in many species of the genus *Clitocybe*, pale humus can only be found under thick moss carpets or in leaf litter; when the fungi grow on a thin needle carpet, the color of the white-rot humus is darker brown to grayish brown and the difference from the color of the surrounding ordinary humus is less conspicuous, or not seen at all. The activity of these fungi is usually more clearly discernible in leaf litter than in bark and lichen litter, both of which are decomposed with difficulty.

It can scarcely be doubted that it is these fungi which cause the formation of this type of humus, because it is so regularly found at the base of their fruit-bodies. The translocation of dye from the mycelium of fairy-ring fungi to the basidiocarps (Schütte 1956) also supports this view. Most of the species mentioned above are known to be effective lignin decomposers (Lindeberg 1944, 1946, Mikola 1954, 1956, Chastukhin 1962), and in pure culture experiments they cause a similar decoloration of the litter (pp. 39—44).

OCCURRENCE OF WHITE-ROT HUMUS IN DIFFERENT FOREST TYPES

In the fall of 1963, the abundance of white-rot humus was studied by removing the litter and moss layers from sample quadrats, within which the area of distinctly pale-colored humus was estimated. In most of the stands under study, 25 quadrats, each measuring one square meter in area, were investigated in this way. All estimates were made in moist weather after rainy periods in order to avoid any difference in humus color due to uneven moisture conditions. The averages of the coverage measurements are listed in Table 1. The proportion by weight of white-rot humus in relation to the total amount of humus is only a fraction of that indicated by these coverage estimations.

White-rot humus occurs most frequently in rather dry grass-herb forests, especially in those formed by deciduous trees (*Quercus*, *Corylus*) and where the litter remains on the ground for at least one year, forming a duff layer. On such sites the whitish humus often covers more than a quarter of the area. In moister grass-herb forests, where animal activity causes the fallen litter

Table 1. Occurrence of white-rot humus in different forest types, expressed as coverage %.

Forest type	Number of stands investigated	%
South Finland		
Vaccinium type (VT) (dry conifer forests)	7	0.42
Myrtillus type (MT) (moist moss forests)	12	1.40
Grass-herb forests (OMT, OT)	8	1.29
Dry grass herb forests of oak	6	11.31
Alder (*Alnus glutinosa*) swamp	3	2.92
North Finland		
Empetrum—Myrtillus type	3	0.76
Hylocomium—Myrtillus type	10	1.45
Geranium—Myrtillus and *Geranium—Dryopteris* types	2	2.13

to disappear in the course of a single year, and where the dark mull is exposed on the ground, white-rot humus in only found at the bases of trees or around stones, etc., where litter has accumulated. In *Myrtillus* type forest white-rot humus is rarer, but not without importance. In forests with an unbroken moss carpet, it it encountered immediately beneath this carpet. In drained peatlands white-rot humus is usually found in hummocks or elevated places at the bases of trees. In forests of *Vaccinium* type it is met with only occasionally. The humus layer of some *Cladina* sites (dry lichen pine forests) was also studied, but no clearly differentiated white-rot humus was found, except isolated white spots and patches in individual leaves of birch, etc.

In northern Finland, white-rot humus occurs in the coniferous forests to approximately the same extent as in southern Finland. In spruce forests with a dense moss cover and a thick humus layer, densely interwoven with roots of dwarf shrubs (*Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*, and *Empetrum*), a type of humus layer which is very characteristic of these regions, it seems to be very rare as coherent humus, although benzidine-positive spots can often be found on isolated, dead branches at the base of moss (*Pleurozium*, *Hylocomium*) shoots. In the deciduous forests of northern Finland the white-rot humus is readily distinguishable, but rare in occurrence, and nowhere does it seem to occur as frequently there as in the dry grass-herb oak forests of southern Finland.

In the archipelago of Ahvenanmaa, much the same observations were made as in the southern parts of the mainland: the best grass-herb forests on mull soils, where the mull lies uncovered on the ground, were devoid of white-rot humus; however, in places where the litter layer remained on the ground for at least a year, white-rot was found in abundance together with small benzidine-positive spots in the litter.

These observations indicate that white-rot humus and the fungi causing its formation occur in almost all kinds of forest sites, but show a distinct preference for the thick layers of leaf litter shed by deciduous (*Quercus*, *Corylus*) trees and shrubs.

A similar distribution was noted in the Holy Cross mountains in Poland, which the author had the opportunity to visit in the fall of 1966. The litter layer in the upper beech forests contained abundant white-rot humus formed by *Marasmius urens* and *M. alliaceus*. In places, the litter and F-layers were occupied by an almost unbroken network or layer of white-rot mycelia and benzidine-positive patches. One might almost speak of a white-rot humus layer instead of an F-layer.

The places where white-rot humus was found most abundantly as a rule exhibited a mull layer, the profile being of brown earth or mull type. In Finland, brown earth is rather rare and southern in distribution (A a l t o n e n 1947). In the geographical distribution of white-rot humus there thus

seem, in the light of present observations, to be features which connect it with the brown earth and mull formation in the deciduous forests of Central Europe.

In forest soils, white-rot humus is usually encountered in the fermentation layer and, occasionally, in the topmost litter layer (Hintikka 1964). On relatively rare occasions it can also be found in the deeper humus layers. So far, in the present investigation clearly visible white-rot humus has not been found directly incorporated into mineral soil. An attempt was made, by means of manometric methods (p. 47), to ascertain whether white-rot occurs in the mull layer, where the humus is intimately mixed with the mineral soil. The area covered by white-rot humus at the base of the basidiocarps varies greatly. Usually, it forms a rather thin layer measuring 1—5 dm^2 in area, but in the thick litter layers of dry grass-herb forests one can find unbroken patches several square meters in area, formed by *Clitocybe nebularis* and *C. odora*, for instance. Occasionally, indications of »fairy-ring» formation can be observed, and then mostly in *Clitocybe* species (for example, *C. nebularis*), *Collybia confluens*, and *Cudonia confusa*. In most cases the mycelia forming white-rot humus grow as irregular patches in the humus layer, the occurrence of basidiocarps being scattered.

Moisture content of white-rot humus

The moisture conditions of the humus layer are important to forest plants. This statement is supported by the fact that the humus in coniferous forests on moraine and sandy soils in the summer-time seldom seems to reach full field capacity. In October 1963, determinations were made of the actual moisture content of humus samples. Before sampling, heavy rains had occurred during two weeks. The results are shown in Table 2, in which the moisture is expressed in per cents of the oven-dry weight. The moisture content of white-rot humus was to a statistically significant degree about 30 per cent lower than that of the surrounding humus ($P < 0.01$) [1]. As no more roots were seen in the white-rot humus than in the surrounding humus cover, and as the samples were taken from the same depth and the same type of litter, it seems that the fungus mycelium is somewhat water-repellent, as has also been reported by other investigators (Schantz & Piemeisel 1917, Bayliss—Elliott 1926, Burges 1958). Taken on a volume basis, the difference seems to be even greater, because the white-rot humus is considerably looser in structure.

[1] Here, as well as later in this paper, P indicates the probable average difference of the sample pairs from zero.

Table 2. Moisture content of white-rot humus compared with surrounding (distance 10—50 cm) humus expressed as percentage of oven-dry (100°) weight. All samples are from Ruotsinkylä Experimental Forest.

	Biotope	white-rot humus	surrounding humus
Clavaria abietina	OMT	114	186
Clitocybe cerussata	OMT	146	255
» »	OMtk	168	264
» »	OMtk	273	224
C. clavipes	MT	213	258
»	OMT	71	200
C. metachroa	VT	86	177
C. odora	OMtk	239	281
Collybia butyracea	OMT	226	242
» »	OMtk	204	236
» »	OMtk	279	264
» »	MT	158	284
» »	MT	132	180
» »	OMtk	145	246
» »	OMtk	193	260
» »	OMT	189	175
» »	OMT	116	274
» »	OMtk	187	314
Collybia confluens	OMtk	198	324
» »	OMT	236	277
» »	OMtk	161	204
Mycena pura	OMT	179	294
No basidiocarps present	OMT	196	285
»	OMT	227	311
»	OMT	238	314
Mean		183.0	253.2

P of the difference <0.01

Acidity of white-rot humus

Table 3 shows the results of pH determinations made on white-rot humus and ordinary humus, the distance between paired samples, taken at the same depth, being 10—50 cm. Fresh samples were moistened with a minimum amount of distilled water and allowed to stand 1—12 hours before measurements were made with a Beckman glass electrode. Measurements on white-rot humus formed by *Marasmius semihirtipes* and *M. delectans* were carried out on air-dry samples.

In general, it can be stated that if a pronounced difference in color could be observed between the two samples, there was also a distinct difference in pH, the white-rot sample being about 0.5—2 pH degrees more acid than the surrounding humus. The values obtained agree rather well with those of earlier investigations (Meyer 1959, Hintikka 1961). The acidity of the humus produced by a certain fungus species varies to a considerable extent and seems to be more dependent on the quality of the litter than on the

Table 3. The pH of white-rot humus compared with surrounding ordinary humus. Difference calculated without using H^+-ion concentration.

	Number of sample pairs	average difference (white-rot humus lower, in pH degrees)	t
Clavaria abietina	10	0.68	4.12**
Clitocybe clavipes	8	0.95	7.60***
C. diatreta	1	0.10	—
C. gibba	2	1.20	—
C. nebularis	9	0.98	3.78***
C. odora	5	0.88	3.95*
C. sp.	11	0.53	3.85**
Collybia butyracea	14	0.85	8.07***
C. butyracea var. *asema*	21	0.66	5.61***
C. confluens	4	1.43	7.41**
C. dryophila	18	1.25	12.50***
Cudonia confusa	6	1.02	9.04***
Cystoderma carcharias	5	0.92	11.50**
C. granulosa	1	0.10	—
Lepista mundula	2	0.55	—
L. nuda	3	1.30	—
Marasmius delectans	5	0.55	1.71
M. rotula	2	0.50	—
M. semihirtipes	3	0.77	1.54
M. urens	14	0.91	9.38***
Mycena pura	22	0.69	10.63***
Psalliota silvicola	1	0.50	—

fungus species in question. However, white-rot humus produced by *Cudonia confusa*, *Collybia confluens*, and *C. dryophila* is almost always extremely acid, irrespective of the site or litter quality.

Furthermore, as seen from Fig. 2, the titrimetric acidity of white-rot humus seems to be about twice as high as that of the surrounding humus. The titrimetric acidity was determined by grinding the sample in an »Atomix» macerator and titrating it to pH 7.00 with 0.05 N NaOH, after which it was left overnight for repeated titration the following day. The quantity of acid in the humus was then calculated from the total amount of NaOH and on the basis of the moisture content of the sample. The samples containing the largest quantities of acids consisted of humus formed by *Clitocybe gibba*, *Collybia confluens*, *Cudonia confusa*, and *Mycena pura*, and as a rule, consisted of needle litter, whereas those showing the lowest acidity consisted of leaf litter and were decomposed by *Psalliota silvicola* and *Mycena pura*. According to the results of these measurements, the acidity seems to be more dependent on the nature of the litter than on the fungus species. In the sample pairs in which the pH was not different, the white-rot humus was formed by *Clitocybe gibba*, but the titrimetric acidity was definitely higher in the white-rot humus.

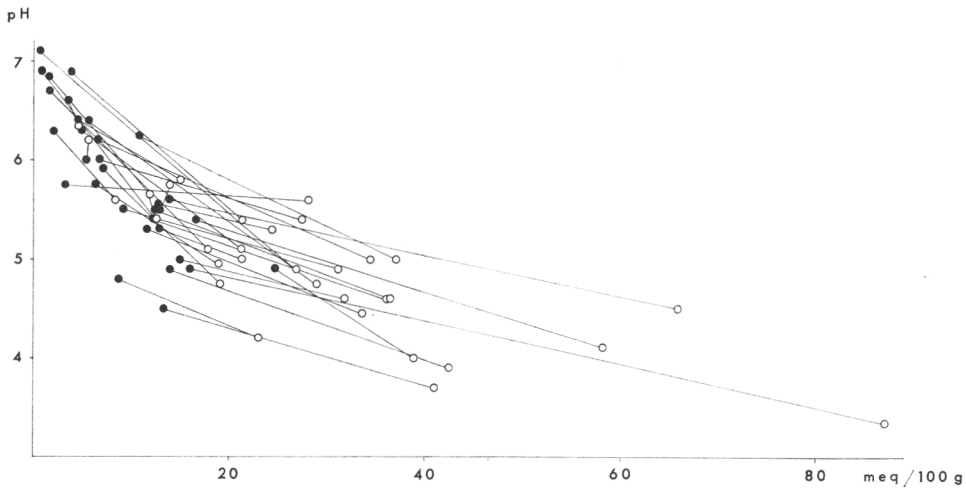


Fig. 2. pH and titrimetric acidity (meq/100 g oven-dry weight) of dried white-rot humus samples (o) compared with surrounding humus (●). Lines connect samples from the same spot.

From these determinations it is evident that white-rot fungi cause the formation of acid spots in the humus layer, the pH of which may be as much as 2 degrees lower than that of the immediately surrounding humus. As white-rot humus is rather common in forest soils, this circumstance should be noted as an important factor contributing to the considerable variation observed in routine pH measurements.

Contents of water-soluble substances and ash in white-rot humus

When white-rot humus samples are extracted in cold water, yellow-brown substances are dissolved in large amounts, whereas the corresponding quantities dissolved from samples taken from the surrounding humus are usually much smaller. The difference in color between the extracts obtained from the samples is very conspicuous in pH measurements. Table 4 shows the amounts of the cold-water-soluble substances. The extraction was carried out at +5°C for 6 days. The colored substances were not precipitated by mineral acids or by NaOH or KOH. On the other hand, $Ca(OH)_2$ and Pb as well as Cu acetates gave a brownish precipitate. Thus the leached substances belong to the fulvic or crenic acids, the chemical nature of which is not fully known. As these fungi produce this type of colored substances in pure culture experiments, too, it seems that these humus substances are at least partly products of the activity of white-rot fungi in the natural humus layer.

Table 4. Content of cold-water-soluble substances in white-rot humus and in surrounding humus.

Fungus species	Biotope	White-rot humus	Surrounding humus
Marasmius prasiosmus	grass-herb forest	18.0	9.2
Cudonia confusa	drained *Alnus* swamp	22.1	2.8
Clitocybe nebularis	grass-herb forest	25.4	9.3
C. gilva (?)	»	12.4	1.5
C. odora	»	17.0	1.8
C. clavipes	VT	12.0	3.5
Collybia dryophila	OMT	16.4	2.4
C. butyracea	MT	16.8	5.5
»	OMT	12.1	3.2
C. confluens	grass-herb forest	12.5	2.6
»	MT	12.2	2.0
Marasmius urens	grass-herb forest	13.7	3.1
Mycena pura	»	11.6	2.1
No basidiocarps present	MT	16.2	3.5
»	MT	17.2	3.5
»	OMT	12.9	3.5
Mean		15.5	3.7

Saitô (1957) has also found that whitish litter colonized by fungus mycelia contains more water-soluble substances than dark litter. Thus in places where there is abundant white-rot humus, more organic substances are probably leached into the deeper layers, and these substances may have some connection with the well developed mull layer in these places.

White-rot humus contains slightly less ash than the surrounding humus, the average of ten determinations being 12.4 per cent for white-rot and 14.9 per cent for the ordinary humus, the difference being statistically significant at the $P < 0.01$ level.

Degree of neutralization of white-rot humus

The degree of neutralization as well as the amounts of exchangeable H^+ and metal cations were determined on white-rot samples, using Brown's method (Brown 1943, Sjörs 1961, pp. 11—15). This method, although not very accurate, is simple and probably gives comparable results. All determinations were made from dried samples. The results are presented in Table 5.

According to Sjörs (1961), the degree of neutralization varies between 8 and 34 per cent in mor humus and between 35 and 100 per cent (and more) in mull (see also Dahl et al. 1967). On the basis of the present results, white-rot humus seems not to be more closely related to mull than ordinary

Table 5. Exchange capacity of white-rot humus. wrh = white-rot humus, sh = surrounding humus.

		pH	H^+	Metal cations	Total	Base saturation
Clavaria abietina, Myyras, OMT	wrh	4.1	47	127	174	73
	sh	4.6	42	98	140	70
Clitocybe diatreta, Nummela, VT	wrh	4.3	45	108	153	71
	sh	4.6	30	105	135	78
C. gibba, OMT, *Abies balsamea* forest ..	wrh	4.4	43	120	163	74
	sh	4.7	28	87	115	76
C. nebularis, Karkali, grass-herb forest ..	wrh	4.9	77	102	179	57
	sh	5.5	77	66	143	46
C. odora, MT, Korso	wrh	4.9	68	99	167	59
	sh	5.1	41	83	124	67
Collybia dryophila, MT, Korso	wrh	4.1	55	110	165	67
	sh	5.0	67	52	119	44
C. confluens, grass-herb forest Ramsholmen	wrh	4.9	103	127	230	55
	sh	4.8	61	110	171	64
C. confluens, grass-herb forest, Solböle ..	wrh	5.9	112	65	177	37
	sh	5.9	106	65	171	38
C. confluens, grass-herb forest, Akkalahti .	wrh	4.9	119	121	240	50
	sh	6.6	133	40	173	23
Marasmius urens, OMT, Tapiola	wrh	4.2	71	165	236	70
	sh	4.7	75	103	178	58

humus. The amount of exchangeable hydrogen ions, parallel to the results of the pH determinations, was consistently higher in white-rot than in the surrounding control humus. It should also be noted that white-rot humus usually contains more exchangeable metal ions than ordinary humus, in consequence of which the percentage of neutralization is approximately the same in both cases. Generally speaking, the exchange capacity of white-rot humus seems to be greater than that of normal forest humus; consequently, the former humus type may be regarded as more active than the latter.

Exchangeable potassium and calcium and readily soluble phosphorus in white-rot humus

The content of readily soluble and exchangeable mineral nutrients in natural humus varies greatly. According to S j ö r s (1961), Ca and P occur in greater quantities in mull than in mor, whereas regarding K there seems to be no definite difference between these humus types.

During the summers of 1962—65, about 300 paired samples were collected from both southern and northern Finland, each consisting of one sample of white-rot humus and one of ordinary humus. The samples were taken at distances ranging from about 10 to 100 cm from each other, and so should represent as far as possible litter and humus of approximately the same age and quality

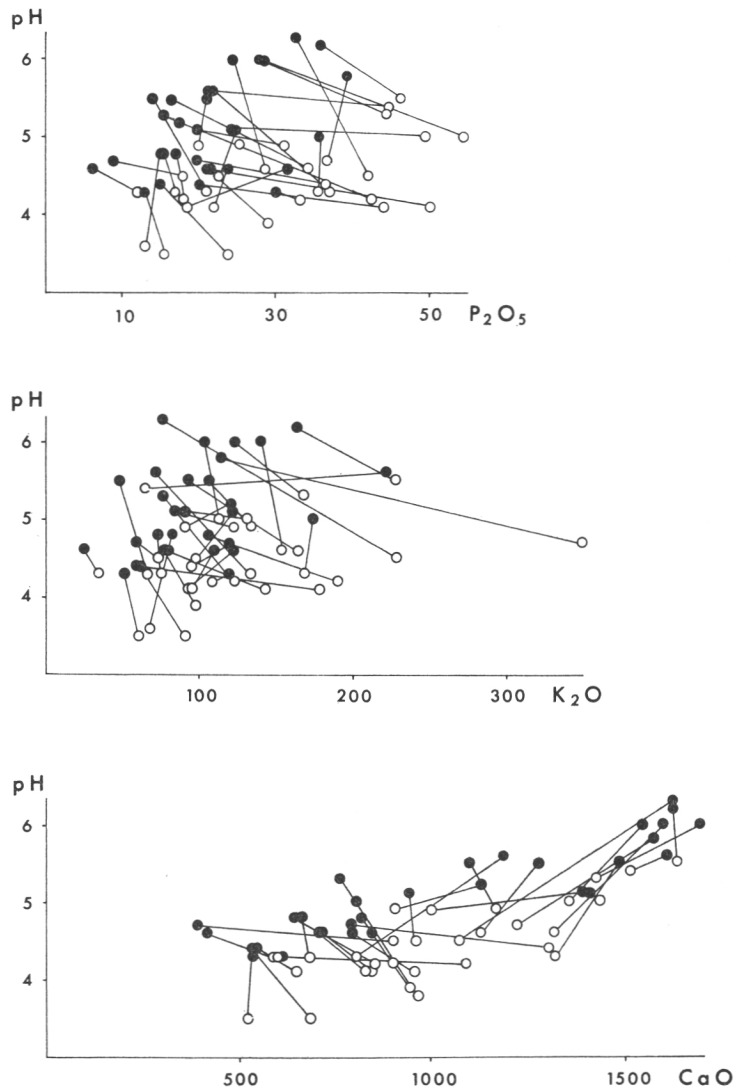


Fig. 3. The content of P_2O_5, K_2O and CaO of white-rot humus in relation to pH. Determinations were made from dried samples.

In the summers of 1962 and 63, the samples were immediately dried at room temperatures (20—25°C) with the aid of a fan heater. In the summers of 1964 and 1965, on the other hand, they were as a rule frozen at —20°C on the day of collecting, stored in plastic bags at the same temperature, and thawed immediately before analysis. Extraction was carried out in ammonium acetate solution. In the figures presenting the results, white-rot humus samples are indicated with open circles and ordinary humus samples with filled circles, the samples taken from the same place being connected with lines. These analyses were carried out by Viljavuuspalvelu Oy.

The data presented in Fig. 3 are for dried samples consisting of white-rot formed by the following species: *Clitocybe cerussata*, *C. clavipes*, *C. gibba*, *C. nebularis*, *C. odora*, *C.* sp., *Collybia butyracea*, *C. confluens*, *C. peronata* *Mycena pura*, and *Clavaria abietina*.

The average K content was 123.0 mg/100 g for white-rot and 98.7 mg/100 g for the surrounding humus (P for the difference: 0.02—0.01*) and the readily soluble phosphorus, in white-rot 31.1 and in the surrounding humus 21.9 mg/100 g (P for the difference was less than 0.001***). The quantity of exchangeable Ca, on the basis of these dried samples, was 1 020.2 mg/100 g for white-rot and 1 026.1 mg/100 g for the surrounding humus. Between these values there was no statistically significant difference.

Additional analyses of the exchangeable calcium were made from dried samples collected from a moist grass-herb forest at Viiri, Rovaniemi commune, Northern Finland. The average Ca content of 22 sample pairs was 1 072 mg/100 g for white-rot humus and 861 mg/100 g for the surrounding humus. The difference was statistically significant.

Figs. 4 and 5 and Table 6 present the results of the analyses of frozen samples. Considerable variation can be observed between different species; however, certain general features can also be discerned. The difference in the readily soluble phosphorus is similar to that obtained from the dried samples: the average for white-rot humus being 38.0 mg and for ordinary humus 26.6 mg/100 g. *Cudonia confusa*, *Collybia asema*, and *Marasmius urens* were particularly effective in this respect. The difference in the values for the content of exchangeable potassium is not significant. A very pronounced and significant difference was found in the content of exchangeable calcium, white-rot containing 909.3 mg/100 g, and ordinary humus 1 154.3 mg/100 g. In several cases, for example, in white-rot formed by *Clitocybe* species, the content of exchangeable Ca was only 50 % of that of the surrounding humus.

According to Kivekäs (1958), there were only minor changes in peat samples in the availability of Ca, P, and K on drying, and according to Wiklander & Koutler—Andersson (1966), soluble phos-

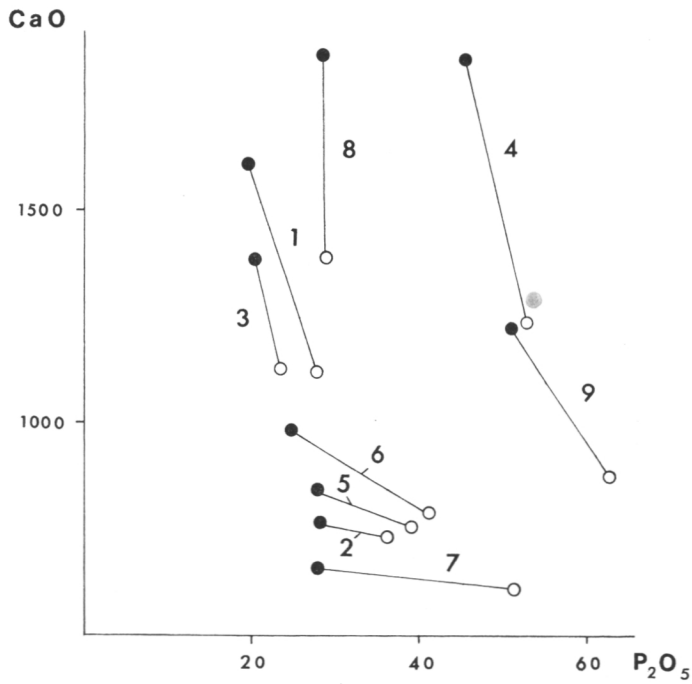


Fig. 4. The content of exchangeable calcium and readily soluble phosphorus in white-rot humus (circles) formed by different fungi in nature compared with surrounding humus (●). 1: *Clavaria abietina*, 2: *Clitocybe clavipes*, 3: *C. nebularis*, 4: *C. odora*, 5: *Collybia butyracea*, 6: *C. b.* var. *asema*, 7: *Cudonia confusa*, 8: *Lepista nuda*, 9: *Collybia peronata*. On the average, white-rot fungi increased the content of easily soluble phophorus, and decreased the content of exchangeable calcium.

phorus decreases slightly upon drying. Because of the small amounts of white-rot humus in each sample, no study was made of the possible effects of the different methods of storage. It seems probable that the frozen samples offered more natural results, as in the early winter the topmost humus layer is often exposed to cold several degrees below the freezing point, and during storage the moisture content was evidently at a natural level. On the other hand, drying at room temperature probably causes an abnormal concentration of the solutions occurring in the cells of the litter, thus perhaps changing the solubility.

Viro (1962) and Chastukhin (1962) have pointed out that the organic acids occurring in litter may possibly retain a part of its nutrients. The low content of Ca in fresh white-rot humus samples is in this respect interesting and for this reason an orientative survey on the organic acids of white-rot humus was carried out.

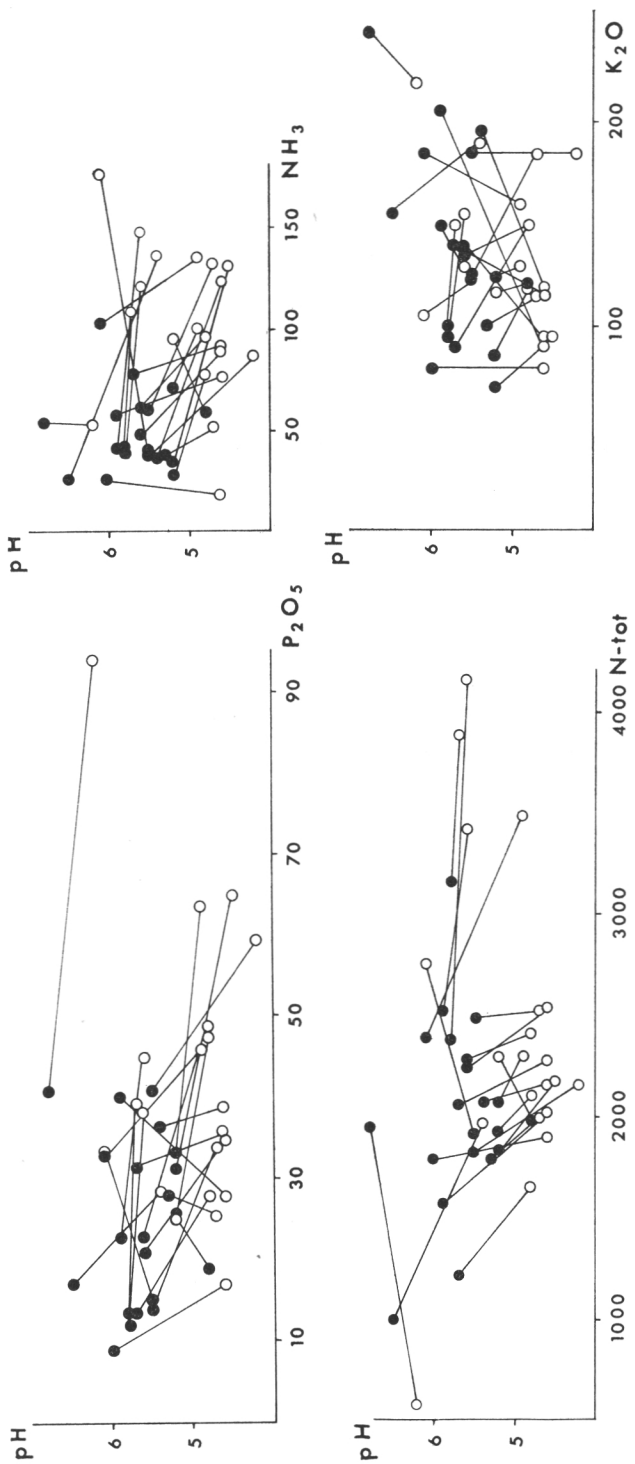


Fig. 5. The content of NH_3, total N, CaO, P_2O_5, and K_2O of white-rot humus formed by *Collybia butyracea* var. *asema*, in relation to pH. o = white-rot humus, ● = surrounding humus. Lines connect samples taken from the same spot.

Table 6. Determinations of pH, exchangeable calcium and potassium, readily soluble phosphorus, total nitrogen and exchangeable ammonium from humus samples stored frozen. wrh = white-rot humus and sh = ordinary surrounding humus. Values in mg/100 g oven-dry weight.

Fungus species	Number of sample pairs		pH	CaO	K_2O	P_2O_5	N_{tot} %	NH_4-exch.
Agaricus silvicola ...	1	wrh	5.9	855	40	14.0	1.75	68
		sh	6.4	1 515	95	20.5	1.60	6
Clavaria abietina	4	wrh	5.5	1 115.0	108.8	27.8	1.33	32.8
		sh	6.0	1 603.8	87.3	19.8	1.11	24.0
		t		5.55*	1.60	3.02	3.04	0.74
Clitocybe clavipes	6	wrh	4.3	735.8	116.7	36.2	1.90	48.0
		sh	5.2	761.7	102.5	28.3	1.42	55.2
		t		0.12	2.51	1.72	1.08	1.27
C. nebularis	9	wrh	5.7	1 120.0	182.2	23.5	1.81	86.9
		sh	6.6	1 393.9	135.6	20.4	1.76	40.7
		t		1.99	2.17	0.65	0.34	2.62*
C. odora	3	wrh	6.3	1 236.7	210.0	52.7	2.06	109.3
		sh	7.3	1 861.7	216.7	45.2	1.99	46.3
Clitocybe sp.	7	wrh	5.4	1 006.4	80.0	29.9	1.46	84.1
		sh	5.8	1 447.8	137.9	27.9	1.33	75.1
		t						
Collybia butyracea ...	13	wrh	4.5	754.5	109.1	39.1	2.09	81.0
		sh	5.0	840.0	95.9	27.1	1.85	50.0
		t		0.20	2.30*	4.03**	3.24**	3.10**
C. buturacea var. *asema*	21	wrh	5.0	787.9	135.9	41.7	2.42	102.2
		sh	5.7	996.4	135.7	24.8	2.02	48.8
		t		3.63**	0.02	5.54**	0.28	5.95**
Cudonia confusa	5	wrh	4.2	605.0	80.0	51.7	1.82	60.0
		sh	5.2	655.0	120.0	28.0	1.47	44.0
		t		0.24	1.27	9.10**	2.62	3.04*
Lepista nuda	3	wrh	5.7	1 390.0	211.7	29.0	1.64	106.0
		sh	7.0	1 866.7	153.3	28.5	1.70	46.7
Lepista sp.	1	wrh	5.4	1 355	340	68.5	2.19	99
		sh	6.4	995	150	16.5	1.33	32
Marasmius urens	2	wrh	5.6	877.5	222.5	65.3	2.22	123.0
		sh	6.7	1 227.5	240.0	51.0	2.07	86.0
Mycena pura	1	wrh	5.6	1 100	125	83.5	2.33	151
		sh	6.5	1 280	150	42.0	2.04	73
Total	76	wrh	5.30	911.6	136.7	38.2	2.001	85.22
		sh	6.07	1 155.9	126.8	26.9	1.738	49.65
		t	11.77***	7.08***	1.09	6.61***	5.08***	7.52***

Oxalic acid in white-rot humus

Investigations by Falck (1930) and Viro (1962) have indicated that oxalate is present in the soil in considerable amounts and that the soil fungi are capable of transforming cellulose into oxalate, a property which seems to be wide-spread among saprophytic fungi (Cochrane 1958) and also occurs in white-rot fungi (Tsao 1963). The organic acids in white-rot humus and in ordinary humus were investigated in connection with the higher acidity in white-rot humus.

Methods: Paper chromatographic analyses were carried out by the method of Nykvist (1963). Traces of mainly other acids, citric acid, were occasionally found. As oxalic acid was not included in the analyses, the content of oxalate in both types of litter was determined by the method of Baker (1952). Results in Table 7.

The oxalate content was highest in the white-rot humus of oak forests.

In general, white-rot contains large amounts of oxalic acid and oxalate compared with the surrounding humus, but the considerable variation in the results probably depends on the nature of the litter. Oxalic acid is probably present as oxalate, to judge from the numerous crystals of calcium oxalate present in plant residues decomposed by white-rot fungi. In the central nerves of the leaf litter the crystals are especially abundant, as pointed out by Chastukhin (1962) and Saitô (1966).

Identification of oxalate crystals in litter and humus was made in the following ways: 1) litter was bleached with sodium hypochlorite solution, and studied microscopically. The solubility of the crystals in hydrochloric acid and acetic acid was noted, and whether the addition of sulfuric acid produced long crystals of calcium sulfate. 2) The crystals were isolated from the ground litter by extracting with bromoform-abs. alcohol solution (sp. gr. 1.9 and 2.3), the latter for separating them from quartz, and studied by X-ray diffraction. The X-ray analyses were carried out at the Department of Geology and Mineralogy, University of Helsinki, by Mr. O. Näykki. So far, only one sample has been determined by this method, and the crystals, isolated from the leaves of *Vaccinium myrtillus*, proved to be calcium oxalate monohydrate.

The origin of the oxalate is not yet definitely determined. In living leaves and in newly fallen litter, there are abundant calcium oxalate crystals, especially in certain plant species (*Betula*, *Alnus incana*, *Populus tremula*). On the other hand, crystals are evidently lacking from conifer needles and moss leaves.

As it seems that calcium oxalate and oxalic acid form an important constituent of litter and humus, the decomposition of oxalate, liberation of oxalic acid, and formation of new oxalic acid in humus seem to be of

Table 7. Determinations of oxalate in litter, humus and aseptic cultures of white-rot fungi. Values in mg/10 g dry matter.

Samples	white-rot	sur-rounding humus
Forest humus	206.7	11.8
Bromarv, Akkalahti, *Quercus* stand	205.6	30.4
» Framnäs, *Quercus—Corylus* stand	176.9	37.8
» »	70.8	9.0
Tammisaari, Ramsholmen, *Alnus glutinosa — Fraxinus excelsior* stand	59.6	42.2
Rovaniemi, Kaihuanvaara, *Picea excelsa* stand	59.2	10.8
» »	25.7	7.7
» »	17.0	10.3
Ruotsinkylä, drained spruce swamp	29.9	13.4
» »	21.8	8.8
» Fira, MT alder stand	82.6	49.1
» planted oak stand, leaf litter	57.3	17.3
» MT mixed forest	73.5	15.6
» »	46.1	5.6
» *Abies balsamea* stand	74.4	18.2
» .....»	42.4	21.4
» birch litter, MT	26.3	12.1
» alder stand, OMT	57.8	19.2
» OMT mixed forest	38.9	21.3
» birch leaf litter, MT	42.0	23.2
» spruce stand, MT	28.6	7.0
Undecomposed litter		
Populus tremula, newly fallen and dried litter		88.0
Betula (verrucosa) »		75.9
Pinus silvestris, dried brown needles, collected directly from trees		30.8
Alnus incana, newly fallen, dried litter		39.8
A. glutinosa »		63.7
Ulmus scabra »		71.8
Vaccinium myrtillus, green-brown leaves attached to twigs		177.8
Pleurozium Schreberi, green moss		22.0
Aseptic laboratory cultures of fungi on litter. Duration of the experiment 3 months. Values are based on final oven-dry (105°) weight.		
Birch litter, decomposed by *Marasmius androsaceus*		278.2
Collybia butyracea		190.1
C. asema		189.7
Fomitopsis pinicola		234.3
Aspen litter, decomposed by *Collybia asema*		259.2
Marasmius scorodonius		516.1
M. perforans		316.8

interest from the point of view of soil development and the decomposition of litter. For example, calcium ions have the ability to flocculate humic acids, and thus oxalic acid may be of importance in soil formation by fixing calcium in insoluble form. However, before any conclusion can be drawn, a more comprehensive picture of the origin and occurrence of oxalic acid as well as its effects on fungal metabolism must be obtained. Preliminary

investigations indicate that oxalate crystals are decomposed in the soil, because in older litter the surface of the crystals is clearly weathered and corroded.

As calcium carbonate may trap oxalic acid as oxalate, the content of oxalic acid in the organic matter was investigated on 8 plots fertilized 2 years earlier with $CaCO_3$ (5 000 kg/ha), but no statistically significant differences were found.

Laboratory experiments in connection with the present investigation on the effects of oxalic acid on the growth of white-rot fungi have so far indicated that most of the species are unable to utilize oxalate or oxalic acid for carbon nutrition, and on the other hand, that calcium oxalate in saturated solution has hardly any effect on the growth of the fungi.

Carbon-nitrogen ratio in white-rot humus

When plant residues are decomposed in soil, the carbon-nitrogen ratio, which in undecomposed litter may exceed 100, tends to approach values of 8—12. The ratio may influence the growth of soil fungi (e.g. K a u f m a n & W i l l i a m s 1963). In the present study, this ratio was determined from 28 paired samples taken from white-rot humus and the surrounding, ordinary humus. The results are shown in Fig. 6. The carbon determinations were carried out by S h a w' s (1959) wet combustion method. Because the degree of humification of the white-rot humus samples varied from very slight decomposition to advanced decay, the scatter of the values is wide. In almost every case, however, the ratio was lower in the white-rot humus than

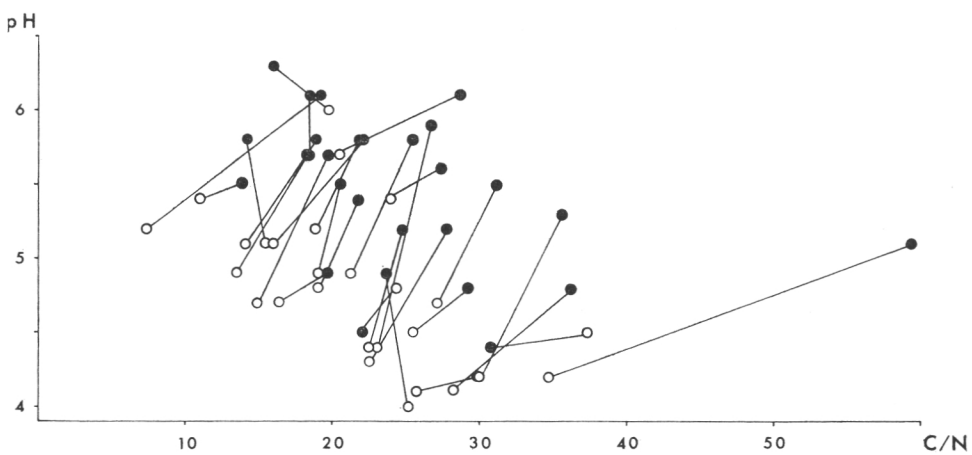


Fig. 6. Carbon/nitrogen ratio in white-rot humus samples (circles) and in immediately surrounding ordinary humus (dots).

in the surrounding humus. It seems, from these results, that decomposition is more advanced in white-rot than in ordinary humus, although the pH is lower in the former.

As white-rot humus seems to be somewhat water-repellent, ordinary humus may be more intensively leached than white-rot humus, and the differences in the nutrient economy of these humus forms may be attributable to this circumstance. Its influence on the C/N ratio was not studied, but a few analyses of the total nitrogen of leached leaves were made, according to which the nitrogen content is lower in leaves leached in cold and hot water than in non-extracted leaves. However, the effect of leaching (see H ö h n e 1963) seems not to be great enough to be responsible for the difference in the nitrogen contents found between white-rot and ordinary humus.

Nitrogen in white-rot humus

Nitrogen, the availability of which in forest soils is largely biologically regulated, plays a central role in the nutrition of forest plants. The main obstacle to the study of its availability is its tendency to change into new compounds in the course of storage.

The content of exchangeable NH_4^+ was determined as follows: a sample was first extracted with 1.0 N KCl and the filtrate distilled with MgO, after which NH_4 was determined colorimetrically from the distillate, using Nessler's reagent. In the determinations of total nitrogen, the conventional macro-Kjeldahl apparatus was used and the nitrate was determined in connection with ammonium determination by addition of Dewarda's alloy.

In the summer of 1963, the contents of NH_3, NO_3, and total Kjeldahl nitrogen were determined from a number of dried samples. The samples were dried at 25°—30°C with the aid of an electric fan heater. The determinations were carried out at the laboratory of the Forest Soils Department, Finnish Forest Research Institute. The results (Table 8 and Fig. 7) indicate that the white-rot humus usually contained 2—3 times as much soluble nitrogen as the surrounding humus; in some cases, the amounts of ammonium and nitrates were as much as 10—15 times as high in the former as in the latter (Fig. 8). The content of total nitrogen was likewise higher in white-rot humus. When the values for nitrogen were plotted against the pH of the samples (Fig. 7), the interesting result was obtained that white-rot humus, in spite of its acidity, contains, to a statistically significant degree, more soluble nitrogen than the ordinary, surrounding humus. Evidently in this case the higher pH here does not, as such, indicate a better nitrogen economy. Comparison of samples from different forest sites shows (Table 8)

Table 8. Content of available NH_3 and NO_3 as well as total nitrogen content (mg/100 g oven-dry weight) of dried white-rot humus (wrh) samples compared with surrounding darker-colored humus (sh)

	Humus type	NH_3	NO_3	Total N
Dry pine forests, *Vaccininm* type				
Clitocybe clavipes white-rot humus Ruotsinkylä, Mätäkivi	wrh	22.2	12.2	1 509
	sh	10.4	8.0	1 154
Helsingin mlk., Hakkila, young pine stand	wrh	143.1	68.2	1 168
	sh	20.6	7.6	1 092
Tuusulan Mätäkivi, old pine stand	wrh	37.1	17.9	1 631
	sh	20.8	15.3	1 486
Mean	wrh	67.4	32.8	1 436
	sh	17.3	10.3	1 244
Moist moss forests, *Myrtillus* type				
Collybia dryophila, Tuusula, Ruotsinkylä	wrh	78.6	9.6	1 993
	sh	30.7	8.3	1 801
Marasmius urens, Espoo, Tapiola	wrh	129.8	20.7	1 779
	sh	46.7	17.2	1 562
Helsingin mlk., Korso, spruce forest	wrh	64.8	20.3	2 022
	sh	27.2	10.8	1 863
Tuusulan Mätäkivi, spruce stand	wrh	61.6	20.3	1 963
	sh	31.9	12.1	1 830
Tuusulan Isokorpi, drained swampy spruce forest	wrh	51.1	22.8	1 787
	sh	35.1	13.8	1 893
Tuusulan Turkkilansuo, moist spruce forest,	wrh	180.5	72.9	2 847
	sh	31.3	7.7	2 442
Same as preceding	wrh	147.2	45.3	2 584
	sh	37.4	8.8	2 434
Mean	wrh	101.9	30.3	2 139
	sh	34.3	11.2	1 975
Grass-herb forests				
Bromarv, Solböle, Akkalahti, oak forest. 4 sample pairs	wrh	313.9	113.6	3 256
	sh	70.7	19.2	2 286
Bromarv, Framnäs, oak forest with *Corylus* undergrowth, 9 sample pairs	wrh	194.8	47.0	2 419
	sh	83.1	17.7	2 271
Tammisaari, Ramsholm, moist deciduous forest	wrh	132.4	22.1	2 002
	sh	44.8	35.1	2 064
Ruotsinkylä, young oak stand, planted	wrh	257.0	86.8	2 419
	sh	145.6	37.1	2 108
Korso, mixed forest (OMT)	wrh	180.3	38.4	2 230
	sh	35.0	3.5	1 929
Ruotsinkylä, drained spruce swamp	wrh	117.1	12.4	1 945
	sh	133.4	2.9	2 124
Helsinki, Mustavuori, rich grass-herb forest	wrh	272.5	25.1	3 578
	sh	49.1	16.3	2 712
Korso, mixed forest (OMT)	wrh	58.4	14.8	1 869
	sh	31.5	8.8	1 885
Mean	wrh	190.8	45.0	2 465
	sh	74.2	17.6	2 170

Table 8 (continued). Nitrogen in samples from coniferous forests of northern Finland. HMT=thick moss type, DrMT=woodfern-blueberry type.

Samples		NH_3	NO_3	Total N
Pyhätunturi, HMT, spruce stand	wrh	47.3	27.4	1 367
	sh	21.1	12.8	813
Pyhätunturi, DrMT, spruce stand	wrh	225.5	137.3	2 059
	sh	47.0	17.7	1 588
Rovaniemi, HMT, spruce stand	wrh	155.0	67.5	1 988
	sh	61.5	9.3	1 639
Pyhätunturi, HMT, spruce stand	wrh	33.8	14.5	1 562
	sh	24.3	8.3	1 322
Pyhätunturi, DrMT, spruce stand	wrh	40.0	17.9	1 816
	sh	39.1	18.2	1 760
Pyhätunturi, HMT, spruce stand	wrh	41.2	15.1	1 254
	sh	30.6	16.0	1 579
Mean: white-rot humus		90.5	46.6	1 674
surrounding humus		37.3	13.7	1 450
Total of Table 8	wrh	124.4	39.6	2 044
	sh	46.2	13.9	1 818

that patches of white-rot humus in dry coniferous forests are sometimes comparable to the ordinary humus of the best grass-herb forests in this respect.

Analyses of frozen (—20°C) samples showed a similar relation between the forms of nitrogen (Fig. 5 and Table 6). Every species, except *Clitocybe clavipes*, increased the amounts of exchangeable ammonium to a considerable degree, some even very clearly, and the difference between these two humus types was statistically significant for most species.

The values for total nitrogen were likewise significantly higher in white-rot humus than in the normal type, except in that formed by *Lepista nuda* and *Clitocybe* species. S a i t ô (1956) has also found a higher content of total nitrogen in leaves colonized by white-rot fungi than in darker litter. The higher nitrogen content probably indicates to some extent the higher rate of carbon dioxide output in white-rot humus (see p. 00). The negative correlation between the pH and the exchangeable ammonium, too, becomes visible also in Fig. 8, where the ammonium contents of individual humus samples formed by *Collybia butyracea* var. *asema* are plotted against pH. The differences in NH_4 content between the paired samples were not so great among these frozen samples as in the dried samples. Table 9 shows the amounts of exchangeable ammonium and calcium in relation to pH in 18 pairs of samples collected in northern Finland, Rovaniemi commune,

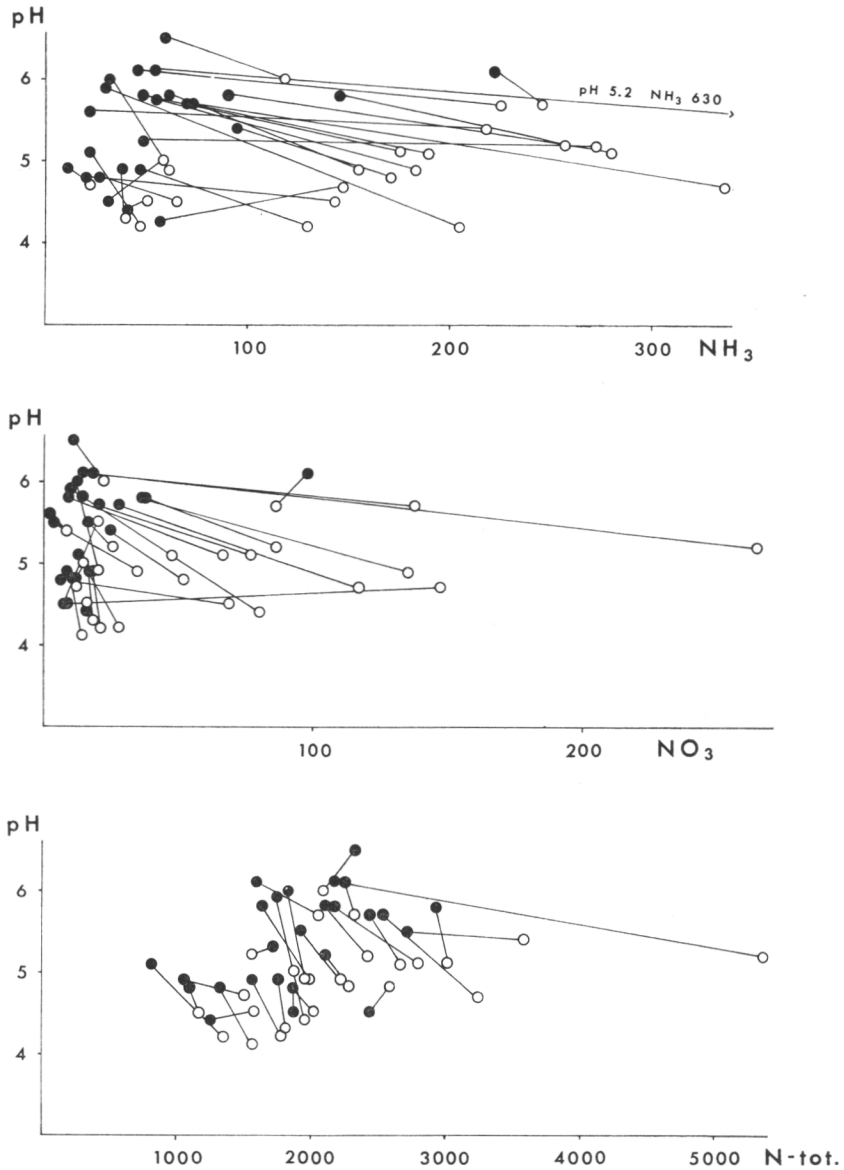


Fig. 7. Content of NH_3, NO_3, and total N of white-rot humus (o) and surrounding ordinary humus (●) in relation to pH. Determinations were made from dried samples.

Kivalo experimental forest, in overaged spruce stands of HTM-type with scarcely any human influence. The samples were stored at —20°C until analyzed. In general, they are in agreement with the above results. The pH was 0.5—0.7 lower in white-rot humus but contained distinctly more ex-

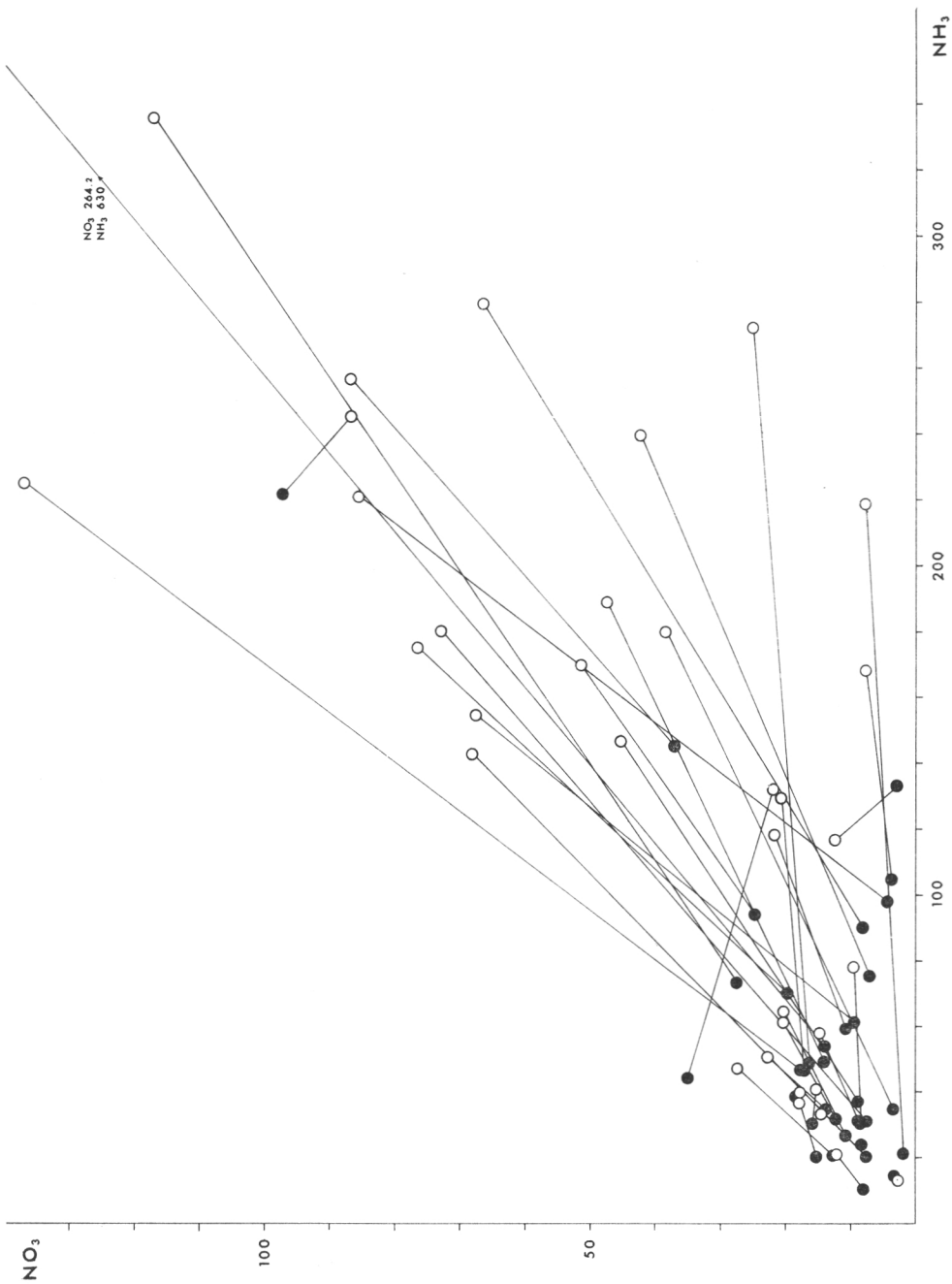


Fig. 8. Available nitrogen (NH_3 and NO_3) in white-rot humus samples compared with surrounding ordinary humus (●). Lines connect samples from the same spot.

Table 9. White-rot humus (wrh) samples compared with immediately surrounding humus (sh) collected in northern Finland (Rovaniemi commune, Kivalo experimental forest). Analyses made from dried samples.

Forest type	Number of sample pairs	Humus type	pH	Exchangeable NH_4 mg/100 g	Exchangeable Ca mg/100 g
Hylocomium—Myrtillus type	10	wrh	4.6	36.3	638
		sh	5.1	21.8	443
Geranium—Dryopteris type	8	wrh	5.2	71.7	1 800
		sh	5.9	19.4	1 590

changeable ammonium, in thick moss humus about 1.7, and in *Geranium — Dryopteris* type 3.7 times more than the surrounding humus. Even in these conditions white-rot fungi seem to be capable of liberating nitrogen from difficultly decomposable litter of spruce and especially of mosses (*Hylocomium, Pleurozium*). The content of calcium was lower in ordinary humus, however.

The nitrate determinations carried out on frozen samples were disturbed by organic matter in the filtrate which did not precipitate completely when conventional methods were used, and unnaturally high values for nitrates were obtained from white-rot humus samples. For this reason, some determinations were made using 1, 2, 4- xylenol, the organic substances being removed with lead acetate, which is more effective than $CuSO_4$.

The following method was employed: 2—4 g of humus, fresh or frozen immediately after collecting, was first extracted in 50 ml of a 6 % lead acetate solution kept in a boiling-water bath for 30 minutes. Then 50 ml of water was added and the solution filtered. 2.5 ml of the filtrate was pipetted into a 250-ml erlenmeyer flask along with about 100 mg of 1, 2, 4- xylenol and 22.5 ccm of 90 % sulfuric acid. The solution obtained was shaken and left to stand at room temperature for 20 minutes, after which 60 ccm of distilled water was added and the liquid cooled. The solution was transferred to a separating funnel and shaken together with 25 ml of ether. The ether fraction was shaken together with 20 ml of 5 % NaOH, and the absorption of the alkaline solution was determined. The results are shown in Table 10.

The average content of nitrate in white-rot humus was 2.46-fold that of ordinary humus.

The results are slightly higher than the values presented by H e s s e l m a n (1937), which may depend on the fact that the present material also includes samples from deciduous forests, whereas H e s s e l m a n' s material was collected from coniferous forests only. However, the range of variation is almost the same in the two cases.

Table 10. Nitrate content of white-rot humus samples (wrh) compared with immediately surrounding humus (sh). Samples stored frozen until analyzed. Organic matter especially in white-rot humus may have influenced the results in some cases.

Samples	Date	Humus type	NO_3 mg/100 g	
Clavaria abietina, MT, Ruotsinkylä	6. 10. 65	wrh	96.4	
		sh	44.9	
Clitocybe clavipes, dry coniferous forest, Rusutjärvi	18. 9. 63	wrh	112.2	
		sh	99.9	
Clitocybe nebularis, alder forest, Lohja	15. 10. 64	wrh	350.8	
		sh	164.3	
Clitocybe nebularis, OMT mixed forest, Lohja	15. 10. 64	wrh	360.5	118.0
		sh	32.4	42.5
Clitocybe odora, OMT mixed forest, Lapinjärvi	5. 10. 65	wrh	60.1	
		sh	34.4	
Collybia butyracea, drained spruce swamp, Ruotsinkylä	1. 10. 64	wrh	119.5	
		sh	66.8	
Collybia butyracea var *asema*, MT drained swamp, Ruotsinkylä	8. 10. 65	wrh	143.3	
		sh	60.6	
Collybia butyracea var *asema*, OMT mixed forest, Rusutjärvi	3. 10. 65	wrh	75.7	
		sh	36.2	
Collybia butyracea var *asema*, OMT—MT, Ruotsinkylä	8. 10. 65	wrh	235.0	88.0
		sh	39.8	74.7
Collybia butyracea var *asema*, OMT mixed forest, Ruotsinkylä	6. 10. 65	wrh	92.6	
		sh	66.6	
Collybia butyracea var *asema*, OMT alder stand, Joroinen (2 samples)	4. 10. 64	wrh	135.5	129.9
		sh	189.6	64.0
Collybia dryophila, Ruotsinkylä	19. 7. 65	wrh	109.9	
		sh	81.5	
Collybia peronata, alder stand, Tammisaari	18. 8. 63	wrh	147.3	
		sh	18.7	
Collybia putilla, Ruotsinkylä, *Pseudotsuga* needle carpet	3. 10. 65	wrh	72.2	
		sh	48.5	
Mycena pura, OMT, Ruotsinkylä	19. 7. 65	wrh	54.2	146.9
(2 samples)	21. 7. 65	sh	55.3	63.4
Lepista nuda, OMT spruce forest, Lohja	15. 10. 64	wrh	75.8	
		sh	30.1	
White-rot humus, Rovaniemi, Kaihuanvaara, GDT	24. 7. 66	wrh	86.4	
		sh	62.3	
White-rot humus, Rovaniemi, Kivalo, spruce-birch stand	25. 7. 66	wrh	159.7	
		sh	65.4	

The availability of nitrogen in forest soils is often assumed to be correlated with the amounts of soluble nitrogen liberated during incubation, in which the uptake of nitrogen by higher plants is excluded, and a large number of experiments have been carried out by this method (e.g., Harmsen & Schreven 1955, Zöttl 1960).

Method: about 10 g of white-rot humus and an equal quantity of ordinary humus taken from near the white-rot humus were placed in 300-ml erlenmayer flasks. The samples were incubated at 25°C for three months. Control samples were kept in a frozen state and analyzed at the same time as the incubated samples. The moisture content was constantly kept at 100 % of the water-holding capacity by adding distilled water so that there was always a few

Table 11. Changes in pH and exchangeable NH_4 during incubation a = initial, b = after incubation

		White-rot humus				Ordinary humus			
		pH		mg NH_4/100 g		pH		mg NH_4/100 g	
		a	b	a	b	a	b	a	b
Collybia butyracea	OMT	4.5	5.8	45.4	1 092.4	4.5	5.2	34.4	166.4
	MT	3.6	5.3	116.6	530.8	4.2	5.1	44.8	219.9
C. butyracea v. asema	MT	3.9	6.1	71.4	503.9	5.2	4.1	47.0	76.3
	OMT	4.5	5.8	71.4	114.2	6.4	6.3	75.0	22.6
	OMT	4.3	8.0	323.1	37.8	6.2	4.2	47.5	19.1
	MT	4.0	5.7	70.8	302.6	4.5	5.1	35.1	241.1
	MT	4.6	7.3	33.9	226.0	5.8	6.5	96.3	23.8
	lh	5.6	4.6	403.8	370.5	5.7	4.1	123.2	150.0
C. confluens	MT	4.5	6.8	146.9	544.1	5.1	5.9	43.7	73.3
	OMT	4.8	6.3	133.1	357.1	5.2	5.6	70.1	10.3
	OMT	4.3	7.0	191.8	543.1	5.4	6.6	62.9	9.2
	OMT	5.3	6.8	288.6	167.7	6.5	6.2	131.7	17.6
C. clavipes	OMT	4.1	4.5	8.7	149.0	5.7	5.8	13.0	9.5
	OMT	4.4	5.9	184.1	542.2	6.2	6.6	6.3	7.9
C. nebularis	lh	5.2	7.2	141.6	253.0	5.9	7.2	125.7	34.4
C. odora	OMT	5.3	6.3	367.2	274.5	6.2	5.4	121.9	15.6
	OMT	4.8	6.3	138.9	501.7	5.2	5.6	40.6	220.3
Clavaria abietina	OMT	4.6	6.4	203.9	542.1	5.5	4.2	70.0	54.7
	OMtk	5.3	5.5	462.5	329.1	5.3	4.2	88.8	120.1
	MT	4.5	6.1	142.8	293.1	4.9	4.4	63.7	97.2
C. ligula	MT	4.3	5.1	53.9	169.5	4.7	4.5	22.7	40.6
Spathularia flavida	OMT	4.2	6.5	119.6	228.5	6.7	6.0	70.1	15.2
Mean		4.573	6.150	169.09	366.95	5.50	5.40	65.20	74.78
Difference		+1.34				—0.10			
Change				2.17 ×				1.15 ×	

ml of free water at the bottom. Aeration at that moisture content was regarded as adequate, because of the loose texture of the samples. The amount of exchangeable NH_4 as well as the pH are presented in Table 11. The samples were collected in September and October, at which time, according to P o p o v i c (1967), higher values are obtained than in samples collected at other seasons of the year. This periodicity was not confirmed by Z ö t t l (1960), but in view of the evidently greater activity of soil fungi in the fall the question needs to be investigated in more detail.

The two humus types studied gave different results. The increase of NH_4 in white-rot humus was 2.17-fold and in the surrounding humus 1.15-fold, although the scatter was considerable.

Marked differences could also be observed in the changes in pH. In white-rot humus the pH rose by an average of 1.34 pH degrees, sometimes even exceeding pH 7, in contrast to ordinary humus, the pH of which remained almost unchanged during the incubation period.

In another experiment, 20 paired samples of white-rot humus formed in nature by *Collybia dryophila* and another 20 formed by *Mycena pura* were incubated at room temperature, the moisture content being kept constant at the level at the moment of sampling by weekly weighing and addition of distilled water. The average change in the alkaline direction was 1.50 pH degrees higher in white-rot humus than in ordinary humus. As the initial pH was lower in white-rot humus, the final pH turned out to be almost the same in the two humus types.

As in some cases the white-rot humus showed an alkaline reaction after incubation, an attempt was made to find out whether nitrogen is lost in the form of gaseous ammonium.

In the field an attempt was made to estimate this loss by collecting NH_3 in open vials under iron funnels (the basal area of which measured 750 cm^2), but no marked production of NH_3 from white-rot humus could be observed. When humus samples were kept in glass vials in which a small vial with 0.01 N sulfuric acid was placed, however, ammonia began to develop vigorously in some white-rot samples after one month as determined by Nessler's reagent. The highest rate observed was 3.50 mg NH_3 produced in 24 hours at room temperature from 100 g dry weight of humus. The sample was collected under a basidiocarp of *Collybia butyracea* var. *asema*, while samples of white-rot from *Clitocybe* and *Cystoderma* species produced scarcely any ammonium. Only insignificant amounts were liberated from ordinary humus, and in some cases not even traces of ammonia could be detected. On the average, the production of ammonium was about 19 times as high in white-rot humus as in ordinary humus. Evidently intensive nitrogen mobilization takes place in white-rot humus on incubation. The ammonium is probably liberated from the mycelia of basidiomycetes, which contain

considerable amounts of nitrogen. In nature the acidity of white-rot humus evidently prevents the escape of ammonia into the air; morever, we might conclude on the basis of the changes in pH during the period of incubation that the liberation of NH_3 taking place in our experiment depends on transformations which are unlikely to take place in nature. In any case, white-rot humus patches in forest soils cause such great differences in the forms of nitrogen even between samples taken at distances of 20—50 cm that in studying forest humus this type of humus must be taken into account as a prominent factor causing heterogeneity in the results.

CO_2 production and O_2 uptake in white-rot humus

The microbiological activity of white-rot humus was determined in the present study with a Warburg respirometer (see Umbreit et al. 1959). In comparison with other methods, the chief advantage of this apparatus is that determination can be carried out very rapidly and that the influence of laboratory conditions and the change in the microbial flora in the course of time are probably less marked than in incubation experiments of longer duration. Chase (1958) and Lähde (1966) have reviewed earlier investigations made by this method.

Procedure: Warburg's direct method was used. 100—1 000 mg of litter and humus were placed in a Warburg flask and moistened with 2 ml distilled water. 0.2 ml of 10 % KOH was pipetted into the central well. The running time employed was usually 2 h after an equilibration period of 30 min. As a rule, the samples consisted of pure humus and litter without any mineral particles admixed, a fact which was established by ignition. Unless otherwise stated, the temperature was 20°C. As a rule, the humus samples were collected less than 24 h before the experiment and stored in plastic bags. Each determination was made from two samples, one taken from the duff occupied by the fungus mycelia, and the other from the surrounding darker litter and duff. The two samples were taken from the same depth. Most of the samples were collected from Ruotsinkylä Experimental Forest, near Helsinki. The results are given in Table 12 and Fig. 9. Each number represents the average of 3 flasks. As there is a certain risk of combining data on different types of matter in humus investigations, a point which has been particularly emphasized by Romell (1944), the tables present only primary data.

The values for ordinary humus agree rather well with the results of Meyer (1960, 1962). White-rot humus has a respiration rate which is 2—3 fold that of normal humus. In some cases, the ratio between paired samples was as much as 12 : 1.

Table 12. Respiration activity and RQ of white-rot humus and immediately surrounding humus, as measured with a Warburg apparatus from fresh samples

a) White-rot humus connected with fruit-bodies of known fungi

Species	Forest type	Date	Humus type	µl/g org.matter/h			
				pH	O_2	CO_2	RQ
Agaricus silvicolus ..	MT	17. 9. 62	wrh	—	287	280	0.97
			sh	—	115	89	0.77
Clitocybe cerussata ..	OMT mixed forest	11. 9. 63	wrh	4.9	366	318	0.87
			sh	4.8	85	53	0.62
C. clavipes	VT pine stand	16. 9. 63	wrh	5.2	181	145	0.80
			sh	6.0	102	107	1.05
»	MT	7. 10. 62	wrh	—	245	264	1.08
			sh	—	45	48	1.07
C. diatreta	VT. 3 determinations	26. 9. 62	wrh	5.5	170	154	0.91
		19. 9. 63	sh	5.9	105	106	1.01
C. inversa	grass-herb forest (in soil $CaCO_3$)	17. 9. 63	wrh	6.4	139	124	0.89
			sh	7.6	101	34	0.34
C. nebularis	grass-herb forest	12. 10. 62	wrh	—	370	369	1.00
			sh	—	174	171	0.98
Collybia butyracea ..	MT. 2 determinations	28. 9. 62	wrh		162	206	1.27
			sh		104	99	0.95
C. confluens	OMT mixed forest	30. 8. 63	wrh		232	304	1.31
			sh		150	160	1.07
Collybia dryophila ..	VT pine stands	17. 7. 62	wrh	5.0	164	162	0.99
	4 determinations	20. 7. 63	sh	5.6	75	65	0.87
» ..	grass-herb forest	17. 7. 63	wrh	5.4	376	417	1.11
	oak and Corylus	22. 7. 63	sh	6.4	134	131	0.98
» ..	MT. 2 determinations	7. 7. 62	wrh	—	326	—	—
		10. 7. 62	sh	—	120	—	—
C. peronata	VT	5. 7. 62	wrh	3.8	330	—	—
			sh	3.9	145	—	—
»	grass-herb forest	15. 7. 62	wrh	—	295	326	1.10
			sh	—	132	133	1.01
»	alder swamp	12. 10. 62	wrh	—	56	41	0.73
			sh	—	99	105	1.06
C. putilla	VT. 2 determinations	14. 9. 62	wrh		236	226	0.96
		15. 9. 62	sh		97	73	0.75
Cudonia confusa ...	VT, MT. 2 determinations	6. 8. 62	wrh	5.6	239	244	1.02
		19. 9. 63	sh	6.3	130	132	1.02
Mycena pura	OMT, MT. 4 determinations	20. 7. 62	wrh		548	550	1.00
		20. 9. 62	sh		177	168	0.95
Oudemansiella platyhylla	spruce swamp mycelial humus	25. 7. 62	wrh	—	678	759	1.12
			sh	—	68	68	1.00

Table 12 (continued).

b) Respiration activity of white-rot humus samples with no fruit-bodies present.

Location	Biotope	Date	Humus type	µl/g org.matter/h			
				pH	O_2	CO_2	RQ
Bromarv Framnäs	grass-herb forest, oak, 6 determinations	15. 7. 63 18. 7. 63	wrh sh	5.2 6.4	331 196	311 179	0.94 0.91
»	» , oak + spruce 2 determinations	18. 6. 63 19. 6. 63	wrh sh	4.4 5.6	598 301	574 276	0.96 0.92
Ruotsinkylä experimental forest	MT needle litter	3. 7. 63	wrh sh	— —	163 102	160 88	0.98 0.86
»	leaf litter 2 determinations	9. 7. 63	wrh sh	4.8 6.2	437 324	395 279	0.90 0.86
	MT, moss humus	17. 6. 63	wrh sh	5.5 5.2	221 96	194 85	0.88 0.89
»	MT, 3 determinations	12. 7. 63	wrh sh	4.9 4.7	126 125	113 128	0.90 1.02
»	Drained spruce swamp	10. 7. 63	wrh sh	3.9 4.5	284 107	247 96	0.87 0.90
»	OMT mixed stand	12. 6. 63	wrh sh	5.0 6.2	271 121	272 102	1.00 0.84
	»	13. 6. 63	wrh sh	4.9 5.5	144 84	125 88	0.87 1.05
	OMT, *Abies balsamea*	25. 6. 63	wrh sh	4.1 5.7	543 294	480 269	0.88 0.91
Kemijärvi Pyhätunturi	EMT	23. 7. 63	wrh sh	4.1 4.6	391 130	368 129	0.94 0.99
	HMT, mixed forest	24. 7. 63	wrh sh	4.0 4.1	224 95	237 91	1.06 0.96
	HMT, spruce stand	25. 7. 63	wrh sh	4.4 5.2	204 121	232 128	1.14 1.06
	HMT, » (F- and H-layers)	25. 7. 63	wrh sh	5.0 4.6	120 15	110 17	0.92 1.13
	HMT, spruce stand	26. 7. 63	wrh sh	5.7 5.3	165 99	168 91	1.02 0.92
	HMT, »	26. 7. 63	wrh sh	4.4 4.6	212 71	210 75	0.99 1.06
	HMT, »	27. 7. 63	wrh sh	5.6 6.1	319 134	343 131	1.08 0.98

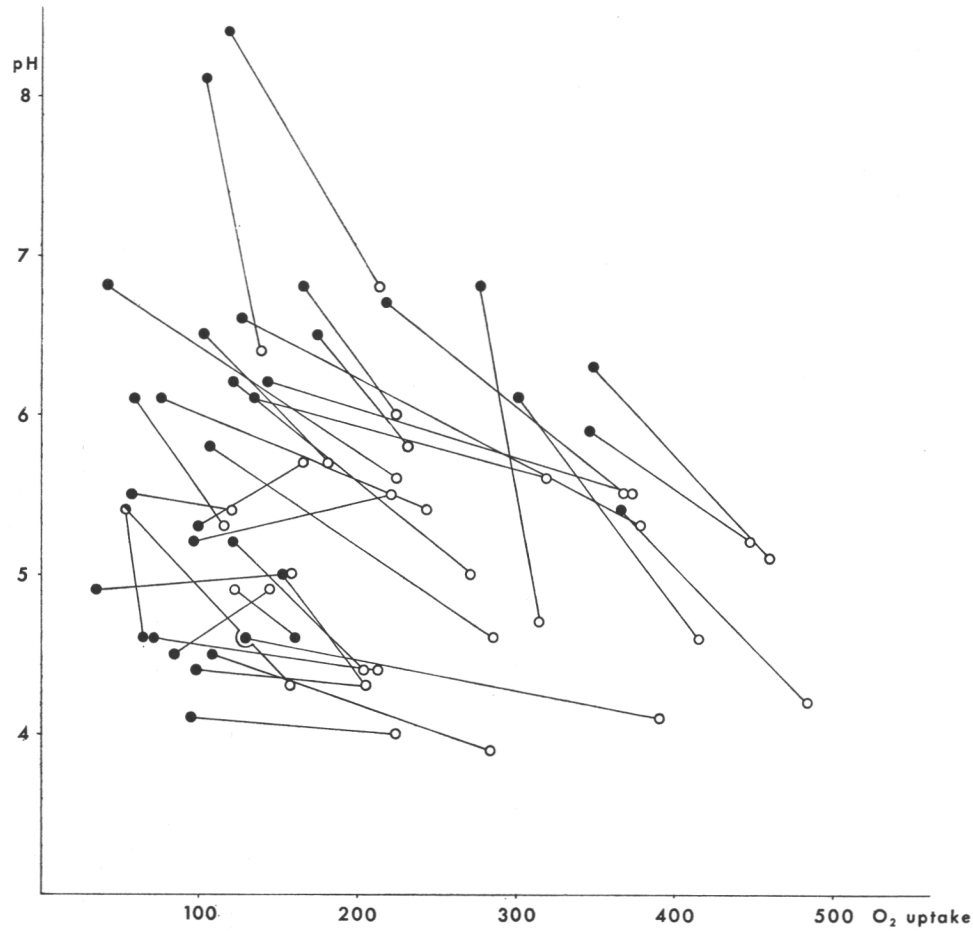


Fig. 9. pH and oxygen uptake of white-rot humus samples (o) compared with surrounding humus (●) as determined with a Warburg respirometer.

As the time between sampling and determination was usually only 1—3 hours, the active microbial population in the samples studied was probably the same as that occurring in nature. There are also other indications (H i n t i k k a 1964, S a i t ô 1966), suggested by the loss of dry matter from leaves decomposed by lignin-decomposing psychrophilic white-rot fungi, that disintegration of plant residues in white-rot humus represents a comparatively rapid type of decomposition in forest soils. S a i t ô (1956) has also found that the production of carbon dioxide is highest in humus layers with abundant white-rot fungus mycelia.

The respiratory quotient (Table 12) varied within rather broad limits, but in white-rot humus it was usually closer to 1 than in darker humus. As white-rot fungi decompose cellulose effectively, too (L i n d e b e r g 1946),

it is suggested that the higher RQ in white-rot indicates differences in the carbon compounds utilized. This assumption is also supported by the content of anthrone-positive substances in white-rot (p. 39) and the effect of glucose on respiring white-rot humus (p. 49). The difference is similar to that between the L and H layers of soils, in which, according to Burges (1963), the RQ of the L layer is around 1, and that of the H layer 0.6, the latter indicating respiration of a more carbonaceous substrate.

As Warburg determinations are carried out under somewhat unnatural conditions, for instance, with regard to temperature, direct field measurements were made on the carbon dioxide production in white-rot humus. Carbon dioxide was partly collected in galvanized iron funnels of the kind described by Lundegårdh (1923) and partly according to Haber's (1959) method. In both cases the amount of carbon dioxide absorbed was determined titrimetrically, using methyl orange and phenolphthalein as indicators. Each series of determinations included samples from a spot of white-rot humus and from the surrounding humus as well as from a blank with the funnel resting on plastic. Table 13 shows the results.

Earlier investigators (see Haber 1959) have almost unanimously stressed the highly variable nature of soil respiration and its dependence on

Table 13. Soil respiration on white-rot humus and on surrounding humus.

Species and location	Soil respiration in mg CO_2/h.m²	
	White-rot humus	Surrounding humus
Collybia butyracea var. *asema*, Joroinen, Keriniemi, 3. 10. 64, OMT alder forest, 9°C	58.5	23.2
» as preceding, 10°C, 4. 10. 64	17.5	13.8
» as preceding, 9°C, 4. 10. 64	37.2	28.0
Collybia butyracea, Ruotsinkylä, OMT mixed forest, 8°C	48.0	27.8
» as preceding, 9°C	30.8	8.7
» Tuusula, Katila, moist spruce forest, 8°C	42.6	26.1
White-rot humus, drained alder swamp, Ruotsinkylä, 30. 7. 64, 21°C	34.5	26.1
As preceding, 17. 7. 64, 24°C	76.2	57.2
As preceding, 27. 7. 64, 18°C	51.6	93.6
As preceding, 28. 7. 64, 20°C (humus rather dry)	25.8	16.0
Mycena pura, Tuusula, Katila, MT-mixed forest, 8.5°C	126.7	78.0
Clavaria abietina, as preceding, 8°C	78.4	64.9

a number of different environmental factors. In the present material the variation is also quite marked, but in general the values agree with those obtained by H a b e r (1959). In conformity with the Warburg determinations, white-rot humus almost without exception gave considerably higher values for respiration than the surrounding humus. Thus, in forest soils white-rot fungi cause the formation of patches where carbon dioxide is produced at a higher rate than in the humus surrounding them.

Table 14. Sugars (anthrone-positive substances) in white-rot humus expressed as per cent of oven-dry weight.

Samples (All samples except No. 8 from Ruotsinkylä experimental forest)	White-rot humus	Ordinary humus
1. *Clavaria abietina*, spruce stand, OMT 15. 9. 65	2.39	0.98
2. *C. abietina*, OMT 4. 10. 65	2.45	0.71
3. *C. abietina*, *Pseudotsuga* stand, OMT 15. 9. 65	1.70	0.83
4. *C. ligula*, MT 6. 10. 65	1.62	1.15
5. *Clitocybe brumalis*, OMT 8. 10. 65	2.45	1.22
6. *C. phyllophila*, OMT 3. 10. 65	2.41	1.09
7. *C. nebularis*, OMT 11. 10. 65	2.09	1.24
8. *C. nebularis*, oak stand, Bromarv, Framnäs 18. 10. 65	1.73	0.94
9. *C. odora*, OMT 8. 10. 65	1.62	0.93
10. *C. metachroa*, OMT 6. 10. 65	1.41	0.95
11. *Collybia asema*, OMT 3. 10. 65	2.11	1.25
12. *C. asema*, MT 4. 10. 65	1.82	0.74
13. *C. asema*, *Pseudotsuga* stand, OMT 12. 10. 65	1.57	1.17
14. *C. butyracea*, MT 8. 10. 65	2.18	0.72
15. *C. confluens*, OMT 6. 10. 65	2.28	0.76
16. *Cudonia confusa*, MT 3. 10. 65	1.58	0.63
17. *Cystoderma carcharias*, *Abies balsamea* stand 8. 10. 65	2.69	1.02
18. *Marasmius putillus*, *Pseudotsuga* stand, OMT 13. 10. 65	2.41	1.14
19. *Mycena pura*, OMT 3. 10. 65	2.03	0.98
20. *Spathularia flavida*, *Abies balsamea* stand 6. 10. 65	1.97	0.65
Mean	2.03	0.96

Accumulation of anthrone-positive substances in white-rot humus

Since the manometric determinations carried out indicated that there might be certain differences between the two humus types in question as regards their content of simple carbohydrates, these were determined according to the following method: Frozen humus samples were melted, homogenized in 100 ml of distilled water, and filtered. From the filtrate, the carbohydrates were determined by the anthrone method (S n e l l & S n e l l 1955) using glucose as standard. The reaction is not strictly specific for sugars, but serves as an easy way to ascertain the amounts of decomposable soluble carbohydrates.

The results (Table 14) indicate that white-rot humus contains about twice the amount of anthrone-positive substances present in ordinary humus. As carbohydrates form a suitable energy source for most organisms, the effects of white-rot fungi must be regarded as important for the microbial soil population. Interestingly, S a i t ô (1956) has found that yeasts, which to a certain extent may be regarded as indicators of sugars, are more abundant in litter colonized by lignin-decomposing fungi than in darker litter, which contains smaller amounts of reducing sugars. The sugar in question is according to S a i t ô (1965) probably glucose.

SOME EFFECTS OF WHITE-ROT FUNGI ON LITTER IN LABORATORY EXPERIMENTS

1. Changes in acidity. Production of acids in connection with pure culture experiments on fungi is a very common phenomenon (F o s t e r 1949). As has been pointed out by M i k o l a (1956), lignin-decomposing basidiomycetes generally increase the acidity when growing on sterilized litter, whereas cultures of fungi causing blackening of the litter tend to reduce the initial acidity. L i n d e b e r g's (1944) studies on *Marasmius* species and H i n t i k k a's (1961) on *Mycena* show a similar trend. The following experiment was performed in order to study this effect: 1 g of air-dry litter of *Populus tremula* and *Betula verrucosa* was placed in conical flasks and autoclaved at 120° C for 20 min., after which 15 ml distilled water was added, and the flasks inoculated. After 4 months the final pH was measured. It was found that with typical white-rot fungi, such as, for instance, *Collybia* and *Marasmius* species, the acidity increased. On the other hand, with some white-rot fungi, e.g., *Clitocybe* species, it decreased. Thus, the changes taking place were in general similar to those observed in nature.

These changes in acidity depend on the nature of the litter, too. Fig. 10 shows the changes in litter from 33 plant species, mostly trees, and quite

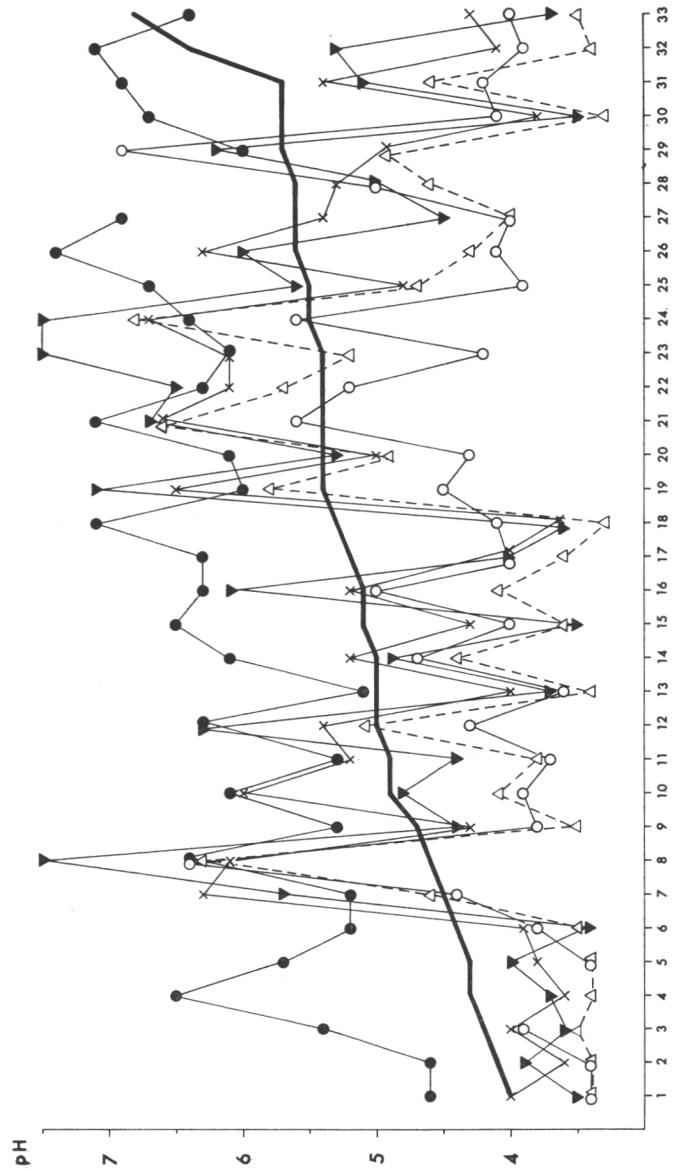


Fig. 10. Final pH of the litter after decomposition by: ●: *Collybia radicata*, x: *Collybia dryophila*, △: *Marasmius androsaceus*, o: *Collybia peronata* Solid line: Initial pH of different types of litter at the beginning of the experiment. 1: *Dicranum undulatum*, 2: *Pleurozium Schreberi*, 3: *Pinus silvestris*, 4: *Picea excelsa*, 5: *Pinus strobus*, 6: *Quercus* sp., 7: *Acer rubrum*, 8: *Alnus glutinosa*, 9: *Quercus rubra*, 10: *Quercus* sp., 11: *Larix sibirica*, 12: *Acer platanoides*, 13: *Acer saccharifera*, 14: *Betula papyrifera*, 15: *Quercus bicolor*, 16: *Quercus robur*, 17: *Fagus americana*, 18: *Liriodendron tulipifera*, 19: *Carya* sp., 20: *Sassafras albidum*, 21: *Carya ovata*, 22: *Dryopteris austriaca*, 23: *Corylus avellana*, 24: *Alnus incana*, 25: *Sorbus aucuparia*, 26: *Populus tremula*, 27: *Betula verrucosa*, 28: *Fraxinus excelsior*, 29: *Tilia cordata*, 30: *Fraxinus americana*, 31: *Tilia americana*, 32: *Populus deltoides*, 33: *Ulmus americana*.

marked differences can be observed between different types of litter as well as between different fungal species. Especially, all the 5 species of fungi which were studied changed the litter of *Alnus* in a more neutral direction from the original, the bulk of the other kinds of litter tending to become more acid, except for *Collybia radicata*, which changed the reaction of all types of litter in a more alkaline direction. This species is confined to the mull soil of deciduous forests, whereas the others occur in coniferous forests.

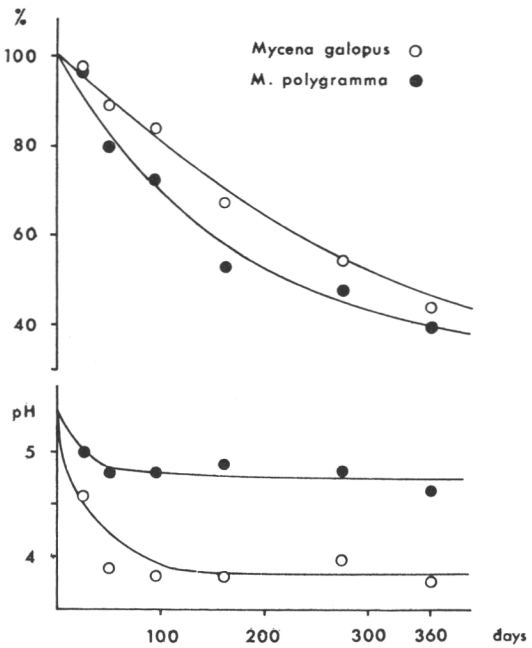


Fig. 11. Changes in pH and in the loss of dry matter in aspen leaves decomposed by *Mycena galopus* and *M. polygramma* for 360 days.

In axenic cultures, the acidity of the culture medium increases at first because of the production of organic acids; however, later on these acids are consumed by the fungus, and the pH rises. This seems not to be true for white-rot fungi. When two white-rot species, *Mycena galopus* and *M. polygramma*, were grown for one year on *Populus* leaves, no decrease in acidity was observed (Fig. 11). Thus the acidity seemed to be rather constant, although the decomposition process continued the whole time.

It should be noted that the ability of fungi to decolorize litter is considerably greater in laboratory cultures than in nature. For example, *Marasmius perforans* and *M. androsaceus* as well as certain *Mycena* species decolorize litter in the laboratory very effectively; however, in nature one cannot find any distinctly decolorized litter around their basidiocarps. Only exceptionally is decoloration visible, as in Fig. 12, in which the whitish patches visible in the needle carpet of *Abies balsamea* are evidently brought about by *Mycena galopus* and *M. epipterygia*. Probably the amount of mycelium belonging to these small species in humus is smaller than that of species which produce typical white-rot humus, and which, as a rule, have larger basidiocarps. In raw humus soils these small white-rot fungi, *Marasmius*



Fig. 12. Undisturbed needle carpet under *Abies balsamea*. Whitish needles indicate the extent of basidiocarps of *Mycena epipterygia* and *M. galopus*. *Marasmius androsaceus* forms occasionally similar pale spots on needle carpets too.

and *Mycena*, are very common, and their mycelia seem to occur particularly in the F-layer.

In coniferous forests, the moss layer effectively regulates the enviromental factors that influence litter decomposition. The mosses (*Pleurozium Schreberi*, *Hylocomium proliferum*, *Dicranum undulatum*) grow upwards a few centimeters annually, and their best period of growth seems to be in the fall (T a m m 1953). The litter remains exposed on the ground for a relatively short time and the branches of mosses soon engulf fallen needle litter, which begins to decompose in the moister atmosphere of the moss carpet. In an experiment a nylon net was placed on the moss carpet. In two years the mosses grew through the net, which was covered up by the fermentation layer. It seems that the relations between mosses, litter, and litter-decomposing organisms form an interesting system, in which the bulk of the nutrients in the litter may be taken up by mosses instead of trees.

2. Liberation of nitrogen from litter by white-rot fungi in aseptic cultures. The following white-rot fungi were grown on forest litter: *Marasmius androsaceus*, *Collybia dryophila*, *C. butyracea* var. *asema* and *Mycena galopus*, all very common species in Finnish forests. 2 g of oven-dry litter was used in 150 ml erlenmayer flasks and after sterilization 15 ml distilled water was added. The ammonia liberated at the end of the experiment was determined by extracting in KCl and distilled with addition of MgO, and the NH_3 determination was carried out colorimetrically with Nessler's reagent. From Table 15 it is seen that *Marasmius androsaceus* and *Collybia dryophila*

Table 15. NH_3 in ppm in a pure culture experiment with four species of white-rot fungi.

— = not determined

	Pleurozium Schreberi	*Sphagnum girgensohnii*	*Acer platanoides*	*Vaccinium myrtillus*	*Quercus robur*	*Corylus avellana*	*Populus tremula*	*Betula verrucosa*	*Ulmus scabra*	*Larix* sp.	*Alnus glutinosa*
Marasmius androsaceus ...	135	320	147	138	93	105	133	130	92	165	82
Collybia dryophila	90	107	70	65	80	72	122	103	45	177	55
Mycena galopus	40	30	—	50	55	71	105	90	40	105	45
Collybia asema	—	—	—	—	55	—	135	—	215	245	105
Uninoculated	77	175	65	60	42	48	67	60	102	90	233

were especially active in liberating ammonium from most types of litter. In *Alnus* litter, which is rich in nitrogen (V i r o 1955), the fungi decreased the amount of free ammonium.

The following experiment was designed to study the ability of these fungi to utilize and decompose the difficultly soluble proteins of the litter. 25 g litter was extracted in 5 l distilled water at +5°C for 6 days, the water being changed twice a day. The litter was then autoclaved 10 times in 2 l water, with rinsing with distilled water between treatments, and the extracts discarded. The extract was finally totally colorless, and the litter was regarded as free of water-soluble substances. The litter was dried, weighed into 100 ml erlenmayer flasks, and sterilized, and 10 ml of sterile distilled water was added and inoculated. Results in Table 16.

Initially, the growth of the mycelium on this substrate was very slow, but after a month in the case of white-rot fungi a distinct decoloration began to appear, and decomposition proceeded with production of yellow-brown »fulvic acids» into the culture medium, which initially was totally clear.

Table 16. NH_3 in extracted leaves of *Populus tremula* and *Betula verrucosa*. Values in ppm/initial dry weight.

	Populus tremula	*Betula verrucosa*
Uninoculated	0	0
Mycena galopus	122	41
Marasmius perforans	80	15
M. androsaceus	78	35
Collybia dryophila	67	31
C. butyracea var. *asema*	42	22
Trichoderma viride	6	0

After 190 days the ammonium was determined, as in the preceding experiment. From this substrate white-rot fungi were found to liberate ammonium (or substances reacting similarly when distilled with MgO), probably from insoluble proteins. *Trichoderma*, on the contrary, did not increase the amount of soluble nitrogen.

In competition with other fungi and bacteria, lignin-decomposing fungi seem to have the advantage on this extracted substrate. When unsterilized aspen leaves, both extracted and non-extracted, were inoculated with a mixed microbial population from OMT forest soil, and with pieces of aseptic litter colonized with *Mycena galopus*, this fungus was able to spread on the extracted litter, but not in the ordinary litter, which was colonized by molds.

Saitô (1965) has found that *Collybia* sp. (a white-rot fungus) liberates ammonium from litter in aseptic cultures. In raw humus layers mycorrhizal fungi may also be important (Lundeberg 1967)

These experiments indicate that in aseptic culture the white-rot fungi are capable of converting the insoluble nitrogen of the litter into soluble form. Thus the increase of exchangeable ammonium in white-rot humus in forest soils compared with ordinary humus can be attributed to the activity of these fungi. In the transformation, especially in the formation of nitrates, other organisms may participate, but in view of the effectiveness with which these fungi liberate nitrogen from extracted leaves, the author is inclined to attribute to them a fairly primary role in the mobilization of nitrogen in nature.

RELATIONS WITH OTHER PLANTS

1. Higher fungi. As it has been suggested that anthrone-positive substances (sugars) of white-rot humus serve as nutriment for mycorrhizal fungi, which only thrive in the presence of simple carbohydrates, combined cultures were made with several species of *Boletus* and white-rot fungi on litter. However, no growth of the boleti was observed. In nature, on the other hand, it was observed on several occasions that *Corticium bicolor*, which has a bright yellow mycelium and forms mycorrhizae with spruce (Mikola 1961), was very clearly confined to white-rot humus formed by *Clitocybe clavipes*, for instance. There are other recognizable mycelia of mycorrhizal fungi e.g. *Cortinarius semisanguineus* and *Hebeloma* sp. which also reach their greatest abundance in places in the F-layer where such white-rot fungi as *Marasmius androsaceus*, for example, cause slight decoloration of the litter.

2. Higher plants. As is well known, the sites where certain white-rot fungus mycelia grow are often visible in meadows and lawns as »fairy rings», which exert considerable influence upon the vegetation. According to

Ramsbottom (1926), advancing rings of *Tricholoma gambosum* may drive back stands of *Rubus* and *Ulex*. Romell (1939) has found that a fairy ring of *Clitocybe nebularis* in a spruce forest was covered with *Galeopsis bifida* and within the ring *Rubus idaeus* was dominant. In forest vegetation the changes are in general much less conspicuous and as a rule scarcely any difference in mosses, herbs or grasses can be seen in places where the basidiocarps of white-rot fungi appear, especially in coniferous forests.

As the results of analyses indicated very clearly that white-rot humus contains larger amounts of soluble nutrients than the surrounding humus, some pot experiments were carried out. Alder and spruce seedlings were planted in quartz sand, which was irrigated with humus suspensions prepared from both white-rot and ordinary humus, or birch seedlings in quartz sand mixed with 2—3 g humus and covered with a 2-cm deep layer of quartz sand. In these experiments white-rot humus promoted the growth of the seedlings to a considerable degree (Fig. 13), which indicates that, in spite of its acidity, plants are able to utilize the nutrients liberated. Comparison with undecomposed oak leaves showed a very clear difference.

As several basidiomycetes, e.g. *Marasmius oreades* and *Pholiota aurea*, produce HCN, which is toxic to higher plants, the HCN production in white-rot humus was studied by the method described by Ward, Lebeau, and

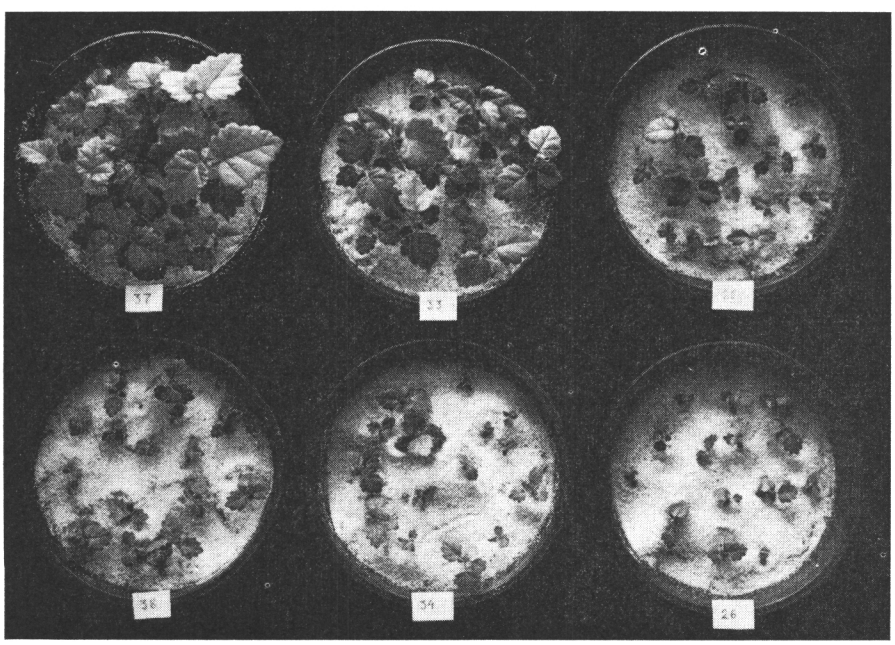


Fig. 13. Birch seedlings grown in quartz sand mixed with white-rot humus (upper row) and surrounding blackish humus (lower row).

Cormack (1961). Among twenty fresh white-rot humus samples only one showed a slight reddening of the picrate solution, indicating formation of gaseous HCN. In general HCN production seems to be quite limited.

3. Bacteria and molds. White-rot humus differs from ordinary humus in many respects, such as acidity, and it was thought that these factors might influence other organisms in white-rot humus. The animals living in white-rot humus formed by *Clitocybe infundibuliformis* have been studied by Kühnelt (1963 a). For the study of micro-organisms, the method presented by Paarlahti and Hanioja (1962) was used: The humus sample was ground in an »Atomix» homogenizer in 100 ml. of sterile water and ordinary dilution plates were prepared from the suspension. Only fresh samples were used, and the results were calculated on a dry weight basis. The incubation temperature was 20°C and the nutrient media used were Hagem agar and soil extract agar. As the work was carried out in the summer, basidiomycetes causing white-rot humus could not be determined. The results from 28 paired samples indicate that on an average white-rot humus contained more bacteria ($1\,482 \times 10^4$ and $1\,141 \times 10^4$) and fewer molds (66×10^4 and 322×10^4) than ordinary humus. In regard to bacteria, the difference was not statistically significant; for molds, on the other hand, the significance of the difference was about 0.05. Regarding the species composition of the molds no marked difference was found between the two types of humus. The results show, however, that white-rot humus is microbiologically different from ordinary humus. The smaller number of microfungi was also found by Saitô (1965) in litter decomposed by basidiomycetes.

The decrease in the number of microfungi may depend on the antibiotic activity of litter-decomposing basidiomycetes, as was emphasized by Chastukhin & Nikolaevskaya (1962) and Saitô (1965), although this seems to be higher in the laboratory than in nature.

In forest soils, the tolerance of the mycelia to desiccation may have considerable importance in the ecology of fungi, especially in dry coniferous forests, where white-rot fungi are rare. As the humus layer is often subject to severe drought, especially in summertime, the resistance to drying of some white-rot fungi was studied by the following method: 2 g of *Pleurozium* and *Populus* litter were put in 150-ml conical flasks closed with cotton-wool plugs, sterilized, and moistened with 10 ml of sterile water. Then they were inoculated and kept at room temperature. The loss of water was followed by weighing weekly and the viability of the fungi was determined by transferring two small samples of the mycelium to nutrient agar. When the samples did not grow on the agar, the mycelium was regarded as dead. The moisture content was expressed as percentages of the final oven-dry weight of the litter. The experiment was continued for 4 months. The results are presented in Table 17.

Table 17. Moisture content of litter, in which the fungus was found to be dead.

Fungus species	*Populus*	*Pleurozium*
Marasmius perforans	19.5	22.3
M. scorodonius	—	15.4
Mycena epipterygia	14.8	15.0
Collybia butyracea var. *asema*	15.2	14.4
C. dryophila	12.3	12.3
C. confluens	11.2	12.9
Clitocybe nebularis	—	11.0
C. odora	9.5	24.4
Stropharia depilata	57.0	—

The species most sensitive to drying seem to be *Stropharia depilata*, which died at a moisture content of 57 %, and *Marasmius perforans*, which died before the litter became air-dry. *Stropharia* is a lignicolous species, which is often found growing on fallen branches in moist sites, and *Marasmius perforans* is usually encountered in moist coniferous forests. In all other species the values represent air-dry litter.

The experiment shows that the mycelia of most species are able to withstand air-drying in the laboratory without losing their viability. The rate of growth of the mycelia isolated from desiccated litter in this experiment was the same as that of fresh mycelia; thus, no degeneration had occurred. As the time of drying was comparable with that in nature, we may conclude that, at least when of short duration, dry spells do not kill these fungi directly. Chastukhin (1962) has likewise found that litter-decomposing basidiomycetes are resistant to desiccation. However, the effect on them in nature of successive dry and moist periods under dynamic environmental conditions cannot be examined directly.

DETECTION OF WHITE-ROT FUNGI IN FOREST SOILS BY MANOMETRIC AND COLORIMETRIC METHODS

The criterion presented above, the color difference between the two types of humus, must be regarded as rather subjective in certain cases. For this reason an attempt was made to discover a way to distinguish white-rot humus from ordinary humus. At the same time it would provide a tool for estimating the activity of lignin-decomposing basidiomycetes in the soil. Both manometric and colorimetric methods were used.

Although the effects of various additives on respiring tissues are frequently tested in plant physiology, few experiments on their effects on the respiration of the total soil microbial population seem to have been made (Quastel 1965). Katznelson & Stevenson (1956) and Ste-

venson & Katznelson (1958) have followed the oxidation of several compounds, e.g. acetate and ethanol, in the soil and in relation to the inhibiting effect of dinitrophenol. Greenwood & Lees (1958) have studied the oxidation of various amino acids in the soil.

In the present studies the Warburg respirometer was used. Fresh humus, about 300—500 mg, collected on the same or the previous day, was placed in the main compartment, and 1 ml of additives were pipetted into the side-arm. The oxygen uptake was determined at 20°C or 25°C during 1½—2 h, after which the contents of the side-arm were poured into the main compartment and the oxygen uptake was followed for a further 2—3 hours.

Table 18 indicates the effect of the various additions, of which dinitrophenol, sodium propionate, sodium fluoride and iodoacetic acid inhibited the oxygen uptake of white-rot humus significantly more than that of ordinary humus. It seems that white-rot humus is usually more sensitive to the effects of these poisons, suggesting the presence of different enzyme systems, but these effects do not provide a reliable means for separating these two types of humus.

As far as is known, the decomposition of lignin in the soil is largely brought about by white-rot fungi, which are characterized by the production of phenol oxidase enzyme. Of the various phenolic compounds known to be

Table 18. The effect of different additions on the respiration rate of white-rot humus (wrh) and ordinary, surrounding humus (sh). a: respiration rate (µl/g/h) before the addition, b: after addition and c: change. Asterisks indicate statistically significant differences. Numbers in parentheses indicate the number of determinations.

			a	b	c
Dinitrophenol	(10)	wrh	521	274	0.52***
		sh	268	255	0.97
Sodium fluoride	(13)	wrh	551	379	0.70***
		sh	271	294	1.12
Iodoacetic acid	(11)	wrh	479	289	0.63**
		sh	263	251	1.03
Sodium propionate	(3)	wrh	289	303	1.04*
		sh	208	267	1.28
Sodium malonate	(6)	wrh	416	356	0.86
		sh	366	240	0.65
Citric acid	(4)	wrh	394	475	1.21
		sh	262	360	1.40
Lactic acid	(1)	wrh	404	252	0.63
		sh	217	186	0.86
Glucose	(17)	wrh	351	407	1.16***
		sh	226	403	1.96

oxidized by these enzymes (K ä ä r i k 1965), gallic acid was selected for the respiration experiments. A rather low final concentration, 0.25 %, was used, in order not to interfere with the normal respiration of the humus. As the Warburg determinations presented above, as well as the content of anthrone-positive substances in white-rot humus (p. 39), indicated differences in carbohydrate metabolism, similar experiments were made with glucose. Table 18 and Fig. 14 illustrate the results.

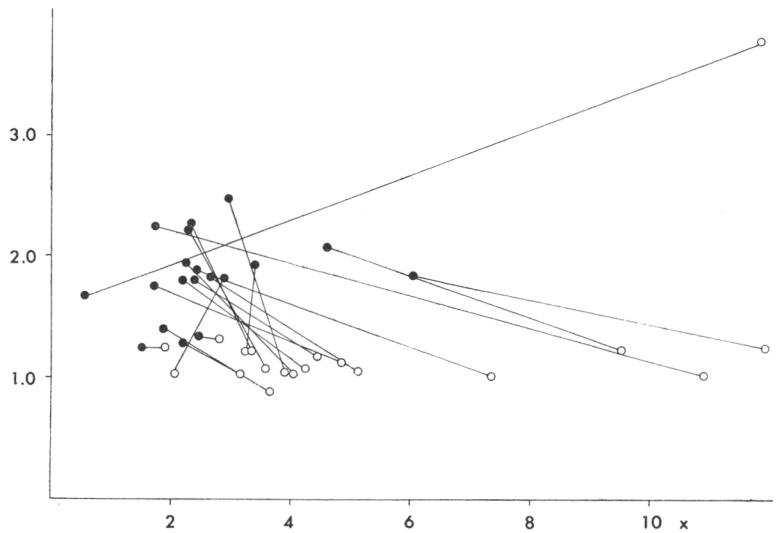


Fig. 14. The effect of gallic acid (horizontal axis) and glucose (vertical axis) on the uptake of oxygen by white-rot humus (o) and surrounding ordinary humus (●). The values indicate the change compared with the unaffected respiration rate. The lines connect samples from the same spot.

The reactions of the two humus types to these additions are significantly different. Gallic acid may increase the oxygen uptake of white-rot humus up to 12 times (Fig. 14), in contrast to ordinary humus, in which only a minor increase or even inhibition was observed. The response to glucose was the opposite: the oxygen uptake of ordinary humus is clearly promoted by addition of glucose. In certain samples taken near the basiodiocarps of white-rot fungi, only a weak reaction to gallic acid was obtained, but a strong rise in oxygen uptake (more than 6-fold) was obtained exclusively in the presence of these fungi. The same effects were also produced by addition of pyrogallol and pyrocatechol, and to a lesser extent p-cresol, although these substances may have poisonous effects.

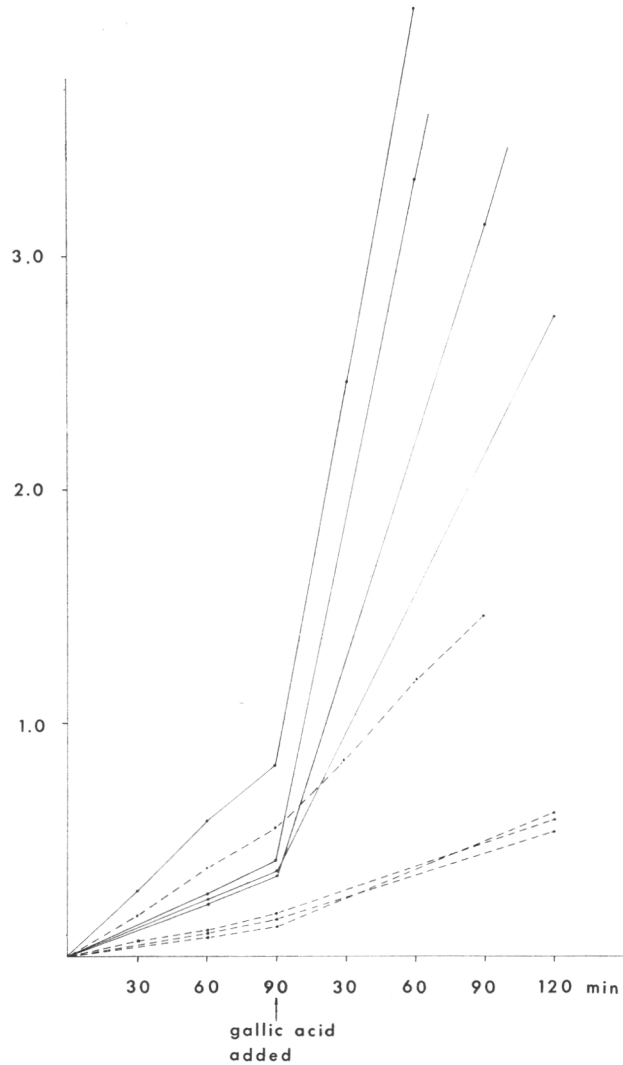


Fig. 15. The effect of gallic acid on the oxygen uptake of white-rot humus (solid line) and on surrounding ordinary humus (dotted), as determined with a Warburg respirometer.

Compared with similar experiments with aseptic cultures of these fungi on litter (Table 19) the increase can be attributed at least partly to the activity of white-rot fungi, and not to the molds and mycorrhizal fungi investigated. The absence of white-rot fungi evidently cannot be inferred from this reaction, because some viable cultures of these fungi did not give a distinct reaction.

Table 19. The effect of pyrocatechol and gallic acid on the oxygen uptake of aseptic cultures of white-rot and other fungi growing on different types of litter as determined with a Warburg apparatus. Values indicate the increase of oxygen uptake compared with that before addition.

	Litter	Pyrocatechol	Gallic acid
Clitocybe clavipes	*Betula* (2)	7.87	9.51
	Populus	4.93	8.41
Collybia butyracea var. *asema*	*Betula*	2.87	3.42
	Populus	3.27	3.27
C. confluens	*Betula* (2)	8.24	6.53
	Populus	13.80	11.76
C. dryophila	*Pinus*	1.58	4.04
C. peronata	*Betula* (2)	2.47	1.83
	Populus	2.74	2.34
C. putilla	*Populus*	3.07	4.31
Marasmius perforans	*Populus*	3.75	6.47
M. prasiosmus	*Populus*	11.20	12.32
M. scorodonius	*Betula* (3)	4.21	4.01
	Populus (3)	5.89	6.58
	Pinus (2)	4.07	4.99
Mycena epipterygia	*Populus*	5.71	4.98
	Betula	7.15	4.23
	Pinus	4.68	3.89
M. galopus	*Betula*	5.09	4.56
	Populus	4.28	8.29
M. sanguinolenta	*Populus*	1.63	2.00
Stropharia depilata	*Betula*	3.16	5.00
	Populus	3.53	4.82
Fomes annosus (on litter)	*Betula*	—	25.80
Cantharellula umbonata	*Populus*	1.47	2.53
Mortierella ramanniana	*Tilia*	1.15	1.99
» »	»	1.54	1.06
Penicillium sp.	*Sorbus*	2.33	1.52
»	»	2.00	1.97
»	*Tilia*	2.58	1.91
»	*Larix*	1.74	—
»	»	1.48	2.48
Trichoderma viride	*Tilia*	3.91	1.97
»	»	4.23	3.08
»	»	3.63	2.37

In mull soils, the activity of white-rot fungi cannot be seen, because the mixture of humus with mineral soil is dark in color. On the other hand, there are several common lignin-decomposing fungi which occur in such soils, e.g. *Lepista nuda* and *Clitocybe nebularis*, which, when growing on litter, form typical white-rot humus. A few determinations were made from the mull under the basidiocarps of these species as well as from the surrounding mull at the same depth, where no white-rot fungi were seen. The organic matter was estimated as loss by ignition. As a whole, all samples gave rather strong increases of oxygen uptake with pyrocatechol. The increases in samples taken under basidiocarps of *Lepista* and *Clitocybe* did not differ in this respect from the others, although the initial respiratory activity was slightly higher in these.

Fig. 16 is based on ca. 50 Warburg determinations of the effect of pyrocatechol on the different soil layers of various forest types. The experiments are preliminary, but a general trend can be seen.

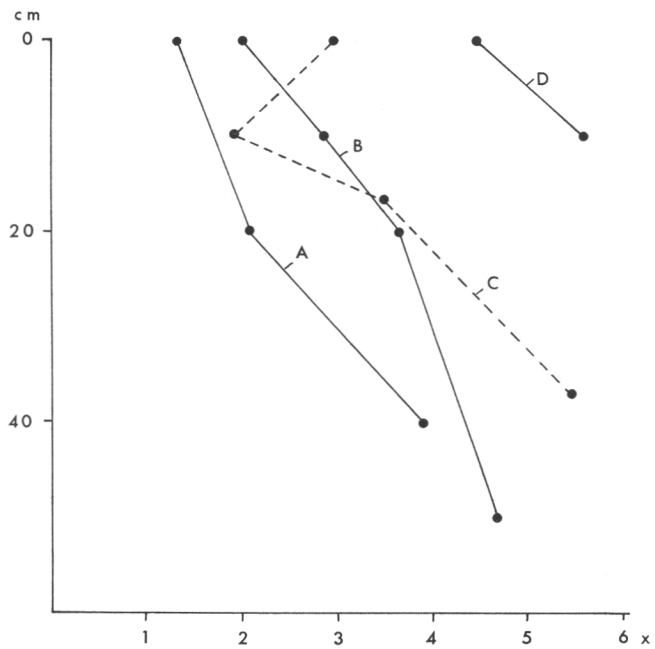


Fig. 16. The effect of pyrocatechol on the oxygen uptake of humus samples taken from different depths and habitats. Values indicate the increase of oxygen uptake on addition of pyrocatechol as compared with that of the sample before the addition. A: dry pine forests of *Vaccinium* type, B: coniferous forests of *Myrtillus* type, C: forests of *Oxalis-Myrtillus* type, D: grass-herb forests on mull soil.

The surface humus of dry pine forests does not give a distinct reaction with pyrocatechol. The values seem to be higher in more productive forest types, and highest in OMT, and in mull soils. In northern forests of HMT type and with a thick moss layer on the mineral soil, the increase is within the same limits, 2—3-fold. In all determinations the increase in oxygen uptake in the deeper layers was very conspicuous. For example, in dry forests the increase may be as much as 19-fold.

The increased oxygen uptake is thought to be connected with living cells, because autoclaving ½ h at 120°C almost completely destroyed this property.

Although not all aspects of this increase have yet been studied, especially the pH optimum of the phenol-oxidase enzymes of white-rot fungi, this phenomenon seems to offer a very interesting field for more detailed study. It is usually assumed that in the surface layers readily decomposable sugars, etc., are consumed by microbes, while the decomposition of lignin takes place much more slowly and mainly in the deeper layers.

As several phenolic color reagents are commonly used for the determination of sterile cultures of wood-destroying fungi, extracts from white-rot humus and ordinary humus were examined with the following compounds which are known to give color reactions with polyphenol-oxidase enzymes: tannic acid, gallic acid, phloroglucin, benzidine, α-naphthol, α-naphthylamine, and aniline. Solutions in ethanol were, as recommended by K ä ä r i k (1965), 0.1 M. Of these substances, benzidine was found to give a strong greenish color with extracts of white-rot humus, whereas in ordinary humus extracts only a white precipitate was obtained. In certain cases, the reaction was negative in distinctly whitish humus, which was interpreted as inactive, and probably dead. Sometimes dark ordinary humus did give a slightly greenish color with benzidine, which is tentatively interpreted to be due to the activity of small white-rot fungi, which do not form visible white-rot humus.

In the field, a humus sample may be mixed with distilled water in a test tube, allowed to dissolve c. 5 minutes and 1 ml benzidine reagent added. The presence of white-rot in the sample is indicated by the appearance of green color. Inorganic ions do not in general interfere.

When white-rot fungi were grown aseptically on litter, the substrate filtered and benzidine added to the filtrate, a strong greenish reaction was obtained. On the other hand, neither brown-rot fungi nor mycorrhizal species nor molds gave the reaction.

The content of phenol-oxidase enzymes in humus was studied with the method of G a l s t j a n (1958): 5 g of humus was shaken for 20 min with 100 ml of distilled water and 0.5 ml toluol, and filtered. 20 ml of the filtrate was pipetted into a 50-ml volumetric flask, as well as 1 ml of a 1 % aqueous

solution of pyrogallol, and kept at 30° for 30 minutes, after which 5 ml of 20 % sulfuric acid was added and immediately afterwards 10 ml CS_2, and the transmission of carbon disulfide solution was determined with a Beckman C colorimeter with a 430 μ filter. Parallel to the manometric methods, white-rot gave a strong reddish coloration, indicating stronger polyphenol-oxidase activity.

Warning. The use of benzidine, a carcinogenic compound, will probably be prohibited in some countries; preliminary tests with o-tolidine indicated that this compound can be used instead of benzidine in the present investigations. The solution used was 1 % in ethanol. In any case benzidine (as well as o-tolidine) should be handled with extreme care and all skin contacts avoided, because it does not cause direct external symptoms, but leads to cancer of the internal organs (bladder).

DISCUSSION

The theory of F a l c k (1923, 1930) attributes the formation of neutral mull humus to the activity of lignin-decomposing white-rot fungi and that of raw humus to cellulose-decomposing brown-rot fungi. In general, the results of the present study are in agreement with this hypothesis. White-rot humus represents a more rapid type of decomposition, where the nitrogen, especially, is effectively liberated, thus rendering possible a more rapid circulation of nutrients in deciduous forests of higher productivity, where white-rot fungi are abundant.

A remarkable exception, however, is the acidity. As seen from Table 3, the almost neutral humus of the best grass-herb forests may have white-rot humus patches with pH values around 4.0, which are usually found only in coniferous forests of low productivity.

In this connection it was investigated whether any difference in acid-producing capacity exists between wood-rotting white-rot and brown-rot fungi. The pH and titrimetric acidity was determined from 135 wood samples preserved in the Herbarium of the Forest Research Institute of Finland and known to have been decomposed in nature by different wood-rotting polypores. It was found that both types of fungi increased the acidity of wood very definitely compared with sound wood, and the brown-rot fungi, on the average, seemed to acidify the wood slightly more than the white-rot fungi. However, the occurrence of brown-rot fungi in the raw humus layers is too inadequately known to allow its acidity definitely to be attributed to this type of rot.

As in most cases the contents of phosphorus and nitrogen are higher in white-rot humus than in ordinary humus, the former, in spite of its higher

acidity, must be regarded as a more active type of forest humus than the more neutral, darker humus. Hesselman (1926) concludes that although pH is an important factor in forest soils, it is not of decisive significance and a strongly acid reaction does not in all circumstances constitute a factor unfavorable or detrimental to tree growth. Wilde (1954) has likewise noted that there is not always a correlation between pH and fertility (see also Viro 1951, Ellenberg 1958 and Åslader 1958).

As it is generally assumed that the fungi in forest soils fix nutrients in insoluble form, it is interesting to note that white-rot fungi are evidently a group of organisms which are capable of increasing the amount of available nitrogen and phosphorus in forest humus.

The liberation of nitrogen by white-rot fungi seems to be especially important. Earlier, Schantz & Piemeisel (1917), Romell (1939) and Müller (1943) have noted the increase of available nitrogen in »fairy rings». In the northern coniferous forests on raw humus, available nitrogen often constitutes a limiting factor for forest growth, as has been demonstrated by many fertilization experiments (Viro 1967). The main source of nitrogen is in the humus layer, and it is supposed that 90 % of the nitrogen taken up by trees comes from this layer (Tamm & Holmsen 1967). On the other hand, raw humus and the B-horizon contain large amounts of nitrogen unavailable to higher plants (Aaltonen 1926, Tamm 1959 etc.). Among the factors affecting the mobilization of nitrogen in decomposing plant residues are the carbon-nitrogen ratio and the content of total nitrogen. Both are more favorable in white-rot humus than in ordinary humus, and correspondingly the content of available nitrogen is also higher.

Although the dependence of nitrogen mobilization in forest soils on the soil reaction was recognized long ago (Harmsen & van Schreven 1955), the exact nature of the relationship has remained obscure. In general, a low soil pH is supposed to reduce the rate of mobilization of organic nitrogen, and although mineralization occurs in acid soils, the rate is supposed to increase considerably as a neutral reaction is approached. From Figs 5—7, it appears that in white-rot humus there is a tendency for the content of ammonium to rise with increasing pH, but when the sample is mixed with ordinary humus, this relation is impossible to detect. According to Hesselman (1926), the optimum for the formation of ammonium in incubation experiments is about 4.5.—4.9, although there is variability. Kaila et al. (1953, 1957), Kivekäs (1958), Kivekäs & Kaila (1957) and Kivekäs & Kivinen (1959) have found that there is at most only an insignificant correlation between pH and mobilization, while in the case of mull humus the correlation was even negative. In the present experiments white-rot humus was found to behave differently from ordinary

humus in the incubation experiments and evidently the two types of humus should be separated in such investigations.

The main source of nitrogen in coniferous forest ecosystems comes with rain from the air, as the biological fixation of N_2 seems to be limited in these soils. It is not impossible that the acid substances in white-rot humus may contribute towards retaining the ammonium from the air or from rain-water.

There are two possible mechanisms by which nitrogen mobilization in white-rot humus can take place 1) effective decomposition of the cell wall substances of the litter by the white-rot fungi with liberation of the contents of the cells 2) decomposition of the hyphae of the white-rot fungi by autolysis or by other nitrifying organisms. The liberation of nitrogen from fungus mycelium has been studied by V a r t i o v a a r a (1935, 1938) and, according to him, higher plants are able to obtain nitrogen from fungal hyphae, especially in unsterilized cultures. There are also fungi which evidently decompose and utilize old mycelia (e.g. *Scopulariopsis*), and in this secondary phase of decomposition streptomycetes seem to be important (J o n e s & W e b l e y 1968).

In regard to the formation of nitrate and nitrite from ammonium in white-rot humus, all attempts to demonstrate this process in pure cultures of white-rot fungi have so far failed and the nitrification must thus be attributed to other organisms, bacteria, some molds or animals. According to K ü h n e l t (1963 a and b), white-rot humus formed by *Clitocybe infundibuliformis* is considerably poorer in individuals and species of soil fauna than darker ordinary humus, although there are species which are restricted to the white-rot humus. S a i t ô (1966) has found that the litter-feeding fauna prefers whitish leaves decomposed by white-rot fungi to dark leaves. Among the soil fauna, especially the collemboles and oribatids are known to consume fungal hyphae in the soil, although their importance in the present case was not studied in greater detail.

As white-rot fungi occur in both mull and mor, their activity cannot be directly correlated with any type of humus layer, and is best regarded as a separate phenomenon in the humus layers. In general, lignin and products of lignin decomposition are regarded as the chief source of humus substances in the soil.

Evidently the fulvic acids, which are produced in great quantities in white-rot humus, are pedologically important. It has been suggested that they intensify the leaching processes in the podzol profile; on the other hand, they may polymerize into »true humus substances» of mull humus. If fine quartz sand is moistened with extract from a white-rot humus sample and dried, the organic substances of the extract bind the sand particles into a solid lump, which seems to support the latter possibility. In addition, fulvic

acids play an important role in the metal — organic matter interactions in soils (Schnitzer & Skinner 1966).

The great heterogeneity in the properties of the forest humus layer caused by white-rot fungi must be especially emphasized. For example, in the mor humus material of Sjörs (1961) there are samples (176, 177) with properties resembling those on white-rot humus and differing from the other samples. As the present study has indicated, in almost every property a difference exists between white-rot humus and the surrounding dark humus. Thus it is not warrantable to regard the humus layer as a homogeneous piece of soil. Although the exact causation of the differences found in the present study cannot yet be explained, because of the complex interrelations between the various organisms in the humus layer, it is evident that the natural variability of humus partly depends on the variety of the organisms decomposing it.

Finally, attention should be drawn to a possible mechanism for amelioration of raw humus in forest soils, because white-rot fungi evidently mobilize the nitrogen in the thick raw humus layers. In some fertilizer experiments with liming (Fiedler & Hunger 1963) the result has been a great increase of white-rot fungi in the limed plots. In Lohja (south Finland) Rautavaara (1950) has found a distinct increase of some white-rot fungi near the Lohja lime factory, where there have been great amounts of lime dust in the surface soil. During several visits to Kivisuo, Leivonmäki commune, and Majasuo, Keuruu commune, in sample plots fertilized with lime and rock phosphate and potassium salts, a distinct increase in the number of basidiocarps of white-rot fungi was observed. However, in several plots the fertilization caused an increase in the ground vegetation and more vigorous litter production, and the appearance of these litter-decomposing white-rot fungi may be a secondary phenomenon.

NOTES ON HUMUS TERMINOLOGY

As the occurrence of organic matter deviating from the usual type in isolated spots in the humus layers seems rarely to have been recorded in the literature, a brief review of the relevant humus terminology seems necessary.

»Humus» is almost universally defined as soil organic matter in differing degrees of decomposition. According to Hartmann (1965), the best applicable concept is that of Scheffer & Ulrich (1960), which is basically the same as that of Romell & Heiberg (1931): »Humus is taken to represent the organic residues in all stages of evident decomposition, and its accumulation and transformation products, but not the litter, i.e. the fresh debris, not yet attacked to any extent by the soil organisms». There

are also broader concepts (e.g. Wilde 1958) which include the litter too. It is evident that white-rot humus can be called »humus» in both senses of the word.

For forest soils, we encounter three different and separate concepts of humus in connection with decomposed residues of plants and animals in the soil: 1) organic matter in the soil, 2) a mixture of organic matter and mineral soil, and 3) layers of 1) and 2). In forest soil terminology, these concepts are often combined. For example, the »Glossary of Soil Science Terms» (1965) lists the following meanings: (i) that more or less stable fraction of the soil organic matter, (ii) the F and H layers in undisturbed forest soils. In the present investigation, it seemed convenient to use the term »humus layer» of Romell & Heiberg (1931) as follows: »The term humus layer is used for the top layer of the soil, owing its characteristic features largely to its content of organic matter, no matter whether this content is high or low or whether the humus is . . . lying on the top of mineral soil or is incorporated in the soil proper».

The basic concept of the forest humus layer types, mull and mor, dates back to the famous Danish pedologist P. E. Müller (1879). His intention was to distinguish different layers of virgin forest soil, regarded as an organized whole. As the humus layer is a continuously changing dynamic, biological, and chemical system, this view cannot be too strongly emphasized. He (p. 44) defined »mor» as follows: »Moren er saaledes at opfatte som en paa dyrisk liv yderst fattig Afleiring af Bogenskovens Affaldmasse», and »mull»: »indskraenke Betegnelsen Muld til det øverste, mørkere farvede tydelig grynede Lag». Later investigators have universally regarded these as definitions of layers (Romell 1944, Handley 1954, Wilde 1958).

If we take samples of mor and mull, in the former case we probably get a peat-like substance, which is »humus» according to the definition above, because it evidently consists of organic remains. In the latter case the amorphous mass is not humus, because it may contain up to 90 % of mineral matter, which exerts a considerable influence on the properties of the humus sample. Accordingly, if we consider the term »humus type», corresponding types evidently are the whole mor sample and the humus portion in the mull sample excluding the mineral matter. In addition, if we take a random sample from a humus layer, we may get substances which are not humus, such as stones, living tree roots, animals or rotten wood (McFee & Stone 1966). In these connections »humus» and »humus layer» indicate separate concepts, as well as »humus type» and »humus layer type». The use of these terms would perhaps be more useful if we spoke of »a sample of the mull layer» rather than »a sample of mull».

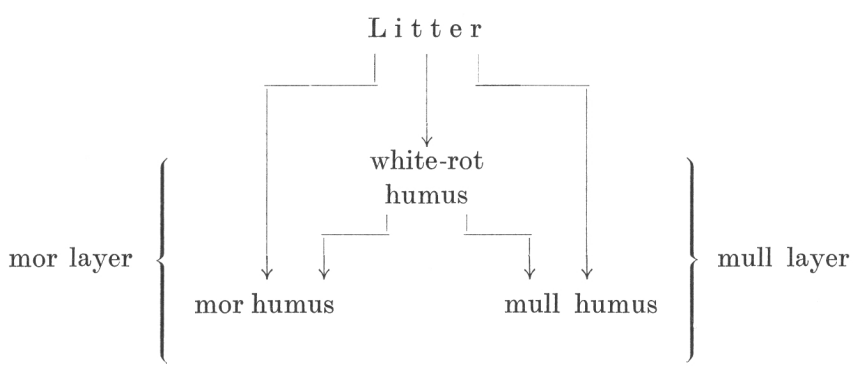
This distinction between humus and humus layer types has not been explicitly and clearly made in all forest humus studies. If we start from the

classical investigation of Müller (1879), we find that, although he clearly defined mor and mull as layers, he very often used the term »morlag» (pp. 26, 27, 28, 30, 32, 35, 38, 40, 57, 58, etc.) and »muldlag» (pp. 11, 15, 18, 19, 23 etc.). He even compares these concepts to the terms peat and dy (p. 71). In these contexts mor and mull cannot be regarded, strictly speaking, as layer definitions.

As Romell (1944) noted, a number of subsequent investigators have adopted these »mor layer» and »mull layer» terms. In America, mull and mor are regarded as humus types (Hoover & Lunt 1952, Mader 1953, Walker 1964) as well as humus layer types (e.g. Lutz & Chandler 1959). Sjörs (1961) refers to mor and mull as humus types (pp. 5, 8) and in addition as humus layer types. This terminology places the main emphasis on the degree to which humus is mixed with mineral soil, and not on the properties of the organic matter, and is for this reason criticized by Mráz (1967). Romell (1944) also points out that the whole humus layer can not be considered as a single substance, because it is in a continuously changing state and its properties change downwardly. In addition, many of the layer names unfortunately refer to substance concepts used in everyday language. This especially concerns »raw humus». Further, many excellent humus layer classifications (e.g. Wilde 1966) take the quality of humus into account only as a secondary character, or not at all.

As demonstrated by this investigation, in forest humus great differences are visible even with the unaided eye, and these do not represent different profile or layer types, but a different pathway of decomposition, based on the biological activity of humus, which also affects the chemical and physical properties of the humus.

The nomenclature discussed above fits in well with other types of organic matter in the soil, e.g. peat, where the organic and biological entity is the peat layer, which consists of different peat types of different origins and with more or less clearly defined properties. Although in profile descriptions



this does not cause confusion, in more accurate biological investigations it seems necessary to draw this distinction between humus and humus layers.

For elucidating these concepts a tentative scheme of the transformations of plant remains in forest soils, showing the place of white-rot humus, is presented above.

White-rot humus is here regarded as a humus type, a substance concept also taking account of its biological properties compared with ordinary forest humus. If it sometimes occurs as a sub-layer in the F-layer, this should then be called the white-rot humus layer, which is seen in some beech forests in Poland. It is found in both humus layer types, i.e. the mull and mor layers. The main difference is due to the biological activity of the lignin-decomposing basidiomycetes, which also affect most of the properties of the humus.

SUMMARY

Under the fruit-bodies of certain lignin-decomposing fungi of the genera *Collybia*, *Marasmius*, *Mycena*, *Clitocybe*, *Clavaria*, and *Cudonia*, pale-colored humus is almost always found, which is in most cases readily distinguishable from the surrounding humus, and which in this investigation is called white-rot humus. It occurs most abundantly in dry grass-herb forests and deciduous (oak) forests, which have a thick litter layer. In these forests it may cover up to 25 % of the area, but occurs more rarely in the raw humus layers (0—2 %). The present study indicates that white-rot humus differs from ordinary humus in the following properties:

a. Lower moisture content
b. Lower pH, i.e. higher acidity.
c. Higher content of water-soluble substances, especially »fulvic acids».
d. Higher content of readily soluble phosphorus and significantly less exchangeable calcium, as determined from samples stored frozen.
e. Higher contents of available nitrogen (NH_4 and NO_3) and total nitrogen.
f. Lower carbon:nitrogen ratio.
g. Higher content of anthrone-positive substances and oxalate. The lower content of exchangeable calcium is probably due to the presence of calcium oxalate crystals.
h. Higher carbon dioxide output and oxygen uptake, as shown by measurements both in the field and with a Warburg respirometer.
i. Contains fewer molds, as determined by the dilution plate method.

j. Respiration rate more susceptible to different poisons but oxygen uptake greatly increased by additions of gallic acid and pyrocatechol. Glucose gave a more distinct increase of oxygen uptake in the surrounding humus than in white-rot humus.
k. Water extracts give a deep bluish coloration with o-tolidine and benzidine.

When cultivated aseptically on litter, white-rot fungi, parallel to the observations in nature, in general increased the acidity, and on litter free from water-soluble substances liberated ammonium.

The results are discussed in connection with Falck's theory that white-rot humus represents a biologically active type of humus characterized by relatively rapid decomposition, with which, in general, they agree. The most important exception is the high acidity in white-rot humus.

For forest growth an especially important point seems to be the rapid liberation of nitrogen in white-rot humus. In certain cases the occurrence of white-rot fungi may be used as an indicator of nitrogen mobilization in forest soils. The great heterogeneity caused by these fungi in the humus layers is also emphasized, and should be taken into account in investigations of the physical, chemical and biological properties of forest humus. Especially the differences in the forms in which nitrogen is present induce considerable variation in incubation experiments. The forest humus nomenclature is briefly discussed, and especially the differences in the concepts of humus and the humus layer in biological investigations are suggested.

ACKNOWLEDGEMENTS

This investigation was carried out at the Finnish Forest Research Institute in the years 1962—1966 under the auspices of U.S. Public Law 480, Grant FG-Fi-132, as part of a project on the role of soil fungi in the formation of different humus types in the northern forests. This invaluable financial assistance is gratefully acknowledged.

Professors Peitsa Mikola and P. J. Viro have read the manuscript and made valuable comments on it. The author expresses his thanks to all persons whose cooperation contributed to the success and smooth running of the investigation. In laboratory work, thanks are due to Mrs. Laila Savolainen, Mrs. Eeva Tilus, M.Sc., and Miss Marja-Liisa Heikkilä for nitrogen analyses, Miss Eija Piispala, M.Sc., for Warburg determinations, Miss Riitta Kiviranta, M.Sc., for paper chromatographic and oxalic acid analyses, and the Misses Ritva Klemetti and Tuija Vihavainen, M.Sc., for laboratory assistance.

Mrs. Jean Margaret Perttunen, B.Sc., has checked the English manuscript.

LITERATURE

Aaltonen, V. T., 1926: Über die Umsetzungen der Stickstoffverbindungen im Waldboden. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 10, 1—61.

—»— 1935: Zur Stratigraphie des Podsolprofils I. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 20 : 6, 1—150.

—»— 1939: Zur Stratigraphie des Podsolprofils II. — Ibid. 27:4, 1—133.

—»— 1947: Studien über die Bodenbildung in den Hainwäldern Finnlands. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 35:1, 1—92.

Åslander, A., 1958: Nutritional requirements of crop plants. — Handb. der Pflanzenphysiologie IV, 978—1025.

Baillon, P., 1906: Recherches sur les cercles mycéliens (rons de fées). — Actes de la soc. Linnéenne, Bordeaux, 61 (ser. 7, tome 1), 62—88.

Baker, C. J. L., 1952: The determination of oxalates in fresh plant material. — Analyst 77, 340—344.

Bayliss — Elliott, J. S., 1926: Concerning »fairy rings» in pastures. — Ann. Appl. Biol. 13, 277.

Brown, I. C., 1943: A rapid method of determining exchangeable hydrogen and total exchangeable bases of soils. — Soil Science 56, 353—357.

Burges, A., 1958: Micro-organisms in the soil. 188 pp. — London.

—»— 1963: Some problems of soil microbiology. — Transactions of British Mycol. Soc. 46, 1—14.

Chase, F. E., 1958: Manometric studies in agricultural and forest soils. — Agric. Exp. Stat., Michigan State University, 122—129. East Lansing, Mich.

Chastukhin, V. Y., 1962: Decomposition of forest litter by pure cultures of basidiomycetes. (In Russian). Uchenye Zapiski Leningradskogo opdena Lenina gosudarstvennogo Universiteta N:o 313, Ser. Biolog. Nauk, vypusk 49, 3—22.

—»— & M. A. Nikolaevskaja 1962: Interrelations between microorganism decomposing vegetable rests in complex culture (In Russian). — Ibid. 313, 23—33.

Cochrane, V. W., 1958: Physiology of fungi. 524 pp. — New York.

Dahl, E., O. Gjems & J. Kiellander — Lund Jr., 1967: On the vegetation types of Norwegian conifer forests in relation to the chemical properties of the humus layer. — Medd. Norske Skogsforsøksvesen 23, H. 85, 503—531.

Ellenberg, H., 1958: Bodenreaktion (einschliesslich Kalkfrage). — Handbuch der Pflanzenphysiologie, herausgegeben von W. Ruhland, Band IV, 638—708.

Falck, R. 1923: Erweiterte Denkschrift über die Bedeutung der Fadenpilzen für die Nutzbarmachung der Abfallstoffe zur Baumernährung im Walde und über die Möglichkeit einen nachträglichen pilzlichen Aufschliessung der Trockentorfs. — Mykol. Unters. u. Ber. 2, 38—72.

—»— 1930: Nachweise der Humusbildung und Humuszehrung durch bestimmte Arte höherer Fadenpilze im Waldboden. — Forstarchiv 6, 366—377.

Fiedler, H. — J. & W. Hunger, 1963: Über den Einfluss einer Kaldüngung auf Vorkommen, Wachstum und Nährelementgehalt höherer Pilze im Fichtenbestand. — Arch. f. Forstwesen 12, 936—962.

Forsslund, K. H., 1938: Bidrag till kännedomen om djurlivets i marken inverkan på markomvandlingen I. — Medd. Skogsförsöksanst. Stockh. 31, 87—107.

Foster, J. W., 1949: Chemical activities of fungi. 648 pp. — New York.

Galstjan, A. Š., 1958: Opredelenie sravitelnoi aktivnosti peroksidazy i polifenoloksidazy v potšve. — Doklady Akad. Nauk Armjanskoi CCR 26, 285—288.

Glossary of soil science terms (1965), publ. by Soil Science Society of America. — Soil Sc. Soc. Am. Proc. 29, 330—351.

Greenwood, D. J. & H. Lees, 1956: Studies on the decomposition of amino acids in soils. — Plant and Soil 7, 253—268.

Haber, W., 1959: Ökologische Untersuchungen der Bodenatmung. — Flora 146, 109—157.

Handley, W. R. C., 1954: Mull and mor formation in relation to forest soils. — For. Comm. Bull. 23, 1—115.

Harmsen, G. W. & D. A. van Schreven, 1955: Mineralization of organic nitrogen in soil. — Adv. in Agron. 7, 299—398.

Hartmann, F., 1951: Der Waldboden. Humus-, Boden- und Wurzeltypen als Standortsanzeiger. 152 pp. — Wien.

—»— 1965: Waldhumusdiagnose auf biomorphologischer Grundlage. 88 pp. + 41 Taf. — Wien — New York.

Hesselman, H., 1917: Studier över salpeterbildingen i naturliga jordmåner och dess betydelse i växtekologiskt avseende. — Medd. Stat. Skogsförsöksanstalt 13—14, 297—528.

—»— 1926: Studier över barrskogens humustäcke, dess egenskaper och beroende av skogsvården. — Medd. Statens Skogsförsöksanst. 22, 169—552.

—»— 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. — Medd. Statens Skogsförsöksanst. 30, 529—716.

Hintikka, V., 1961: Das Verhalten einiger Mycena-Arten zum pH sowie deren Einfluss auf die Azidität der Humusschicht der Wälder. — Karstenia 5, 100—121.

—»— 1964: Psychrophilic basidiomycetes decomposing forest litter under winter conditions. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 59: 2, 1—20.

Hoover, M. D. & H. A. Lunt, 1952: A key for the classification of forest humus types. — Soil Sc. Soc. Amer. Proc. 16, 368—370.

Höhne, H., 1963: Untersuchungen über die Pufferkraft und das C/N Verhältnis der Streu von Waldbodenpflanzen, Sträuchern und Bäumen. — Arch. f. Forstw. 12, 842—863.

Jones, D. & D. M. Webley, 1968: A new enrichment technique for studying lysis of fungal cell walls in soil. — Plant and Soil 1968, 147—157.

Kaila, A., J. Köylijärvi and E. Kivinen, 1953: Influence of temperature upon the mobilization of nitrogen in peat. — J. Sc. Agr. Soc. Finland 25, 37—46.

Kaila, A. and S. Soini, 1967: Influence of lime on the accumulation of mineral nitrogen in incubation experiments of peat soils. — J. Scient. Agr. Soc. Finl. 29, 229—236.

Katznelson, H. & I. L. Stevenson, 1956: Observations on the metabolic activity of the soil microflora. — Can. J. Microbiol. 2, 611—622.

Kaufman, D. D. & L. E. Williams, 1963: Effect of the soil carbon: nitrogen ratio on soil fungi. — Phytopathology 53, 956—960.

Kivekäs, J., 1958: Turvenäytteen kuivaamisen ja jauhamisen vaikutuksesta analyysituloksiin. — J. Sc. Agr. Soc. Finland 30, 1—9.

Kivekäs, J. and A. Kaila, 1957: Extractable calcium, magnesium, potassium and sodium in different peat types. — J. Sc. Agr. Soc. Finland 29, 41—54.

Kivekäs, J. and E. Kivinen, 1959: Observations on the mobilization of peat nitrogen in incubation experiments. — J. Sc. Agr. Soc. Finland 31, 268—281.

Kühnelt, W., 1963 a: Über den Einfluss des Mycels von Clitocybe infundibuliformis auf Streufauna. — Soil Organisms, ed. J. Doeksen and J. van der Drift, 281—287. Amsterdam.

—»— 1963 b: Funktionelle Beziehungen zwischen Bodentieren und Mikroorganismen. Ibid. 333—341.

Käärik, Aino, 1965: The identification of the mycelia of wood-decay fungi by their oxidation reactions with phenolic compounds. — Studia Forestalia Suecica 31, 1—80.

Lindeberg, G., 1944: Über die Physiologie ligninabbauender Bodenhymenomyzeten. — Symb. Bot. Ups. 8:2, 1—183.

—»— 1946: The decomposition of lignin and cellulose in litter caused by soil-inhabiting Hymenomycetes. — Ark. f. Bot. 33 A, 10.

Lindquist, B., 1938: Dalby Söderskog. — Acta Phytogeogr. Suec. 10, 1—273.

Linnermark, N., 1960: Podsol och brunjord. — Publ. Inst. Mineral., Paleont, and quartern. Geology Univ. of Lund 75, 1—233 + diagrams.

Lundegårdh, 1923: Über die Kohlensäureproduktion und die Gaspermeabilität des Bodens. — Ark. f. Bot. 18, 13.

Lutz, H. J. & R. F. Chandler, Jr., 1959: Forest soils. 514 pp. — New York — London.

Låg, J. & E. Mork, 1959: Jordsmonnet i Ulvsjøberget forsøksområde. — Medd. fra der Norske Skogsforsøksvesen 53, B 16:1, 1—41.

Lähde, E., 1966: Vertical distribution of biological activity in peat of some virgin and drained swamp types. — Acta For. Fenn. 81:6, 1—15.

Mader, D. L., 1953: Physical and chemical characteristics of the major types of forest humus found in the United States and Canada. — Soil Sc. Soc. Amer. Proc. 17, 155—158.

Malmström, C., 1949: Studier över skogstyper och trädslagsfördelning inom Västerbottens län. — Medd. Stat. Skogsforskningsinst. 37: 11, 1—231

McFee, W. W. & E. L. Stone, 1966: The persistence of decaying wood in the humus layers of northern forests. — Soil Sc. Soc. Amer. Proc. 30, 513—516.

Meyer, F. H., 1959: Untersuchungen über die Aktivität der Mikroorganismen in Mull, Moder und Rohumus. — Arch. f. Mikrobiol. 33, 149—169.

—»— 1960: Vergleich des mikrobiellen Abbaus von Fichten und Buchenstreu auf verschiedenen Bodentypen. — Arch. f. Mikrobiol. 35, 340—360.

—»— 1962: Vergleichende Mikrobiologie und Mikromorphologie der Humusbildung eines Buchen- und Fichtenbestandes auf Basaltbraunerde. — Zschr. f. Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde 97, 234—243.

Mikola, P., 1954: Metsämaan kantasienten kyvystä hajoittaa neulas- ja lehtikarikkeita. Comm. Inst. Forest Fenn. 42:7, 1—17.

—»— 1956: Studies on the decomposition of forest litter by basidiomycetes. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 48:2, 1—22.

—»— 1961: The bright yellow mycorrhiza of raw humus. — Proc. IUFRO 13. kongr. 24—4, 12 pp.

Mráz, K., 1967: Dynamische und waldbaulich-ökologische Gesichtspunkte in der Systematik der Waldhumusformen. — XIV IUFRO-Congress, Ref. II, 352—369.

Müller, D., 1943: Über Chlorophyll- und Stickstoffgehalt in Hexenringen von Marasmius oreades. — Friesia 2, 221—224.

Müller, P. E., 1879: Studier over Skovjord, som Bidrag til Skovdyrkningens Theori. I. — Tidskr. f. Skovbrug III, 1—124.

Nykvist, N., 1963: Leaching and decomposition of water-soluble organic substances from different types of leaf and needle litter. — Stud. For. Suec. 3, 1—31.

Paarlahti, K., & P. Hanioja, 1962: Methodological studies on the colony counts of soil microbes. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 55:29, 1—8.

Popovic, B., 1967: Kvävemobileringsförsök med humusprov från gödslingsförsöksytor i skogsbestand på fastmark. — Dept. of Forest Ecology and Forest soils, Royal College of Forestry, Research Notes 6, 1—13.

Quastel, J. H., 1965: Soil metabolism. — Ann. Rev. Plant Phys. 16, 217—240.

Ramsbottom, J., 1926: Soil Fungi. — In A. G. Tansley & T. F. Chipp, (ed.): Aims and methods in the study of vegetation, pp. 153—158.

—»— 1953: Mushrooms and toadstools. 306 pp. — London.

Rautavaara, T., 1950: Kalkkitehtaan vaikutusta sienikasvillisuuteen? (Influence of a lime factory on the mushroom vegetation). — Karstenia I, p. 85.

Romell, L. -G., 1934: En biologisk teori för mårdbildning och måraktivering. 29 pp. — Stockholm.

—»— 1939: Barrskogens marksvampar och deras roll i skogens liv. — Sv. Skogsvårdför. Tidskr. 37, 348—375.

—»— 1944: Myllmånsforskning och humusgeognosi. — Geol. För. i Stockholm Förh. 66, 305—314.

—»— & S. O. Heiberg, 1931: Types of humus layer in the forests of northeastern United States. — Ecology 12, 567—608.

Saitô, T., 1956: Microbiological decomposition of beech litter. — Ecol. Rev. 14, 141—147.

—»— 1957: Chemical changes in beech litter under microbiological decomposition. — Ec. Rev. 14, 209—216.

—»— 1965: Coactions between litter-decomposing hymenomycetes and their associated microorganisms during decomposition of beech litter. — Science Rep. Tohoku Univ. Ser. IV, 255—273.

—»— 1966: Sequential pattern of decomposition of beech litter with special reference to microbial succession. — Ecol. Rev. 16, 245—254.

Schantz, H. L. & R. L. Piemeisel, 1917: Fungus fairy rings in eastern Colorado and their effect on vegetation. — J. Agr. Res. 9:5, 191—245.

Scheffer, F. & B. Ulrich, 1960: Humus und Humusdüngung. — Lehrbuch der Agrikulturchemie und Bodenkunde III:1, 266 pp.

Schnitzer, M. & I. M. Skinner, 1966: Organometallic interactions in soils 5. Stability contants of Cu-, F^{++}-, and Zn^{++}-fulvic acid complexes. — Soil Sc. 102, 361—365.

Schütte, K. H., 1956: Translocation in fungi. — New Phytologist 55, 164—182.

Shaw, K., 1959: Determinations of organic carbon in soil and plant material. — J. of Soil Sc. 10, 316—326.

Sjörs, H., 1954: Slåtterängar i Grangärde finnmark. — Acta Phytogeogr. Suec. 34, 1—135.

—»— 1961: Some chemical properties of the humus layer in Swedish natural soils. — Kungl. Skogshögskolans skrifter 37, 1—51.

Snell, F. D. & C. T. Snell, 1955: Colorimetric methods of analysis II:1. 606 pp. — New York.

Stevenson, I. L. & H. Katznelson, 1958: The oxidation of ethanol and acetate in soils. — Can. J. Microbiol. 4, 73—79.

Tamm, C.-O., 1953: Growth, yield and nutrition in carpets of a forest moss (Hylocomium splendens). — Medd. Stat. Skogsforskningsinst. 43:1, 1—140.

—»— 1959: Förrådet av växtnäringsämnen i mark och bestånd med särskild hänsyn till den nordsvenska tallhedens produktionsekologi. — Sv. Skogsvårdsförenings tidskr. 1959, 515—527.

—»— & H. Holmsen, 1967: Some remarks on soil organic matter turn-over in Swedish podzol profiles. — Medd. Norske Skogforsøksvesen 23, (85) 67—88.

Tsao, G. T.-N., 1963: Production of oxalic acid by a strain of Agaricus campestris. — Appl. Microbiol. 11, 255.

Umbreit, W. W., R. H. Burris & H. F. Stauffer, 1959: Manometric Methods. 338 pp. — Minneapolis.

Vartiovaara, U., 1935: Maaperän sienten aineenvaihduntaa koskevia tutkimuksia. — Acta Agr. Fenn. 32, 1—112.

—»— 1938: The influence of the duration of the growth of fungal tissue upon its decomposition. — J. Scient. Agr. Soc. Finl. 10, 312—325.

Viro, P. J., 1951: Nutrient status and fertility of forest soil I. Pine stands. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 39:4, 1—54.

—»— 1955: Investigations on forest litter. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 45:6, 1—65.

—»— 1962: Methods of chemical analysis for site evaluation. — Proc. 13. Congr. IUFRO, 21—3/9.

—»— 1967: Forest manuring on mineral soils. — Medd. fra Det Norske Skogforsøksvesen 85, 111—136.

Walker, L. C. 1964: Humus types of the Highlands area of North Carolina. — The Journal of the Elisha Mitchell scientific Society 80, 24—29.

Ward, E. W. B., J. B. Lebeau & M. W. Cormack, 1961: Grouping of isolates of a low-temperature basidiomycete on the basis of cultural behavior and pathogenity. — Can. J. Bot. 39, 297—306.

Wiklander, L. & E. Koutler-Andersson, 1966: Effect of air-drying on the solubility of soil phosphate. — Ann. Agr. College of Sweden 32, 309—317.

Wilde, S. A., 1954: Reaction of soils, facts and fallacies. — Ecology 35, 89—92.

—»— 1958: Forest soils. 537 pp. — New York.

—»— 1966: A new systematic terminology of forest humus layers. — Soil Sc. 101, 403—407.

Zöttl, H., 1960: Dynamik der Stickstoffmineralisation in organischen Waldbodenmaterial I. — Plant and Soil 13.

—»— 1965: Anhäufung und Umsetzung von Stickstoff im Waldböden. — Ber. Deutsch. Bot. Ges. 70, 167—180.

Seloste

TUTKIMUKSIA METSÄMAAN VALKOLAHOHUMUKSESTA

Veikko Hintikka

Useat saprofyyttiset helttasienet, kuten juurekas- *(Collybia)*, malikka- *(Clitocybe)*, hiippo- *(Mycena)* ja nahikas- *(Marasmius)*-lajit sekä eräät kotelosienet *(Cudonia confusa*, lakkimörsky*)* muodostavat metsämaan humuskerrokseen poikkeavaa humusta (kuva 1), jota tässä tutkimuksessa sanotaan valkolahohumukseksi. Tämän humusmuodon ominaisuuksiin ja merkitykseen metsäkoesysteemissä ei varhemmin ole kiinnitetty huomiota.

Valkolahohumus on väriltään säännöllisesti ympäröivää humusta selvästi vaaleampaa ja siinä voi usein havaita lahottajasienten rihmastoja. Bentsidiini tai o-tolidiiniliuoksella kostutettuna se antaa sinivihreän reaktion, jota ympäröivässä humuksessa ei ole voitu todeta. Lisäksi valkolahohumus on osoitettavissa manometrisesti.

Valkolahohumus esiintyy laikkuina metsiemme karikekerroksen alaosissa ja humuskerroksessa. Maastamme ei ole löydetty yhtenäisiä valkolahohumuskerroksia, mutta sen sijaan Keski-Euroopassa niitä on. Valkolahohumuksen yleisyyttä eri metsätyypeillä tutkittiin siten, että 1 m^2:n näytealoilta poistettiin sammal ja karike sekä arvioitiin valkolahohumuksen peittävyys. Eniten (taulukko 1) sitä todettiin rehevissä, kuivahkoissa tammimetsissä, joissa sitä esiintyi jopa 25 % alasta. Tuoreissa kangasmetsissä sen peittävyys oli 1—2 % ja kuivissa vieläkin niukempi. Valkolahohumuksen esiintymisen katsotaan liittyvän keskieurooppalaisen lehtimetsäformaation eliömaailmaan.

Valkolahohumuksen todettiin poikkeavan ympäröivästä humuksesta seuraavien ominaisuuksiensa puolesta:

1. Valkolahohumus on säännöllisesti kuivempaa kuin sitä ympäröivä humus.
2. pH on noin ½—1 pH-astetta alhaisempi ja titrimetrinen happamuus suurempi.
3. Sisältää runsaasti vesiliukoisia aineita, etenkin ns. fulvohappoja.
4. Sisältää enemmän helppoliukoista fosforia ja vähemmän vaihtuvaa kalkkia, jos määritykset tehdään tuoreista tai jäädytetyistä näytteistä. Valkolahohumuksessa esiintyvien kalsiumoksalaattikiteiden ja oksalaatin johdosta otaksutaan viimeksi mainittujen vaikuttavan kalkin liukoisuuteen.
5. Sisältää helppoliukoista typpeä (NH_3, NO_3) merkittävästi enemmän kuin ympäröivä humus. Myös kokonaistyppipitoisuus on säännöllisesti korkeampi.
6. Hiili-typpi-suhde on alhaisempi.
7. Hiilidioksidin eritys on korkeampi mitattuna sekä maastossa että Warburg-laitteella.
8. Sisältää enemmän sokereita (anthroni-positiivisia aineita).
9. Edelliseen liittyen sokerilisäys hengittävään humusnäytteeseen kiihdyttää enemmän tavallisen kuin valkolahohumuksen hapenottoa, mutta sen sijaan gallihappo, pyrokatekiini ym. fenoliyhdisteet saavat valkolahohumuksessa ai-

kaan erittäin voimakkaan hapenkulutuksen lisääntymisen (jopa 10—12-kertaisen). Nämä aineet eivät sanottavammin vaikuttaneet tavallisen humuksen hapenkulutukseen. Valkolahohumus on lisäksi ilmeisesti herkempää eri myrkkyjen vaikutukselle kuin tavallinen humus.

Kun valkolahottajasieniä kasvatetaan puhdasviljelminä karikkeella laboratoriossa, ne saavat aikaan vastaavan karikkeiden happamuuden lisääntymisen.

Tulosten perusteella voidaan valkolahohumusta pitää biologisesti aktiivisena humustyyppinä, jossa karikkeen hajaantuminen tapahtuu nopeammin kuin tavallisessa kangashumuksessa. Metsäekosysteemin kannalta tärkeä ominaisuus on typen voimakas mobilisaatio, koska käyttökelpoisen typen puute useimmiten on maassamme puiden kasvua rajoittavana tekijänä. Myös näiden sienten aiheuttama useimpien humuksen fysikaalisten ja kemiallisten ominaisuuksien laikuttainen vaihtelu on merkittävä.

HAVUSAHATUKKIEN JÄREYDEN MUKAISET ARVOSUHTEET JA HINNOITTELUPERUSTEET

VEIJO HEISKANEN — KALEVI ASIKAINEN

THE VALUE RELATIONSHIPS AND PRICING PRINCIPLES OF CONIFEROUS SAWLOGS ON THE BASIS OF THEIR DIAMETER

SUMMARY

HELSINKI 1969

Helsinki 1970. Valtion painatuskeskus

ALKUSANAT

Sahatukkien arvosuhteita koskeva ongelma on viime vuosina tullut erittäin ajankohtaiseksi sahalaitosten kannattavuuden muututtua muutamana vuotena erittäin heikoksi. Ongelman ajankohtaisuutta lisää vielä sekin, että paperiteollisuus on alkanut entistä enemmän kilpailla sahateollisuuden perinteellisestä raaka-aineesta. Tällöin on tietenkin eduksi tuntea tukkien todelliset arvosuhteet, jotta raaka-aine voitaisiin jakaa tarkoituksenmukaisimmalla tavalla eri teollisuuksien kesken.

Esillä oleva tutkimus kuuluukin ensimmäisenä osana tutkimussarjaan, jonka tarkoituksena on selvittää teollisuuden raakapuun arvosuhdekysymys koko laajuudessaan. Seuraavana tullaan julkaisemaan sahatukkien laadun mukaisten arvosuhteiden perusteita selvittelevä työ.

Tutkimus aloitettiin v. 1965 valtion maatalous-metsätieteellisen toimikunnan myöntämän apurahan turvin Helsingin yliopiston yksityismetsätalouden laitoksessa. Samalla rahoituksella sitä jatkettiin vuodet 1966 ja 1967. Vuoden 1968 alusta työ on kuulunut metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosaston ohjelmaan ja se on rahoitettu laitoksen määrärahoilla.

Tutkimustyössä ovat apulaisinani toimineet metsänhoitajat Arto Tanhuanpää, Jouko Paloniemi, Heikki Koivisto, Matti Ahonen ja Kalevi Asikainen, joille kaikille esitän parhaat kiitokseni. Nimenomaan metsänhoitaja Asikaisen panos työssä vv. 1967—69 on ollut korvaamaton, ja hän onkin julkaisun toisena tekijänä. Metsänhoitaja Asikainen on suunnitellut ja johtanut tutkimuaineiston käsittelyä sekä osallistunut osatutkimusten valmisteluihin ja julkaisemiseen. Laskentatöissä on avustanut metsäteknologian osaston henkilökunta. Piirrokset ovat rouva Arja Panhelaisen piirtämiä. Konekirjoitustyön on tehnyt rouva Aune Rytkönen. Heille kaikille sydämelliset kiitokset.

Tässä yhteydessä on mieluisa velvollisuuteni kiittää myös metsäneuvos V. V. Valpasta, joka on antanut käytettäväkseni tutkimuksessa käytetyn simulointiohjelman, sekä metsänhoitaja Paavo Kuparista, metsäpäällikkö Hannu Ventolaa, metsänhoitaja Yrjö Rantalaa sekä diplomi-insinööri Erkki Turjaa, joiden myönteinen suhtautuminen on tehnyt mahdolliseksi koesahausten suorittamisen. Samoin kiitän kaikkien niiden sahalaitosten johtohenkilöitä, jotka vaivojaan säästämättä lähettivät vastaukset suorittamaani tiedusteluun.

Työtä valmistellessani minulla on ollut tilaisuus keskustella ongelmaan liittyvistä yksityiskohdista metsänhoitaja Kl. Pörhölän, metsänhoitaja Harri Pelkosen, diplomi-insinööri Reijo Riikosen ja metsänhoitaja Matti Sorrin kanssa. Heidän asiantuntevat näkemyksensä ovat monin paikoin vaikuttaneet tutkimuksen lopulliseen muotoon ja sisältöön. Kiitollisena toivon, että tämä yhteistyö voisi vielä jatkua tulevissakin tutkimustöissäni.

Käsikirjoituksen on metsäntutkimuslaitoksen puolesta lukenut professori Olavi Huikari.

Sipoossa 27. 7. 1969

Veijo Heiskanen

SISÄLLYS

Sivu

Johdanto 7
Tutkimusmenetelmien pääpiirteet 11
Tutkimusaineisto 13
Perusselvitykset 17
Läpimittaluokitus ja mittaustapa 17
Asetteet 22
Koesahaukset 30
Yleistä 30
Sumasahaus 31
Virheettömien tukkien koesahaus 32
Simulointi 37
Sahaustuloksen myyntihinta 41
Sahatavaran hinta-asteikko 41
Sahaustuloksen dimensiojakautuma 43
Pitkä tavara 43
Ahtauspätkät 44
Sahaustuloksen laatujakautuma 49
Sahatavaran laatuun vaikuttavat tekijät 49
Sydäntavara 51
Sivulaudat 54
Pintalaudat 55
Tuloksia 58
Raaka-aineen käyttösuhde 69
Käyttösuhteeseen vaikuttavat tekijät 70
Simulaattorin ja koesahausten tulokset 71
Korjauslaskelmat 73
Jätehyvitys 78
Yleistä 78
Jätteiden kokonaismäärä 79
Jätteiden jakautuminen 82
Jätteiden hinnoittelu 86
Jätehyvityksen suuruus 87
Sahatukkien bruttoarvo 89
Sahatavaran valmistuskustannukset 92
Sahatukkien nettoarvo 97
Yhdistelmä 101
Kirjallisuusluettelo 105
Summary in English 108
Liitetaulukot 112

JOHDANTO

Sahatukin arvo sahateollisuuden raaka-aineena muodostuu neljästä osatekijästä.

1. Sahaustuloksen myyntihinnasta, jolla tarkoitetaan tukista sahattavasta sahatavarasta saatavaa brutto- tai nettohintaa. Tämä hinta lasketaan yleensä sahatavarastandarttia tai muuta sahatavaran kuutioyksikköä kohden.

2. Jätehyvityksestä, jolla tarkoitetaan tukista sahauksessa jäävien jätteiden eli sahauksessa syntyvien sivutuotteiden myynnistä saatavaa nettohintaa. Tämä hinta ilmoitetaan yleensä jätteen irtokuutioyksikköä kohden, mutta arvosuhdelaskelmissa on pyrittävä selvittämään myös jätehyvitys sahatavarastandarttia tai tukkikuutiojalkaa kohden tahi vastaavia kaupallisia metrijärjestelmän yksiköitä kohti.

Edellä mainitut kaksi osatekijää muodostavat sahauksen tulopuolen.

3. Sahatavaran valmistuskustannuksista, joilla tarkoitetaan sahan tukkivaraston ja sahatavaran lähetyksen välillä syntyviä kustannuksia. Osa niistä on tukkikohtaisia, osa taas sahatavaran käsittelystä aiheutuvia ja osa yleis- ja yhteiskustannuksia, jotka yleensä ilmaistaan sahatavarastandarttia kohti. Toisin sanoen, osa kustannuksista saadaan selville tukkikuutiojalkaa ja osa sahatavarastandarttia kohden. Laskelmissa ne on syytä esittää sahatavarastandartille tai sahatavarakuutiometrille, jollaisina ne on saatavissa myös sahalaitosten kustannuslaskelmista.

4. Raaka-aineesta, raaka-ainekulutuksesta, jolla tarkoitetaan sahatavarayksikön valmistamiseen kuluvaa sahatukkimäärää. Se ilmaistaan yleensä raaka-aineen käyttösuhteena, j^3/std tai m^3/m^3.

Kaikkien em. tekijöiden yhteisvaikutuksena syntyy sahatukin arvo sahalla seuraavasti (vrt. Heiskanen 1968 b), kun käytetään englanninmittoja.

$$A = \frac{M+J-K}{R}, \text{ jossa}$$

A = tukin arvo sahalla, mk/j^3
M = sahaustuloksen myyntihinta, mk/std
J = jätehyvitys mk/std
K = kustannukset, mk/std
R = raaka-aineen käyttösuhde, j^3/std

Laskentakaavan voi esittää myös seuraavassa muodossa, kuten Sahatukkien hinnoittelutoimikunta on tehnyt (Mäntysahatukkien . . ., vrt. Heiskanen 1966).

$$A = \frac{\frac{(100-A_g-D)}{100} \times k_1 \times M + k_2 \times J - k_3 \cdot K}{R}, \text{ jossa}$$

A = tukin arvo sahalla, mk/j³
A_g = agenttipalkkio
D = diskonttokorko
k_1 = sahaustuloksen suhteellinen myyntihinta
M = 2 ½ × 7″ u/s-soiron hinta, mk/std
k_2 = suhteellinen jätemäärä
J = keskimääräinen jätehyvitys, mk/std
k_3 = suht. sahatavaran valmistuskustannukset
K = keskimääräiset valmistuskustannukset, mk/std
R = raaka-aineen käyttösuhde, j³/std

Kaikkiin em. osatekijöihin vaikuttavat useat eri seikat. Sahatukkien arvo vaihteleekin tunnetusti varsin paljon monista syistä. Tärkeimpinä näistä mainitaan kirjallisuudessa järeys ja puulaji sekä eräät vikaisuudet (esim. O. Heikinheimo 1964, Heiskanen 1965). Myös käytännössä näillä arvonvaihteluilla on huomattava merkitys. Monet tukkien arvoon vaikuttavat tekijät otetaankin huomioon eri tavoin puun korjuussa ja hankinnassa. Laatuominaisuudet ja vikaisuudet mm. ovat tärkeitä sahapuurunkojen apteeraukseen vaikuttavia tekijöitä, jotka määräävät useimmiten rungon katkaisukohdat. Monesti sahatukkeja tehtäessä etsitään myös ns. haluttuja läpimittoja tiettyjen sahatavaroiden valmistusta varten. Mainittujen seikkojen lisäksi tukin pituus ja muoto vaikuttavat tietyssä määrin tukin arvoon ja käyttökelpoisuuteen.

Kun kysymyksessä ovat tukin arvoon vaikuttavat tekijät, ne otetaan usein huomioon myös nimenomaan tukkien hinnoittelussa. Yleisesti käytetään eri hintaa männylle ja kuuselle. Vielä tavallisempaa on, että tukkien hinta porrastetaan läpimitan mukaisesti siten, että yksikköhinta on ainakin tiettyyn rajaan saakka sitä korkeampi, mitä järeämmästä tukista on kysymys. Järeyden mukaisessa hinnoittelussa käytetään myös rungon tai tukin kuutiota tunnuksena (vrt. Vuoristo 1932, Mäntysahatukkien . . . 1956). Hintaerot läpimittaluokkien välillä vaihtelevat eri sahalaitoksilla samanakin hankintakautena sahalaitoksen hintaryhmästä, markkinoista ja ilmeisesti myös laskentatavoista johtuen. Sahalaitosten väliset hintaerot saattavat aiheutua jonkin verran myös raaka-aineen alueittaisista eroavuuksista.

Laatu, laatuluokka, on samoin joskus hinnoitteluperusteena. Aivan yleisesti ostaja selvittää ainakin ylimalkaisesti leimikon tukkien laadun hintalaskelmiaan varten. Sitä vastoin täydellinen laatumaksutapa on meillä hyvin harvinaista, vaikka sitäkin on kokeiltu (esim. Heiskanen 1962). Eräänlainen mäntytukkien laatumaksutapa on käytössä myös kuluvana hankintakautena Päijänteen alueella.

Tukin pituus vaikuttaa tukkierän keskipituuden välityksellä monesti erän hintaan keskihinnan korotuksin ja alennuksin.

Vaikka nämä tekijät otetaan siis yleisesti käytännössä huomioon, ei täydellisiä tutkimuksia näistä kysymyksistä ole julkaistu meillä moniakaan, vaikka osakysymyksiä onkin valaistu useissa tutkimuksissa. K. Juvonen (1955) on julkaissut Heinolan sahalta hankittuun aineistoon perustuvan tutkimuksen järeyden mukaisista arvosuhteista. Laajempaan aineistoon pohjautuvia töitä ovat Pohjois-Suomen metsäteollisuuden ja metsähallituksen asettaman sahatukkien hinnoittelutoimikunnan mietintö (Mäntysahatukkien . . . 1956), ja Heiskasen (1966 a, ja b) laskelmat, jotka ovat ilmestyneet Suomen Sahanomistajayhdistyksen monisteina. Juvosen ja Heiskasen töissä käsitellään myös puulajin vaikutusta tukin arvoon.

Laajoja ja ansiokkaita osatutkimuksia järeyden vaikutuksesta on julkaissut Vuoristo (1932, 1936) selvitellen työpalkkakustannusten ja sahaustuloksen myyntihinnan riippuvuutta tukin latvaläpimitasta. K. Juvosen (1967) tietokonesahauksiin perustuva tutkielma valottaa myös eräitä tämän ongelman osia. Osaongelmia koskevista selvityksistä mainittakoon myös Isomäen (1966, 1967 b, 1968) sahausjätteitä koskevat selvitykset sekä Heiskasen (1966 e) raaka-aineen kulutusta käsittelevä kirjallisuustutkielma.

Laatukysymystä koskevista selvityksistä mainittakoon ennenkaikkea Siimeksen (1951, 1954, 1960) koesahauksiin perustuvat tutkimukset laatuluokan vaikutuksesta mänty- ja kuusisahatukkien sahaustuloksen myyntihintaan ja eräissä läpimittaluokissa raaka-aineen käyttösuhteeseen. Heiskanen (1951) on julkaissut pienen tutkielman Vuoriston laatuluokituksen pohjalta samasta kysymyksestä. Eri laatuluokkien tukkien arvosuhteita on esitelty em. sahatukkien hinnoittelutoimikunnan mietinnössä sekä Heiskasen (1966 c ja d) laskelmissa.

Eri vikaisuuksista on meillä tutkittu vain lenkouden vaikutusta sahaustuloksen myyntihintaan ja raaka-aineen käyttösuhteeseen (Siimes 1957). Heiskanen (1966 e) on kosketellut myös eräiden muiden vikaisuuksien vaikutusta käyttösuhteeseen ja on myöhemmin (1968 a) selvitellyt pystyoksien, korojen ja sydänhalkeamien vaikutusta sahaustuloksen laatuun.

Em. täydellisille arvosuhdelaskelmille (K. Juvonen 1955, Mäntysahatukkien . . . 1956, Heiskanen 1966 a ja b) on ominaista, että ne on tehty käytäntöä välittömästi palvelemaan. Ne osoittavat tietyn ajankohdan

tilanteen käytännön tarvitsemalla tarkkuudella, mutta ne eivät aineistoltaan täytä kokonaisuudessaan teoreettisia perusvaatimuksia. Näyttääkin siltä, että moitteettoman perusaineiston hankkiminen tuottaa tämän alan tutkimuksissa eniten vaikeuksia.

Kun yhteistoiminta eri ostajien kesken on tulemassa yhä kiinteämmäksi myös sahapuiden ostossa ja kun esillä on yhteistoiminta ostajien ja myyjien välillä hintasuositusten aikaansaamiseksi, on tarpeen saada nykyistä luotettavammin selville myös sahatukkien hinnoitteluperusteet. Ennenkaikkea on tällöin edessä järeyden ja laatuluokan mukaisten arvosuhteiden selville saaminen. Esillä olevan tutkimuksen kohteena on järeyden ja puulajin vaikutuksen selvittäminen havusahatukkien arvoon sahan varastossa. Tutkimus kohdistuu sekä laskentamenetelmän kehittämiseen että arvosuhteiden selville saamiseen tiettynä ajankohtana. Työ rajoitetaan koskemaan jälkimmäiseltä osaltaan vain eteläsuomalaisia, ankaraa lajittelua noudattavia vientisahoja, jotka käyttävät pääkoneinaan kehyssahoja. Osa tuloksista on jo julkaistu ennakkotiedonannon luonteisina (Heiskanen 1968 b, 1968 d, Asikainen 1968 a).

TUTKIMUSMENETELMÄN PÄÄPIIRTEET

Havusahatukkien arvosuhteita tutkittaessa on johdannossa esitetyn mukaisesti selvitettävä erikseen sahaustuloksen myyntihinnan, jätehyvityksen, sahatavaran valmistuskustannusten ja raaka-ainekulutuksen riippuvuus tukin latvaläpimitasta. Eri kohdissa on esillä olevassa työssä noudatettu pääpiirtein seuraavia tapoja ja menetelmiä.

Sahaustuloksen myyntihinnan latvaläpimitasta riippuvuuden selvittämiseksi on tunnettava sahatavaran dimensionaalinen ja laadullinen jakautuma eri läpimittaluokkien tukeissa sekä eri sahatavaradimensioiden ja -laatujen hinnat. Raaka-ainekulutusta tutkittaessa taas on tunnettava raaka-aineen käyttösuhde kussakin läpimittaluokassa.

Sahatavaran dimensionaalinen jakautuma sekä raaka-aineen käyttösuhde voidaan saada selville vain erikoisselvityksin, jollaisina tulevat kysymykseen eri tyyppiset koesahaukset. Samalla kuitenkin tiedetään, että tukista saatavan sahatavaran dimensiot riippuvat hyvin ratkaisevasti käytettävästä asetteesta, joka vaikuttaa melko paljon myös raaka-aineen käyttösuhteeseen ja jätteiden määrään. Tästä johtuen on tutkimusta varten oltava tiedossa kussakin läpimittaluokassa käytettävät asetteet ja niistä kunkin osuus ko. luokan sahauksesta. Nämä tiedot voidaan parhaiten hankkia sahalaitoksilta kerättävin tilastoin.

Koesahaukset on tämän jälkeen suunniteltava sillä tavoin, että ne käsittävät joko kaikki tai ainakin tärkeimmät asetteet. Toisin sanoen, koesahauksissa on sahattava kutakin läpimittaluokkaa kaikilla niillä asetteilla, jotka ovat käytännössä yleisiä tässä läpimittaluokassa. Asetteita koskevien tietojen lisäksi koesahaustulokset muodostavat tärkeän perusaineiston. Niitä käytetään sekä sahaustuloksen myyntihinnan, raaka-aineen käyttösuhteen että jätehyvityksen laskennan perustana.

Oman tärkeän perusaineiston muodostavat lisäksi tukkien keskipituutta ja muotoa koskevat tiedot, joita tarvitaan selviteltäessä varsinkin jätehyvitystä. Myös raaka-aineen käyttösuhteen ja sahaustuloksen dimensioiden määrittämisessä on oltava lähtökohtana tietty keskipituus ja muoto. Niistä pituutta koskevat tiedot saadaan parhaiten sahalaitoksilta kerättävillä tilastoilla ja muotoa koskevat aiemmin tehdyistä tutkimuksista, joista Aron ja Rikkosen (1966) ovat parhaiten ajan tasalla.

Sahatavaran laatujakautumia varten ei ilmeisesti voida suorittaa riittävän laajoja koesahauksia, vaan ne on tutkimusta varten selvitettävä tilastoin. Näissä otetaan selville kunkin sahatavaradimension jakautuma u/s-, kvintta- ja sekstalaatuihin. Vajaasärmälautojen osuudet eri läpimittaluokissa on kuitenkin tutkittava koesahauksin, sillä niihin läpimitan vaikutus on erittäin suuri.

Sahaustuloksen myyntihinnan laskemiseksi tarvitaan vielä hintatiedot eri kokojen ja laatujen hinnoista. Ne on esillä olevassa tutkimuksessa valittu tietyltä ajankohdalta IV hintaryhmästä männystä ja II ryhmästä kuusesta.

Raaka-aineen käyttösuhteen selvittämiseen tarvittavat tiedot on edellä jo mainittu. Jätehyvityksen osalta tarvitaan vielä eräitä lisäaineistoja. Varmin tulos saataisiin tietenkin koesahauksista, joissa tarkalleen mitattaisiin erilaisten jätteiden määrät. Tällaisiin kokeisiin ei ole kuitenkaan käytännössä mahdollisuuksia. Tavanomaisista koesahauksista saadaan selville vain jätteiden kokonaismäärä. Sen jakautuminen hakkeen ja purun kesken on selvitettävä laskemalla purun paljous sahausrakojen suuruuden ja määrän perusteella.

Hakkeen ja purun hinnat, joita tarvitaan hinnoittelulaskelmissa, saadaan parhaiten sahalaitoksien tilastoista.

Sahauskustannusten selvittäminen muodostaa aivan oman, muista erillisen ongelman, joten sen menetelmän kuvaamiseen ei ole tässä yhteydessä tarvetta.

TUTKIMUSAINEISTO

Tutkimuksen aineisto koostuu kahdesta osasta, nimittäin koesahausaineistosta, jonka avulla on pyritty selvittämään sahaustuloksen myyntihintaan, jätehyvityksien ja raaka-aineen käyttösuhteeseen liittyviä kysymyksiä käytännössä, ennenkaikkea em. osatekijöiden riippuvuutta tukin latvaläpimitasta, ja tilastoaineistosta, jonka avulla on pyritty selvittämään sahaustuloksen myyntihinnan muodostumisen perusteet sekä jätehyvityksen ja raaka-aineen käyttösuhteen käytännön keskiarvoja.

Koesahausaineisto on kerätty kahdella tavalla, nimittäin suorittamalla koesahauksia eräillä sahalaitoksilla sekä suorittamalla ns. tietokonesahauksia simulaattorilla, jonka H. Saastamoinen Oy hyväntahtoisesti luovutti käyttöön.

Koesahauksia suoritettiin pääasiassa kahdella sahalaitoksella, nimittäin Lohjanvesistön Metsä Oy:n sahalla Lohjalla ja Veitsiluoto Oy:n Kevätniemen sahalla Lieksassa. Lisäksi saatiin käytettäväksi Riihimäen Saha Oy:n Saidanlahden sahalla vv. 1965—66 suoritettujen koesahausten tulokset. Aineistot on esitelty läpimittaluokittain ja asetteittain liitteessä 1.

Erikoiskysymysten, nimittäin erilaisten koesahausten vertailemiseksi saatiin käytettäväksi Rauma-Repola Oy:n Martinniemen sahalla syksyllä 1966 suoritettujen koesahausten tulokset. Niiden aineistot nähdään liitteestä 2.

Nämä kokeet järjestettiin siten, että eräitä tuumaluokkia sahattiin kolmella tavalla.

1 erä: 20 kpl virheettömiä ja suoria tukkeja
2 erä: Vähintään 100 kpl virheettömiä ja suoria tukkeja
3 erä: Lenkoja, mutkaisia ja muutoin virheellisiä tukkeja, jotka hylättiin 2. erästä
4 erä: »Rupeaman» aikana vielä sahatut tukit, ns. normaalia sumaa.

Kahden keskimmäisen erän yhteistulosta voidaan pitää myös ns. sumasahauksen antamana tuloksena, joka vastaa lähinnä erän 4 tulosta. Ensimmäinen erä taas osoittaa pienen, virheettömiä tukkeja koskevan koesahauksen tuloksen. Vertailuksi tehtiin myös simulaattorikoesahaukset samoista tukeista.

Tilastoaineiston avulla pyrittiin hankkimaan sellaista laskelmia varten tarvittavaa tietoutta, joka ei selviä koesahauksista. Syksyllä 1966 lähetettiin tiedustelu 82 sahalaitokselle Suomen Sahanomistajayhdistyksen jäsenluettelon mukaan. Mukaan otettiin lisäksi sellaiset Suomen Sahat ry:n jäsensahat ja järjestöihin kuulumattomat laitokset, jotka vastasivat tuotantonsa suuruudelta em. yhdistyksen jäsensahoja.

Kysely oli sisällöltään seuraavanlainen:

»*Kysymys 1. Mitkä olivat eri läpimittaluokkien yleisimmin käytetyt soiro- ja lauta-asetteet ja mikä oli erikseen kunkin niistä ja erikseen koko lautasahauksen prosenttinen osuus läpimittaluokan sahauksesta v. 1965?*

Asetteet pyydetään ilmoittamaan puulajeittain sydänkappaleiden lukumäärän ja mittojen avulla, esim. 2/2×4, ja prosenttiset osuudet samoin puulajeittain (kummallekin puulajille om lomake), mikäli mahdollista prosentin tarkkuudella ja käyttämällä sahalla noudatettua läpimittaluokitusta. Läpimittaluokkien rajat merkitään ilmoittamalla pienin läpimitta, joka hyväksytään ko. luokkaan ja samoin pienin ko. luokan ylittävä läpimitta, joka ei enää kelpaa ko. luokkaan. Esim 11 ½—13″ tarkoittaa, että luokkaan kuuluvat tukit 11 ½″:sta hieman alle 13″:aan. T.s. 13″ ei enää kuulu tähän luokkaan. Huomattakoon myös, että eri asetteiden prosenttisten osuuksien summa voi olla alle 100, jos käytettyjä soiroasetteita on ko. läpimittaluokassa ollut yli kolme tai lauta-asetteita enemmän kuin kaksi.

Lautasahauksella tarkoitetaan sahausta asetteilla, joissa sydäntavaran paksuus on 1 ½″ tai sitä pienempi.

Kysymys 2. Mikä oli ahtauspätkien (stowage) osuus eri sahatavaradimensioissa ja -laaduissa v. 1965?

Osuudet pyydetään ilmoittamaan 0.1 %:n tarkkuudella, joko koko tuotannosta tai sitä koskevien tietojen puuttuessa vain joistakin laivauksista. Jälkimmäisessä tapauksessa olisi mainittava myös aineiston suuruus. Myös tässä tapauksessa männylle ja kuuselle täytetään oma lomakkeensa.

Pintalautojen ahtauspätkäsadannekset pyydetään ilmoittamaan laaduittain ja paksuuksittain sekä sekstan ainakin kahdessa leveysryhmässä.

Kysymys 3. Millä tavoin eri sahatavaradimensiot jakaantuivat u/s- ja V-laatuihin standartteina ja prosentteina v. 1965 ja mikä oli VI-laadun määrä leveysryhmittäin samoin v. 1965?

Jos VI-laadun määrä ja osuus on tiedossa dimensioittain, pyydetään se myös sillä tavoin ilmoittamaan. Prosenttiset osuudet voidaan jättää laskematta. Toisaalta voidaan ilmoittaa myös pelkät prosenttiosuudet. Kummallekin puulajille käytetään omia lomakkeitaan. Jakautumat pyydetään 3″, 2 ½″, 2″, 1 7/8″, 1 3/4″, 1 ½″, 1 ¼″, 1″, 7/8″ ja 3/4″:n tavaroista.

Kysymys 4. Millä tavoin pintalaudat ja muu ns. vajaasärmätavara jakaantuivat vienti- ja kotimaanlaatujen sekä muiden mahdollisesti erotettavien laatujen kesken standartteina ja prosentteina v. 1965?

Myös tässä tapauksessa prosenttiosuudet voidaan jättää laskematta. Mikäli laatujen nimitykset poikkeavat yleisesti käytetyistä, pyydetään ne lyhyesti määrittelemään.

Kysymys 5. Mikä oli raaka-aineen käyttösuhde sahauksissanne vv. 1962—65?

Kuten lomakkeesta nähdään, pyydetään käyttösuhdetta koskevat tiedot erikseen sahan ja erikseen metsäosaston mittauksen mukaan ilman mitään korjauksia, mikäli kummankin mukaiset tiedot ovat saatavissa. Lisäksi pyydetään jomman kumman mittaustavan mukaisia tietoja tukeista, nimittäin keskikuutiosta ja keskipituudesta. Kun käyttösuhde riippuu monista tekijöistä, kysytään vielä tietoja tukkien mittauspaikasta ja mittaustavasta sahalla, tehtävistä mitta-alennuksista, lautasahauksen osuudesta ja pintalautojen ottotavasta.

Kysymys 6. Miten sahallanne v. 1965 käytetyt tukit jakautuivat eri läpimittaluokkiin ja mikä oli niiden keskipituus läpimittaluokittain?

Tiedot pyydetään antamaan sahan mittauksen mukaisina ½″:n luokin 15″:aan saakka ja loput yhtenä eränä. Jos sahan mittauksen mukaan tällaista tietoa ei voida antaa, pyydetään ilmoittamaan metsäosaston mittauksen mukaiset tiedot.

Myös tässä lomakkeessa voidaan prosentit jättää laskematta.

Kysymys 7. Mikä oli jätteiden eri lajien määrä ja käsittelykustannukset sahallanne vv. 1962—65 ja mikä oli niistä saatu bruttohinta?

Jätteen määrä pyydetään erittelemään lajeittain sekä ilmoittamaan hakkeen laatutietoja ja jätteiden mittauspaikat. Tärkein tieto olisi jätteiden määrä, i-m³/std.

Käsittelykustannuksilla tarkoitetaan hakkeeksi teon ja varastoinnin sekä kuormauksen kustannuksia, mutta siihen ei lueta kuljetuskustannuksia. Bruttohinnalla tarkoitetaan jätteen hintaa sahalla vapaasti kuljetusvälineessä tai sitä kirjanpidollista hyvitystä, jonka saha saa jätteistään.»

Vaikka myöhemmin tehtiin vielä täydennyskysely jäi vastausprosentti verraten alhaiseksi. Eri kysymyksiin saatiin seuraavat määrät vastauksia:

Kysymys	1	2	3	4	5	6	7
Vastauksia	23	24	29	27	27	30	20

Sahat, jotka lähettivät vastauksia joko kaikkiin kysymyksiin tai osaan niistä olivat:

A. Ahlström Osakeyhtiö, Pihlavan saha, Pihlava
A. Ahlström Osakeyhtiö, Warkauden tehtaat, Varkaus
Enso-Gutzeit Osakeyhtiö, Hietasen saha, Kotka
Enso-Gutzeit Osakeyhtiö, Norjan saha, Kotka
Hackman & Co, Honkalahden saha, Joutseno
Heinolan Faneritehtaan saha, Heinola
Iisalmen sahat Oy, Peltosalmi
Kajaani Oy, Kajaani
Oy Kaukas Ab, Lappeenranta
Kemi Oy, Karihaaran saha, Kemi
Kuhmo Oy, Kuhmo
Kuhmoisten saha Oy, Kuhmoinen
Oy Kyrö Ab, Timinsaari
Kyttälän saha, Kokemäki
Osuuskunta Metsäliitto, Metsä-Saimaan tehtaat, Lappeenranta
Metsäliiton Selluloosa Oy, Äänekosken tehtaat, Äänekoski
Oy Nokia Ab, Nokia
Oulu Osakeyhtiö, Hyrynsalmen saha, Hyrynsalmi
Oulu Osakeyhtiö, Pateniemen saha, Haukipudas
Pälsin saha Oy, Loppi
Rauma-Repola Oy, Lahden tehtaat, Lahti
Rauma-Repola Oy, Martinniemen tehtaat, Haukipudas
H. Saastamoinen Oy, Kuopio
Oy. Wilh. Schauman Ab, Jyväskylän saha, Jyväskylä
G. A. Serlachius Oy, Kolho
SOK, Vaajakosken tehtaat, Vaajakoski
Sotka Oy, Hämeenlinnan saha
Suomussalmen Puu Oy, Suomussalmi
Oy Tampella Ab, Eklöfin tehtaat, Porvoo
Oy Tampella Ab, Inkeroisten saha, Inkeroinen
Valtion Polttoainetoimisto, Hankasalmen saha, Hankasalmi
Veitsiluoto Oy, Veitsiluodon saha, Kemi
Yhtyneet Paperitehtaat Oy, Olkkolan saha, Jämsänkoski
Veitsiluoto Oy, Kevätniemen saha, Lieksa
Lohjanvesistön Metsä Oy, Lohja

Erikoiskysymyksenä jouduttiin selvittämään vaakasuoran ja ohuimman läpimitan suhde mänty- ja kuusisahatukeissa. Tätä koskeva aineisto kerättiin Riihimäen Saha Oy:n Riihimäen sahalta. Se käsittää 1 759 mäntytukkia ja 1 573 kuusitukkia.

PERUSSELVITYKSET

Läpimittaluokitus ja mittaustapa

Sahatukkien järeyden eli läpimitan mukaisia arvosuhteita hinnoittelutarkoituksia varten selvitettäessä on ensimmäisenä tehtävänä käytettävän läpimittaluokituksen ja perustana pidettävän mittaustavan valitseminen. Luonnollisin perusläpimitta on latvaläpimitta, johon perustuvat sekä sahatukkien hinnoittelu että tukkien jakaminen ryhmiin sahausta varten. Ongelmana onkin se sovelletaanko tutkimuksessa sahauksessa käytettäviä vai tukkien vastaanottomittauksissa käytettäviä luokituksia ja mittaustapoja.

Sahatukkien vastaanottomittauksessa käyttävät kaikki ostajat paksuuden määrittämisessä samaa ½″:n alenevaa luokitusta ja läpimitta mitataan tasausvaran etäisyydeltä tukin latvasta vaakasuoran mitan mukaan niinkuin mittaussääntö edellyttää. Sahalla käytetään myös yleisimmin ½″ luokitusta luokkarajojen ollessa täysillä ja puolilla tuumilla, mutta eräillä sahoilla esiintyy ³/₄″:n ja 1″:n luokkia ja jotkut ovat viime aikoina alkaneet soveltaa ¹/₄″:n luokitusta. Kun hinnoittelua kuitenkin pyritään soveltamaan puutavaran ostossa on luonnollista, että luokituksena käytetään puolen tuuman luokkajakoa.

Mittaustapa on sahalla usein toisenlainen kuin mittaussääntö edellyttää. Tukin paksuus mitataan siellä yleensä ohuimman läpimitan perusteella. Lisäksi tehdään monilla sahalaitoksilla kurssauksia eli läpimitan alennuksia tukeissa esiintyvien vikaisuuksien vuoksi. Sahan mitta onkin aina pienempi kuin metsäosaston mitta. Perusmittana on kuitenkin käytettävä sahan mittauksen mukaisia läpimittoja, koska sahauskin toimitetaan niiden mukaisesti. Tutkimusteknillisistä seikoista johtuen läpimitan mittaus katsotaan kuitenkin suoritettavan ilman kurssauksia ohuimman läpimitan mukaan.

Sahan mitan ja metsäosaston mitan eroon vaikuttaa kolme mittaukseen liittyvää tekijää. Yksi on em. mittaustapojen eroavuus ja toiset ovat mittausvirheet metsässä ja mittausvirheet sahalla.

Mittaustapojen erilaisuuden teoreettinen vaikutus tukin kuutiomäärään ilmenee seuraavista Pöntysen (1959) esittämistä muuntoluvuista, jotka

osoittavat, montako prosenttia vaakasuoran läpimitan mukaan laskettu kuutiomäärä on ohuimman läpimitan mukaan lasketusta kuutiomäärästä Etelä-Suomessa.

Mäntytukit	102.8 %
Kuusitukit	102.5 %

Tuovisen (1952 b) aineiston mukaan teoreettinen mittaussuunnan vaikutus on vielä suurempi, mutta hän toteaa, että mittausta ei metsässä aina suoriteta vaakasuoran läpimitan mukaan. Vielä vaikeampaa on sahalla käsinmittauksessa ohuimman läpimitan löytäminen. Tästä johtuu, että mittaustapojen eroavuuden vaikutus on käytännössä teoreettisesti laskettua pienempi. Tuovinen toteaakin, että »sahamitta oli vaakatason kaupallista rantamittaa pienempi seuraavasti: puolipuhdas mänty 3.6 %, kuorellinen mänty 3.9 % ja kuorellinen kuusi 1.8 %».

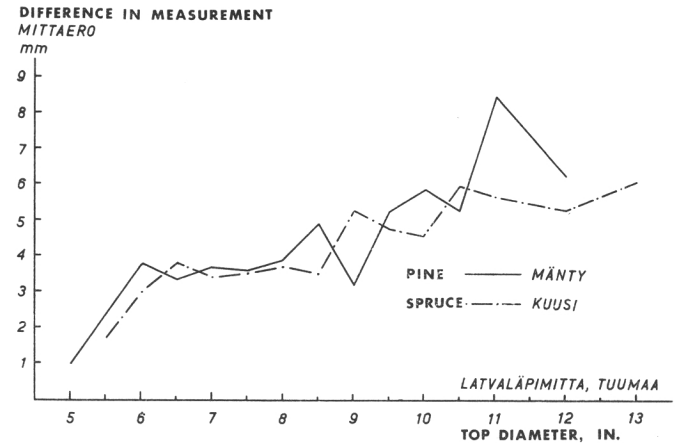
Jos sahalaitoksilla on elektroninen valokennomittaus, jonka pitäisi antaa varmasti ohuin läpimitta, lienee ero metsäosaston ja sahan välillä suurempi kuin käsinmittauksessa.

Mittausvirheitä tapahtuu metsässä ja sahalla. Metsässä kuorellisia tukkeja mitattaessa saadaan kuutiomäärä läpimitan virheellisen mittauksen takia oikeaa suuremmaksi. Tuovinen (1952 a) sai mittaeroksi 2.2 % ja toisessa tutkimuksessa (1952 b) kolmelle eri miehelle 0.14 %, 0.40 % ja 0.89 %. Käytännön kontrollimittauksista saadaan vastaavanlaisia tietoja. Esimerkkinä mainittakoon Kemijoen Uittoyhdistyksen kontrollin tulokset hankintakaudelta 1966/67. Niiden mukaan oli vastaanottomittauksissa mäntytukit mitattu 0.24 % ja kuusitukit 0.37 % tarkistusmittauksen tulosta suuremmaksi. Tarkistusmittauksen teoreettista tarkkuutta ei tunneta.

Sahalaitoksilla mitattaessa tukkien kuutiomäärä saadaan läpimittojen virheellisen mittauksen ja läpimitan alennusten vuoksi oikeaa pienemmäksi. Vuoriston mukaan sahan mittaajan saama tulos oli yhdellä sahalla 1.5 % ja toisella 4.7 % tarkistusmittauksen tulosta pienempi. Heiskanen (1959) mainitsee kahdelta sahalaitokselta 0.7—4.2 %:n mittaerot eri läpimittaluokissa. Ronkasen (1950) mukaan mittaero on 2—5 % ja Tuovisen (1952 a) tutkimukset osoittavat, että sahalla oli keskikuutio 4 % pienempi kuin tarkistusmittauksen tulos.

Nykyisin mittaukset sahoilla ovat tulleet entistä tarkemmiksi ja varsinainen mittausvirhe on ilmeisesti aivan olematon. Kurssausten määrästä riippuu, kuinka suureksi kokonaisvirhe muodostuu. Ilmeisesti se on kuitenkin keskimäärin pienempi kuin em. tutkimustulokset osoittavat.

Mittaeron suuruuteen vaikuttavat lisäksi eräät tekijät, jotka vielä suurentavat metsän ja sahan välistä eroa tässä suhteessa. Ne esiintyvät sahalai-



Piirros 1 a. Vaakasuoran ja ohuimman latvaläpimitan eroavuus eri läpimittaluokissa.

Fig. 1 a. The difference in the perpendicular and smallest diameter measurement in the various diameter classes.

toksilla, joilla mittoja ei kirjata automaattisesti mittauksen yhteydessä. Esimerkiksi mainittakoon, että sahuri voi kirjata tukit väärään läpimittaluokkaan sahattaessa rupeaman lopussa alkuperäisen luokan loppuessa jotakin toista, yleensä ½″ suurempaa luokkaa.

Sanottujen mittaerojen vuoksi sahan läpimittaluokitukseen ja mittaukseen perustuvat arvosuhteet eivät sellaisenaan kuvaa metsäosaston mittauksen mukaisten läpimittojen arvosuhteita. Laskelmiin onkin tehtävä kaksi korjausta pyrittäessä soveltamaan tuloksia sahatukkien läpimittaluokittaiseen ostohinnoitteluun.

1. On laskettava metsäosaston so. vaakasuoran mitan mukaisten läpimittaluokkien sisältämät kapeimman mitan mukaiset läpimitat ja näiden tietojen mukaan tehtävä korjaus arvolukuihin. Toisin sanoen, on muunnettava ohuimman läpimitan mukaiset arvosuhteet vastaamaan vaakasuoria läpimittoja.

Suoritetun erikoisselvityksen mukaan vaakasuoran läpimitan ja ohuimman läpimitan välinen ero suurenee tukin (vaakasuoran) läpimitan kasvaessa, kuten piirroksesta 1 a nähdään. Keskimääräinen ero vaihtelee läpimittaluokittain 1 mm:stä yli 8 mm:iin. Molempien läpimittojen välinen riippuvuus on kuitenkin luonnollisesti hyvin vahva, korrelaatiokertoimen arvo on kummassakin puulajissa 0.999.

Tarkat ohuimmat läpimitat saadaan aineiston mukaan vaakasuorasta läpimitasta kaavalla:

Mänty: y = 0.972 x + 1.9
Kuusi: y = 0.980 x + 0.4, joissa

y = ohuin läpimitta millimetreinä
x = vaakasuora läpimitta millimetreinä

Taulukko 1. Vaakasuoriin läpimittaluokkiin kuuluvien tukkien jakautuminen ohuimman läpimitan mukaan.
Table 1. The distribution of logs belonging to the perpendicular diameter classes according to the smallest diameter.

Vaakasuora läpimitta, tuumaa *Perpendicular diameter, in.*	Mänty — *Pine*			Kuusi — *Spruce*		
	Ohuin läpimitta — *The smallest diameter*					
	sama *same*	—½″ —½ *in.*	—1″ —1 *in.*	sama *same*	—½″ —½ *in.*	—1″ —1 *in.*
	%					
5	87	9	4	87	13	—
5 ½	85	11	4	85	15	—
6	83	13	4	83	17	—
6 ½	80	15	5	80	20	—
7	78	17	5	78	22	—
7 ½	76	18	6	76	24	—
8	73	20	7	74	26	—
8 ½	71	22	7	72	28	—
9	69	24	7	69	30	1
9 ½	66	26	8	67	32	1
10	64	28	8	65	34	1
10 ½	62	30	8	63	35	2
11	59	31	10	61	37	2
12	55	35	10	56	41	3

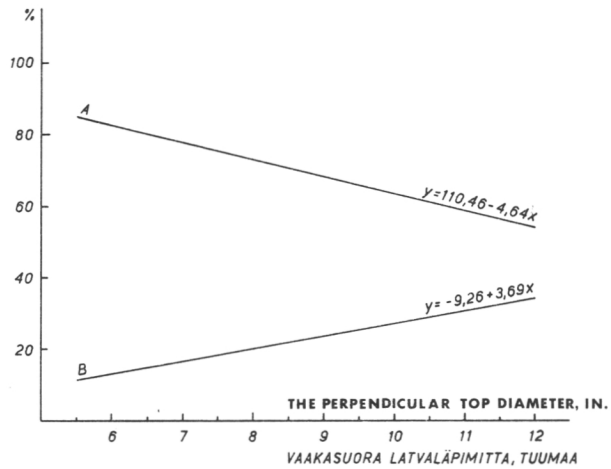
Käytännössä korjaus on kuitenkin suoritettava läpimittaluokkien puitteissa. Taulukossa 1 onkin esitetty kerätyn aineiston mukaiset tulokset vaakasuoriin läpimittaluokkiin kuuluvien tukkien jakaantumisesta ohuimmalta puolelta mitattuihin läpimittaluokkiin. Tasoitussuorien yhtälöt ovat seuraavat: (vrt. piirros 1 b ja 1 c).

— Vaakasuoria latvaläpimittoja vastaavat ohuimmalta puolelta mitattujen latvaläpimittojen osuudet (%) samassa läpimittaluokassa:

Mänty: y = 110.46—4.64 x
Kuusi: y = 107.04—4.41 x

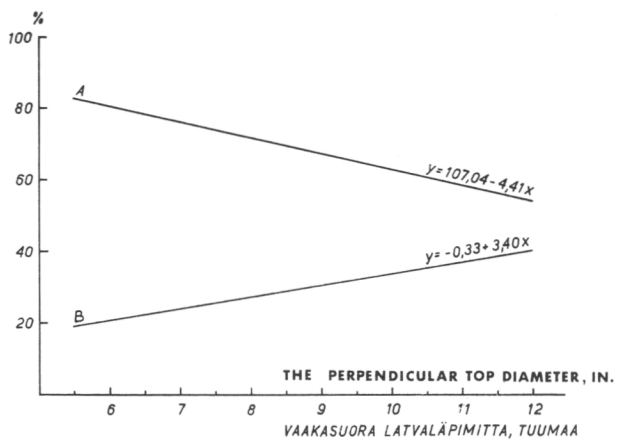
— Puoli tuumaa vaakasuoria latvaläpimittoja ohuempien (ohuimmalta puolelta mitattujen) latvaläpimittojen osuus:

Mänty: y = 3.69 x—9.26
Kuusi: y = 3.40 x—0.33



Piirros 1 b. Ohuinta läpimittaa eri läpimittaluokissa kuvaavat tasoitussuorat. Mänty.

Fig. 1 b. The regression lines showing the smallest top diameter in the various diameter classes. Pine.



Piirros 1 c. Ohuinta läpimittaa eri läpimittaluokissa kuvaavat tasoitussuorat. Kuusi.

Fig. 1 c. The regression lines showing the smallest top diameter in the various diameter classes. Spruce.

Yhtälöissä on x = vaakasuora läpimitta tuumina, ja y = %. Näitä jakautumia käytetään muunnettaessa perustutkimuksen mukaiset arvosuhteet sellaisiksi, että ne vastaavat metsässä sovellettavaa mittaustapaa. Muuntaminen suoritetaan vasta lopullisiin tuloksiin.

2. Kun metsässä saatava mitta on suurempi kuin sahalla saatava, on tämä otettava huomioon markkamääräisiä arvoja määritettäessä. Tämä korjaus suoritetaan metsäosaston ja sahan mittaerosadanneksella. Se on kerätyn tilaston mukaan 27 sahalaitoksen vuosien 1962—65 keskiarvona männyllä 1.80 ± 1.30 %, joka on itse asiassa yllättävän alhainen sadannes verrattuna em. tutkimuksissa julkaistuihin tietoihin. Kun on kysymys vain arvosuhteista ei tätä korjausta tarvitse tehdä tässä yhteydessä, mutta tuloksia hinnoitteluun käytettäessä on mainittu näkökohta tietenkin otettava huomioon.

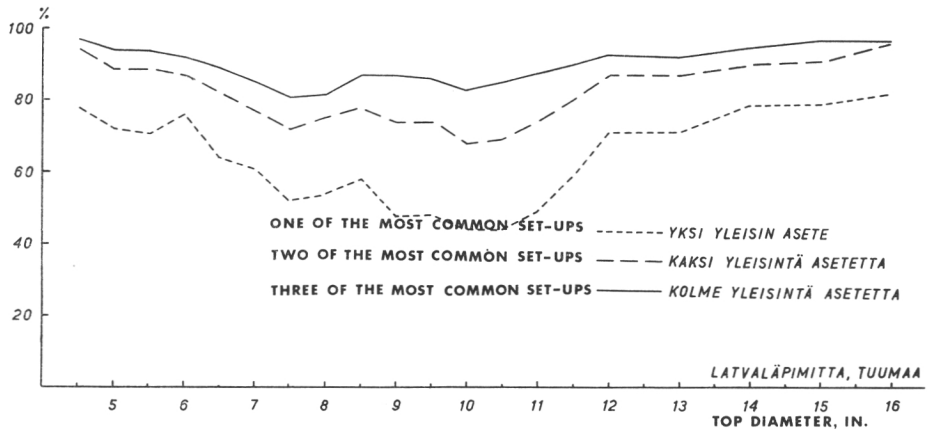
Asetteet

Sahaustuloksen dimensionaalinen jakautuma riippuu jokaisessa läpimittaluokassakin mitä suurimmassa määrin käytetyistä asetteista sekä sydäntavaran että sivulautojen osalta. Teoreettisesti oikea tulos saavutetaan arvosuhdelaskelmissa vain siinä tapauksessa, että tutkimukseen tai laskelmiin otetaan mukaan kaikki sahalla käytettävät asetteet eri sivulautayhdistelmineen. Asetteet voidaan selvittää laitoksen edellisen vuoden tilastoista.

Tällainen menetelmä on kuitenkin hyvin vaivalloinen, sillä useimpien tuumaluokkien sahaukseen käytetään aivan yllättävän monia sahaustapoja. Sahalaitoksilta kerätyn tilaston mukaan, jossa tiedusteltiin kolmea yleisintä soiro- ja kahta yleisintä lauta-asetetta, saatiin tietoon taulukossa 2 esitetyt määrät siis verraten yleisesti käytettyjä sydäntavara-asetteita. Lisäksi esiintyy kuitenkin myös harvinaisia aivan satunnaisesti käytettyjä asetteita.

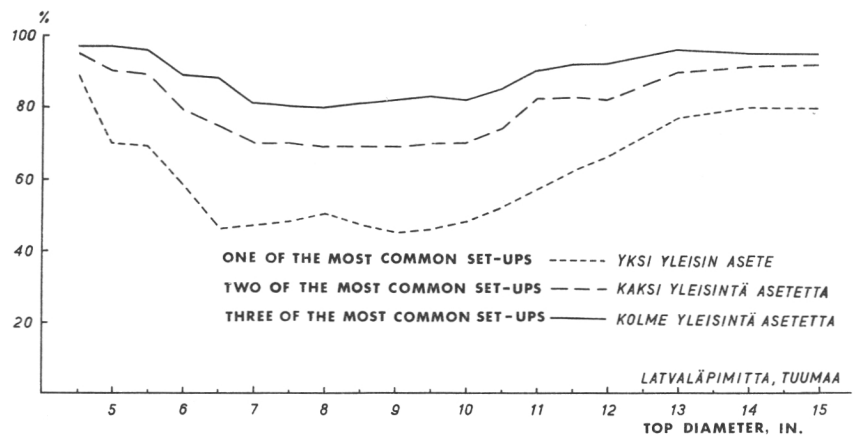
Taulukko 2. Yleisesti käytettyjen asetteiden lukumäärä eri läpimittaluokissa.
Table 2. The number of the most commonly used centre goods set-ups in the various diameter classes.

Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter, in.*	Mänty — *Pine*			Kuusi — *Spruce*		
	Soiro-asetteita *Batten set-ups*	Lauta-asetteita *Board set-ups*	Yhteensä *Total*	Soiro-asetteita *Batten set-ups*	Lauta-asetteita *Board set-ups*	Yhteensä *Total*
5	..	..	..	5	12	17
5 ½	..	..	..	6	8	14
6	11	9	20	9	14	23
6 ½	12	16	28	14	14	28
7	14	16	30	13	17	30
7 ½	14	18	32	13	18	31
8	12	15	27	13	17	30
8 ½	14	15	29	14	11	25
9	7	9	16	10	12	22
9 ½	9	9	18	13	12	25
10	9	7	16	11	10	21
10 ½	10	10	20	13	11	24
11	10	7	17	13	11	24
12	12	4	16	17	6	23
13	16	2	18	13	6	19



Piirros 2. Sahauksen keskittyminen yhteen, kahteen ja kolmeen yleisimpään asetteeseen eri läpimittaluokissa. Mänty.

Fig. 2. Concentration of sawings on one, two or three of the most common set-ups in the various diameter classes. Pine.



Piirros 3. Sahauksen keskittyminen yhteen, kahteen ja kolmeen yleisimpään asetteeseen eri läpimittaluokissa. Kuusi.

Fig. 3. Concentration of sawings on one, two or three of the most common set-ups in the various diameter classes. Spruce.

Taulukko jo antaa viitteen siitä, että kaikkiaan asetteita voi esiintyä yli kaksikymmentä kussakin läpimittaluokassa, sillä onhan näitä »yleisiäkin» jokaisessa tuumaluokassa hyvän matkaa toistakymmentä.

Eri sivulautayhdistelmät vielä lisäävät näitä lukumääriä jonkin verran, mutta niistä ei ole saatavissa tietoja.

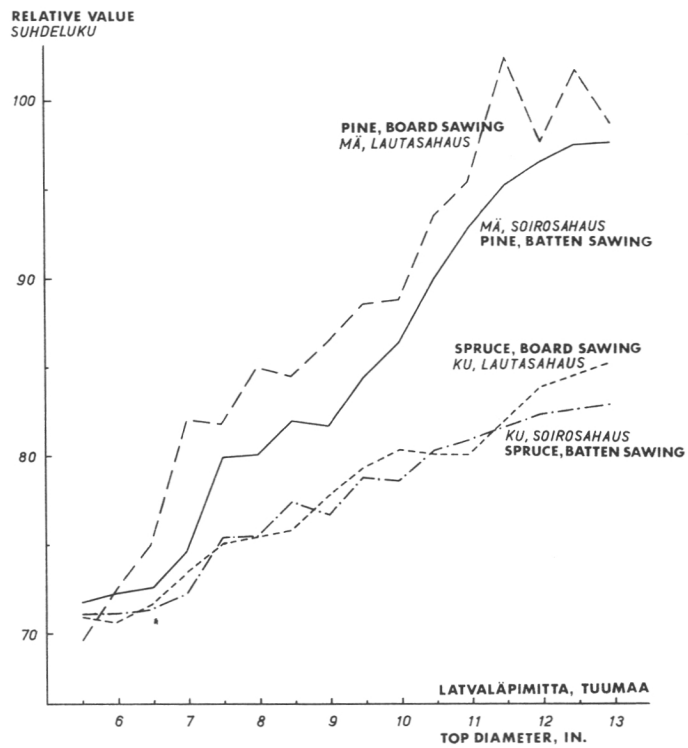
Voitaneenkin todeta, että ollaan ylivoimaisen tehtävän edessä koetettaessa suorittaa tutkimukset kaikkien asetteiden pohjalta. Kunkin läpimittaluokan sahaukset keskittyvätkin onneksi muutamiin yleisiin asetteisiin, kuten piirroksista 2 ja 3 ilmenee. Ne perustuvat kunkin sahalaitoksen ylei-

simmin käyttämiin asetteisiin, jotka eivät kuitenkaan ole läheskään aina samoja kaikilla laitoksilla. Esimerkiksi männyn 9″:n luokassa esiintyi yleisimpänä asetteena 3×6″, 2 ½×7″ ja 2×7″ (vrt. s. 30). Useimmissa läpimittaluokissa saadaankin varsin peittävä aineisto jo kolmen yleisimmän asetteen perusteella. Monissa läpimittaluokissa riittää kaksi asetetta tai sydäntavara-asetteen perusteella arvosteltaessa jopa yksikin asete.

Asetteiden osuus ei vielä osoita sitä, kuinka monta asetetta on otettava laskelmien pohjaksi. Kysymystä tutkittaessa on kiinnitettävä huomio kahteen seikkaan:

1. asetteiden erilaisuuteen ja
2. asetteiden lukumäärän vaikutukseen saatavaan tulokseen, so. sahaustuloksen myyntihintaan ja raaka-ainekulutukseen.

Asetteiden erilaisuutta tarkasteltaessa on aluksi syytä kiinnittää huomio sahaustapojen kahteen perusryhmään, nimittäin lankku- ja soiroasetteisiin



Piirros 4. Sahaustuloksen suhteellisen myyntihinnan riippuvuus tukin latvaläpimitasta lauta- ja soirosahauksessa.
Fig. 4. The dependence of the relative sales price of the sawing yield on the top diameter of the log in board and batten sawing.

Taulukko 3. Lauta- ja soiroasetteiden prosenttiset osuudet eri läpimittaluokkien tukkien sahauksessa.

Table 3. The percentage shares of board and batten set-ups of sawing in the various diameter classes.

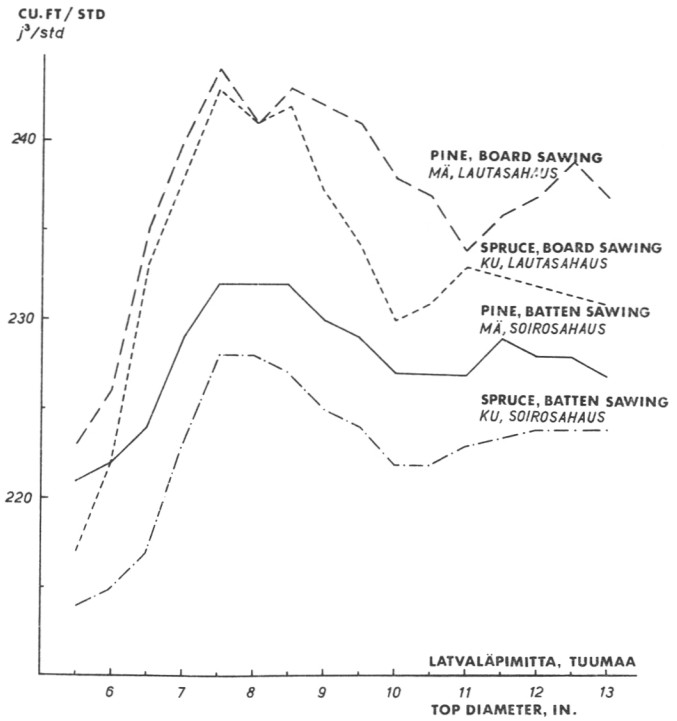
Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter, in.*	Mänty — *Pine*		Kuusi — *Spruce*	
	Soirosahaus *Sawing of battens*	Lautasahaus *Sawing of boards*	Soirosahaus *Sawing of battens*	Lautasahaus *Sawing of boards*
	%			
5 ½	90	10	74	26
6	90	10	71	29
6 ½	79	21	63	37
7	80	20	66	34
7 ½	79	21	75	25
8	88	12	75	25
8 ½	91	9	83	17
9	90	10	85	15
9 ½	94	6	77	23
10	92	8	75	25
10 ½	89	11	65	35
11	92	8	79	21
12	97	3	78	22
13	100	·	89	11

sekä lauta-asetteisiin, joita koskeva tarkastelu perustuu suurimmalta osaltaan A s i k a i s e n (1968 a) julkaisemiin tietoihin. Lankku- ja soiroasetteilla tarkoitetaan asetteita, joissa sydäntavaroiden paksuus on 2″ (1 $^{3}/_{4}$″) tai suurempi, ja jälkimmäisillä, siis lauta-asetteilla, sellaisia, joissa sydäntavaroiden paksuus on 1 ½″ tai sitä pienempi. Näillä asetetyypeillä on tai saattaa olla taloudellisuuden kannalta selvä ero, sillä lautojen ja soirojen hinnat ovat u/s-laadussa selvästi toisistaan eroavat.

Sahatavaralajien u/s-laadun hintaerot tuntuvat myös eri asetetyyppien sahaustuloksen myyntihinnassa, kuten piirroksesta 4 nähdään. Piirros perustuu simulaattorin antamiin tuloksiin ja kussakin läpimittaluokassa on mukana 1—5 asetetta sekä soiro- että lautasahausta laskettaessa.

Kummassakin puulajissa on lauta-asetteilla sahattaessa sahaustuloksen suhteellinen myyntihinta jonkin verran korkeampi kuin soiroasetteilla sahattaessa. Erotus on kuitenkin huomattavasti pienempi kuin u/s-laatujen hinnoissa, kuten onkin odotettavissa. Kvintan hinnat olivat näet kummassakin tavaralajissa laskenta-ajankohtana kuusella samat, ja männynkin V-laudoista saatiin vain hiukan parempi hinta kuin V-soiroista. Kvinttasadannes on ainakin lajittelematonta raaka-ainetta käytettäessä lautasahauksessa suurempi kuin soirosahauksessa (esim. V u o r i s t o 1931, J u s s i l a 1935).

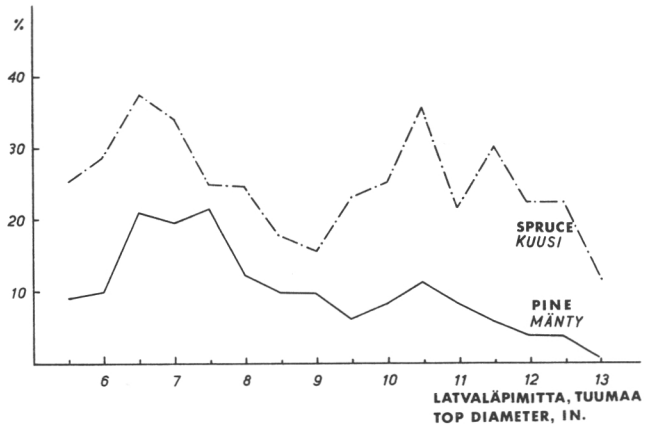
Lautasahaus vaikuttaa myös raaka-aineen kulutukseen, sillä sahausrakojen osuus siinä on aina suhteellisesti suurempi kuin soirosahauksessa



Piirros 5. Raaka-aineen käyttösuhteen riippuvuus tukin latvaläpimitasta lauta- ja soirosahauksessa.
Fig. 5. The dependence of the log consumption on the top diameter of the log in board and batten sawing.

(esim. Heiskanen 1966 e, K. Juvonen 1967). Sahaussimulaattorin tulos osoittikin selviä eroja lauta- ja soirosahausten raaka-aineen käyttösuhteissa. Piirroksessa 5 on esitetty keskimääräiset käyttösuhteet kummallekin asetetyypille samalla tavoin laskettuina kuin piirroksen 4 sahaustuloksen suhteelliset myyntihinnat (vrt. Asikainen 1968 a). Tulokset on korjattu tilastoaineiston perusteella vastaamaan käytännön käyttösuhdearvoja. Kuten havaitaan, kuluu lautasahauksessa keskimäärin huomattavasti enemmän tukkeja sahatavarastandartin valmistamiseen kuin soirosahauksessa.

Molemmat edellä mainitut seikat viittaavat siihen, että laskelmien pohjaksi on otettava kummankin tyyppisiä asetteita ainakin niissä läpimittaluokissa, joissa lautasahauksen osuus on merkittävä. Laskelmia varten on sen vuoksi tiedettävä myös lautasahauksen osuus kussakin läpimittaluokassa. Siinä onkin olemassa varsin suuria vaihteluja niinkuin piirroksessa 6 esitetyistä sahalaitoksille osoitetun tiedustelun keskiarvoista nähdään. Lautasahaus on siis keskimäärin yleisintä keskikokoisissa tukeissa (vrt. taulukko 3).



Piirros 6. Lautasahauksen osuus eri läpimittaluokkien sahauksessa.
Fig. 6. Board sawing's share in the sawing of the various diameter classes.

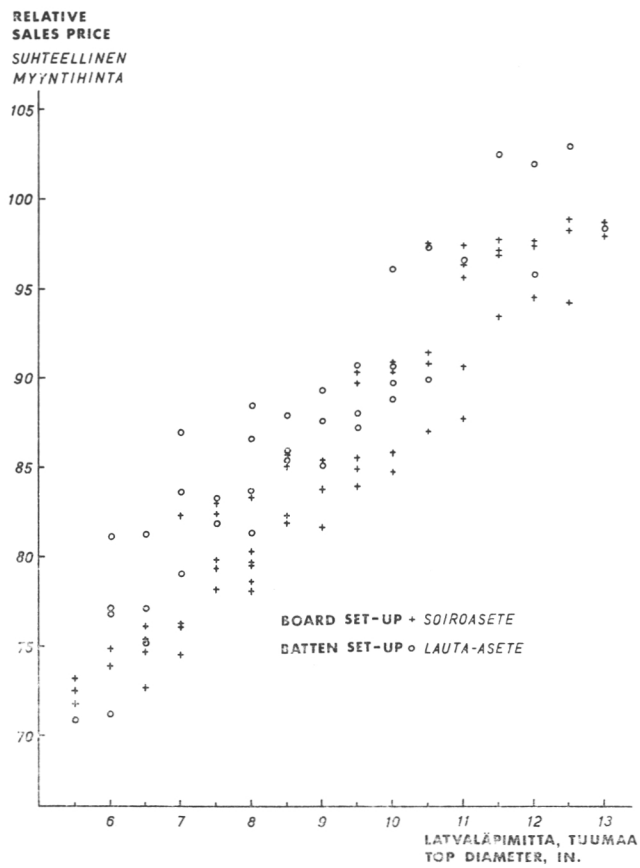
Samanlainen suunta on vallalla kaikilla sahalaitoksilla, mutta erot sahalaitosten välillä ovat suuret.

Asetteiden lukumäärän vaikutusta on aluksi syytä tutkia tarkastelemalla eri soiro- ja lauta-asetteilla saatuja sahaustuloksen suhteellisia myyntihintoja. Ne on kuvattu piirroksessa 7 läpimittaluokittain sahaussimulaattorin mukaan männylle.

Piirros osoittaa sahaustuloksen myyntihinnan kannalta varsin suuria eroja edullisimman ja epäedullisimman asetteen välillä näissä yleisesti käytetyissäkin asetteissa. Vastaavanlaisia eroja on myös käyttösuhteissa. Tämä viittaa siihen, että yksi ainoa asete tai kaksi asetetta, soiro- ja lauta-asete, eivät ole riittävän tarkkoja perustaksi arvosuhdelaskelmille. Asiaa tarkastellaan seuraavassa soveltamalla erilaisia laskentatapoja sahaustuloksen myyntihinnan ja raaka-aineen käyttösuhteen laskemiseksi. Vertailuun on valittu seuraavat tavat, joita kaikkia on tiettävästi sovellettu käytännön laskelmissa.

1. 4—5 yleisimmän asetteen perusteella ottamalla huomioon soiro- ja lauta-asetteiden käyttöosuudet.
2. Yleisimmän asetteen perusteella.
3. Edullisimman asetteen perusteella.

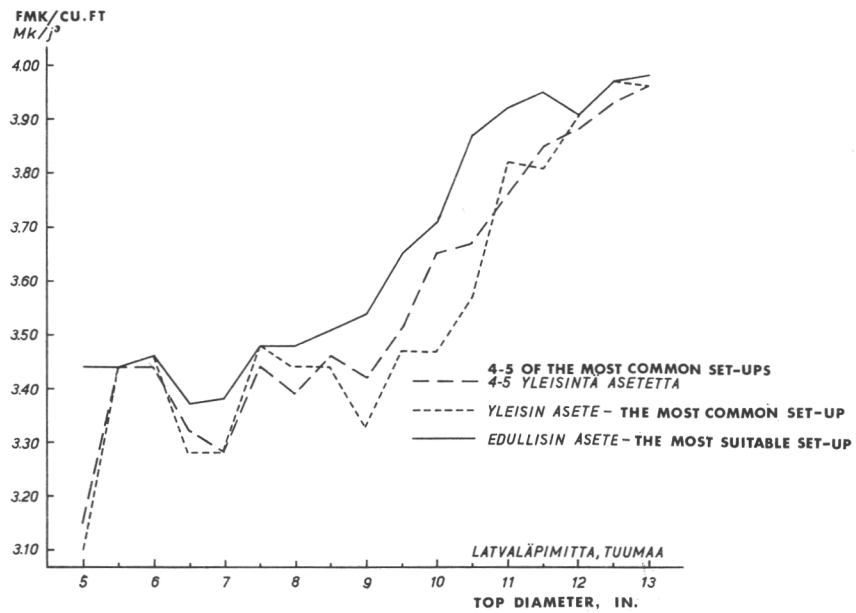
Asetteet on saatu jo mainitusta tiedustelusta. Vertailun tulokset nähdään piirroksesta 8, joka perustuu simuloinnin tuloksiin ja jossa asetteita vertaillaan tukkikuutiojalkaa kohden laskettujen sahaustuloksen myyntihintojen perusteella.



Piirros 7. Sahaustuloksen suhteellisen myyntihinnan vaihtelu eri asetteilla sahattaessa.
Fig. 7. Variation in the relative sales price of the sawing yield in different set-up sawings.

Piirros 8 osoittaa, että kaikki esitellyt tavat antavat samansuuntaisen tuloksen, mutta kuvaajat eroavat kuitenkin selvästi toisistaan. Kaikkein epävarmimman ja vaihtelevimman tuloksen antaa taloudellisesti edullisimpaan asetteeseen perustuva tapa, sillä joihinkin läpimittoihin on olemassa erittäin edullisia asetteita, kun taas toisissa paraskin asete eroaa vain vähän muista. Näistä syistä ei tätä tapaa voi suositella hinnoittelulaskelmien pohjaksi.

Toiset kaksi asetteiden valintatapaa ovat sitä vastoin paljon lähempänä toisiaan. Käytännön laskelmissa voidaan yleisimmän asetteen perusteella päästä verraten hyviin tuloksiin edellyttäen, että lautasahauksen osuus on verraten vähäinen. Yleensä tämä tapa antaa liian alhaisen sahaustuloksen myyntihinnan niissä läpimittaluokissa, joissa lautasahauksen osuus on kor-



Piirros 8. Sahaustuloksen myyntihinnan, mk/j³, riippuvuus laskentatavasta eli perustana olevien asetteiden valinnasta.
Fig. 8. The dependence of the sales price of the sawing yield on the calculation method, i.e. on the basis of the set-ups selected.

kea. Sen tulosta ei voidakaan pitää teoreettisesti tyydyttävänä, vaan laskelmat on perustettava tapaan, jossa lautasahauksen osuus otetaan huomioon.

Tällainen on edellä esitetyistä tapa n:o 1, jota esillä olevassa tutkimuksessa sovelletaan seuraavasti: Tutkimuksessa käytettäviksi asetteiksi valitaan kuhunkin läpimittaluokkaan 2—4 koko aineiston mukaan yleisintä soiroasetetta sekä 1—2 yleisintä lauta-asetetta. Kunkin asetteen osuus koko sahauksesta saadaan sahalaitoksilta kerätystä tilastosta, josta selviää myös lauta- ja soirosahauksen osuudet kussakin läpimittaluokassa (vrt. taulukko 3). Menetelmää voidaan soveltaa vastaavanlaisena myös yksittäisten sahalaitosten omissa laskelmissa. Pohjana käytetään silloin edellisen vuoden tilastoja, koska ne ovat luotettavimmat saatavissa olevista tiedoista.

Esillä olevassa tutkimuksessa käytetyt asetteet nähdään prosenttisine osuuksineen taulukosta 4. Ne osoittavat siis myös sen millä tavoin Suomen vientisahalaitoksilla sahattiin v. 1965 eri kokoiset tukit.

Taulukoista ilmenee, että laskelmien pohjana olevat asetteet peittävät männyssä 61.1—90.7 % sahauksesta. Kuusella peittävyys on huomattavasti vähäisempi, vain 44.0—80.0 %. Nämä sadannekset ovat alhaisempia kuin aiemmin sahauksen keskittymisestä eri sahalaitoksilla esitetyt tulokset (vrt. s. 23).

Taulukko 4. Tutkimuksen pohjana käytetyt sydäntavara-asetteet ja niiden prosenttiset osuudet eri läpimittaluokkien sahauksessa.

Table 4. The centre goods set-ups used as the basis of the study and their percentage shares of the sawing in the various diameter classes.

Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter, in.*	Asete 1 *The set-up 1*		Asete 2 *The set-up 2*		Asete 3 *The set-up 3*		Asete 4 *The set-up 4*		Asete 5 *The set-up 5*	
	" × "	%	" × "	%	" × "	%	" × "	%	" × "	%
				Mänty — *Pine*						
5 ½	2×4	49.3	1 1/2×4	14.9	2×3	5.7				
6	2×4	74.5	2×3	5.6	1 1/2×4	4.8	1 1/2×5	0.4		
6 ½	2×4	31.8	2×4 1/2	16.4	2×5	10.7	2 1/2×4	9.2	1 1/2×4	3.1
7	2×5	60.8	2 1/2×4	5.6	7/8×5	3.6	1 1/2×6	3.3		
7 ½	2×6	36.6	2 1/2×5	9.8	2×5 1/2	7.8	1 1/2×6	6.7	2×5	5.9
8	2×6	34.8	2 1/2×6	23.5	2 1/2×5	6.2	3×4	3.5	1×6	2.5
8 ½	2 1/2×6	46.8	2×7	27.6	3×5	3.7	1 1/4×6	1.5		
9	3×6	35.0	2 1/2×7	27.8	2×7	20.0	1 1/4×6	4.0	1 1/2×6	3.9
9 ½	2 1/2×7	41.9	3×6	14.9	2×8	13.9	3×7	3.3	1 1/4×6	2.2
10	3×7	31.3	2×8	22.5	2 1/2×8	14.3	3×6	7.4	1 1/2×6	1.9
10 ½	3×7	20.1	2×8	12.5	3×8	15.2	2×9	14.8	1 1/4×8	1.8
11	2×9	33.6	3×8	32.8	2 1/5×9	10.7	3×9	4.8	1 1/2×8	2.3
12	3×9	63.9	2×9	15.1	3×8	6.3	1 1/4×9	1.2		
13	3×9	64.7	2×9	10.8	3×11	9.5	1 1/4×8	0.3		
				Kuusi — *Spruce*						
5 ½	2×4	61.1	1 1/2×4	9.3	1 7/8×4	4.0	1 3/4×4	2.8	1 1/4×4	2.8
6	2×4	57.2	7/8×4	9.7	1 3/8×4 1/2	2.2	1 3/4×4 1/2	2.5		
6 ½	2×5	12.8	2×4	12.2	2×4 1/2	11.5	7/8×5	7.9	1 1/4×5	1.3
7	2×5	44.4	2 1/2×4	11.5	7/8×5	5.8	3/4×5	4.9	2×5 1/2	2.5
7 ½	2×6	26.6	2 1/2×5	15.5	2×5	9.7	2×5 1/2	6.8	1 1/4×5	3.8
8	2×6	26.9	2 1/2×6	24.9	3×4	10.2	7/8×6	5.5	3×5	3.2
8 ½	2 1/2×6	25.8	2×7	16.9	1 1/4×6	8.2	7/8×6	1.2		
9	3×6	25.7	2 1/2×7	25.4	1 1/4×6	4.7	1 1/2×6	4.5		
9 ½	2 1/2×7	19.3	2×8	12.2	1 1/4×7	9.8	1 1/2×6	2.7		
10	3×7	43.2	1 1/4×8	9.8	2×8	9.0	1 1/2×7	2.1		
10 ½	3×7	29.3	1 1/4×8	23.8	3×8	8.9	1 1/2×8	3.8		
11	3×8	29.3	2×9	10.2	1 1/4×8	8.6	2 1/2×9	6.3		
12	3×9	51.0	3×8	6.8	1 7/8×9	4.2	1 1/4×9	9.2		
13	3×9	65.1	3×11	9.4	1 1/2×9	4.2	1 7/8×11	0.4		

Koesahaukset

Yleistä

Sahaustuloksen dimensionaalinen jakautuma on selvitettävä laskelmia jatkettaessa kultakin tutkimuksen pohjaksi valitulta asetteelta. Siihen voidaan käyttää mm. seuraavia tapoja.

1. Posteeraustaulukoiden avulla samalla tavoin kuin sahauslaskelmia perinteellisesti laadittaessa tehdään. Menetelmä on kuitenkin verraten epätarkka ja myös melko vaivalloinen. Teoreettisesti päteviä tuloksia ei menetelmällä voidakaan saada.

2. Graafisella menetelmällä, jota käytettäessä lasketaan millimetripaperille tehdyistä poikkileikkauspiirroksista eri tavaralajien määrä ja osuus sahaustuloksesta (esim. Siimes 1962 b). Menetelmä muistuttaa hyvin läheisesti edellistä posteeraustaulukkomenetelmää, mutta on sitä paljon vaivalloisempi, jollei apuna käytetä tietokoneita. Silloin onkin kysymys simulaattorista, jota käytettäessä tietokone suorittaa sahatavaran ja tukin mitoista annetuista tiedoista lähtien »koesahauksen». Tähän palataan jäljempänä. — Alkuperäinen graafinen menetelmä ei voi tulla kysymykseen laajoissa tutkimuksissa.

3. Tarkimmat tulokset saadaan koesahauksin, jotka voivat olla joko sumasahauksia tai virheettömien tukkien koesahauksia. Molempia näitä menetelmiä tarkastellaan seuraavassa yksityiskohtaisesti.

4. Sahaussimulaattori, joka on uusin menetelmä, tulee myös tietenkin kysymykseen ja sitä onkin jo käytetty eräissä tutkimuksissa (Riikonen ja Ryhänen 1965, Valtion tietokonekeskus 1966, K. Juvonen 1967, Asikainen 1968 a). Sahan tuotannon ja myynnin suunnitteluun käytetään sahaussimulaattoria jo varsin useilla sahalaitoksilla Suomessa ja Ruotsissa (esim. Pörhölä 1969, Pelkonen 1969). Tätäkin menetelmää tarkastellaan jäljempänä yksityiskohtaisesti.

Sumasahaus

Aiemmin on suositeltu koesahauksiin, myös nyt esillä olevia tarkoituksia varten, ns. sumasahauksia, joissa koetukit valitaan tai, oikeammin, otetaan sahan tavanomaisesta lajittelemasta sumasta. Tällaisissa sahauksissa pyritään aineisto saamaan ainakin yhden rupeaman käsittäväksi, jotta mittausvirheiden sekä tukkien muotovikaisuuksien aiheuttamat epätarkkuudet ja vaihtelu saataisiin edes jossakin määrin eliminoiduksi. Tämä menetelmä on kaikesta huolimatta aina kallis, mutta jos aineisto on riittävän laaja, se antaa käytäntöä vastaavan tuloksen, johon tietenkin hinnoittelututkimuksissa pitäisikin pyrkiä. Aineiston riittävä laajuus on kuitenkin yleensä jo kustannussyistäkin vaikeasti saavutettavissa. Mainittakoon vain jotkut verraten harvoin sahattavat asetteet.

Menetelmän varjopuolena on lisäksi se, että saatuja tuloksia ei voida käyttää muuhun kuin vallitsevan tilanteen toteamiseen. Hinnoittelun kannalta se onkin riittävää, mutta kalliiden aineistojen hankkiminen on syytä suunnitella siten, että saatavia tuloksia voitaisiin käyttää muihinkin tarkoituksiin, esim. sahan tuotannon ja sahatavaran myynnin suunnitteluun. Tällöin on aineiston hankkimiseen vain kaksi mahdollisuutta, nimittäin virheettömillä tukeilla suoritettavat koesahaukset tai »koesahausten» suorittaminen tietokoneella simuloimalla. Sumasahaus on tässä tapauksessa käsittääkseni

täysin vailla käyttöä lukuunottamatta mahdollisesti eräitä suunnitteluun tarvittavien lisätietojen hankkimista.

Mainittakoon kuitenkin, että Vuoristo (1936) ja Sahatukkien hinnoittelutoimikunta (Mäntysahatukkien . . . 1956) ovat käyttäneet sumasahausta. Kummassakin tapauksessa on tutkijoilla ollut käytettävissään sahalaitosten toimesta aiemmin, pitkän ajan kuluessa hankittuja laajoja aineistoja. Jälkimmäisessä tapauksessa koesahausaineistot olivat peräisin Kemi Oy:n Karihaaran sahalta, jossa niitä oli kerätty useamman vuoden ajan vv. 1936—38 ja vv. 1951—53.

Virheettömien tukkien koesahaus

Virheettömillä tukeilla suoritettavat koesahaukset eivät kaipaa suuria tukkimääriä, sillä niissä pyritään tukkien tarkoituksenmukaisella valinnalla eliminoimaan hajontaa aiheuttavat tekijät, nimittäin pituuden vaihtelut, kapenemisen vaihtelut sekä lenkous ym. ns. muotoviat.

1. Teoriassa tulisi koe-erän tukkien vastata suunnilleen kulloinkin kyseessä olevan läpimittaluokan keskipituutta, ja myös pituusjakautumankin pitäisi olla sama kuin keskimäärin tutkittavassa läpimittaluokassa. Käytännössä tämä merkitsee sitä, että koe-erän tukkien joukossa olisi yleisten pituusluokkien, 14—18 jalkaa, lisäksi myös joitakin hyvin lyhyitä ja hyvin pitkiä tukkeja. Näiden harvinaisten tukkien löytäminen tuottaa useimmiten suuria vaikeuksia ja vie niin paljon aikaa, että menetelmä voi koitua näennäisestä helppoudestaan huolimatta varsin kalliiksi. Onhan »ylipitkien» ja hyvin lyhyiden tukkien osuus koko raaka-aineesta varsin vähäinen (esim, Aro ja Rikkonen 1966).

Esillä olevan tutkimuksen koesahauksissa noudatettiinkin sellaista tapaa. että koe-eriä valittaessa pyrittiin yhteen ainoaan tukin pituuteen, joksi valittiin tilastojen mukaista keskipituutta lähinnä oleva pituusluokka. Se oli useimmiten 16 jalkaa. Koe-erän täyteen saamisen helpottamiseksi hyväksyttiin siihen myös yksi jalkaa lyhyempi ja yksi jalkaa pitempi tukki.

Tukin pituuden vaikutus saatavaan tulokseen onkin varsin huomattava, mikä usein sumasahauksissa jää huomioonottamatta. Teoriassa on esimerkiksi 7″:n tukkien latvamuotolukujen mukaan laskettaessa eri pituisten tukkien teoreettinen käyttösuhde seuraava, kun 16 jalan tukin käyttösuhteeksi merkitään 230 j³/std (Heiskanen 1966 e).

Pituus, j	10	12	14	16	18	20	22
Käyttösuhde ...	243	238	233	230	225	222	220

Siimeksen (1962 b) mukaan käyttösuhteiden väliset erot pituusluokkien välillä ovat käytännössä vieläkin suuremmat.

Nämä tiedot koskevat vain käyttösuhdetta, mutta on selvää, että tukin dituus vaikuttaa jonkin verran myös sahaustuloksen myyntihintaan.

Simulaattorilla ajettiin asian selvittämiseksi sekä mänty- että kuusitukkeja koskeva koesarja, jolla pyrittiin selvittämään perusteellisemmin tätä kysymystä sekä käyttösuhteen että sahaustuloksen myyntihinnan kannalta. Tutkittavaksi otettiin seuraavat läpimittaluokat: 5 ½″, 6″, 7 ½″, 9″ ja 11″. Niistä kustakin valittiin kaksi sydäntavara-asetetta, nimittäin em. järjestyksessä 2×4 ja 2×3, 2×4 ½ ja 1 ½×4, 2×6 ja 2 ½×5, 3×6 ja 2 ½×7 sekä 3×9 ja 3×8. Verrattaviksi pituusluokiksi otettiin kussakin asetteessa ja läpimittaluokassa 14, 16, 18 ja 20 jalkaa. Latvamuotoluvuksi valittiin Aron ja Rikkosen (1966) mukaan Etelä-Suomen keskimääräinen latvamuotoluku.

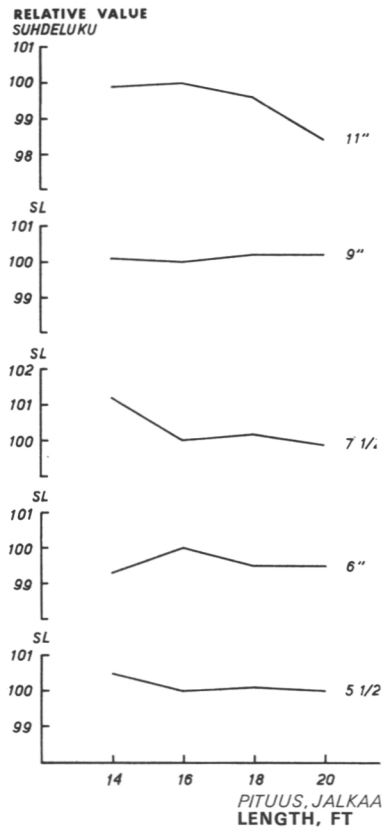
Käyttösuhteen osalta tulos on esitetty piirroksessa 9. Siitä havaitaan, että eräitä poikkeuksia lukuunottamatta käyttösuhde on suurin lyhimmässä pituusluokassa ja pienin pisimpiä tukkeja sahattaessa. Erot ovat kuitenkin erittäin vähäiset, mutta laskelmaa tehtäessä latvamuotolukuja valittaessa otettiinkin huomioon, että voimakkaasti kapenevat rungon osat tehdään lyhyiksi tukeiksi ja vähän kapenevat pitkiksi. Aron ja Rikkosen keskiarvot noudattavat tätä käytännössä yleistä suuntaa. Piirroksessa 10 esitetyt sahaustuloksen myyntihinnat tukkikuutiojalkaa kohden osoittavat, että myyntihinta on yleensä sitä korkeampi, mitä pitemmästä tukista on kysymys.

On kuitenkin korostettava, että nämä tulokset tarkoittavat 15—16 jalan keskipituuteen pyrkivän tavanomaisen apteerauksen puitteissa syntyvien tukkien vertailua. Tällaisessa apteerauksessa pyritään yleisten sääntöjen mukaan tekemään voimakkaasti kapenevista, kartiokkaista rungoista lyhyitä tukkeja ja tasapaksuista, vähän kapenevista rungoista pitkiä tukkeja (esim. Heiskanen 1957). Tämä pyrkimys tasoittaa latvamuotolukujen eroavuuksia tukkien pituusluokkien välillä.

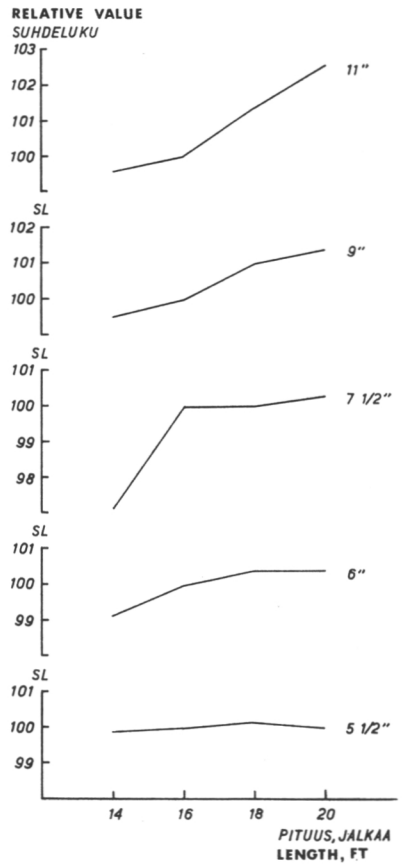
Pituuden vaikutus tutkittuihin ominaisuuksiin tulee paljon suuremmaksi, jos on kysymyksessä tukkierien vaihtelevien keskipituuksien vertailu. Silloin näet latvamuotoluku suurenee huomattavasti enemmän pituusluokasta toiseen siirryttäessä kuin nyt tutkitussa tapauksessa, ja tulos muistuttaa paljon enemmän Siimeksen (1962 b) ja Heiskasen (1966 e) teoreettisia laskelmia.

2. Tukkien muodon tulisi olla sama kuin tukkien muoto keskimäärin on ko. läpimittaluokassa. Tukin muodon vaikutus saatavaan tulokseen onkin verrattain suuri, kuten mm. Siimes (1962 b) ja Heiskanen (1966 e) ovat esittäneet.

Myös tästä kysymyksestä tehtiin laajempi koe simulaattorilla. Kokeen pohjaksi valittiin useita latvamuotolukuja 16 jalan tukeille läpimittaluokissa 5 ½, 6, 7 ½, 9 ja 11. Asetteet olivat samat kuin edellä mainitussa tukin pituuden vaikutusta koskevassa kokeessa.



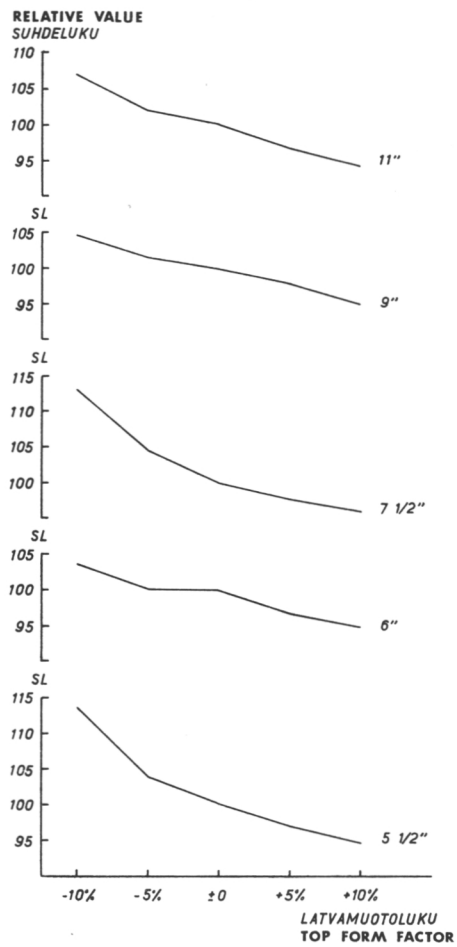
Piirros 9. Raaka-aineen käyttösuhteen riippuvuus tukin pituudesta eräissä läpimittaluokissa.
Fig. 9. The dependence of the log consumption on the length of the log in the various diameter classes.



Piirros 10. Sahaustuloksen myyntihinnan riippuvuus tukin pituudesta eräissä läpimittaluokissa.
Fig. 10. The dependence of the sales price of the sawing yield on the length of the log in the various diameter classes.

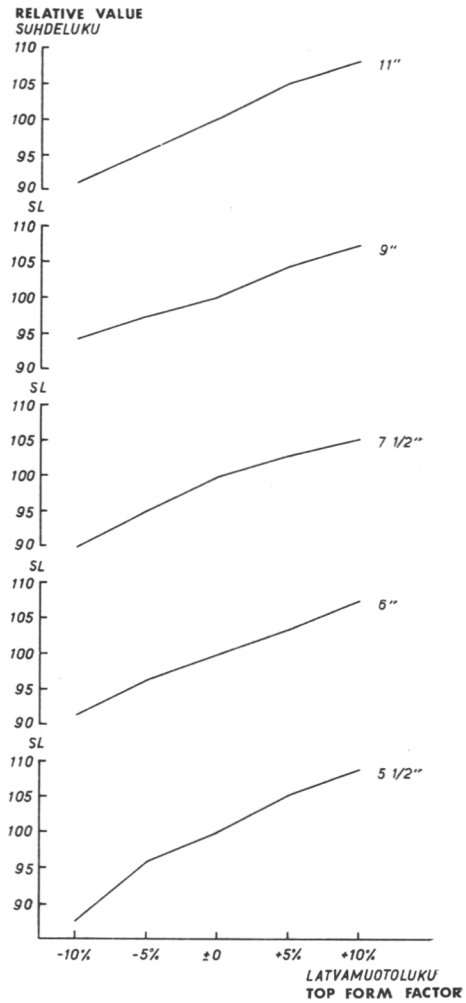
Etelä-Suomen tukkien keskimääräinen latvamuotoluku Aron ja Rikkosen mukaan oli peruslukuna ja sen lisäksi otettiin simuloitavaksi tukit, joiden latvamuotoluku oli 5 % ja 10 % tätä suurempi ja vastaavasti 5 % ja 10 % pienempi. Muotolukusarja muodostui seuraavaksi:

	+ 10 %	+ 5 %	0	— 5 %	— 10 %
5 ½	1.526	1.456	1.387	1.318	1.248
6	1.450	1.382	1.318	1.252	1.186
7 ½	1.322	1.262	1.202	1.142	1.082
9	1.271	1.212	1.155	1.097	1.040
11	1.244	1.189	1.131	1.074	1.018



Piirros 11. Raaka-aineen käyttösuhteen riippuvuus tukin latvamuotoluvusta eräissä läpimittaluokissa.

Fig. 11. The dependence of the log consumption on the top form factor of the log in the various diameter classes.



Piirros 12. Sahaustuloksen myyntihinnan riippuvuus tukin latvamuotoluvusta eräissä läpimittaluokissa.

Fig. 12. The dependence of the sales price of the sawing yield on the top form factor of the log in the various diameter classes.

Kysymyksessä ovat nimenomaan 10 %:n alaspäin korjauksissa sellaiset kapenemiset, joita ei yleensä käytännössä esiinny. Sitä vastoin latvamuotoluku saattaa useinkin olla 5 % keskiarvon jommalla kummalla puolella tai 10 % keskiarvon yläpuolella (R i k k o n e n 1968 suull.).

Piirroksissa 11 ja 12 esitetyt tulokset osoittavat, että tukin muodon merkitys raaka-aineen käyttösuhteeseen ja sahaustuloksen myyntihintaan

on huomattavasti suurempi kuin tukin pituuden vaikutus tavanomaisen apteerauksen puitteissa (vrt. piirrokset 9 ja 10), minkä vuoksi kapenemisen huomioonottaminen koesahauksissa on hyvin tärkeätä.

Piirroksesta 11 ilmenee, että latvamuotoluvun suureneminen eli tukin muuttuminen kartiokkaammaksi, alentaa käyttösuhdetta hyvin paljon. Viiden prosentin suureneminen latvamuotoluvussa aiheuttaa joissakin luokissa 2—3 %:n alenemisen käyttösuhteessa. Latvamuotoluvun pieneneminen viidellä prosentilla aiheuttaa vielä suurempia muutoksia käyttösuhteessa päinvastaiseen suuntaan.

Latvamuotoluvun vaikutus sahaustuloksen myyntihintaan on vieläkin suurempi kuin sen vaikutus käyttösuhteeseen, niinkuin piirroksesta 12 nähdään. Kapenemisen suureneminen siten, että latvamuotoluku muuttuu 5 %:lla aiheuttaa yli 5 %:n nousun sahaustuloksen myyntihintaan.

Käytäntöä varten suoritettavissa koesahauksissa on kuitenkin erittäin vaikea ottaa tukin kapenemista tarkalleen huomioon. Jos kapeneminen rajoitetaan liian ahtaasti, muodostuu tukkien valinta näet hyvin aikaavieväksi, joskus miltei mahdottomaksi, sekä aina verraten kalliiksi. Tämän tutkimuksen koesahauksissa kapenemis- eli kartiokkuuskysymys rajoitettiin sillä tavoin, että koesahauseristä hylättiin ne tukit, jotka olivat silminnähtävän vähän tai silminnähtävän paljon kapenevia. Tulos oli tälläkin tavoin rajoitettuna käytännön kannalta tarkasteltaessa vähintään tyydyttävä.

3. Tukkien läpimittajakautuman tulee olla kulloinkin käytettävän luokkavälin eri puoliskoilla, sillä tukin todellinen kuutiomäärä riippuu luonnollisesti hyvinkin paljon siitä, kuinka kaukana luokan alarajasta, siis nimellisestä läpimitasta todellinen läpimitta on (vrt. Heiskanen 1966 e). Tukin todellisesta kuutiosisällöstä riippuu myös sahaustuloksen suuruus ja jossakin määrin laatu. Esillä olevan tutkimuksen koesahauksissa pyrittiin siihen, että puolen tuuman luokkaväliä käytettäessä puolet koe-erän tukeista tulisi olla alemmassa ¼″:n osassa ja puolet ylemmässä. Jos luokkavälinä on ½″ ja tutkittava luokka on 6″, on puolet tukeista valittava väliltä 6—6 ¼″ ja puolet väliltä 6 ¼—6 ½″. Koesahaukset osoittavat, että tällainen rajoitus on ainakin käytännön kannalta täysin riittävä.

4. Kuten edellä mainittiin, otetaan koe-eriin vain suoria ja ainoastaan oksia vikaisuuksina sisältäviä tukkeja, jolla tavoin eliminoidaan lenkouden, korojen yms. määrävikojen varsin huomattava vaikutus tuloksiin (esim. Siimes 1957, 1962 b, Heiskanen 1968 a).

5. Tukkien riittävänä lukumääränä voidaan pitää 20 tukkia edellyttäen, että tukit valitaan ja mitataan huolellisesti em. ohjeiden mukaisesti, sahaus valvotaan hyvin ja kaikki sahatavarakappaleet saadaan tosiaan talteen ja mitatuiksi. Näin pienten erien ollessa kyseessä on kuitenkin tehtävä yksi poikkeus tavanomaisesta sahatavaran talteenotosta. Se koskee sydän-

tavaran pitkiä tasauspätkiä, jotka on koe-eristä myös mitattava, ja niistä on merkittävä muistiin tasauksen aiheuttanut tekijä. Jos tasaus on tehty vajaasärmän poistamiseksi, tasauspätkä otetaan mukaan sahaustulokseen vain siinä tapauksessa, että on aivan ilmeisesti tapahtunut vinoon sahaus. Jos sitä vastoin tasaus on suoritettu jonkin vikaisuuden poistamiseksi sahatavarasta, on tällainen tasauspätkä laskettava sahaustulokseen. Koesahauksilla ei näet koeteta lainkaan selvittää sahaustuloksen laatujakautumaa ja sen vuoksi ei ole syytä ottaa lainkaan huomioon myöskään tukkien laadun vaihtelun aiheuttamia tasauksia. Tähän periaatteeseen voi tosin sisältyä suuriakin virhemahdollisuuksia tietyissä läpimittaluokissa tietyillä asetteilla (vrt. Asikainen 1968 b).

Tällä tavoin myös raaka-aineen käyttösuhde pienenee hieman todellista pienemmäksi, mutta muutoinkin tällaiset koesahaukset antavat aina jossain määrin normaalia edullisemmat tulokset (vrt. Heiskanen 1966 e).

Virheettömien tukkien koesahausten suunnittelua ja suoritusta varten tarvitaan seuraavat tiedot sahalaitosten tilastoista.

— Tukkien keskipituudet läpimittaluokittain

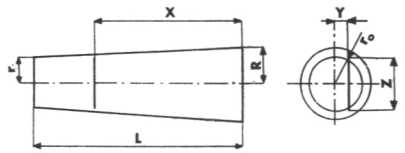
— Tukkien kapenevuus ja/tai latvamuotoluku läpimittaluokittain, mikäli katsotaan kaikesta huolimatta tarpeelliseksi tukkien kapenevuuden tarkka rajoittaminen. Hinnoittelutarkoituksiin on riittävä tieto saatavissa Aron ja Rikkosen (1966) tutkimuksesta. Sahan tuotannon suunnittelua varten tarvitaan yksityiskohtaisempia tietoja, jotka on hankittavissa vain teollisuuden käytön suunnitteluun oikealla tavalla kytketyin mittauksin tai peräti koesahauksin, joiden suorituksen selvittäminen ei kuulu nyt esillä olevan selvityksen tehtäviin (vrt. Pelkonen 1969).

Virheettömien tukkien koesahaukseen perustuvan menetelmän varjopuolena on ennenkaikkea se, että varsinkin harvinaisten, vähän käytettyjen asetteiden saaminen aineistoon saattaa tuottaa vaikeuksia kaupallisen tuotannon yhteydessä. Joitakin niistä käytetään kuitenkin varsin harvoin, kuten taulukko 4 osoitti. Toisaalta menetelmä edellyttääkin vain yleisimpien asetteiden arvon tuntemista.

Simulointi

Suppeiden koesahausten sijasta voidaan paremminkin suositella käytettäväksi simulointitietokoneohjelmaa, jolla koesahaukset suoritetaan. Tässä tutkimuksessa on ollut käytettävissä ns. Saastamoisen simulaattori (Riikonen ja Ryhänen 1965, Valtion tietokonekeskus 1966). Lisäksi on meillä Suomessa olemassa Radab Oy:n ja Oy Kaukas Ab:n simulaattorit. Kysymystä tarkastellaan tässä kuitenkin vain Saastamoisen ohjelman pohjalta.

Se yhtälö, jota tietokone käyttää »sahana» johdetaan piirroksen 13 mukaisia merkintöjä käyttäen seuraavasti:



TUKIN LASKENNASSA KÄYTETTÄVIÄ SUUREITA
FACTORS TO BE USED IN LOG CALCULATION

Piirros 13. Simulaattorin periaatetta kuvaava kaavio.
Fig. 13. Model showing the principles of the simulation programme.

R = tyvisäde
r = latvasäde
L = tukin pituus
Y = sahaustason etäisyys tukin symmetriatasosta
Z = sahaustason leveys etäisyydellä X tyvestä lukien
X = etäisyys tyvestä
r_o = tukin säde etäisyydellä X tyvestä lukien

Koska tukin säde muuttuu lineaarisesti etäisyyden X funktiona saadaan
$r_o = R—X/L\ (R\text{-}r)$

toisaalta

$$Z = 2\sqrt{r_o^2—Y^2}$$

eliminoimalla r_o:n saadaan

$$X = \frac{L\ (R—\sqrt{\frac{1}{4}Z^2+Y^2}}{R—r}$$

Tätä ohjelmaa käytettäessä tarvitaan seuraavat lähtöarvot

1. Puulaji

2. Latvaläpimitta tuumina, jossa voidaan käyttää kulloinkin haluttua tarkkuutta. Hinnoittelututkimuksissa voidaan tyytyä ja onkin syytä tyytyä ½″:n luokitukseen, kun taas sahan tuotannon suunnitteluun pyrittäessä on käytettävä pienempiä luokkavälejä.

3. Pituus jalkoina. Ohjelma ottaa nykyisellään huomioon vain täydet jalat ja laskee muun osan pituudesta tasausvaraksi. — Laskelmia varten on siis tiedettävä kunkin läpimittaluokan tukkien keskipituus ja pituudeksi

valitaan lähin täyttävä jalkamäärä tai kaksi lähintä jalkamäärää keskipituuden molemmilta puolilta.

4. Asetteet, joita käyttäen simulointi suoritetaan, on hintalaskelmia varten valittava sahalaitosten tilastoista, jolloin on noudatettava samoja periaatteita, jotka on edellä esitetty (s. 22—29). Ne ilmoitetaan ohjelmaan sydäntavaran mittojen ja lukumäärän perusteella. Nyt käsiteltävää ohjelmaa voidaan käyttää kuitenkin vain nelisahaukseen.

Sivulautojen osalta annetaan ohjelmaan vain ne lautojen paksuudet, joiden kesken valinta voi tulla kyseeseen. Yleensä tulee siis männyllä kysymykseen $^3/_4''$ ja 1″ sekä kuusella $^7/_8''$ ja 1″, joista tietokone valitsee taloudellisesti edullisimman yhdistelmän kuitenkin siten, että tukin ulommasta osasta ei koskaan oteta vahvempaa lautaa kuin sisemmästä osasta.

Sen jälkeen ohjelma toimii seuraavasti (Riikonen ja Ryhänen 1965). »Kun lautojen yksi vahvuuskombinaatio on määritelty, muuttuu optimointi 'lautakohtaiseksi', koska lautojen leveyden ja pituuden optimointi ei vaikuta toisten lautojen antamiin tuloksiin millään tavalla. Jokaista lautaa kavennetaan nyt tuuman välein koko kysymykseen tulevalla alueella ja jokaisessa pisteessä lasketaan sen arvo ottaen huomioon kaikki kolme laskentaan sisällytettyä laatua: u/s, kvinta ja utskott. Lopuksi painetaan ulos 3 parasta vahvuus-, leveys-, pituus- ja laatukombinaatiota molemmilta raameilta. Huomattakoon, että laudan lyhentämisestä ja kaventamisesta syntyvän puutavaran katsotaan menevän hakkeeksi. Pienin sallittu laudan pituus on 9 jalkaa. Pituudet 6—8 jalkaa katsotaan pätkiksi ja niiden arvot lasketaan $^2/_3$-hinnoilla. 'Sahauksessa' otetaan huomioon tarvittava lautojen kuivumisvara, ts. laskut suoritetaan nimellismittoja suuremmilla 'märillä mitoilla'.»

5. Tukkien latvamuotoluku ja kartiokkuus, joista edellisellä tarkoitetaan tukin todellisen kuution ja teknillisen kuution suhdetta ja jälkimmäisellä taas tyviläpimitan ja latvaläpimitan suhdetta (vrt. yhtälö s. 38).

Hinnoittelututkimuksia varten voidaan käyttää koko maata koskevia keskiarvoja, joita on saatavissa jo mainitusta Aron ja Rikkosen (1966) tutkimuksesta. Myös kartiokkuusluvut voidaan laskea niiden perusteella kunhan tutkimuksessa esitetyt latvamuotoluvut ensin »riisutaan» poistamalla niistä tasausvaran ja alenevan luokituksen vaikutus. Sahauksen suunnittelutehtäviin on sitä vastoin välttämätöntä hankkia erikoisaineisto sahalaitoksilla tehtävin mittauksin, sillä kartiokkuuden vaikutus raaka-aineen käyttösuhteeseen ja sahaustuloksen myyntihintaan on perin selvä (ks. s. 36).

6. Sahausrako

7. Sahatavaran märät mitat

Kun ohjelma laskee sahatukin ns. bruttoarvon valmiiksi, tarvitaan lisäksi sahatavaran ja jätteiden hintoihin liittyviä tietoja sekä myös sahatavaran laatujakautumia koskevia tietoja, joihin palataan jäljempänä.

Verrattaessa tämän tyyppistä sahaussimulaattoria virheettömien tukkien koesahauksiin, tullaan epäämättömästi siihen tulokseen, että sahaussimulaattori on asetettava menetelmänä etusijalle mm. seuraavista syistä.

1. Simulaattorilla voidaan vaikeuksitta saada tiedot kaikista mahdollisista asetteista.

2. Simulaattoria käytettäessä voidaan tukkien ominaisuudet asettaa halutun suuruisiksi tai halutulle tasolle. Toisin sanoen laskelmissa saadaan tukit kaikilla asetteilla aivan samanlaisiksi.

3. Simulaattoria käytettäessä voidaan myös sahatavaran mitat ja laadut asettaa halutulle tasolle sekä aina samanlaisiksi.

4. Simulaattorin etuna on myös se, että sen käyttö ei voi lainkaan haitata tavanomaista sahatavaran tuotantoa.

SAHAUSTULOKSEN MYYNTIHINTA

Sahatavaran hinta-asteikko

Sahatavarakappaleen hinta riippuu ennenkaikkea seuraavista tekijöistä kummassakin puulajissa ja kussakin sahatavaramerkissä:

— sahatavaran vientilaatu l. laatuluokka,
— sahatavaran leveys, ja
— sahatavaran paksuus.

Näiden tekijöiden vaikutus ilmenee taulukoista 5 ja 6, joissa on esitetty tutkimuksessa käytettävät hintaindeksit keväältä 1967 ja keväältä 1968. Ne koskevat Etelä-Suomen johtavia männyn tuottajia (hintaryhmä IV) ja Etelä-Suomen johtavia kuusen tuottajia (hintaryhmä II). Nämä hintaryhmät ovat yleisimpiä maassamme.

Taulukko 5. Mäntysahatavarain hintaindeksit huhtikuulta 1967 ja 1968
2 ½ × 7″ u/s-soiron hinta = 100

Table 5. The price indices of pine sawn goods observed in this study for the april of 1967 and 1968. The 2 ½ × 7″ u/s -batten = 100.

Tuotteen leveys, tuumaa *The width of sawn goods, in.*	Sahatavaran laatu ja vahvuus — *The grade and thickness of sawn goods*															
	u/s						V					VI	pl/vl — *wany boards, export quality*		pl/kl — *wany boards, domestic quality*	
	3″	2 ½— 1 ¾″	4 ex log 1 ½— 1 ¼″	2 ex log 1 ½— 1 ¼″	1—⅞″	¾″	3— 2 ½″	2— 1 ¾″	1 ½″	1 ¼ —⅞″	¾″		1— ⅞″	¾″	1— ⅞″	¾″
Huhtikuu 1967 — *April 1967*																
11 ...	123.0	123.0	148.3		148.3	153.3	82.8	82.8	83.9	83.9	83.9	60.9				
9 ...	123.0	123.0	148.3		145.2	149.3	82.8	82.8	83.9	83.9	83.9	60.9				
8 ...	111.5	111.5	136.8	125.2	135.0	139.1	81.6	81.6	82.8	82.8	82.8	60.9				
7 ...	100.0	100.0	124.1	112.1	122.4	126.4	80.5	80.5	81.6	81.6	81.6	60.9				
6 ...	98.9	98.9	123.0	111.5	121.3	125.3	78.2	78.2	79.3	79.3	79.3	60.9				
5½ .	97.7	97.7	121.8	110.3	120.2	124.1	75.9	74.7	77.0	77.0	77.0	59.8	57.6	56.5	47.0	47.0
5 ...	97.7	97.7	121.8	110.3	120.2	124.1	75.9	74.7	77.0	77.0	77.0	59.8	57.6	56.5	47.0	47.0
4½ .	96.5	96.5	120.7	97.7	119.0	123.0	75.9	74.7	74.7	75.9	75.9	59.8	57.6	56.5	47.0	47.0
4 ...	96.5	96.5	120.7	97.7	119.0	123.0	75.9	74.7	74.7	75.9	75.9	59.8	57.6	56.5	47.0	47.0
Huhtikuu 1968 — *April 1968*																
11 ...	123.1	125.5	132.2		132.2	141.8	78.8	78.8	78.8	79.8	80.8	59.6				
9 ...	123.1	125.5	132.2		132.2	141.8	78.8	78.8	78.8	79.8	80.8	59.6				
8 ...	112.0	114.4	122.1		122.1	132.2	77.9	77.9	77.9	78.8	79.8	59.6				
7 ...	101.0	100.0	111.5		111.5	121.2	76.9	76.9	76.9	77.9	78.8	59.6				
6 ...	100.5	99.0	110.6	107.7	110.6	120.2	76.0	76.0	76.0	76.9	77.9	59.6				
5½ .	99.5	96.2	109.6	106.7	109.6	119.2	75.0	75.0	75.0	76.0	76.9	58.6	46.2	44.2	36.8	36.8
5 ...	99.5	96.2	109.6	106.7	109.6	119.2	75.0	75.0	75.0	76.0	76.9	58.6	46.2	44.2	36.8	36.8
4½ .	99.0	95.2	108.7	96.2	108.7	118.3	74.0	74.0	74.0	75.0	76.0	58.6	46.2	44.2	36.8	36.8
4 ...	99.0	95.2	108.7	96.2	108.7	118.3	74.0	74.0	74.0	75.0	76.0	58.6	46.2	44.2	36.8	36.8

Arvosuhdelaskelmat onkin tehtävä aina määrätylle hintaryhmälle, sillä hintaskaala ja myös perushinta on erilainen eri ryhmissä, kuten mm. Serlachius (1955) on esittänyt. V:n 1967 tuloksia laskettaessa oli männyn perushinta £ 87.—.—. ja kuusen perushinta 757:50 Hollannin florinia. Vuonna 1968 vastaavat hinnat olivat £ 104.—.—. ja HFL 750:00.

Eri tuottajilla on myös sahatavaran lajittelu erilaista. Mitä korkeampi on hintaryhmä, sitä ankarampi on lajittelu. Puhutaankin mm. Etelä-Suomen johtavista tuottajista (IV) ja Etelä-Suomen johtavista ankaraa lajittelua noudattavista tuottajista (III). Tästä johtuu, että tietty sahatavaran laatuluokka vaihtelee sisällöltään hintaryhmän ja sahatavaramerkinkin mukaan. Tämä tosiasia vahvistaa sitä käsitystä, että arvosuhdelaskelmat on tehtävä aina erikseen eri hintaryhmille, kuten edellä mainittiin. Täysin virheettömät ja käytäntöön epäilyksettä sopivat laskelmat on mahdollista tehdä vain yhtä sahalaitosta koskeviksi.

Toisena mahdollisuutena olisi laskelmien tekeminen koko maata koskeviksi sillä tavoin, että jokaiselle hintaryhmälle tehtäisiin omat laskelmansa ja lopullista arvoa laskettaessa käytettäisiin painolukuna eri hintaryhmien osuutta kokonaissahauksesta. Laskelma on erittäin vaivalloinen ja siihen

Taulukko 6. Kuusisahatavarain hintaindeksit huhtikuulta 1967 ja 1968
2 ½ × 7″ u/s-soiron hinta = 100

Table 6. The price indices of spruce sawn goods observed in this study for the april of 1967 and 1968. The 2 ½ × 7″ u/s -batten = 100.

Tuotteen leveys, tuumaa *The width of sawn goods, in.*	Sahatavaran laatu ja vahvuus — *The grade and thickness of sawn goods*										
	u/s				V	VI	pl/vl — *wany boards, export quality*			pl/kl — *wany boards, domestic quality*	
	3—1¾″	1½-1¼″	1—⅞″	¾″			1″	⅞″	¾″	1—⅞″	¾″
Huhtikuu 1967 — *April 1967*											
11	105.3	109.9	110.6	118.0	90.8	70.8					
9	105.3	109.9	110.6	118.0	90.8	70.8					
8	105.3	109.9	110.6	111.8	90.8	70.8					
7	100.0	104.6	105.3	105.5	90.8	70.8					
6	98.7	103.3	104.0	104.6	89.4	70.8					
5½	98.1	102.7	103.3	104.0	88.8	69.4	68.1	69.4	66.8	54.6	54.6
5	97.4	102.0	102.6	103.3	88.1	69.4	68.1	69.4	66.8	54.6	54.6
4½	96.8	101.3	102.0	102.7	87.5	69.4	68.1	69.4	66.8	54.6	54.6
4	96.0	100.7	101.3	102.0	86.8	69.4	68.1	69.4	66.8	54.6	54.6
Huhtikuu 1968 — *April 1968*											
11	108.0	110.7	110.7	110.7	89.3	71.8					
9	106.7	110.7	110.7	110.7	89.3	71.8					
8	105.3	110.7	110.7	110.7	89.3	71.8					
7	100.0	105.3	105.3	105.3	89.3	71.8					
6	98.7	104.0	104.0	104.0	88.0	71.8					
5½	97.3	102.7	102.7	102.7	86.7	70.6	55.6	55.6	53.3	43.7	43.7
5	97.3	102.7	102.7	102.7	86.7	70.6	55.6	55.6	53.3	43.7	43.7
4½	96.0	101.3	101.3	101.3	85.3	70.6	55.6	55.6	53.3	43.7	43.7
4	96.0	101.3	101.3	101.3	85.3	70.6	55.6	55.6	53.3	43.7	43.7

sisältyy monia teoreettisia virhemahdollisuuksia mm. tukkien läpimitta-jakautumien erilaisuuden vuoksi. Sen tulosten käyttömahdollisuudet käytännön hinnoittelutehtävissä olisivat myös varsin rajoitetut (Vrt. kuitenkin Vuoristo 1936).

Myös hintalaskelmien perustaminen tietyn ajankohdan hinta-asteikkoon tuo mukanaan joitakin teoreettisia virheitä. Tunnettu tosiasia on näet, että useimmiten osa jokaisen laitoksen sahatavaroista jää myymättä näillä ns. normaaleilla hinnoilla. Usein joudutaankin toimittamaan tyhjennys- tai puhdistusmyyntejä epäkuranttien tavaralajien kaupaksi saamiseksi. Tällaisissa kaupoissa hinnat ovat tavallisesti edeltävän asteikon osoittamaa alhaisempia. Myynnit koskenevat keskimääräistä enemmän heikkolaatuisia ja pieniä dimensioita. Tästä syystä tietyn ajankohdan hinta-asteikon käyttö johtaakin ilmeisesti vientisahoilla pieniläpimittaisten tukkien yliarvostukseen. Tutkimusta suoritettaessa ei kuitenkaan ollut mahdollisuuksia erikoisselvityksen tekemiseen tämän kysymyksen osalta, eikä ole saatu selvyyttä siitä, onko tällainen tutkimus tulostensa merkittävyyden kannalta edes tarkoituksenmukainen.

Käytännön laskelmissa on tärkeänä tehtävänä myös hinnoitteluajankohdan valinta. Kun laskelmilla yleensä pyritään selvittämään hinta- ja arvosuhteita tulevaa ostokautta varten, on hinta-asteikoksi ilmeisesti valittava viimeinen tunnettu asteikko tai, jos pystytään, on sen lisäksi koetettava arvioida tulevan hintakehityksen vaikutus siihen. Tällaisten prognoosien tekoongelma toivottavasti otetaan asianomaisten markkinatieteellisten laitosten tutkimusohjelmaan. Perushinnan osalta pitävät samat »säännöt» paikkansa.

Sahatavaran eri laatujen ja dimensioiden hintojen tunteminen on kuitenkin vain lähtökohta sahaustuloksen myyntihintaa eri läpimittaluokissa koskeville tutkimuksille. Tutkimuksella on selvitettävä, millä tavoin sahaustuloksen dimensionaalinen jakautuma ja laatujakautuma erikseen riippuvat tukin latvaläpimitasta, ja vasta sen jälkeen voidaan suorittaa sahaustuloksen hinnoittelu.

Sahaustuloksen dimensionaalinen jakautuma

Pitkä tavara

Sahatavaran dimensionaalisen jakautuman sekä raaka-ainekulutuksen selville saaminen edellyttää aluksi kussakin läpimittaluokassa käytettävien asetteiden tuntemisen, mistä edellä oli jo puhetta.

Valittujen asetteiden perusteella joko koesahauksia tai simulaattoria käyttäen saadaan selville sahaustuloksen dimensiojakautumat. Ne on esitetty sydäntavaroihin, täyssärmäisiin sivulautoihin ja vajaasärmäisiin sivulautoihin eli pintalautoihin jakautuneina näin laskettuina liitteissä 3 ja 4.

Liitetaulukosta 3 nähdään mäntysahatavaran jakautumat koesahausten mukaan niistä dimensioista ja asetteista, joista saatiin kerätyksi riittävä aineisto ja jotka asetteet sisältyvät sahalaitosten tilastojen mukaan yleisesti käytettyihin asetteisiin sekä simulaattorin mukaiset jakautumat kaikille tutkimuksen kohteena oleville asetteille. Liitetaulukossa 4 ovat kuusisahatavaran vastaavat jakautumat.

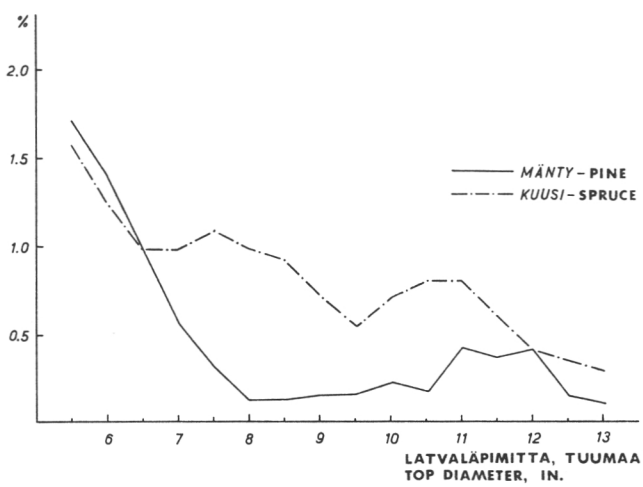
Ahtauspätkät

Sahaustuloksen dimensionaalista jakautumaa selvitettäessä tulee erityiskysymyksenä esille ahtauspätkien määrä. Ahtauspätkät ovat 6—8 jalkaista sahatavaraa, jota saa esiintyä jossain määrin pitkän sahatavaran joukossa mutta josta maksetaan vain kaksikolmasosaa normaalin tavaran hinnasta. Tästä syystä ahtauspätkäkysymys on ainakin teoriassa tärkeä hinnoittelu- ja arvosuhdelaskelmien kannalta.

Lyhyiden sahatavarakappaleiden määrä sahaustuloksessa riippuu varsin monista eri tekijöistä.

1. Ahtauspätkiä syntyy tukin pintaosista aina jossain määrin tukin kapenevuuden vuoksi. Yksinkertaistaen voidaan sanoa, että valtaosa sahatavarasta, joka saadaan latvalieriön ulkopuolelta, on ahtauspätkiä.

2. Mutkaisia ja lenkoja tukkeja sahattaessa saadaan lyhyitä pätkiä aina enemmän kuin suoria tukkeja sahattaessa (vrt. S i i m e s 1962 b).



Piirros 14. Mänty- ja kuusisahatavaran ahtauspätkäsadanneksen riippuvuus tukin latvaläpimitasta simulaattorin mukaan.
Fig. 14. The dependence of the stowage percentage of pine and spruce sawn goods on the top diameter of the log according to the simulation programme.

3. Sisävikoja sisältävät tukit antavat myös keskimääräistä enemmän lyhyitä kappaleita, koska laadun ylläpitämiseksi on tällaisista tukeista sahattua tavaraa usein tasattava hyvinkin paljon (vrt. Asikainen 1968 b).

Esitetyt näkökohdat jo osoittavat, että virheettömiä tukkeja sahattaessa ahtauspätkien määrä jää keskimääräistä vähäisemmäksi. Sahaussimulaattorin mukaiset ahtauspätkäprosentit ovatkin verraten alhaiset, kuten piirroksesta 14 nähdään. Siinä on esitetty eri läpimittaluokkien keskimääräiset ahtauspätkäprosentit yleisimmin käytettyjen asetteiden mukaan painotettuina. Keskimääräiset ahtauspätkäprosentit vaihtelevat piirroksen mukaan männyllä 0.1 %:sta 1.7 %:iin ja kuusella 0.3 %:sta 1.6 %:iin.

Vastaavia tietoja on saatavissa aiemmista tutkimuksista vain Pohjois-Suomesta sahatukkien hinnoitteluperusteita tutkineen komitean työstä. Tämän komitean arviolaskelmien mukaan ahtauspätkäprosentti on eri läpimittaluokkien mäntytukkeja sahattaessa seuraava (Mäntysahatukkien . . . 1956).

Läpimitta, tuumaa	Ahtauspätkiä %
5	3.5
6—7	3.0
8—12	2.5
13	2.0

Nämä sadannekset ovat huomattavasti korkeampia kuin simulaattorin antamat osuudet (vrt. piirros 14). Ahtauspätkiä koskevien tulosten virheellisyyden vuoksi tiedusteltiin laskelmia varten sahalaitoksilta ahtauspätkien määrät eri dimensioissa ja laaduissa niiden tilastojen mukaisina, jotta voitaisiin saada oikea käsitys ko. suuruusluokasta.

Taulukossa 7 on esitetty kyselyyn vastanneiden sahalaitosten ahtauspätkäprosenttien keskiarvot puulajeittain sekä sahatavaralaaduittain ja -dimensioittain. Tulokset osoittavat, että ahtauspätkiä sisältyy yleensä enemmän sellaisiin sahatavaroihin, joita sahataan tai saadaan eniten pieniläpimittaisista tukeista. Kuten jo edellä esitetytkin tiedot osoittavat, johtaa tämä pienten tukkien sahaustuloksen korkeaan ahtauspätkäprosenttiin ja samalla siihen, että ellei ahtauspätkiä oteta hinnoittelussa mukaan, pienet tukit tulevat jossain määrin yliarvostetuiksi. Tästä syystä onkin laskettu simulaattorin mukaisten dimensionaalisten jakautumien perusteella käytäntöä vastaavat ahtauspätkäprosentit eri läpimittaluokille. Laskelma on tehty erikseen jokaiselle tässä tutkimuksessa käytetylle asetteelle ja asetteiden osuuksia on käytetty painolukuina läpimittaluokittaisia keskiarvoja laskettaessa.

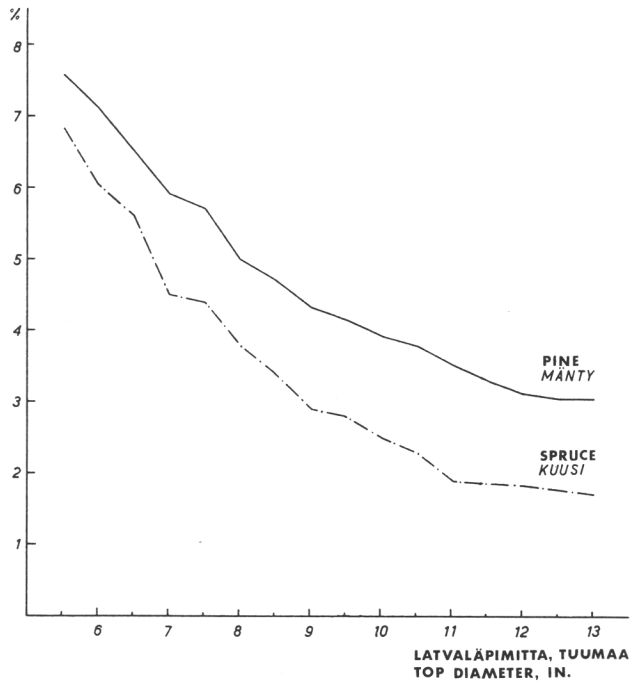
Taulukko 7. Ahtauspätkien osuus eri sahatavaradimensioissa.
Table 7. The stowage percentage of sawn goods according to sawn goods grade and dimension according to statistics.

Paksuus, tuumaa *Thickness, in.*	Kappaleen leveys, tuumaa — *The width of sawn goods, in.*						
	9	8	7	6	5	4	3
			Mänty — *Pine*				
			u/s				
3	0.84	0.88	0.72	0.84	1.17	1.38	2.40
2 ½	0.68	0.74	0.74	0.72	0.86	1.09	—
2	0.85	0.71	0.73	0.70	0.69	0.80	1.33
1½	0.87	0.91	0.92	0.84	0.91	1.59	0.17
1¼	1.06	1.01	0.88	0.81	1.11	1.50	0.16
1	2.40	2.03	2.89	3.04	4.41	9.64	17.64
⅞	1.23	1.03	0.81	1.26	1.59	6.72	20.10
¾	2.38	2.19	3.55	4.08	5.29	11.88	18.12
			V				
3	1.06	1.07	0.87	0.85	1.20	1.37	1.63
2½	1.18	1.06	1.00	0.86	1.23	1.23	0.55
2	0.97	0.93	0.81	0.81	0.81	0.80	1.17
1½	0.81	0.79	1.10	0.87	0.82	0.92	0.77
1¼	0.99	1.01	0.85	0.71	0.84	1.10	0.34
1	1.81	1.85	2.09	2.46	4.34	5.97	12.35
⅞	3.10	1.10	1.05	1.39	1.46	5.32	—
¾	2.87	2.24	2.83	3.24	3.61	8.41	17.08
			VI				
3	1.75	2.93	1.17	2.36	3.67	3.95	5.10
2½	1.13	1.49	1.06	2.31	1.52	1.36	—
2	1.64	1.33	3.88	2.33	0.81	1.01	2.12
1½	1.41	1.35	1.65	2.11	1.21	1.59	—
1¼	1.69	1.96	1.85	1.59	5.05	1.76	—
1	3.14	3.08	3.49	4.57	8.10	10.49	22.48
¾	—	—	6.50	5.53	7.46	14.13	—
			Pintalaudat — *Wany sideboards*				
1	—	—	—	—	13.26	12.01	24.73
⅞	—	—	—	—	—	20.47	—
¾	—	—	—	—	18.83	19.38	23.96
			Kuusi — *Spruce*				
			u/s				
3	0.42	0.28	0.41	0.35	0.36	0.68	0.30
2½	0.44	0.29	0.39	0.36	0.45	0.63	—
2	0.63	0.45	0.33	0.34	0.32	0.41	—
1⅞	0.53	0.30	0.35	0.40	0.31	0.53	1.15
1¾	—	—	0.25	0.36	0.60	0.83	—
1½	0.40	0.42	0.31	0.33	0.31	0.61	—
1¼	0.53	0.33	0.39	0.37	0.43	0.90	—
1	0.10	0.46	0.17	0.30	1.05	0.78	—
⅞	0.72	0.83	0.80	1.00	2.16	5.09	28.69
¾	—	—	—	3.50	1.86	5.03	—

Paksuus, tuumaa *Thickness, in.*	Kappaleen leveys, tuumaa — *Tke width nf sawn goods, in.*						
	9	8	7	6	5	4	3
				V			
3	1.18	0.69	0.78	0.75	0.86	1.51	1.70
2½	0.89	0.64	0.85	0.72	0.77	1.17	—
2	0.97	1.05	0.87	0.72	0.58	0.76	—
1⅞	0.81	1.09	0.76	0.55	0.61	0.85	0.20
1¾	—	—	0.70	0.70	1.02	1.54	—
1½	0.80	0.65	0.61	0.74	0.58	1.29	—
1¼	0.93	0.75	0.88	0.81	0.86	1.56	—
1	—	0.78	0.20	0.54	1.07	1.00	—
⅞	1.16	1.46	1.62	1.96	3.02	6.32	23.90
¾	—	—	—	3.20	3.20	8.55	—
				VI			
3	0.57	0.90	4.48	1.80	—	—	—
2½	2.95	1.75	1.65	7.20	—	—	—
2	1.47	0.80	0.57	0.88	1.16	1.83	3.89
1⅞	—	0.76	1.07	3.88	1.07	1.90	0.87
1¾	—	—	—	—	0.59	1.73	1.54
1½	—	1.10	1.45	1.09	—	1.83	11.24
1¼	2.17	1.50	1.06	1.68	1.55	2.82	—
1	—	—	—	—	—	—	—
⅞	2.82	4.21	5.37	7.84	8.04	18.21	30.77
				Pintalaudat — *Wany sideboards*			
1	—	—	—	—	—	7.70	—
⅞	—	—	—	—	15.68	15.93	26.77
¾	—	—	—	—	—	14.10	—

Taulukko 8. Ahtauspätkien johdosta sahaustuloksen myyntihintaan tehtävän alennuksen suuruutta osoittavat korjauskertoimet eri läpimittaluokissa.
Table 8. The factors for the correction to be made to the simulation results as a result of stowage.

Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter, in.*	Mänty — *Pine*	Kuusi — *Spruce*
	Kerroin — *The correction factor*	
5 ½	0.980	0.982
6	0.981	0.984
6 ½	0.982	0.985
7	0.982	0.988
7 ½	0.982	0.989
8	0.984	0.991
8 ½	0.985	0.992
9	0.986	0.993
9 ½	0.987	0.993
10	0.988	0.994
10 ½	0.988	0.995
11	0.990	0.996
12	0.991	0.995
13	0.990	0.995



Piirros 15. Mänty- ja kuusisahatavaran ahtauspätkäsadanneksen riippuvuus tukin latvaläpimitasta tilastoaineiston mukaan laskettuna.

Fig. 15. The dependence of the stowage percentage of pine and spruce sawn goods on the top diameter of the log according to the statistical material.

Taulukko 9. Suorien tukkien koesahauksessa syntyvien ahtauspätkien johdosta sahaustuloksen myyntihintaan tehtävän alennuksen suuruutta osoittavat korjauskertoimet eri läpimittaluokissa.

Table 9. The factors fot the correction to be made to the test sawing results of straight logs as a result of stowage.

Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter, in.*	Mänty — *Pine*	Kuusi — *Spruce*
	Kerroin — *The correction factor*	
5 ½	0.975	0.977
6	0.976	0.980
6 ½	0.978	0.981
7	0.980	0.985
7 ½	0.981	0.985
8	0.983	0.987
8 ½	0.984	0.989
9	0.986	0.990
9 ½	0.986	0.991
10	0.987	0.992
10 ½	0.987	0.992
11	0.988	0.994
12	0.990	0.994
13	0.990	0.994

Liitteessä 5 on esitetty tulokset asetteittain ja piirroksesta 15 nähdään läpimittaluokittaiset keskiarvot. Ne ovat, kuten huomataan, huomattavasti korkeammat kuin piirroksessa 14 esitetyt simulaattorin osoittamat osuudet. Tämä ero onkin otettava korjauksena huomioon laskelmia tehtäessä.

Taulukkoon 8 onkin laskettu nämä korjauskertoimet erikseen männylle ja erikseen kuuselle simulaattoria varten. Virheettömien tukkien koesahauksissa jätetään ahtauspätkäprosentit kokonaan laskematta, mistä syystä niiden tuloksia koskeva korjaustarve on suurempi eli korjauskertoimet ovat pienempiä kuin simulaattoria varten lasketut. Korjauskertoimet on esitetty taulukossa 9.

Sahaustuloksen laatujakautuma

Sahatavaran laatuun vaikuttavat tekijät

Tukista saatavan sahatavaran laatuun ja laatujakautumaan vaikuttavat yhtä aikaa monet eri tekijät. Tärkeimmät niistä ovat:

1. Raaka-aineena olleen tukin laatu, joka vaihtelee varsin runsaasti samallakin sahalaitoksella jopa perättäisinä rupeaminakin. Suuria laadun vaihteluja aiheuttavat nimenomaan varastointien ja kuljetusten aikana tukkeihin syntyvät sieni- ja väriviat, jotka kohdistuvat aina vain osaan vuoden kuluessa sahattavista tukeista. Voidaankin päätellä, että suursahoillakin, jotka saavat raaka-aineensa osittain maakuljetuksella ja osittain uittaen tahi joiden raaka-aineista osa sahataan heti kuljetuksen päätyttyä ja osa varastoidaan, raaka-aine jakautuu kahteen erilliseen laaturyhmään. Se ilmenee mm. siitä, että tilastojen mukaan u/s-sadannekset saattavat vaihdella paljon vuoden eri aikoina. Maakuljetuspuita sahattaessa, varsinkin kun kyseessä ovat talvella kaadetut puut, u/s-sadannes on merkitsevästi korkeampi kuin uittotukkeja sahattaessa.

Sahaustuloksen laatujakautuma saattaa myös vaihdella vuoden eri aikoina jonkin verran raaka-aineen hankinta-alueen mukaan. Tämä on havaittavissa mm. silloin, kun osa tukeista on peräisin yli-ikäisistä valtion metsistä ja osa taas yksityismetsistä ja kun nämä tukkierät sahataan eri aikoina.

Sahaustuloksen laadun satunnaisvaihtelut ovat viime aikoina yleensä vielä lisääntyneet, kun autokuljetuspuut osittain sahataan heti kuljetuksen päätyttyä. Tällöin eri leimikoiden tukit eivät pääse sekoittumaan keskenään, niinkuin tapahtuu uittopuun ollessa kyseessä.

2. Raaka-aineena olleen tukin järeys, sillä on ilmeistä, että tiettyä sydäntavaradimensiota liian pienistä tukeista sahattaessa tulee tavaran laatua alentavaa vajaasärmää runsaammin kuin hieman suuremmasta tukista sahattaessa.

Käytännössä tukin järeyden vaikutus saattaa olla tasausten takia toisenlainen kuin teoreettiset päätelmät osoittavat. Syynä siihen ovat ns. laatutasaukset, joilla ahtaita asetteita käytettäessä poistetaan laatua alentava vajaasärmä ja saadaan u/s-sadannes huomattavasti nousemaan (Asikainen 1968 b). Näin tasattaessa saadaan tavaran oksaisuuskin vähenemään ja tuloksena on täyspitkään tavaraan verrattuna myös rakennevikojen kannalta parempilaatuinen tavara. Täten näyttää myös siltä, että sahattaessa jotakin tavarakokoa liian suuresta tukista, on vaarana sydäntavaran laadun vähäinen huononeminen (vrt. Pörhölä 1968, suull.).

Yleensä raaka-aineena olevan tukin järeys vaikuttanee kuitenkin sillä tavoin, että samaa dimensiota sahattaessa saadaan huonointa laatua pienimmistä tukeista, sillä tukin luontainen laatu huononee selvästi tukin koon pienetessä (esim. Mäntysahatukkien . . . 1956, Heiskanen 1966 a, 1968 a). Ylisuurissa tukeissa suunta on toinen. Mitä suuremmasta tukista on kysymys, sitä huonompaa on sahaustulos laadultaan tukissa esiintyvien sisävikojen vuoksi.

Edellä mainittiin jo raaka-aineen koon vaikutus sydäntavaran vajaasärmäisyyteen, mutta vielä suurempi on sen vaikutus vajaasärmäisten pintalautojen syntymiseen. Siitä voidaan mainita esimerkkinä seuraavat pintalautasadannekset Vuoriston (1936) tutkimuksista.

D latva	5	6	7	8	9	10	11
Pintalauta %	19.2	14.5	11.3	9.2	8.0	7.2	6.6

Vastaavanlaisia tuloksia on esitetty myös monissa muissa tutkimuksissa.

3. Sahatavaran lajittelutapa vaikuttaa myös saatavaan jakautumaan verrattain paljon. Mitä ankarampaa lajittelua sahalaitos noudattaa, sitä vähäisempi on tietenkin hyvien laatujen osuus. Tämän vuoksi tutkimuksen pohjaksi on aina valittava jokin määrätty hintaryhmä tai yksittäinen sahatavaramerkki, kuten aiemmin mainittiin.

Kaikkien em. tekijöiden vaikutus saadaan luotettavasti selville vain hyvin laajoin koesahauksin. Luotettavuuden vaatimus edellyttää lisäksi, että aineistot on kustakin asetteesta ja läpimittaluokasta kerätty useassa erässä sahauskauden eri aikoina. Vain sillä tavoin saadaan raaka-aineen laadun vuodenajoittainen vaihtelu eliminoiduksi. Kokonaisaineistoksi ei ilmeisesti riitä muutaman rupeamankaan sahaus. Vuoristo (1936) käytti sahauksissa ns. sumasahauksia, mutta hänkin katsoi laatujakautuman selvittämisen edellyttävän erillisen tilastoaineiston käyttöä. Samaan tulokseen tultiin myös sahatukkien hinnoittelutoimikunnan työssä (Mäntysahatukkien . . . 1956), jonka mietinnössä todetaan asiasta seuraavaa:

»Varsin luotettavan kuvan asiasta antavat myös sahojen tilastot, joista saadaan selville eri sahatavarakokojen jakaantuminen laaduittain. Kun samalla tiedetään, että yhtä sydäntavarakokoa sahataan suuremmassa

mitassa yleensä vain yhdestä tietystä läpimittaluokasta, voidaan näiden tilastojen ja ilmoitettujen asetteiden perusteella laskea sydäntavaran laadullinen jakaantuminen melko suurella tarkkuudella. Toisin on laita sivulautojen, sillä samankokoisia lautoja saadaan monista eri tuumaluokista. Kuitenkin tuntuu niidenkin kohdalla siltä, että pintalautalaadun saanto eri kokoisten tukkien sivulaudoista vaihtelee sangen vähän».

Kun sumasahauksiin perustuvissa sahatukkien hinnoittelututkimuksissa on jouduttu sahatavaran laadun selvittämiseksi turvautumaan tilastoihin, on ilman muuta selvää, että samaan ratkaisuun on päädyttävä myös muita menetelmiä käytettäessä (vrt. Heiskanen 1966 a, 1968 a).

Sydäntavara

Eri sydäntavarakokojen laatujakautumat kerättiin 26 sahalaitokselta männyn ja 27 sahalaitokselta kuusen osalta. Kuten aiemmin mainittiin, mäntysahatavaraa koskevat tiedot ovat neljännen hintaryhmän ja kuusisahatavaraa koskevat tiedot toisen hintaryhmän sahalaitoksilta vuodelta 1965.

Kun tiedot koskevat vain yhtä vuotta, ne eivät ole teoreettisesti päteviä osoittamaan sahatavaran laatujakautumaa pitemmältä ajalta. Hinnoittelututkimuksissa onkin tärkeintä tietää sahatavaran laatu ja hinta määrättynä ajankohtana, eikä silloin ole tarpeen käyttää pitemmän ajan keskiarvoja. Jos laskelma kuitenkin tehdään yhtä sahalaitosta koskevaksi, on aineiston laajentamiseksi asiallista ottaa laatujakautuma useamman vuoden keskiarvona. Edellytyksenä on silloin, että lajittelussa ei ole tapahtunut muutoksia tutkimusaikana ja että raaka-aineen hankinta-alue ja laatuvaatimukset ovat pysyneet suunnilleen muuttumattomina. Sama koskee tietenkin myös useita laitoksia koskevaa selvitystä, mutta siinä aineisto muodostuu ilmeisesti riittävän laajaksi jo yhdenkin vuoden perusteella.

Esitettävät laatujakautumat on siis käsitettävä hinnoittelututkimuksen perusaineistoksi. Sydäntavaran osalta ne nähdään taulukoista 10 ja 11.

Nämä jakautumat kelpaavat korjaamattomina laskelman perustaksi pienille ja keskisuurille tukeille. Kuitenkin on syytä korostaa, että varsinkin $3 \times 9''$ ja $3 \times 11''$ tavaroille ne antavat suurimmille tukeille ilmeisesti liian korkean ja pienimmille näille dimensioille sopiville tukeille liian alhaisen arvon. Sahatukkien hinnoittelutoimikunnan selvitykset Pohjois-Suomessa osoittivat näet, että koesahausten, ja sahan tilastojen mukaiset suurten tukkien sahaustuloksen suhteelliset myyntihinnat erosivat seuraavasti toisistaan 11—15″:n luokissa (Mäntysahatukkien . . . 1956).

D latva	11	12	13	14	15
Tilasto	100	98.8	98.6	99.9	99.2
Koesahaus	100	100.7	99.6	97.3	95.3

Taulukko 10. Sydäntavaradimensioiden laatujakautumaprosentit tilaston mukaan.
Table 10. The grade distribution of the various dimensions of pine centre goods according to statistics.

Paksuus, tuumaa *Thickness, in.*	Kappaleen leveys, tuumaa — *The width of sawn goods, in.*									
	3	4	4½	5	5½	6	7	8	9	11
				Mänty — *Pine*						
				u/s						
¾	41	33	35	37	39	40	43	47	44	40
⅞	39	34	29	25	30	36	38	40	39	35
1	34	34	40	43	43	43	43	43	43	34
1¼	55	55	48	43	45	46	48	48	49	40
1½	36	35	40	44	43	39	43	45	47	43
1¾	47	46	48	75	64	57	61	60	55	57
1⅞	30	48	25	10	20	27	20	19	20	20
2	33	41	45	47	49	51	53	55	55	54
2½	50	50	53	57	52	51	50	57	57	52
3	44	44	49	57	55	55	56	57	56	50
				V						
¾	45	57	54	51	50	50	50	49	52	53
⅞	58	61	67	68	61	56	58	58	59	63
1	60	60	55	51	51	51	52	51	50	52
1¼	40	40	48	51	49	49	48	50	49	53
1½	58	60	57	52	51	53	49	52	50	54
1¾	37	38	35	20	33	40	36	37	42	40
1⅞	61	55	70	85	75	70	77	78	77	77
2	64	55	51	48	46	45	42	40	40	42
2½	45	45	43	39	44	45	43	38	40	45
3	52	52	49	37	39	40	38	39	41	47
				VI						
¾	14	10	11	12	11	10	7	4	4	7
⅞	3	5	4	7	9	8	4	2	2	2
1	6	6	5	6	6	6	5	6	7	14
1¼	5	5	4	6	6	5	4	2	2	7
1½	6	5	3	4	6	8	8	3	3	3
1¾	16	16	17	5	3	3	3	3	3	3
1⅞	9	7	5	5	5	3	3	3	3	3
2	3	4	4	5	5	4	5	5	5	4
2½	5	5	4	4	4	4	7	5	3	3
3	4	4	2	6	6	5	6	4	3	3

Haluttaessa saada ylisuurten tukkien sahaustuloksen myyntihinta tarkkaan selvitetyksi on siis syytä turvautua myös hinnoittelututkimuksissa koesahauksiin tai »ylösottoihin» sydäntavaran laatujakautuman tarkistamisessa. On kuitenkin ilmeistä, että erot maan eteläpuoliskossa ovat tässä suhteessa pienemmät kuin edellä olevassa esimerkissä (esim. K. Juvonen 1955).

Myös muiden dimensioiden osalta olisi kerättävä koesahaustuloksia, jos halutaan päästä teoreettisesti päteviin tuloksiin. Hinnoittelutarkoituksia varten tällaisen aineiston kerääminen on kuitenkin tarpeettoman kallista. Asia on toinen, jos kysymyksessä on sahauksen suunnittelutehtävä. Silloin olisi kerättävä kaikista sydäntavaradimensioista tukin läpimittaluokittain

Taulukko 11. Sydäntavaradimensioiden laatujakautumaprosentit tilaston mukaan.
Table 11. The grade distribution of the various dimensions of spruce centre goods according to statistics.

Paksuus, tuumaa *Thickness, in.*	Kappaleen leveys, tuumaa — *The width of sawn goods, in.*									
	3	4	4½	5	5½	6	7	8	9	11
				Kuusi — *Spruce*						
				u/s						
¾	60	44	45	53	80	76	78	78	78	78
⅞	82	48	54	51	48	49	48	41	41	44
1	42	42	58	61	73	63	64	51	74	50
1¼	87	86	78	62	60	63	64	53	78	67
1⅜	79	78	77	62	68	67	68	57	78	63
1½	70	70	77	62	75	70	71	61	77	58
1⅝	73	73	78	70	80	75	78	74	82	68
1¾	76	76	80	79	84	80	85	88	88	77
1⅞	88	73	71	83	67	79	83	88	79	72
2	50	66	72	70	73	71	70	70	68	76
2½	73	73	77	71	77	74	70	69	72	70
3	65	65	63	62	68	73	66	63	65	64
				V						
¾	39	54	53	45	19	23	21	21	21	21
⅞	17	50	43	46	49	48	49	56	56	55
1	57	57	41	38	26	36	34	46	24	49
1¼	11	12	20	37	39	36	31	39	14	39
1⅜	19	29	29	36	30	31	28	37	16	34
1½	28	28	21	36	22	27	25	35	17	36
1⅝	25	25	20	28	18	23	19	23	13	28
1¾	23	23	19	20	15	18	13	10	10	20
1⅞	10	24	26	15	32	20	16	10	19	25
2	47	31	25	27	25	27	27	27	30	23
2½	25	24	20	26	20	23	27	27	25	28
3	29	29	31	32	29	24	31	33	31	34
				VI						
¾	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1
⅞	1	2	3	3	3	3	3	3	3	1
1	1	1	1	1	1	1	2	3	2	1
1¼	2	2	2	1	1	1	5	8	8	1
1⅜	2	2	3	2	2	2	4	6	6	3
1½	2	2	2	2	3	3	4	4	6	6
1⅝	2	2	2	2	2	2	3	3	5	4
1¾	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3
1⅞	2	3	3	2	1	1	1	2	2	3
2	3	3	3	3	2	2	3	3	2	1
2½	2	3	3	3	3	3	3	4	3	2
3	6	6	6	4	3	3	3	4	4	2

jatkuvaa aineistoa, joka edustavasti kuvaa sahan koko raaka-ainetta ja sen vaihtelua. Helpoimmin tämä on tehtävissä ottamalla rupeamittain muistiin tukkien läpimittaluokka ja kappalemäärä sekä eri laatujen sydäntavaroiden kappalemäärät. Tällä tavoin on kuitenkin mahdollista saada virheellinen kokonaistulos, koska laatutasauksilla saadaan sahatavaran laatu paranemaan mutta samalla lisääntyy raaka-aineenkulutus (vrt. A s i k a i n e n 1968 b).

Em. sahaustuloksen ylösottoa käytettäessä jää tästä johtuva raaka-aineen käyttösuhteen kohoaminen tai aleneminen huomioonottamatta. Tarkkaan tulokseen pääsemiseksi pitäisi ylösottojen yhteydessä välttämättä selvittää myös sydäntavaroiden pituudet suhteessa tukkien pituuteen. Vasta tällöin voidaan varmuudella päätellä, onko tietty laadun muutos raaka-aineesta johtuva vai onko se näennäinen raaka-aineen käyttösuhteen kohoamisen kustannuksella aikaansaatu.

Sivulaudat

Sivulautojen laatujakautuman selvittäminen menetelmässä, joka perustuu pienien erien koesahauksiin, tapahtuu periaatteessa samalla tavoin kuin sydäntavarankin kohdalla, mutta tässä tapauksessa on kiinnitettävä erityistä huomiota vajaasärmäisiin pintalautoihin, kuten edellä mainittiin. Täyssärmäisen sivulautatavaran kohdalla tarkkuus on kuitenkin ilmeisesti jonkin verran vähäisempi kuin sydäntavaran kohdalla, sillä samaa sivulautadimensiota saadaan monesta eri läpimittaluokasta, mistä myös edellä oli puhetta.

Ns. täyssärmäisen sivulautasahatavaran jakautumat on esitetty myös em. taulukoissa 10 ja 11. Niitä laskettaessa on u/s-, V- ja VI-laadun summaa merkitty luvulla 100. Lisäksi tulevat vajaasärmäiset pintalaudat, joiden osuus riippuu hyvin selvästi tukin järeydestä. Pintalautojen osuuden selvittämiseen palataan vielä seuraavassa luvussa, mutta jo tässä yhteydessä on syytä todeta, että vajaasärmätavaran määrä on otettava koesahauksiin perustuvissa laskelmissa huomioon koesahausten mukaisena.

Simulaattoria käytettäessä on sivulautojen laatujakautuma selvitettävä kahdessa osassa. Simulointia varten on tiedettävä erikseen uloimman sivulaudan ja erikseen muiden sivulautojen laatujakautumat, ja näissä molemmissa on otettava myös vajaasärmälaudat huomioon. Käytettävissä olleessa simulaattorissa tämä jakautuma on oletettu samaksi kunkin lautapaksuuden kaikille leveyksille. Tällainen tapa antaa teoreettisesti virheellisen tuloksen, mutta sitä voidaan pitää tarkkuudeltaan riittävänä sahatukkien hinnoittelututkimuksissa. Jos on kysymys sahan tuotannon suunnittelusta, saadaan tällä tavoin osittain harhaanjohtavia tuloksia.

Sahalaitosten tilastoista ei ole mahdollista saada tietoja uloimman laudan ja muiden lautojen laatujakautumista erikseen, joten luotettaviin tuloksiin pääsemiseksi olisi suoritettava asiaa selvittäviä koesahauksia. Niihin ei ollut mahdollisuuksia esillä olevaa tutkimusta suoritettaessa. Laskelmat tehtiinkin teoreettisesti harkitsemalla, että uloin lauta on vain poikkeustapauksessa muu kuin vajaasärmäinen pintalauta. Näin tapahtuu siinäkin tapauksessa, että kotimaan pintalautaa ei oteta talteen. Vajaasärmäisen tavaran osuudeksi valittiin kokemusperäisesti 80 % uloimmista laudoista. Loput näistä laudoista ovat ilmeisesti hyvälaatuisissa tukeissa sisempiä parempi-

Taulukko 12. Simulaattorissa käytettävät sivulautojen laatujakautumat.
Table 12. The grade distribution of sideboards used in the simulation programme.

Puulaji *Tree species*	Paksuus *The thickness of the board*	Osa *The situation of the board*	Laatu — *Grade* u/s	V	VI	Pl *wany*
Mänty — *Pine*	3/4″	Sisemmät *Innermost*	35	54	11	—
	3/4″	Uloin *Outermost*	7	11	2	80
Mänty — *Pine*	1″	Sisemmät *Innermost*	40	54	6	—
	1″	Uloin *Outermost*	8	11	1	80
Kuusi — *Spruce*	7/8″	Sisemmät *Innermost*	45	48	7	—
	7/8″	Uloin *Outermost*	9	10	1	80
Kuusi — *Spruce*	1″	Sisemmät *Innermost*	57	41	2	—
	1″	Uloin *Outermost*	11	8	1	80

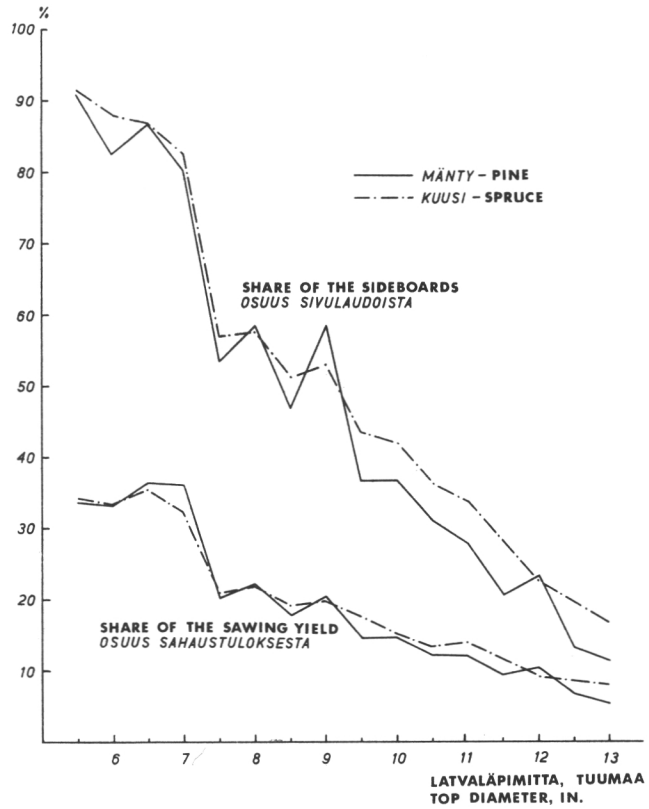
laatuisia ja huonolaatuisissa, oksikkaissa sisempiä heikompilaatuisia. Asiaa ei voida kuitenkaan ottaa laskelmissa huomioon, koska eri kokoisten tukkien laatueroista ei ole saatavissa riittävän yksityiskohtaisia tietoja.

Valittaessa laatusadanneksia tilastojen esittämistä tiedoista onkin lähdettävä siitä, että uloin lauta sisältää kaiken vajaasärmäisen pintalaudan ja että muiden lautojen laatujakautuma on samanlainen sekä uloimmassa että sisemmissä laudoissa. Jakaantumaksi valitaan yleisimpien sivulautaleveyksien keskiarvo taulukoista 10 ja 11. Näin lasketut jakautumat nähdään taulukosta 12.

Pintalaudat

Tehtäessä laskelmat simulaattorin perusteella tulee pintalautojen osuus jo selvitetyksi uloimman laudan laatujakautumien perusteella. Ohjelman mukaan saatujen pintalautojen osuus riippuu tietenkin tukin paksuudesta, kuten liitteistä 3 ja 4 aiemmin voitiin jo havaita. Painotetut läpimittaluokittaiset keskiarvot nähdään piirroksesta 16 vuoden 1968 hintojen perusteella.

Piirroksen mukaan pintalautasadannes vaihtelee männyllä pienimmän läpimittaluokan 33.6 %:sta vain 5.3 %:iin suurimmassa luokassa. Kuusella pintalautojen osuus on vielä hiukan suurempi. Eri vuosien välillä on havaittavissa vähäisiä eroja, mikä osoittaa, että myös hintaskaalalla on tietty vaikutus pintalaudan paljouteen simulaattoria käytettäessä. Yleinen suunta on se, että tuloksiin sisältyvän pintalaudan paljous riippuu kvintan ja pintalaudan hintasuhteista. Jos pintalaudan hinta on kvinttaan nähden korkea,



Piirros 16. Vajaasärmäisten pintalautojen osuus sahaustuloksesta ja sivulaudoista simulaattorin mukaan.
Fig. 16. The share of wany sawn goods in the sawing yield and in the other sideboards yield according to the simulation programme.

saadaan pintalautaosuus suureksi ja päinvastoin. Pintalautaosuuden yleinen taso muotoutuu ohjelmaan otetun pintalautaosuuden ja ohjelman hyväksymän vajaasärmän perusteella. Erot ovat kuitenkin niin pieniä, ettei eri vuosien tuloksia kannata erikseen esittää.

Koesahausten mukaiset pintalautaosuudet tulevat myös huomioon otetuiksi hinnoittelussa ilman eri laskelmia, jos koesahaustuloksissa on pintalaudat otettu erikseen muistiin. Esillä olevan tutkimuksen koesahauksissa tehtiin tällä tavoin, niinkuin edellä on jo mainittu (vrt. s. 37).

Tulosten perusteella on kuitenkin syytä tarkastella tätä osuutta eri läpimittaluokissa simulaattorin tuloksiin vertailemiseksi. Koesahausten tuloksissa ovat kuitenkin sekä vientilaatu että kotimaan laatu yhdessä, kun taas simulaattori ottaa käytössä olevassa ohjelmassa huomioon vain vientilaadun. On lisäksi ilmeistä, että virheettömien tukkien koesahaukset antavat tulok-

seksi jonkin verran käytännössä saavutettavaa osuutta korkeamman pintalautaosuuden. Tämä johtuu kahdesta seikasta, nimittäin tukkien virheettömyydestä ja siitä, että koesahauksissa särmäys suoritetaan tavallista huolellisemmin. Ero oikeaan ei voine olla kovin suuri.

Piirroksessa 17 on esitetty vertailujen tulokset. Siinä on kunkin läpimittaluokan pintalautasadanneksen aritmeettinen keskiarvo niistä asetteista, joista on myös koesahaustuloksia.

Männyn osalta vertailu osoittaa, että koesahaustulokset ja simulaattorin tulokset antavat käytännöllisesti katsoen yhtäläiset tulokset. Kuusen kohdalla erot ovat myös melko vähäiset, mutta siinä simulaattori antaa kautta linjan korkeamman pintalautaosuuden. Nämä puulajien väliset eroavuudet johtuvat ilmeisesti kolmesta eri tekijästä. Ensinnäkin pintalautojen vahvuuksien erot ovat voineet vaikuttaa saatuun tulokseen. Toisena ja tärkeimpänä tekijänä on asiaan vaikuttanut se, että männyssä otetaan yleensä pintalaudat tarkemmin talteen kuin kuusessa. Kolmanneksi on huomattava, että kuusessa simulaattori antaa suhteellisesti hieman enemmän pintalautoja sivulautojen kustannuksella (vrt. piirros 16). Se johtuu pintalautojen ja kvintan hinnan vähäisistä eroista.



Piirros 17. Koesahausten ja simulaattorin antamien pintalautaosuuksien vertailua.
Fig. 17. Comparisons of wany sideboards' shares given by the test sawing and the simulation.

Vertailu osoittaa myös, että käytetyillä perustiedoilla simulaattori antaa liian korkeat vientilaadun pintalautaosuudet. Koesahaustuloksiin näet sisältyivät myös kotimaan laadun laudat, kuten edellä mainittiin. Tämä viittaa siihen, että tältä kannalta ajatellen simulaattorilla saadaan oikeaa alhaisemmat sahaustuloksen standarttihinnat. Korjaus voidaan tietenkin tehdä niin, että pintalaudan osuutta alennetaan input-tiedoissa. Eri läpimittaluokkien arvosuhteita selviteltäessä ei asialla ole kuitenkaan merkitystä, koska suhteet eri luokkien välillä näyttävät vastaavan koesahausten mukaisia suhteita (vrt. Vuoristo 1936).

Tuloksia

Sahaustuloksen myyntihinnan laskemiseksi tiettynä ajankohtana eri läpimittaluokille tarvitaan esitetyn mukaisesti seuraavat tiedot

1. Käytetyt asetteet (ks. s. 22)
2. Sahaustuloksen dimensionaalinen jakautuma (ks. s. 43)
3. Ahtauspätkäprosentin korjaustekijät (ks. s. 44)
4. Sahaustuloksen laatujakautuma dimensioittain (ks. s. 48)
5. Hinta-asteikko (ks. s. 41).

Hintalaskelmat tehdään näiden tietojen perusteella niin, että ensin lasketaan sahatavaradimensioille keskihinta, joka on siis kunkin laadun hintojen niiden prosenttisella osuudella painotettu keskihinta. Liitetaulukossa 6 nähdään nämä keskihinnat sekä v:n 1967 että v:n 1968 hinta-asteikkojen perusteella laskettuina.

Taulukon perusteella voidaan tehdä seuraavia alustavia johtopäätöksiä hinta-asteikon vaikutuksesta. Yleinen havainto on, että vuoden 1968 hintojen mukaan saadaan selvästi alemmat suhteelliset keskihinnat kuin v. 1967, mikä johtuu ennenkaikkea kvintta-alennuksen suurenemisesta. Kun laskelmissa on käytetty samoja laatujakautumia kumpanakin vuonna, eivät samanpaksuisten dimensioiden leveyden mukaiset hintasuhteet ole paljonkaan muuttuneet. Sitä vastoin on havaittavissa lautalisän pienenemisestä aiheutunut ohuiden dimensioiden hinnan erittäin suuri aleneminen. Se on suurin 4 ex log-dimensioissa.

Jo eri dimensioiden keskihintoihin voidaan tehdä ahtauspätkien määrän edellyttämä korjaus, hinnanalennus. Kun simulaattorin kohdalla tämä ei käy päinsä, vaan simuloitaessa hinnoitetaan jokainen kappale itse asiassa erikseen, on myös koesahauksia käytettäessä paras tehdä tämä alennus myöhäisemmässä vaiheessa.

Taulukko 13 a. Eri asetteiden sahaustuloksen myyntihinnat simulaattorin ja koesahausten mukaan. Mänty

Table 13 a. Sales prices of the sawing yield of different set-ups according to the simulation and the test sawing. Pine.

Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter, in.*	Vuosi *Year*	Asete 1 *The set-up 1*		Asete 2 *The set-up 2*		Asete 3 *The set-up 3*		Asete 4 *The set-up 4*		Asete 5 *The set-up 5*	
		S *	K **	S	K	S	K	S	K	S	K
		mk/std — *Fmk/std*									
5½	67	574	585	557	558	564	576	—	—	—	—
	68	717	742	680	720	693	720	—	—	—	—
6	67	580	575	588	566	559	526	638	652	—	—
	68	719	717	746	699	742	650	811	817	—	—
6½	67	571	581	584	—	587	594	597	587	597	—
	68	702	727	725	—	737	747	742	724	730	—
7	67	599	584	598	614	621	633	683	668	—	—
	68	740	731	791	770	776	789	840	838	—	—
7½	67	651	619	613	—	627	—	654	—	623	602
	68	834	786	767	—	797	—	811	—	780	754
8	67	654	631	630	616	613	664	626	609	680	—
	68	824	792	788	782	766	838	810	776	837	—
8½	67	646	626	667	655	643	—	675	721	—	—
	68	824	791	845	825	832	—	830	892	—	—
9	67	640	655	671	658	658	—	701	713	668	692
	68	812	847	845	850	825	—	848	878	807	848
9½	67	659	—	671	671	717	718	666	576	712	—
	68	831	—	872	869	929	920	856	724	880	—
10	67	665	654	713	727	710	—	674	656	704	—
	68	851	837	914	938	910	—	865	856	869	—
10½	67	683	683	764	—	712	704	717	594	764	—
	68	875	872	976	—	919	896	911	734	936	—
11	67	756	684	711	—	765	—	751	756	758	—
	68	978	858	905	—	985	—	951	968	914	—
12	67	766	—	765	—	741	—	800	—	—	—
	68	977	—	969	—	945	—	970	—	—	—
13	67	775	686	768	—	768	—	779	—	—	—
	68	998	872	982	—	992	—	967	—	—	—

* S = simulaattori — simulation.
** K = koesahaus — test sawing.

Seuraavana vaiheena sahaustuloksen myyntihinnan laskemisessa on kunkin asetteen eri läpimittaluokkien sahauksessa antaman myyntihinnan määrittäminen. Tarkasteltava simulointiohjelma laskee tämän arvon valmiiksi perusarvoista lähtien. Koesahauksia käytettäessä määritetään kaikkien sahaustulokseen sisältyvien dimensioiden niiden osuuksilla painotettu keskihinta. Taulukoissa 13 ja 14 esitetty näin lasketut eri asetteiden sahaustuloksen myyntihinnat markkoina standarttia kohden ja suhdelukuina sekä simulaattoriin että koesahauksiin perustuen.

Näiden taulukoiden tulosten perusteella voidaan tehdä seuraavia johtopäätöksiä ensinnäkin männyn osalta. Kuten jo aiemmin on piirroksessa 7 esitetty asetteiden bruttoarvojen perusteella, yhtä ja samaa läpimittaluokkaa sahataan varsin eri arvoisilla asetteilla. Myös on syytä alleviivata, että yleisin asete ei suinkaan ole aina edullisin. Simulaattorin mukaan yleisimmin

Taulukko 13 b. Eri asetteiden sahaustuloksen suhteelliset myyntihinnat simulaattorin ja koesahausten mukaan. Mänty.

Table 13 b. The relative sales prices of the sawing yields of different set-ups according to the simulation and the test sawing. Pine.

Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter, in.*	Vuosi *Year*	Asete 1 *The set-up 1*		Asete 2 *The set-up 2*		Asete 3 *The set-up 3*		Asete 4 *The set-up 4*		Asete 5 *The set-up 5*	
		S *	K **	S	K	S	K	S	K	S	K
		Suhdeluku — *Relative value*									
5½	67	73.2	74.5	70.9	71.1	71.8	73.3	—	—	—	—
	68	68.8	71.2	65.3	69.1	66.5	69.1	—	—	—	—
6	67	73.9	73.3	74.9	72.1	71.2	67.0	81.2	83.0	—	—
	68	69.0	68.8	71.5	67.1	71.2	62.4	77.8	78.4	—	—
6½	67	72.7	74.0	74.4	—	74.7	75.6	76.1	74.7	76.1	—
	68	67.4	69.7	69.6	—	70.7	71.6	71.2	69.5	70.0	—
7	67	76.2	74.4	76.1	78.2	79.1	80.6	87.0	85.1	—	—
	68	71.0	70.2	75.9	73.9	74.4	75.7	80.6	80.4	—	—
7½	67	83.0	78.9	78.1	—	79.8	—	83.3	—	79.3	76.6
	68	80.0	75.4	73.6	—	76.5	—	77.8	—	74.8	72.4
8	67	83.3	80.3	80.3	78.5	78.1	84.6	79.7	77.5	86.6	—
	68	79.0	76.0	75.6	75.0	73.5	80.4	77.8	74.4	80.3	—
8½	67	82.2	79.8	85.0	83.4	81.9	—	85.9	91.9	—	—
	68	79.0	75.9	81.1	79.1	79.8	—	79.7	85.6	—	—
9	67	81.6	83.4	85.5	83.7	83.7	—	89.3	90.8	85.1	88.1
	68	77.9	81.2	81.0	79.9	79.2	—	81.4	84.3	77.4	81.4
9½	67	83.9	—	85.5	85.5	91.3	91.4	84.9	73.3	76.2	—
	68	79.7	—	83.7	83.4	89.2	88.2	82.1	69.5	84.4	—
10	67	84.7	83.3	90.9	92.6	90.4	—	85.8	83.6	89.7	—
	68	81.7	81.5	87.7	90.0	87.3	—	83.0	82.1	83.3	—
10½	67	87.0	87.0	97.2	—	90.6	89.6	91.3	75.6	97.3	—
	68	83.9	83.0	93.6	—	88.2	86.0	87.4	70.4	89.8	—
11	67	96.3	87.1	90.6	—	97.4	—	95.6	96.3	96.6	—
	68	93.8	82.3	86.8	—	94.5	—	91.3	92.9	87.7	—
12	67	97.6	—	97.4	—	94.4	—	101.9	—	—	—
	68	93.7	—	92.9	—	90.7	—	93.1	—	—	—
13	67	98.7	87.3	97.8	—	97.8	—	99.3	—	—	—
	68	95.7	83.7	95.2	—	95.2	—	92.8	—	—	—

** S = simulaattori — simulation.
** K = koesahaus — test sawing.

käytetty asete on sahaustuloksen myyntihinnan mukaan laskettaessa edullisin vain 5 ½″:n läpimittaluokassa v:n 1967 hinta-asteikon perusteella laskettaessa. V:n 1968 hinta-asteikko antaa parhaan tuloksen yleisimmälle asetteelle myös 12″:n ja 13″:n luokassa. Kuusen kohdalla vastaava läpimittaluokka on v:n 1967 asteikon mukaan 7 ½″. V:n 1968 asteikon mukaan ovat yleisimmät asetteet edullisimpia myös 5 ½:n ja 8″:n luokissa. Tällainen suunta on ymmärrettävä sen vuoksi, että lauta-asetteet useimmiten antavat sahaustulokselle parhaan myyntihinnan (vrt. Asikainen 1968 a). Sahaustuloksen myyntihinnan perusteella ei olekaan syytä tehdä liian pitkälle meneviä johtopäätöksiä.

Seuraavaksi voidaankin jo laskea kunkin läpimittaluokan tukkien keskimääräinen sahaustuloksen myyntihinta, joka saadaan ao. luokan sahauksessa käytettävien asetteiden antamien myyntihintojen asetteiden käyttö-

Taulukko 14 a. Eri asetteiden sahaustuloksen myyntihinnat simulaattorin ja koesahausten mukaan. Kuusi.

Table 14 a. Sales prices of the sawing yield of different set-ups according to the simulation and the test sawing. Spruce.

Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter, in.*	Vuosi *Year*	Asete 1 *The set-up 1*		Asete 2 *The set-up 2*		Asete 3 *The set-up 3*		Asete 4 *The set-up 4*		Asete 5 *The set-up 5*	
		S *	K **	S	K	S	K	S	K	S	K
		mk/std — *Fmk/std*									
5½	67	566	559	566	557	567	—	569	523	564	569
	68	684	684	679	680	682	—	683	627	682	698
6	67	570	555	565	—	588	603	573	—	—	—
	68	687	672	677	—	728	746	688	—	—	—
6½	67	577	584	557	572	570	590	576	604	600	606
	68	701	713	666	692	684	720	698	753	740	747
7	67	575	569	573	579	587	588	590	—	587	604
	68	695	699	695	710	693	717	728	—	712	746
7½	67	606	604	582	588	583	584	594	—	594	—
	68	759	755	709	720	721	721	735	—	729	—
8	67	604	578	595	609	595	584	609	583	585	—
	68	759	711	731	757	738	721	752	706	716	—
8½	67	602	—	619	—	603	—	597	616		
	68	750	—	771	—	741	—	741	768	—	—
9	67	599	625	619	—	610	635	610	626	—	—
	68	738	787	771	—	763	800	762	783	—	—
9½	67	617	619	635	647	625	—	623	—	—	—
	68	766	770	789	815	779	—	783	—	—	—
10	67	617	627	637	—	636	—	627	—	—	—
	68	768	788	793	—	795	—	786	—	—	—
10½	67	628	—	630	—	636	641	649	—	—	—
	68	791	—	781	—	795	807	812	—	—	—
11	67	633	641	649	—	631	—	648	648	—	—
	68	789	808	814	—	790	—	818	818	—	—
12	67	647	652	651	—	655	—	662	662	—	—
	68	820	828	822	—	828	—	838	841	—	—
13	67	654	—	656	—	672	—	—	—	—	—
	68	827	—	834	—	855	—	833	—	—	—

* S = simulaattori — simulation.
** K = koesahaus — test sawing.

osuuksilla painotettuna keskiarvona. Kuitenkaan ei koesahaustuloksia ole saatu kaikista asetteista, kuten helposti käy silloin kun koesahaukset suoritetaan sahalaitoksen ulkopuolisten toimesta. Simulaattorin ja koesahausten tulosten vertailu onkin suoritettava vain niiden asetteiden osalta, joista on tulokset myös koesahauksista. Vertailu on esitetty taulukossa 15 eri läpimittaluokissa kaikkien asetteiden aritmeettisena keskiarvona.

Vertailusta voidaan todeta, että männyssä koesahaukset ovat muutamaa poikkeusta lukuunottamatta antaneet selvästi heikomman myyntihinnan kuin simulaattori. Kuusessa suhde on yleensä päinvastainen, eikä siinä ole koesahauksissa sellaisia yllättäviä poikkeamia yleisestä suunnasta kuin männyssä. Kuusessa erilaiset muotoviat ovatkin niin paljon harvinaisempia kuin männyssä, joten kuusierissä ei ilmeisesti ole ollut epähuomiossa mukaanpäässeitä muotovikaisia kuin männyssä.

Taulukko 14 b. Eri asetteiden sahaustuloksen suhteelliset myyntihinnat simulaattorin ja koesahausten mukaan. Kuusi.

Table 14 b. The relative sales prices of the sawing yield of different set-ups according to the simulation and the test sawing. Spruce.

Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter, in.*	Vuosi *Year*	Asete 1 *The set-up 1*		Asete 2 *The set-up 2*		Asete 3 *The set-up 3*		Asete 4 *The set-up 4*		Asete 5 *The set-up 5*	
		S *	K **	S	K	S	K	S	K	S	K
		Suhdeluku — *Relative value*									
5½	67	83.7	82.6	83.7	82.4	83.8	—	84.1	77.3	83.4	84.2
	68	79.0	79.0	78.4	78.6	78.8	—	78.9	72.4	78.9	80.6
6	67	84.3	82.1	83.6	—	86.9	89.2	84.8	—	—	—
	68	79.3	77.6	78.2	—	84.1	86.2	79.5	—	—	—
6½	67	85.4	86.4	82.3	84.6	84.3	87.2	85.2	89.4	88.7	89.6
	68	81.0	82.4	77.0	79.9	79.0	83.2	80.7	87.0	85.5	86.3
7	67	85.0	84.1	84.7	85.7	86.8	86.9	87.3	—	86.8	89.4
	68	80.3	80.8	80.3	82.1	80.0	82.8	84.2	—	82.2	86.2
7½	67	89.7	89.4	86.1	87.0	86.2	86.3	87.9	—	87.8	—
	68	87.6	87.3	81.9	83.2	83.3	83.3	84.9	—	84.2	—
8	67	89.3	85.4	88.1	90.1	88.1	86.3	90.0	86.2	86.5	—
	68	87.6	82.3	84.4	87.5	85.2	83.3	86.9	81.5	82.7	—
8½	67	89.0	—	91.6	—	89.2	—	88.3	91.1	—	—
	68	86.7	—	89.0	—	85.6	—	85.6	88.7	—	—
9	67	88.6	92.4	91.6	—	90.3	93.9	90.3	92.7	—	—
	68	85.3	90.9	89.1	—	88.1	92.4	88.1	90.5	—	—
9½	67	91.3	91.5	93.9	95.7	92.5	—	92.2	—	—	—
	68	88.5	89.0	91.2	94.2	89.9	—	90.4	—	—	—
10	67	91.2	92.7	94.1	—	94.1	—	92.7	—	—	—
	68	88.7	91.0	91.6	—	91.9	—	90.8	—	—	—
10½	67	92.9	—	93.1	—	94.1	94.8	95.9	—	—	—
	68	91.3	—	90.3	—	91.8	93.2	93.8	—	—	—
11	67	93.7	94.9	96.0	—	93.4	—	95.8	95.8	—	—
	68	91.2	93.4	94.1	—	91.3	—	94.5	94.5	—	—
12	67	95.7	96.5	96.3	—	96.8	—	98.0	—	—	—
	68	94.7	95.6	95.0	—	95.6	—	96.8	—	—	—
13	67	96.7	—	97.0	—	99.4	—	—	97.9	—	—
	68	95.5	—	96.3	—	98.8	—	96.2	97.1	—	—

* S = simulaattori — simulation.
** K = koesahaus — test sawing.

Kuusen osalta koesahauksen tulokset vaikuttavatkin varsin luotettavilta. Männyn koesahaukset ovat ilmeisesti olleet epätyydyttäviä. Kumpaankin pätee se, että käytettävissä olleiden varojen puitteissa ei ole pystytty hankkimaan riittävää aineistoa kaikista asetteista.

Jatkolaskelmat onkin syytä perustaa yksinomaan simulaattorin antamiin tuloksiin, mihin jo aiemmin viitattiin. Niiden mukaan lasketut eri läpimittaluokkien tukkien keskimääräiset sahaustuloksen markkamääräiset ja suhteelliset myyntihinnat nähdään taulukosta 16 sekä vuoden 1967 että vuoden 1968 hinta-asteikkojen mukaan (vrt. piirrokset 18 ja 19). Hinnat on korjattu em. ahtauspätkien korjauskertoimella.

Tulosten yleissuunta on se, että aluksi tukin sahaustuloksen myyntihinta pysyy suunnilleen muuttumattomana, mutta alkaa sitten nousta 7 ½″ läpi-

Taulukko 15. Simulaattorin ja koesahausten antamien sahaustulosten myyntihintojen vertailua eri läpimittaluokissa v:n 1967 hinta-asteikon mukaan.

Table 15. Comparison of the sales prices of the sawing yield given by the simulation and the test sawing in the various diameter classes for the year 1967.

Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter, in.*	Mänty — *Pine*				Kuusi — *Spruce*			
	Simulaattori *Simulation*		Koesahaus *Test sawing*		Simulaattori *Simulation*		Koesahaus *Test sawing*	
	mk/std *Fmk/std*	vert. luku *Relative value*	mk/std *Fmk/std*	vert. luku *Relative value*	mk/std *Fmk/std*	vert. luku *Relative value*	mk/std *Fmk/std*	vert. luku *Relative value*
5½	565	100	573	101.4	566	100	552	97.5
6	591	100	580	98.1	579	100	579	100.0
6½	585	100	587	100.3	576	100	591	102.6
7	625	100	625	100.0	581	100	585	100.7
7½	637	100	611	95.9	590	100	592	100.3
8	631	100	630	99.8	601	100	589	98.0
8½	663	100	667	100.6	597	100	616	103.2
9	670	100	680	101.5	606	100	629	103.8
9½	685	100	655	95.6	626	100	633	101.1
10	684	100	679	99.3	617	100	627	101.6
10½	704	100	660	93.8	636	100	641	100.8
11	754	100	720	95.5	641	100	646	100.8
12	—	100	—	—	655	100	657	100.3
13	775	100	686	88.5	—	100	—	—

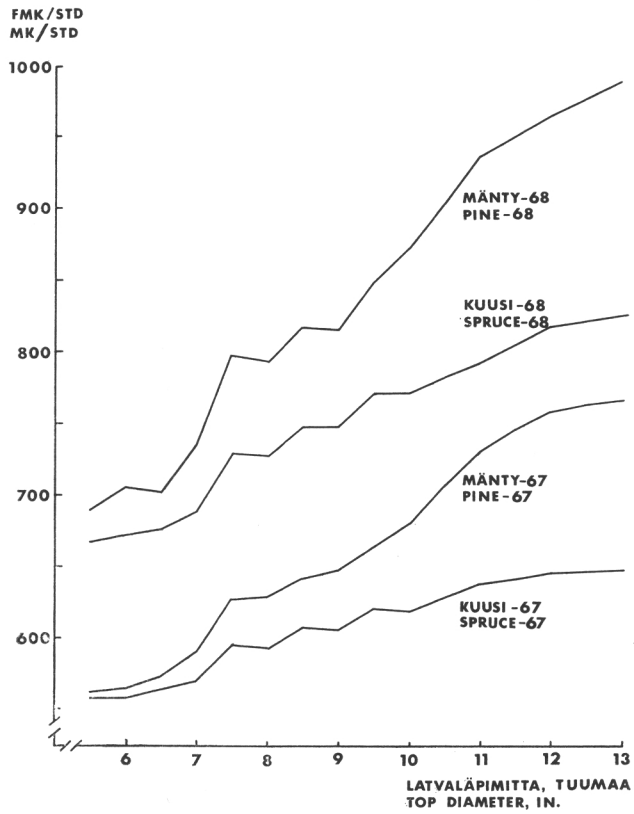
Taulukko 16. Eri läpimittaluokkien tukkien sahaustuloksen markkamääräiset ja suhteelliset myyntihinnat.

Table 16. Sales prices of the sawing yield of logs in the various diameter classes.

Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter, in.*	1967				1968			
	Mänty — *Pine*		Kuusi — *Spruce*		Mänty — *Pine*		Kuusi — *Spruce*	
	mk/std *Fmk/std*	sl [1] *Relative value*	mk/std *Fmk/std*	sl [1] *Relative value*	mk/std *Fmk/std*	sl [1] *Relative value*	mk/std *Fmk/std*	sl [1] *Relative value*
5½	561	71.4	558	71.1	689	66.1	667	64.0
6	565	72.0	558	71.0	706	67.7	673	64.6
6½	571	72.7	562	71.6	703	67.5	675	64.8
7	591	75.3	570	72.6	735	70.5	687	65.9
7½	630	80.2	594	75.7	797	76.5	728	69.9
8	631	80.3	592	75.4	793	76.1	729	70.0
8½	645	82.1	607	77.3	818	78.5	747	71.6
9	648	82.5	605	77.1	815	78.1	748	71.8
9½	664	84.6	619	78.9	847	81.3	769	73.8
10	680	86.6	618	78.7	871	83.5	770	73.9
10½	707	90.0	629	80.2	903	86.6	783	75.1
11	730	93.0	634	80.8	936	89.8	793	76.0
12	758	96.5	646	82.3	964	92.4	818	78.5
13	766	97.5	648	82.6	987	94.7	824	79.1

[1]) Luvulla 100 on merkitty männyn 7″:n u/s-soiron hintaa. — *The price of 7 in. u/s pine batten is indicated by the figure 100.*

mitassa. Toinen selvä kohoaminen on havaittavissa 9 ½″:n—10 ½″:n läpimittaluokassa, minkä jälkeen kohoamista jatkuu aivan läpimitta-asteikon loppuun, 13″:aan saakka.



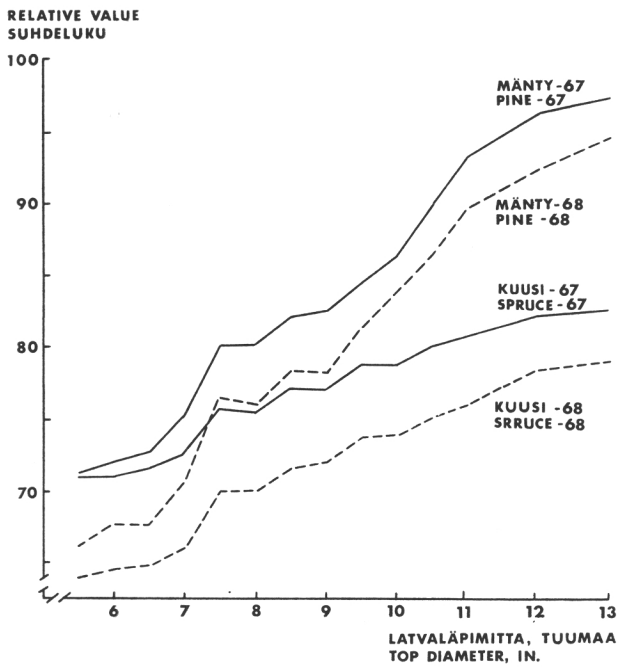
Piirros 18. Eri läpimittaluokkien tukkien korjatut sahaustuloksen myyntihinnat vuonna 1967 ja 68 simulaattorin mukaan.
Fig. 18. The corrected sales prices of the sawing yield for the various diameter classes of the logs in 1967 and 68 according to the simulation.

Saadut tulokset vastaavat varsin hyvin sitä yleistä suuntaa, joka on esitetty monissa aiemmissakin tutkimuksissa (vrt. K. Juvonen 1955, Mäntysahatukkien . . . 1956, Heiskanen 1966 a, b).

Myös kumpikin hinta-asteikko antaa suunnaltaan periaatteessa samanlaisen tuloksen, mutta niiden taso on aivan erilainen. Vuonna 1968 oli tukkien arvo suhteessa sahatavaran perushintaan alhaisempi kuin v. 1967. Varsin suuri ero oli vuoteen 1967 verrattuna pienissä läpimittaluokissa. Nämä erot johtuvat hinta-asteikon eroavuuksista, joiden vaikutusta on syytä tarkastella erikseen.

Hinta-asteikkojen aiheuttamat arvosuhteiden erot perustuvat seuraaviin seikkoihin:

1. leveydestä aiheutuvien hinnan korotusten ja alennusten muutoksiin,
2. kvintta-alennuksen muutoksiin ja
3. lautalisän muutoksiin.



Piirros 19. Eri läpimittaluokkien tukkien korjatut sahaustuloksen suhteelliset myyntihinnat vuonna 1967 ja 68 simulaattorin mukaan.

Fig. 19. The corrected relative sales prices of the sawing yields for various diameter classes of logs in 1967 and 68 according to the simulation.

Leveydestä aiheutuvien hinnan korotusten ja alennusten muutokset vaikuttavat em. tekijöistä tietenkin selvimmin järeyden mukaisiin arvosuhteisiin. Asiaa voidaan tarkastella alustavasti vertaamalla hinta-asteikon 9″:n ja 4″:n u/s-soirojen hintojen eroa sahaustuloksen myyntihinnan eroihin 13″:n ja 5 ½″:n tukkien välillä. Tulokset nähdään taulukosta 17.

Taulukosta ilmenee, että pienimmän ja suurimman tukin välinen sahaustuloksen hinnanero on muuttunut männyssä vuoden 1967 26 %:sta v. 1968 29 %:iin. Kuusessa muutos on ollut suhteellisesti yhtä suuri, 12 %:sta 15 %:iin. Sahatavaran vastaavanaikaiset hinnanerot olivat mänty 27 % ja 30 % sekä kuusi 10 % ja 11 %. Nämä, samoin kuin taulukkoon otetut muiden tutkimusten tulokset osoittavat, että, kuten alussa mainittiin, sahatavaran leveydestä johtuvat hinnanerot kuvastuvat myös koko sahaustuloksen läpimittaluokittaisissa eroissa.

Vaikutuksen suuruus ilmenee Laasosen (1969) esittämästä piirroksesta 20, jossa on merkitty sahaustuloksen suhteellista myyntihintaa kussakin läpimittaluokassa vuonna 1968 luvulla 100. Vuoden 1967 vastaavat

Taulukko 17. Esimerkkejä sahatavaran hinta-asteikon laajuuden [1]) vaikutuksesta 13″:n ja 5 ½″:n tukkien hinnaneroon.

Table 17. Examples of the effect of the extent of the price scale of sawn goods on the price differences of the logs.

Hinta-asteikko, v. *The price scale, year*	Tutkimus *The study*	Sahatavaran hinta-asteikko *The price scale of sawn goods*		Tukkien hinnanero *The difference in price of the logs*	
		Mä *Pine*	Ku *Spruce*	Mä *Pine*	Ku *Spruce*
1968	esillä oleva — *this study*	30	11	29	15
1967	» » — » »	27	10	26	12
1959	Laasonen 1969			28	—
1922—31	» »			39	
	Vuoristo 1936	28	26	29	26
	Juvonen 1955			41	
	Mäntysahatukkien	23	—	20—22	—

[1]) Hinta-asteikon laajuus = 9″ u/s-soiron ja 4″ u/s-soiron välinen hinnan ero %:ina. — *The extent of the price scale = the difference in price of 9 in. u/s batten and 4 in. u/s batten in percentage.*

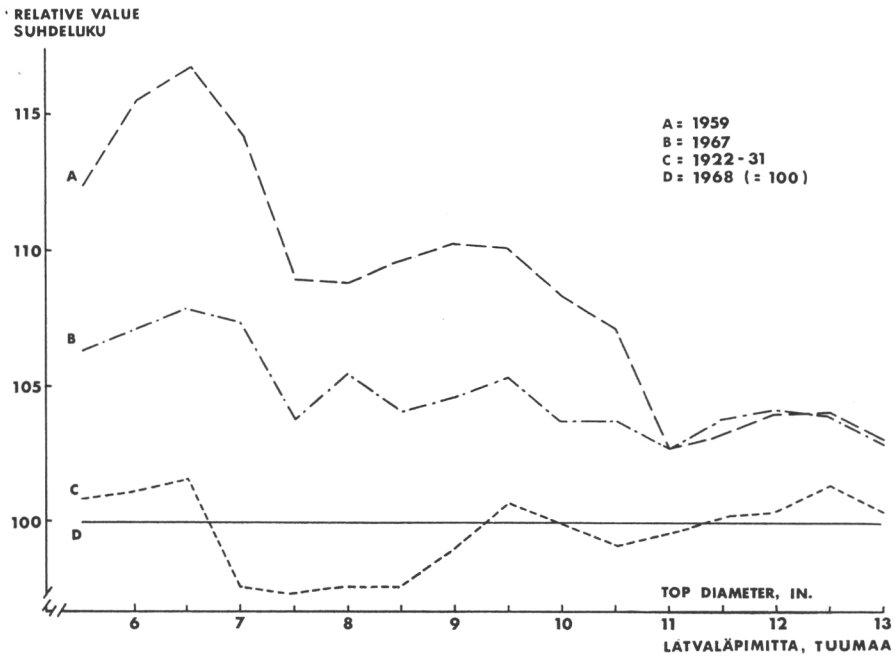
myyntihinnat on laskettu myös suhdeluvuiksi vertaamalla niitä vuoden 1968 lukuihin. Piirrokseen on otettu myös eräitä muita myyntihintasarjoja eri tutkimuksista.

Kvintta-alennuksen muutokset vaikuttavat sahatukkien järeyden mukaisiin arvosuhteisiin jo huomattavasti vähemmän, kuten nähdään piirroksesta 21. Siihen on merkitty jokaisen läpimittaluokan sahaustuloksen vuoden 1968 asteikon mukaan laskettua bruttoarvoa luvulla 100. Lisäksi on simulaattorilla selvitetty sahaustuloksen bruttoarvo olettaen, että kvintta-alennus olisi 20 % todellista pienempi tai 20 % todellista suurempi.

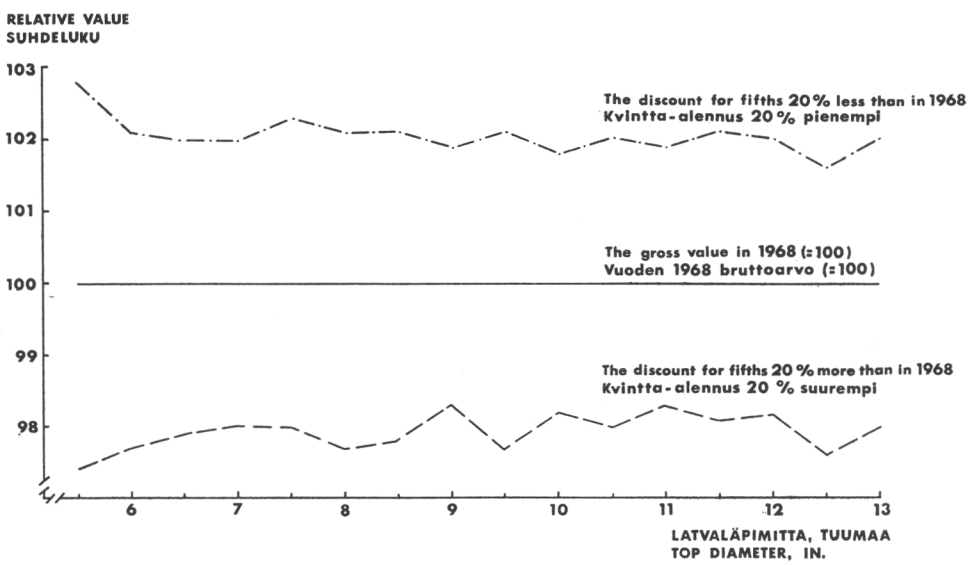
Piirros osoittaa, että kvintta-alennuksen pienentyessä nousee pienten läpimittaluokkien arvo suhteellisesti hieman enemmän kuin suurten. Ero on kuitenkin vain yhden prosentin luokkaa. Tulos on odotetunlainen, sillä onhan pienten tukkien sahaustuloksessa aina huomattavasti enemmän kvinttatavaraa kuin suurten tukkien antamassa sahatavarassa. Jos kvintta-alennus taas suurenee, laskee pienten tukkien arvo jonkin verran enemmän kuin suurten tukkien. Tässäkin tapauksessa ero on hyvin pieni.

Lautalisän muutosten vaikutus on esitetty piirroksessa 22, jossa perustana on myös vuoden 1968 hinta-asteikon mukaan laskettu kuvaaja. Vertailua varten on selvitetty bruttoarvon riippuvuus tukin läpimitasta, jos lautalisä olisi ollut kaksinkertainen todelliseen verrattuna ja jos lautalisää ei olisi maksettu lainkaan.

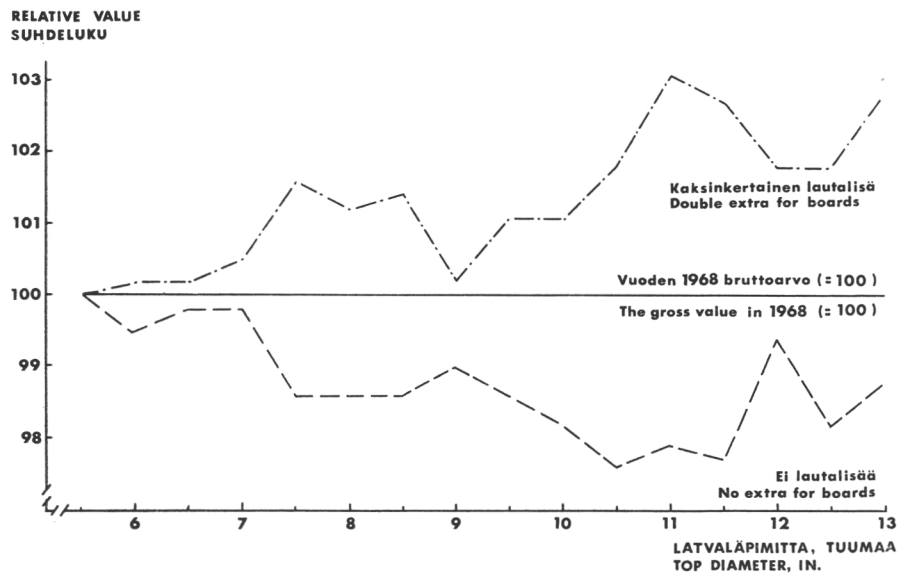
Piirros osoittaa, että lautalisän muutosten vaikutus arvosuhdekäyrään on erittäin selvä. Vaikutus pienien tukkien kohdalla on aivan olematon tai varsin vähäinen, mutta u/s-lautojen määrän lisääntyminen tukin läpimitan kasvaessa aiheuttaa lautalisän muutosten selvän vaikutuksen. Lautalisän



Piirros 20. Hinta-asteikon vaikutus eri läpimittaluokkien sahaustuloksen myyntihintaan.
Fig. 20. The effect of the price scale on the sales price of the sawing yield in the various diameter classes.



Piirros 21. Kvintta-alennuksen suuruuden vaikutus eri läpimittaluokkien tukkien bruttoarvoon.
Fig. 21. The effect of the size of the fifths discount on the gross value of logs of various diameter classes.



Piirros 22. Lautalisän suuruuden vaikutus eri läpimittaluokkien tukkien bruttoarvoon.
Fig. 22. The effect of the size of the extra for boards on the gross value of logs in the various diameter classes.

kaksinkertaistuminen on esimerkkitapauksessa saanut aikaan jopa 3 %:n arvon nousun suurimmissa läpimittaluokissa. Lautalisän puuttuminen taas alentaa suurten tukkien arvoa pienimpiin verrattuna.

Lopuksi on vielä todettava, että jos kysymys on hinnoittelutehtävästä, on saadut sahaustuloksen myyntihinnat vielä korjattava vastaamaan sitä keskihintaa, joka oletetaan käytännössä saatavan sahatavaroista. Tehtävä kohtaa kuitenkin tiettyjä vaikeuksia, kun kyseessä on tavallisesti prognoosi, jota vastaavaa todellista tilannetta ei ole vertailua varten olemassa. Ensimmäisiä laskelmia tehtäessä on kuitenkin paikallaan laskea sahaustuloksen myyntihinta myös edellisen tai vuoden hinta-asteikon tai asteikkojen mukaan, jolloin saadaan tilastoista vertailuaineistoa.

Esillä olevaa tutkimusta tehtäessä ei ollut mahdollisuuksia sanotunlaisten vertailujen tekemiseen. Mainittakoon kuitenkin, että agenttipalkkion ja diskonttokoron edellyttämät vähennykset tehdään myöhemmin nettoarvoa laskettaessa. Jos kyseessä on sisämaan saha, on nettoarvoa laskettaessa tehtävä vähennys myös rahtikustannusten johdosta.

RAAKA-AINEEN KÄYTTÖSUHDE

Yleistä

Toinen osatekijä, jonka riippuvuus tukin latvaläpimitasta on laskelmia varten tunnettava, on raaka-ainekulutus. Se ilmaistaan käytännössä aina raaka-aineen käyttösuhteena, teknillisinä kuutiojalkoina standarttia kohden (j^3/std) (vrt. H e i s k a n e n 1966 e). Sen tutkiminen voi tapahtua samoja menetelmiä käyttäen kuin sahaustuloksen dimensionaalisen jakautumankin selvittäminen, kuten edellä mainittiin. Käytännössä kysymykseen tulevat siis sumasahaukset, virheettömien tukkien pienet koesahaukset sekä simulointi (vrt. s. 31). Tähän mennessä julkaistut tulokset raaka-aineen käyttösuhteesta eri läpimittaluokissa perustuvat sumasahauksiin (V u o r i s t o 1932, K. J u v o n e n 1955, 1961, Mäntysahatukkien . . . 1956) lukuunottamatta niitä tietoja, joita H e i s k a n e n (1967, 1968) on viime vuosina julkaissut. Ne perustuvat virheettömien tukkien koesahauksiin. A s i k a i n e n (1968 a) puolestaan on käyttänyt simulaattoria.

Ongelmaa tutkittaessa on muistettava, että raaka-aineen käyttösuhteen suuruuteen vaikuttavat yhtä aikaa varsin monet tekijät. Ne on H e i s k a n e n (1966 e) jakanut seuraaviin ryhmiin

1. Tukkien ominaisuudet
2. Tukkien mittaus ja siihen liittyvät seikat
3. Sahauksen suoritus, jossa voidaan erottaa monta erillistä käyttösuhteeseen vaikuttavaa yksityiskohtaa
4. Sahatavaraan ja sen mittaukseen liittyvät tekijät
5. Muut tekijät.

Nyt tarkasteltavana olevan ongelman kannalta on tärkeä kiinnittää huomiota vain osaan näistä edellä luetelluista tekijöistä. Niitä ovat tukin ominaisuudet, joista järeyden, latvaläpimitan, lisäksi käyttösuhteeseen vaikuttavat tukin pituus ja tukin kapeneminen. Niiden vaikutusta selviteltiin edellä koesahaukseen valittavien tukkien ominaisuuksia käsiteltäessä.

Kaikkien asiaan vaikuttavien tekijöiden merkitys käyttösuhteen kannalta saadaan luotettavimmin selville samanlaisin laajoin koesahauksin kuin sahaustuloksen laatujakautumakin. Ts. otetaan käytännön sahauksista rupeamittain edustava aineisto kaikista käytetyistä tai oikeammin tutkimuksen pohjaksi valituista asetteista. Siihen ei kuitenkaan ole käytännöllisiä mahdollisuuksia, mihin edellä viitattiin (vrt. s. 22). Senvuoksi käyttösuhteen

Taulukko 18. Eri asetteiden raaka-aineen käyttösuhteet simulaattorin ja koesahausten mukaan. Mänty.

Table 18. Log consumption of various set-ups according to the simulation and the test sawings. Pine.

Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter, in.*	Asete 1 *The set-up 1*		Asete 2 *The set-up 2*		Asete 3 *The set-up 3*		Asete 4 *The set-up 4*		Asete 5 *The set-up 5*	
	S *	K **	S *	K **	S *	K **	S *	K **	S *	K **
	j³/std — cu.ft./std									
5½	182	194	173	229	180	210	·	·	·	·
6	178	193	199	218	193	206	199	—	·	·
6½	185	195	184	—	192	194	190	206	191	—
7	193	205	197	212	208	217	207	217	·	—
7½	199	210	189	—	197	—	202	—	198	188
8	200	199	197	201	206	209	199	232	206	—
8½	198	201	201	215	200	—	207	223	·	—
9	205	205	198	207	201	—	216	220	209	213
9½	200	—	203	215	207	222	203	203	211	—
10	203	212	207	238	201	—	201	221	210	—
10½	202	213	206	—	199	212	208	213	·	—
11	207	219	207	—	205	—	209	206	213	—
12	207	—	216	—	203	—	217	—	·	·
13	205	204	205	—	202	—	215	—	·	·

Taulukko 19. Eri asetteiden raaka-aineen käyttösuhteet koesahausten ja simulaattorin mukaan. Kuusi.

Table 19. Log consumption of various set-ups according to the simulation and the test sawings. Spruce.

Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter, in.*	Asete 1 *The set-up 1*		Asete 2 *The set-up 2*		Asete 3 *The set-up 3*		Asete 4 *The set-up 4*		Asete 5 *The set-up 5*	
	S *	K **	S	K	S	K	S	K	S	K
	j³/std — cu.ft./std									
5½	182	186	171	190	177	—	168	192	182	192
6	175	187	186	—	194	204	177	—	·	—
6½	184	183	182	203	180	201	194	229	197	186
7	192	190	196	208	196	194	209	—	199	191
7½	199	199	188	202	198	201	197	—	198	—
8	200	195	200	194	198	226	212	210	204	—
8½	199	—	199	—	208	—	213	226	—	—
9	204	203	195	—	216	225	217	208	—	—
9½	198	206	209	218	206	—	213	—	—	—
10	203	208	207	—	204	—	211	—	—	—
10½	203	—	211	—	198	206	204	—	—	—
11	206	202	205	—	216	—	200	201	—	—
12	207	244	217	—	204	—	209	—	—	—
13	203	—	202	—	207	—	211	223	—	—

* S = simulaattori — *simulation*
** K = koesahaus — *test sawing*

tutkimisessa on turvauduttava yksinkertaiseen ja halpaan oikotiehen, joka on pienten virheettömiä tukkeja sisältävien erien koesahaus tai simulointi.

Kummallakin menetelmällä on aluksi selvitettävä käyttösuhteet kutakin asetetta käytettäessä, minkä jälkeen asetteiden käyttöosuuksia painolukuina käyttäen päästään keskimääräisiin eri läpimittaluokkien käyttösuhteisiin.

Simulaattorin ja virheettömien tukkien koesahausten mukaiset raaka-aineen käyttösuhteet nähdään asetteittain mäntytukkien osalta taulukosta 18 ja kuusitukkien osalta taulukosta 19.

Taulukot osoittavat, että myös käyttösuhteet vaihtelevat saman läpimittaluokan eri asetteilla erittäin paljon, vaikka sahattavana ovat täsmälleen samanlaiset tukit, kuten simuloinnissa on laita. Tässäkin tapauksessa on havaittavissa, että yleisin asete ei ole läheskään aina edullisin. Tosin se on muita parempi huomattavasti useammin kuin myyntihinnan kohdalla, koska soiroasetteet vaativat aina selvästi vähemmän raaka-ainetta kuin lauta-asetteet (vrt. s. 26). Yleinen havainto on myös se, että käyttösuhteet ovat miltei kautta linjan hyvin alhaisia. Voidaankin mainita, että koesahausten mukaan olivat 4 ½″:n ja 5″:n mäntytukkien käyttösuhteet seuraavat:

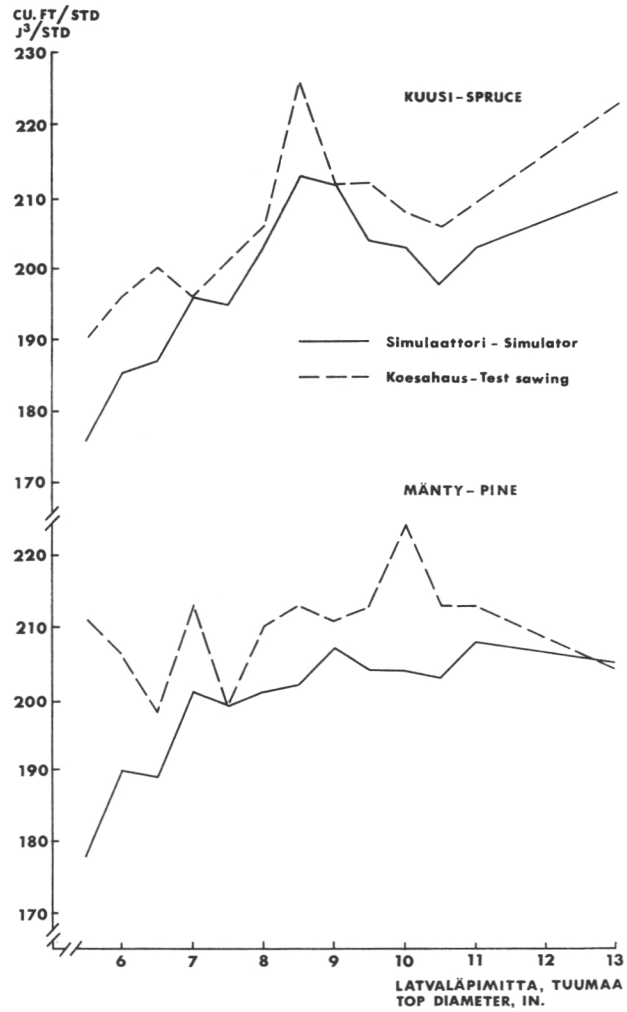
Latvaläpimitta, ″	Asete	Käyttösuhde j³/std
4 ½	2×4	159
5	2×4	181
5	2×3	206

Taulukoista 18 ja 19 havaitaan jo varsin suuriakin eroja simulaattorin ja koesahausten tulosten välillä. Varsinainen vertailu, joka on tehty läpimittaluokittain asetteiden aritmeettisena keskiarvona nähdään taulukosta 20 (vrt. piirros 23). Sen laatimisperiaate on ollut sama kuin sahaustuloksen myyntihintoja koskevan taulukon 15.

Taulukko 20. Simulaattorin ja koesahausten antamien raaka-aineen käyttösuhteiden vertailua.

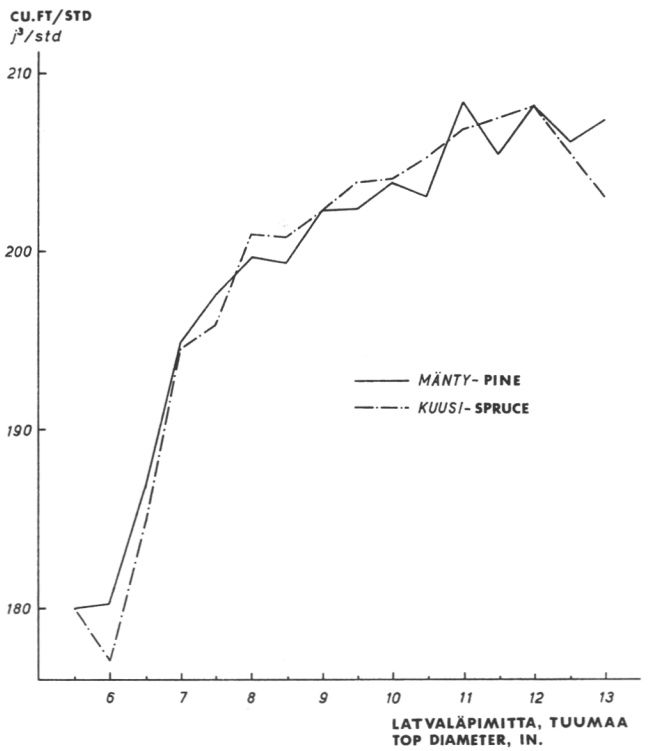
Table 20. The mean log consumption of the various diameter classes according to the simulation and test sawings.

Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter, in.*	Mänty — *Pine*				Kuusi — *Spruce*			
	Simulaattori *Simulation*		Koesahaus *Test sawing*		Simulaattori *Simulation*		Koesahaus *Test sawing*	
	j³/std *cu.ft./std*	vert. luku *Relative value*	j³/std *cu.ft./std*	vert. luku *Relative value*	j³/std *cu.ft./std*	vert. luku *Relative value*	j³/std *cu.ft./std*	vert. luku *Relative value*
5½	178	100	211	118.5	176	100	190	108.0
6	190	100	207	108.4	185	100	196	105.9
6½	189	100	198	104.8	187	100	200	107.0
7	201	100	213	106.0	196	100	196	100.0
7½	199	100	199	100.0	195	100	201	103.1
8	201	100	210	104.5	203	100	206	101.5
8½	202	100	213	105.4	213	100	226	106.1
9	207	100	211	101.9	212	100	212	100.0
9½	204	100	213	104.4	204	100	212	103.9
10	204	100	224	109.8	203	100	208	102.5
10½	203	100	213	104.9	198	100	206	104.0
11	208	100	213	102.4	203	100	202	99.5
12	—	100	—	—	207	100	244	117.9
13	205	100	204	99.5	211	100	223	105.7



Piirros 23. Simulaattorin ja koesahausten mukaisten raaka-aineen käyttösuhteiden vertailua.
Fig. 23. Comparison of the log comsumption according to the simulation and the test sawings.

Vertailusta ilmenee, että simulaattori on yleensä antanut käytännöllisesti katsoen kaikissa läpimittaluokissa alhaisemmat raaka-aineen käyttösuhteet kuin koesahausmenetelmä. Tämä suunta onkin hyvin odotettavissa, kun muistetaan, että simulaattori ei tee lainkaan sahausvirheitä ja että nyt kyseessä oleva ohjelma pyrkii optimoimaan myös särmäyksen ja siten sivulautatuotannon. Käyttösuhteiden osalta erot simulaattorin ja koesahausten välillä ovatkin paljon suuremmat kuin sahaustuloksen myyntihintojen kohdalla.



Piirros 24. Eri läpimittaluokkien tukkien raaka-aineen käyttösuhteet simulaattorin mukaan.
Fig. 24. The log consumption in the various diameter classes according to the simulation.

Lisäksi havaitaan, että simulaattorilla vaihtelut vierekkäisten läpimittaluokkien välillä ovat pienemmät kuin koesahauksissa. Nimenomaan männyn koesahausten tulokset ovat eräissä läpimittaluokissa epäluotettavalta vaikuttavia.

Jatkolaskelmat on tässäkin kohdassa syytä perustaa simulaattorin antamiin tuloksiin. Piirroksessa 24 onkin esitetty eri läpimittaluokkien keskimääräiset käyttösuhteet simulaattorin mukaisina. Mainittakoon, että keskimääräinen eri läpimittaluokkien osuuksilla painotettu keskiarvo on piirroksen käyttösuhteiden mukaan laskettaessa seuraava:

mänty	196.1 j³/std
kuusi	196.5 j³/std

Korjauslaskelmat

Kaikista esitetyistä tiedoista voidaan jo päätellä, että saadut käyttösuhteet ovat käytäntöä varten huomattavasti liian alhaisia. Tämä onkin

odotettavissa, sillä lenkous ja mutkaisuus ovat vikoja, jotka eniten alentavat sahauksessa raaka-aineen käyttösuhdetta (vrt. Siimes 1962 b, Heiskanen 1966 e). Suorat tukit ovat käyttösuhteen kannalta edullisimpia. Lisäksi on vielä muistutettava, että simulaattoria käytettäessä ei tapahdu lainkaan sahausvirheitä, jotka saattavat vaikuttaa huomattavastikin käyttösuhdetta alentavasti. Myös koesahauksissa tapahtuu aina huomattavasti vähemmän sahausvirheitä kuin normaalisahauksissa. Samoin suoritetaan särmäys koesahauksissa paljon huolellisemmin kuin jokapäiväisessä sahauksessa, mistä on osoituksena mm. pintalautojen yllättävän suuri osuus (vrt. s. 54).

Heiskanen (1966 e) onkin todennut, että koesahauksissa voidaan keskimäärin päästä vähintään 5 j³:n raaka-ainesäästöön vastaaviin normaaleihin sahauksiin verrattuna. Tästä syystä on laskelmia varten selvitettävä myös käytännön sahausten mukaiset raaka-aineen käyttösuhteet.

Sahalaitoksilta kerätystä tilastosta laskettiin Etelä-Suomea koskevat keskimääräiset raaka-aineen käyttösuhteet, jotka muodostuivat seuraaviksi eri puulajeille, kun pohjana pidettiin sahan mittausten mukaista tukkien kuutiojalkamäärää.

Vuosi	Mänty j³/std	Kuusi
1962	231.9	225.8
1963	229.3	225.0
1964	227.8	223.8
1965	229.7	225.2
Keskim.	229.7	225.2

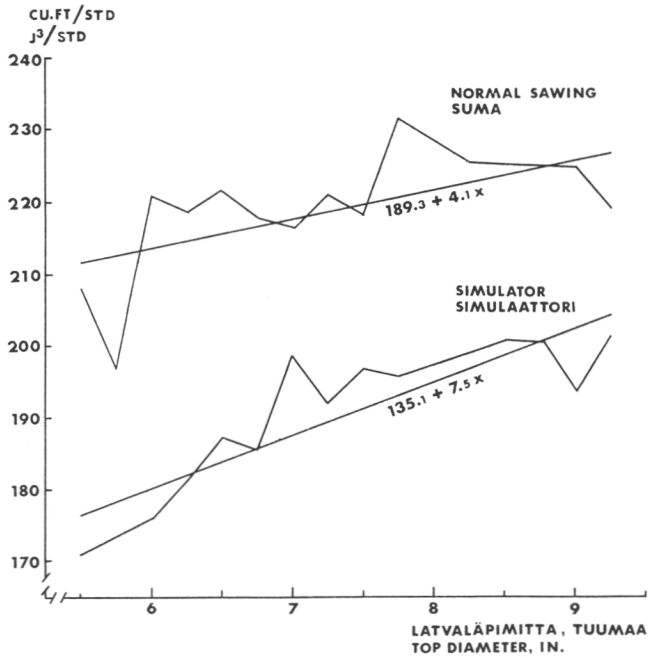
Keskiarvot vastaavat männyn osalta varsin hyvin yleistä käsitystä raaka-aineen käyttösuhteen keskimääräisestä suuruudesta, jona käytetään 230 j³/std (esim. Heiskanen 1966 e, Granvik 1967). Myös ero männyn ja kuusen välillä vastaa aikaisempia käsityksiä.

Painolukuina on käytetty sahalaitoksilta kerätyn tilaston mukaisia vuoden 1965 tuotosmääriä. Simulaattorin antama tulos oli kuten mainittiin, vastaavasti: mänty 196.1 j³/std ja kuusi 196.5 j³/std. Simulaattorin tuloksia olisi tämän mukaisesti korjattava seuraavilla kertoimilla, jotta päästäisiin käytäntöä vastaaviin tuloksiin.

Mänty	1.171
Kuusi	1.146

Myös virheettömien tukkien koesahausten mukaiset käyttösuhteet ovat normaalia alhaisemmat.

Vastaavanlaisia tuloksia on esitetty myös aiemmin. Heiskasen (1966 a) mukaan oli koesahausten keskiarvo 200.7 j³/std kuuselle ja 205.5 j³/std männylle. Eräiltä sahalaitoksilta kerättyjen tilastojen mukaiset arvot



Piirros 25. Erilaisten koesahausten antamien raaka-aineen käyttösuhteiden vertailua.
Fig. 25. The comparison of log consumption given by various test sawings.

olivat saman tutkimuksen mukaan kuusella 211.7—224.0 j³/std ja männyllä 216.9—228.4 j³/std. Em. tutkimuksessa käytettiin korjauskertoimina sekä kuuselle että männylle lukua 1.119, ja tällä kertoimella korjattiin kaikkien läpimittaluokkien käyttösuhteet. Oletettiin siis, että virheettömien tukkien koesahauksen tulokset eroaisivat käytännössä saavutettavissa olevista tuloksista yhtä paljon kaikissa läpimittaluokissa.

Kun sahausnopeus on kuitenkin pieniläpimittaisia tukkeja sahattaessa paljon suurempi kuin suuria, järeitä tukkeja sahattaessa, voidaan epäillä, että ero koesahausten ja käytännön välillä ei olisikaan suoraviivainen. Asiaa tutkittiin eräällä pohjois-suomalaisella sahalaitoksella, jossa useista läpimittaluokista tehtiin kolmenlaisia koesahauksia. Sahattiin 20 tukin eriä virheettömiä tukkeja, vähintään 100 tukin eriä virheettömiä tukkeja sekä lenkoja, mutkaisia ja virheellisiä tukkeja, jotka oli hylätty edellisestä erästä (vrt. s. 13). Kahden jälkimmäisen erän keskiarvon katsotaan osoittavan ns. sumasahauksen tuloksia. Lisäksi simuloitiin vielä samat ominaisuudet omaavat tukit, kuten edellä jo mainittiin.

Koesahausten tulokset osoittivat seuraavanlaista riippuvuutta tukin latvaläpimitasta (vrt. piirros 25).

Suma $y = 189.3 + 4.1\ x$
Virheettömät tukit $y = 179.8 + 3.8\ x$
Simulointi $y = 135.1 + 7.5\ x$

Kaavoissa y = raaka-aineen käyttösuhde j^3/std ja x = tukin latvaläpimitta tuumina.

Tässä tapauksessa suman ja simulaattorin välinen ero vaihtelee 20.1 %:ista 10.6 %:iin ja on keskimäärin 14.7 %. Tilaston ja varsinaisen aineiston simuloinnin keskimääräinen ero männyllä, 17.1 %, on samaa luokkaa, kuten mainittiin. Sitä vastoin virheettömien tukkien antama tulos on tässä kokeessa erittäin paljon suurempi kuin simulaattorin antama. Ilmeisesti tukkien valinta koesahauksiin ei ole ollut riittävän huolellista. Pääasiassa yhtälöitten perusteella lasketut simulaattorin mukaisesti eri läpimittaluokkien käyttösuhteelle tarvittavat korjauskertoimet on esitetty taulukossa 21. Niitä laskettaessa on pyritty siihen, että keskimääräinen raaka-aineen käyttösuhde tulisi kummassakin puulajissa tilaston osoittaman suuruiseksi.

Korjauslaskelmien jälkeen on sitten päädytty taulukossa 22 ja piirroksessa 26 esitettyihin tasoitettuihin raaka-aineen käyttösuhteisiin eri läpimittaluokissa. Kuten aiemmin mainittiin, ne perustuvat ensi kädessä piirroksessa 24 esitettyihin simulaattorin tuloksiin.

Taulukosta ja piirroksesta voidaan todeta raaka-aineen käyttösuhteen olevan pienimmissä läpimittaluokissa verraten alhainen, mutta nousevan sitten ja saavuttavan maksimin suunnilleen 7 ½—8 tuuman paikkeilla. Senjälkeen raaka-aineen kulutus laskee vähän ja pysyy sitten suunnilleen ennallaan.

Taulukko 21. Korjauskertoimet, joilla simulaattorin antamat käyttösuhteet muunnetaan käytännön keskiarvoja vastaaviksi.
Table 21. Correction factors in which the log consumption according to the simulation have been converted to correspond to the practical means.

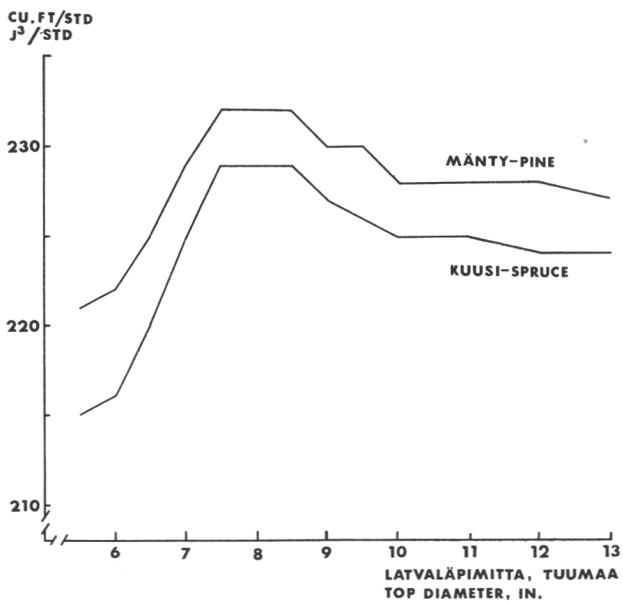
Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter, in.*	Mänty — *Pine*	Kuusi — *Spruce*
	Kerroin — *The correction factor*	
5 ½	1.230	1.211
6	1.218	1.199
6 ½	1.205	1.187
7	1.193	1.174
7 ½	1.181	1.162
8	1.169	1.150
8 ½	1.156	1.138
9	1.144	1.126
9 ½	1.132	1.114
10	1.119	1.102
10 ½	1.107	1.090
11	1.107	1.090
12	1.107	1.090
13	1.107	1.090

Taulukko 22. Raaka-aineen korjatut käyttösuhteet eri läpimittaluokissa.
Table 22. The corrected log consumption of the various diameter classes.

Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter, in.*	Mänty — *Pine*	Kuusi — *Spruce*
	j³/std — *cu.ft./std*	
5 ½	221	215
6	222	216
6 ½	225	220
7	229	225
7 ½	232	229
8	232	229
8 ½	232	229
9	230	227
9 ½	230	226
10	228	225
10 ½	228	225
11	228	225
12	228	224
13	227	224

Aivan suurimmissa luokissa se saattaa edelleen nousta niissä esiintyvien yleisten sisä- ja salavikojen vuoksi (vrt. Mäntysahatukkien . . . 1956).

Tulos vastaa varsin hyvin aiempia tutkimustuloksia ja yleisiä käsityksiä käyttösuhteen vaihteluista (vrt. H e i s k a n e n 1966 e).



Piirros 26. Eri läpimittaluokkien korjatut raaka-aineen käyttösuhteet.
Fig. 26. The corrected log consumption in the various diameter classes.

JÄTEHYVITYS

Yleistä

Eri läpimittaluokille tulevan jätehyvityksen laskemisen lähtökohtana tulee tietenkin olla raaka-aineen käyttösuhteen ja sen läpimittaluokittaisen vaihtelun. Tähän vaihteluun vaikuttavat samat tekijät kuin käyttösuhteeseenkin, joten niitä ei ole tarpeen tarkastella enää tässä yhteydessä.

Kysymystä tutkittaessa on laskettava jätteiden määrä ja sen jakautuminen eri jätelajeihin. Niitä koskevien hintatietojen perusteella päästään lopuksi jätehyvitykseen, jolla tarkoitetaan sahatukeista sahatavaraksi kelpaamattomaksi jätteeksi jäävästä puusta saatavaa kirjanpidollista hyvitystä tai kauppahintaa.

Jätteiden määrän selvittäminen voi tapahtua myös koesahausten yhteydessä tapahtuvin mittauksin, mitä menetelmää Siimes (1951) on kokeillut eri laatuluokkien tukkien jätemääriä selvitellessään. Menetelmässään hän mittasi kaikkien jätteiden määrät kaupallisina yksikköinä, irtomittoina. Tapa on suuritöinen ja siihen sisältyy suuria virhelähteitä muuntolukujen käytön vuoksi sekä hakkeen ja purun tiheyksien suuren vaihtelun takia (vrt. Heiskanen 1963, Uusvaara 1969). Myös Isomäki (1966) on mitannut jätteiden määrät koesahausten yhteydessä, mutta hän käytti eräänlaista ksylometrimittausta. Menetelmä on tarkempi kuin Siimeksen, mutta muodostuu laajoissa tutkimuksissa ylivoimaisen vaivalloiseksi. Onkin ilmeistä, että jätteitä mittaamalla ei voida saada kohtuukustannuksin riittävän laajaa ja luotettavaa aineistoa eri läpimittaluokkien tukkien vertailua varten.

Jätteiden määrän selvittäminen onkin perustettava teoreettisiin laskelmiin, jotka voidaan esittää seuraavan kaavan avulla

$$V_j = V_t - V_s, \text{ jossa}$$

V_j = jätteiden todellinen kuutiomäärä
V_t = tukin todellinen kuutiomäärä
V_s = sahatavaran todellinen kuutiomäärä

Laskelmaa varten on siis tiedettävä tukkien todellinen kuutiosisältö kussakin latvaläpimittaluokassa sekä samoin sahaustuloksen kuutiosisältö todellisina kuutiomittoina.

Jätteiden kokonaismäärän selvittämisen jälkeen on edessä niiden jakaminen eri jätelajien kesken. Jätelajeina otetaan tässä tapauksessa huomioon vain hake ja puru. Laskelmaa tehtäessä oletetaan, että pinnat, rimat ja tasauspätkät tehdään hakkeeksi, kuten useimmilla sahalaitoksilla maassamme jo tapahtuukin. Näin on laita ainakin sen hintaryhmän sahoilla, joita tutkimus koskee.

Jätteiden hinnat maksetaan käytännössä irtokuutiometriltä, joten on pystyttävä muuntamaan koesahaustulosten perusteella tehtyjen laskelmien kiintokuutiometrimäärät irtokuutiometreiksi. Itse hinnat saadaan tilastoista, jollaisina tulevat kysymykseen esillä olevaa työtä varten kerätty tilasto sekä Sahateollisuuden Sivutuoteyhdistyksen tilastot (I s o m ä k i 1967 b). Tilastoista otetut sahanhakkeen hinnat eivät kuitenkaan ilmeisesti vastaa hakkeen todellista arvoa, joten laskutapa sopii varmuudella vain haketta myyville yhtiöille.

Jätteiden kokonaismäärä

Jätteiden kokonaismäärän laskemista varten tarvittavat tiedot saadaan seuraavista lähteistä.

Tukin todellinen kuutiomäärä on laskettu A r o n ja R i k k o s e n (1966) latvamuotolukujen avulla Etelä-Suomen lukuja käyttäen. Kaikkien läpimittaluokkien keskipituudeksi on oletettu 16 jalkaa, mikä varsin hyvin vastaa käytännön keskiarvoja. Myös koesahaukset ja simulointi perustuvat tähän samaan keskipituuteen.

Yhden sahatavarastandartin valmistamiseen tarvittava tukkimäärä todellisina kiintomittoina nähdään taulukon 22 luvuista lasketussa taulukossa 23. Kun näistä luvuista vähennetään sahatavarastandartin todellinen kuutiosisältö, päästään jätteiden todelliseen kiintomittaan. Sahatavarastandartti on, kuten tunnettua, 165 j^3 ja 4.672 m^3. Se on kuitenkin vain nimellinen mitta, joka tarkoittaa kuivaa sahatavaraa. Esillä olevissa laskelmissa tarvitaan kuitenkin tuoreen sahatavarastandartin todellisen kuutiomäärän tuntemista.

Asiasta on saatavissa seuraavia tietoja. S i i m e k s e n (1959) mukaan kuivausvara ja ylimitta ovat yhteensä 7 % tukin kuutiomäärästä eli taseen mukaan laskettuna 11 % sahatavarasta. Erittäin yleistä on kuitenkin, että sahatavara tehdään Norjan tuumille, jolloin Norjan ja Englannin tuumien erotus osoittaa leveydessä ja paksuudessa esiintyvän ylimitan. Se on 0.075 cm eli 3.0 % Englannin mitasta. Kun pituudessa ylimitta on yleensä 1 Engl. tuuma, saadaan 15 jalkaisen sahatavarakappaleen ylimitaksi prosentteina

$$3.0 \times 3.0 \times 0.8 = 7.2\ \%$$

Taulukko 23. Raaka-aineen käyttösuhteet eri läpimittaluokissa todellisina kiintomittoina.

Table 23. The log consumption as actual solid measure.

Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter, in.*	Mänty — *Pine*		Kuusi — *Spruce*	
	tod.j³/std *actual cu.ft./std*	k-m³/std *actual cu.m/std*	tod.j³/std *actual cu.ft./std*	k-m³/std *actual cu.m/std*
5 ½	340	9.62	348	9.85
6	324	9.17	333	9.42
6 ½	313	8.86	321	9.08
7	307	8.69	317	8.97
7 ½	304	8.60	311	8.80
8	297	8.41	305	8.63
8 ½	292	8.26	302	8.55
9	288	8.15	297	8.41
9 ½	283	8.01	294	8.32
10	278	7.87	290	8.21
10 ½	276	7.81	288	8.15
11	276	7.81	286	8.09
12	274	7.75	282	7.98
13	270	7.64	282	7.98

Tämän mukaan tuoreen sahatavarastandartin todellinen kuutiojalkasisältö on $1.07 \times 165 = 177$ j³, jota lukua tullaan käyttämään jätemäärien laskennassa (vrt. Heiskanen 1966 a). Eräiden muiden kuivumisvarajärjestelmien mukaan ylimitta muodostuu jonkin verran edellä esitettyä suuremmaksi varsinkin ohuissa sahatavaradimensioissa (vrt. R. Juvonen 1968).

Sahatavarastandartin todelliseen tilavuuteen vaikuttaa myös vajaasärmäisyys, joka pienentää tilavuutta nimellisestä. Aiemmissa tutkimuksissa on otettu kaikki sahatavara huomioon samaa tilavuutta käyttäen, koska ei ole tiedetty vajaasärmäisyyden vaikutusta kappaleen todelliseen tilavuuteen. Kysymystä on selvittänyt tosin verraten pienellä aineistolla Rikkonen (1968), joka on päätynyt seuraaviin keskimääräisiin vajaatilavuuksiin erilaisissa vajaasärmäisissä sahatavaralaaduissa.

pl/vl	2.5 %
pl/kl	6.5 %
2×4″	1.0 %

Kvinttalaadun osalta havainnot osoittivat vajaasärmätilavuuden olevan erittäin pienen.

Esitetyt prosenttiosuudet merkitsevät sitä, että näiden sahatavaradimensioiden keskimääräiset standartin todelliset kuutiojalkasisällöt ovat vastaavassa järjestyksessä seuraavat:

pl/vl 172.6 j³, pl/kl 165.5 j³ ja 2×4″ 175.2 j³.

Taulukko 24. Tuoreen sahatavarastandartin todellinen kuutiosisältö otettaessa vajaasärmäisyys huomioon.

Table 24. The true wood volume contained in the sawn goods standard obtained from logs of various diameter classes.

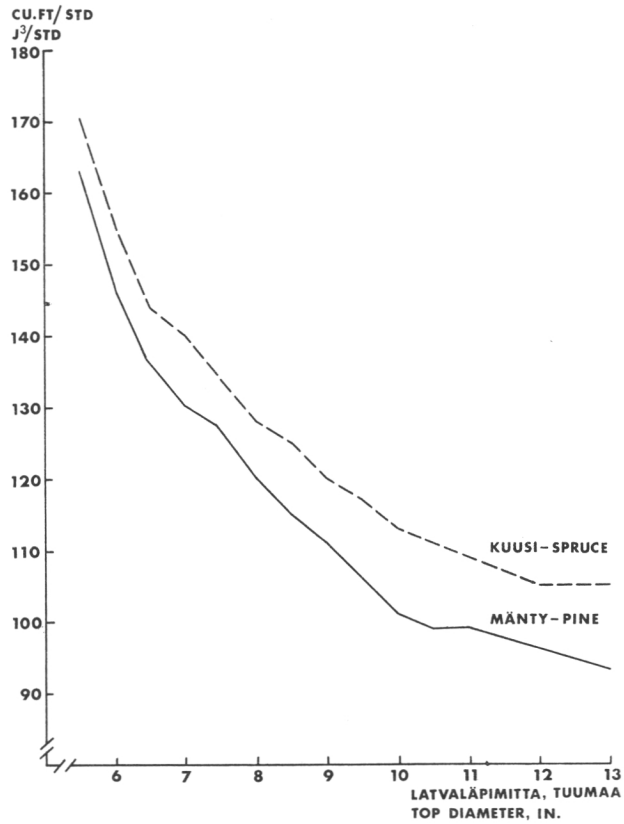
Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter, in.*	Mänty — *Pine*	Kuusi — *Spruce*
	j³/std — *cu.ft./std*	
5 ½	174.7	174.6
6	174.6	174.6
6 ½	174.7	174.7
7	175.0	174.9
7 ½	175.7	175.7
8	175.9	175.9
8 ½	175.9	175.9
9	176.4	176.3
9 ½	176.4	176.4
10	176.5	176.5
10 ½	176.5	176.5
11	176.6	176.6
12	176.6	176.6
13	176.7	176.7

Sahaustuloksen määrää laskettaessa olisi ko. sahatavaralajien pienempi tilavuus otettava huomioon ja se merkitsee, että keskimääräisen sahatavarastandartin sisältämä puumäärä on pienten tukkien sahaustuloksessa hieman pienempi kuin suurten tukkien sahaustuloksessa. Ero on kuitenkin odottamattoman pieni niinkuin taulukosta 24 nähdään. Siihen on pintalauta- ja 2×4″:n vajaasärmäosuudet otettu koesahausten mukaisina. Kun kuitenkin jätekysymyksen selvittämiseen eri vaiheissa sisältyy varsin paljon epävarmoja tekijöitä, ei tässä kysymyksessä ole katsottu voitavan mennä liian suureen tarkkuuteen. Sen vuoksi katsotaan sahatavarastandartin sisältävän kaikissa läpimittaluokissa 177 j³.

Taulukko 25. Jätteiden kokonaismäärä eri läpimittaluokissa.

Table 25. The total amount of waste in the various diameter classes.

Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter, in.*	Mänty — *Pine*		Kuusi — *Spruce*	
	j³ *cu.ft.*	m³ *m³*	j³ *cu.ft.*	m³ *m³*
5 ½	163	4.61	171	4.84
6	147	4.16	156	4.41
6 ½	136	3.85	144	4.08
7	130	3.68	140	3.96
7 ½	127	3.59	134	3.79
8	120	3.40	128	3.62
8 ½	115	3.25	125	3.54
9	111	3.14	120	3.40
9 ½	106	3.00	117	3.31
10	101	2.86	113	3.20
10 ½	99	2.80	111	3.14
11	99	2.80	109	3.08
12	97	2.75	105	2.97
13	93	2.63	105	2.97



Piirros 27. Eri läpimittaluokkien korjatut jätemäärät.
Fig. 28. The corrected waste amounts for the various diameter classes.

Taulukossa 23 esitetyistä raaka-aineen käyttösuhdeluvuista vähentämällä sahatavarastandartin todellinen kuutiosisältö saadaan taulukosta 25 nähtävät kokonaisjätemäärät eri läpimittaluokissa. Ne on kuitenkin ensin tarkistettava tutkimalla, vastaako niiden keskiarvo käytännön lukuja. Sitä ennen on jätemäärät kuitenkin muutettava kaupallisiksi mitoiksi, koska käytännöstä saatavat tiedot ovat kaupallisina mittoina. Muuntamistehtävä edellyttää kuitenkin myös tietoa jätteen jakaantumisesta eri jätelajien kesken.

Jätteiden jakautuminen

Jätteiden jakautuminen hakkeeksi ja sahanpuruksi voidaan selvittää joko sahalaitoksilla suoritettavin mittauksin (esim. S i i m e s 1951) tai teoreettisin laskelmin. Mittausmenetelmä on vaivalloinen, joten on tyydyttävä teoreettisiin laskelmiin, kuten edellä todettiin. Niiden suorittamiseen on simulaattorin avulla hyvät mahdollisuudet. Ko. simulointiohjelma las-

Taulukko 26. Jätteiden suhteellinen jakaantuminen hakkeen ja purun kesken eri läpimittaluokissa simulaattorin mukaan.

Table 26. The waste distribution into chips and sawdust in the various diameter classes accroding to the simulator.

Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter in.*	Mänty — *Pine*		Kuusi — *Spruce*	
	Haketta *Chips*	Purua *Sawdust*	Haketta *Chips*	Purua *Sawdust*
	%			
5 ½	59	41	70	30
6	59	41	67	33
6 ½	58	42	65	35
7	59	41	64	36
7 ½	60	40	65	35
8	60	40	66	34
8 ½	62	38	68	32
9	62	38	68	32
9 ½	62	38	69	31
10	62	38	68	32
10 ½	63	37	69	31
11	62	38	70	30
12	62	38	70	30
13	62	38	70	30

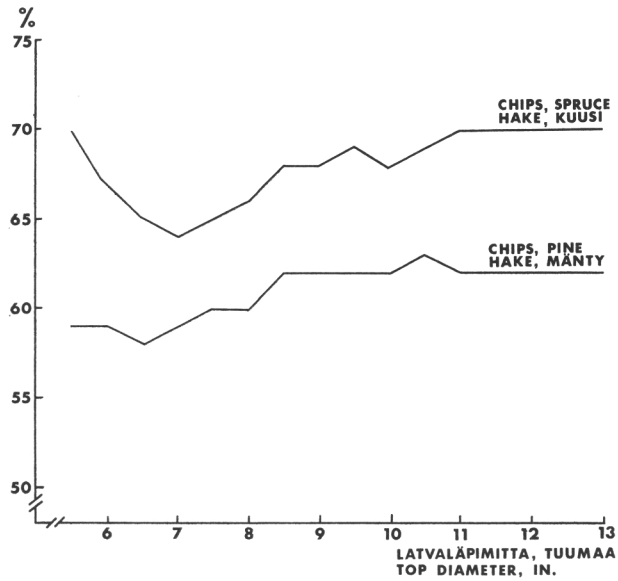
keekin suoraan sekä hakkeen etta purun määrän ja hinnoittaa sen. Purun paljous riippuu tietenkin asetteesta ja käytettävästä sahausraosta. Sahausrakojen kuutiosisältö menee ohjelman mukaan puruksi. Muu osa tukin kokonaiskuution ja sahaustuloksen kuutiomäärän erotuksesta on haketta.

Simulaattorin tulokset sellaisinaan eivät kuitenkaan vastaa suuruudeltaan lainkaan käytäntöä, koska raaka-aineen käyttösuhde on niin alhainen. Sen vuoksi simulaattorin tulosten perusteella voidaan laskea vain hakkeen ja purun prosenttiset osuudet jätteen kokonaismäärästä. Ne nähdään taulukosta 26 (vrt. piirros 28).

Siitä havaitaan, että männyssä hakkeen osuus nousee jatkuvasti tukin läpimitan kasvaessa 59 %:sta 62 %:iin. Kuusen kohdalla tilanne on osittain toinen. Aluksi hakkeen osuus on varsin korkea, 70 %, alenee sitten 64 %:iin ja kohoaan sitten taas 70 %:iin. Erot johtuvat ennen kaikkea asetteiden ja latvamuotolukujen eroavuuksista. Aiemmin on esitetty, että hakkeen osuus pienenisi soirosahauksessa tukin läpimitan kasvaessa (H e i s k a n e n 1966 b, I s o m ä k i 1966).

Kun näillä sadanneksilla kerrotaan taulukossa 25 esitetyt kokonaisjätemäärät, saadaan hakkeen ja purun määriä kuvaava sarja. Siitä lasketut painotetut keskiarvot ovat seuraavat. Painoluvut nähdään liitteestä 7, joka perustuu männyn osalta yli 3 milj. kuutiojalan ja kuusen osalta lähes 2 milj. kuutiojalan aineistoon.

	Mänty	Kuusi
Hake	74.1 j³/std	87.0 j³/std
Puru	48.9 »	43.2 »



Piirros 28. Eri läpimittaluokkien jätemäärien jakautuminen hakkeen ja purun kesken simulaattorin mukaan.
Fig. 27. The distribution of waste in the various diameter classes between chips and sawdust according to the simulation.

Niiden pohjalta voidaan lähteä käsittelemään asiaa eteenpäin, jolloin on ensin tehtävä muuntaminen kaupallisiksi mitoiksi. Aiemmissa tutkimuksissani olen päätynyt laskennallisesti hakkeen tiheyteen 0.388 i-m³/k-m³ ja purun tiheyteen 0.313 i-m³/k-m³ (Heiskanen 1966 a). Nyt on kuitenkin saatavissa huomattavasti tarkempia tietoja Uusvaaran (1969) tutkimuksen perusteella.

Sen mukaan sahanhakkeen tiheydet ovat auton lavalla mitattaessa keskimäärin seuraavat:

Sahalla ennen kuljetusta	
mäntyhake	0.378
kuusihake	0.372
Sellutehtaalla kuljetuksen jälkeen	
mäntyhake	0.396
kuusihake	0.392

Laskelmissa käytetään kummallekin puulajille samaa tiheysarvoa, joka on Uusvaaran mukaan 0.393 vastaanottomittauksessa.

Purun tiheydestä on saatavissa rajoitetummin tietoja. Siimeksen (1962 a) mukaan sahanpurun tiheys on 0.27—0.29, mutta ei ole tietoa millä ko. tiheysluvut on saatu. Eräiden muiden tietojen ja käsitysten perusteella onkin päädytty käyttämään tiheyttä 0.29.

Kun näillä muunnetaan em. kiintomittaluvut irtomitoiksi, päädytään seuraaviin keskiarvoihin

	Mänty	Kuusi
Hake	5.250 i-m³/std	6.200 i-m³/std
Puru	4.697 »	4.172 »

Keskimääräiset hake- ja purumäärät eivät vastaa varsinkaan männyn osalta käytännöstä saatavia tietoja. Siimes (1962a) on ilmoittanut, että mäntytukkien sahauksessa syntyy haketta 6.0 i-m³/std ja purua 3.8 i-m³/std. Isomäki (1966) on puolestaan saanut seuraavia keskimääräisiä hakemääriä eri suuruisille sahalaitoksille.

Sahausmäärä I—IX, std	Haketta i-m³/std
999	5.3
1 000—1 999	4.7
2 000—2 999	4.8
3 000—4 999	5.1
5 000—9 999	5.9
10 000—	6.2

Sahalaitokset, joita esillä oleva tutkimus lähinnä koskee, kuuluvat kahteen suurimpaan luokkaan. Kokonaishakemäärä olisi siis samaa luokkaa kuin Siimeksenkin mukaan.

Lähempien tietojen hankkimiseksi kerättiin sahalaitoksilta hakkeen ja purun määrät tuotettua sahatavarastandarttia kohden. Vastauksia saatiin 30 laitokselta männystä ja 23 laitokselta kuusesta. Vastausten mukaan olivat keskimääräiset sahausmäärillä painotetut hake- ja purumäärät seuraavat:

Mänty,	haketta	6.30 i-m³/std
	purua	4.23 »
Kuusi,	haketta	6.15 »
	purua	3.94 »

Vaihtelut eri sahalaitosten välillä olivat verraten suuret. Jätteen määrä riippuukin varsin paljon siitä, missä määrin pintalautoja otetaan talteen. Varsinkin kotimaan laadun kohdalla käytäntö vaihtelee melko paljon eri sahalaitosten välillä ja se aiheuttaa muutoksia hakemääriin. On myös syytä korostaa, että näiden tilastotietojen luotettavuus on jätteiden vaikean mitattavuuden takia verraten alhainen. Onkin ilmeistä, että osa saaduista tiedoista perustuu arviointeihin.

Yksittäisen sahalaitoksen ollessa tutkittavana, on helpompi saada luotettava aineisto. Tässäkin tapauksessa on kuitenkin suoritettava korjaus

Taulukko 27. Hakkeen ja purun korjatut kokonaismäärät eri läpimittaluokkia sahattaessa.

Table 27. The total corrected amounts of chips and sawdust in sawing the various diameter classes.

Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter, in.*	Mänty — *Pine*		Kuusi — *Spruce*	
	Haketta *Chips*	Purua *Sawdust*	Haketta *Chips*	Purua *Sawdust*
	i-m³/std — *loose cu.m/std*			
5 ½	8.19	5.82	8.46	4.65
6	7.42	5.21	7.40	4.65
6 ½	6.74	4.95	6.63	4.56
7	6.57	4.61	6.35	4.56
7 ½	6.48	4.43	6.13	4.29
8	6.14	4.17	5.92	4.01
8 ½	6.06	3.82	5.99	3.65
9	5.89	3.65	5.78	3.47
9 ½	5.63	3.48	5.71	3.28
10	5.37	3.30	5.43	3.28
10 ½	5.29	3.22	5.43	3.10
11	5.20	3.30	5.36	3.01
12	5.12	3.22	5.22	2.83
13	4.95	3.04	5.22	2.83

simulaattorin perusteella laskettuihin jätemääriin. Vertailukohtana käytetään kaikista epäilyksistä huolimatta kerätyn tilaston tuloksia. Korjauskertoimet muodostuvat tällöin seuraaviksi.

Mänty,	hake	1.200
	puru	0.900
Kuusi,	hake	0.992
	puru	0.945

Näillä korjauskertoimilla muuntamalla saadut hake- ja purumäärät on esitetty taulukossa 27.

Jätteiden hinnoittelu

Jätteen hinnoittelua varten on vielä tiedettävä hakkeesta ja purusta saatavat korvaukset.

Hakkeen hinnoista on saatavissa tietoja Sahateollisuuden Sivutuoteyhdistyksen arkistoista. Keskimääräiset sahanhakkeen hinnat olivat niiden mukaan Länsi- ja Etelä-Suomessa eri vuosina seuraavat selluloosatehtaalle toimitettuina sekä sahalla ennen kuljetusta. (Sahanhakkeen . . . 1969.)

1964	14.80	mk/i-m³
1965	15.90	»
1966	16.20	»
1967	16.20	»

Vastaavat sahanhinnat olivat tilaston mukaan seuraavat

1964	13.—	mk/i-m³
1965	14.10	»
1966	14.20	»
1967	14.20	»

Laskelmien pohjaksi on valittu vuoden 1967 hinta, josta vielä on vähennettävä hakkeeksiteon kustannukset. Niiden suuruudeksi on laskettu 1.97 mk/i-m³, joka sisältää haketuksen, seulonnan ja hakkeen varastoinnin kustannukset (vrt. Isomäki 1967 a, Heiskanen 1966 a). Mainittakoon, että sahoille osoitetun tiedustelun tulokset 16 sahan keskiarvona osoittivat hakkeen keskihinnaksi 15.16 mk/j³ ja purun keskihinnaksi 2.48 mk/j³. Kysymyksessä ovat vuoden 1965 bruttohinnat sahalaitoksella.

Purun hinta on laskelmia varten arvioitu erittäin varovasti vain 1.00 markaksi irtokuutiometriltä ja siitä aiheutuvat kustannukset vain 0.10 markaksi. Laskelmissa käytetään siis seuraavia nettohintoja.

Hake	12.23	mk/i-m³
Puru	0.90	»

Jätehyvityksen suuruus

Jätehyvityksen suuruutta ja sen riippuvuutta tukin latvaläpimitasta koskevat tutkimustulokset on esitetty taulukossa 28 ja piirroksessa 29.

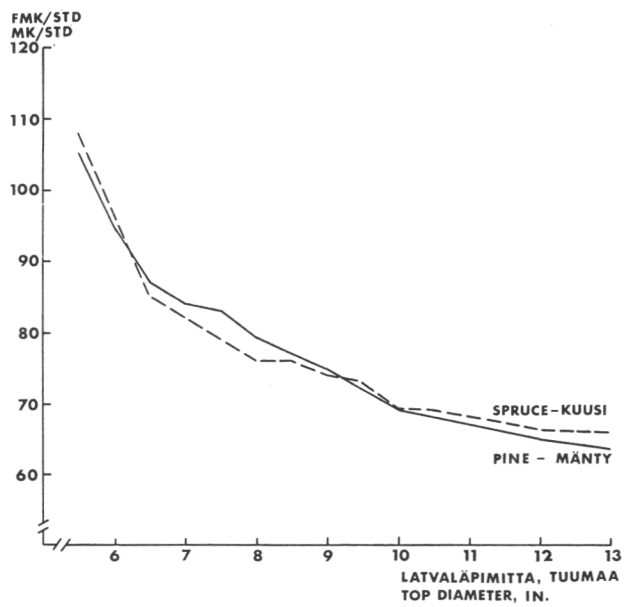
Taulukko 28. Jätehyvitys eri läpimittaluokissa.
Table 28. Waste compensation in the various diameter classes.

Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter, in.*	Mänty — *Pine*		Kuusi — *Spruce*	
	mk/std *Fmk/std*	suhdeluku [1] *Relative value* [1]	mk/std *Fmk/std*	suhdeluku [1] *Relative value* [1]
5 ½	105	133	108	137
6	95	120	95	120
6 ½	87	110	85	108
7	84	106	82	104
7 ½	83	105	79	100
8	79	100	76	96
8 ½	77	97	76	96
9	75	95	74	94
9 ½	72	91	73	92
10	69	87	69	87
10 ½	68	86	69	87
11	67	85	68	86
12	65	82	66	83
13	63	80	66	83

[1]) Mänty 8″ = 100. — *The waste compensation given by the 8 in. pine log = 100.*

Yleinen suunta on se, että jätehyvitys on pienissä läpimittaluokissa suurempi kuin suurissa, kuten jo jätemääriä koskeneet tulokset osoittivat. Vertailu muihin tutkimus puolestaan osoittaa, että sama suunta on havaittu kaikissa julkaistuissa laskelmissa (esim. K. Juvonen 1955, Mäntysahatukkien ... 1956, Heiskanen 1966 a, Asikainen 1968 a). Näistä sahatukkien hinnoittelutoimikunnan mukaan riippuvuus on paljon voimakkaampi kuin esillä olevan tutkimuksen mukaan, mutta se koskeekin Pohjois-Suomea, jossa tilanne on hieman erilainen kuin maan eteläpuoliskossa. Muissa tutkimuksissa tulokset ovat miltei samanlaiset kuin esillä olevassa.

Männyn ja kuusen erot ovat jätehyvityksen osalta varsin pienet. Kuitenkin näyttää siltä, että kuusella jätehyvitys muodostuisi hieman korkeammaksi kuin männyllä. On kuitenkin huomattava, että laskelmat perustuvat todella maksettuihin hintoihin, jotka eivät noudata hakkeen todellista arvoa. On näet osoitettu, että mäntyhakkeen hinnan tulisi olla jonkin verran kuusihakkeen hintaa korkeampi (Hakkila 1968, Sahanhakkeen ... 1969).



Piirros 29. Eri läpimittaluokkien jätehyvitys.
Fig. 29. The waste compensation for the various diameter classes.

SAHATUKIN BRUTTOARVO

Tähän mennessä esitettyjen tutkimustulosten perusteella voidaan laskea sahatukkien eri läpimittaluokkien bruttoarvo sahalla. Laskentakaava on tässä vaiheessa seuraava (vrt. s. 7).

$$A = \frac{M+J}{R} \text{ , jossa}$$

A = tukin bruttoarvo sahalla, mk/j^3
M = sahaustuloksen myyntihinta, mk/std
J = jätehyvitys, mk/std
R = raaka-aineen käyttösuhde, j^3/std

Sahaustuloksen myyntihinnan osalta on todettu aikaisemmin, että siinä perushinnan tietty muutos ei aiheuta automaattisesti vastaavaa muutosta itse hinta-asteikkoon. Perushinnan nousu ja lasku ei näet edellytä lautalisän ja kvintta-alennuksen muuttumista. Tästä johtuu, että tietyn hinta-asteikon mukaisten eri läpimittaluokkien sahaustuloksen myyntihintojen suhteet pitävät paikkansa vain tämän hinta-asteikon vallitessa. Sen vuoksi myyntihinnat on laskettava jokaisessa laskentatilanteessa uudelleen.

Jätehyvityksen suuruus vaihtelee myös jätteiden hintojen vaihdellessa. Sitä vastoin jätteiden määrä ja sen jakautuminen hakkeeksi on vakio tietyn pituisia ja muotoisia tukkeja tietyillä asetteilla sahattaessa. Jolleivät sahaustavat tai tukkiraaka-aine oleellisesti muutu, voidaankin jatkuvasti käyttää samoja jätehyvityksen (jätemäärän) riippuvuutta tukin latvaläpimitasta osoittavia kertoimia. Niillä vain kerrotaan jätteiden hintaa kulloinkin osoittava keskiarvo. Laskentakaavan termi J onkin syytä esittää muodossa $k_j \cdot J$, jossa

k_j = jätehyvityksen riippuvuutta tukin latvaläpimitasta kuvaava kerroin
J = keskimääräinen jätehyvitys, mk/std

Raaka-aineen käyttösuhteen riippuvuus tukin latvaläpimitasta on samoin edellytyksin vakio kuin jätemäärienkin riippuvuus. Myös raaka-aineen käyttösuhteen absoluuttinen taso pysyy jatkuvasti suunnilleen ennallaan mikäli mainitut edellytykset, muuttumattomat sahaustavat ja samanlainen raaka-aine ovat vallalla. Täten voidaan laskelmissa pitää kaavan termin R arvoa kussakin läpimittaluokassa eri laskentatilanteissa samana.

Taulukko 29. Eri läpimittaluokkien tukkien bruttoarvo sahanmitan mukaan.
Table 29. The gross value of the logs of the various diameter classes according to sawmill measuring.

Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter, in.*	Mänty — *Pine*		Kuusi — *Spruce*	
	1967	1968	1967	1968
	mk/j³ — *Fmk/cu.ft.*			
5 ½	2.89	3.16	2.97	3.17
6	2.85	3.15	2.89	3.10
6 ½	2.80	3.07	2.81	3.02
7	2.82	3.11	2.77	2.98
7 ½	2.94	3.30	2.81	3.10
8	2.92	3.26	2.79	3.06
8 ½	2.97	3.36	2.85	3.15
9	3.00	3.36	2.86	3.15
9 ½	3.06	3.47	2.93	3.24
10	3.14	3.57	2.92	3.23
10 ½	3.24	3.69	2.96	3.30
11	3.34	3.81	2.98	3.32
12	3.44	3.90	3.04	3.42
13	3.48	3.99	3.04	3.44

Näin voidaan tukin bruttoarvon laskentakaava esittää käytäntöön paremmin sopivana seuraavassa muodossa.

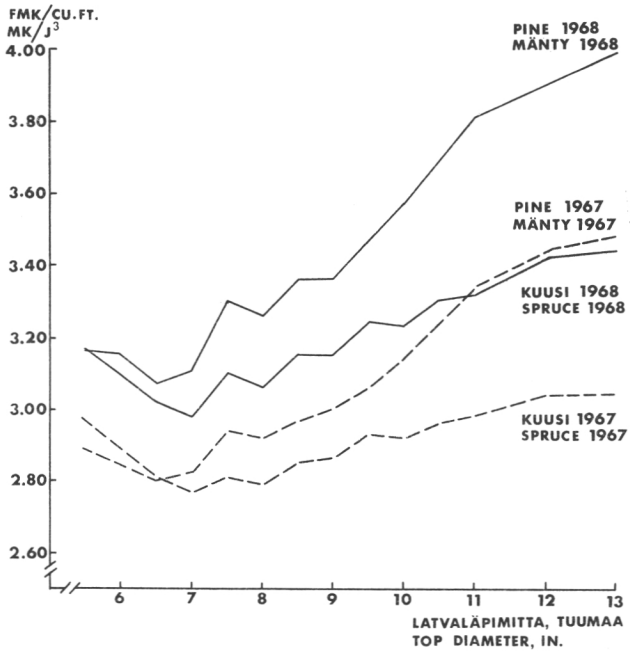
$$A = \frac{M + k_j \cdot J}{R}, \text{ jossa}$$

A = tietyn läpimittaluokan tukin bruttoarvo sahalla, mk/j³
M = tietyn läpimittaluokan tukin sahaustuloksen myyntihinta, mk/std
k_j = jätehyvityksen riippuvuutta tukin latvaläpimitasta osoittava kerroin
J = keskimääräinen jätehyvitys, mk/std
R = tietyn läpimittaluokan tukin sahauksen raaka-aineen käyttösuhde, j³/std.

Laskentakaavalla voidaan aiemmin esitettyjen tutkimustulosten perusteella laskea paitsi eri läpimittaluokkien keskimääräiset arvot myös eri asetteiden arvot. Tässä yhteydessä kiinnostaa vain keskimääräinen arvo, johon tarvittavat perustiedot saadaan seuraavista taulukoista.

M = taulukko 16
k_j = taulukko 28
R = taulukko 22

J eli keskimääräinen jätehyvitys on mainittu edellä taulukossa 28 ja se on männylle 79 mk/std ja kuuselle 76 mk/std.



Piirros 30. Eri läpimittaluokkien tukkien bruttoarvo.
Fig. 30. The gross value of the logs of the various diameter classes.

Näiden tietojen perusteella lasketut sahatukkien bruttoarvot vuosien 1967 ja 1968 hinta-asteikkojen mukaan nähdään taulukosta 29 ja piirroksesta 30.

Bruttoarvo kuutiojalkaa kohden näyttää siis aivan pienillä tukeilla olevan korkeampi kuin keskikokoisilla. Kaikkein suurimmat tukit ovat kuitenkin jo selvästi pienimpiä arvokkaampia. Mainittakoon, että H e i s k a s e n (1966 a—d) tutkimusten mukaan pienten tukkien suhteellisen korkea arvo oli vieläkin silmiinpistävämpi.

SAHATAVARAN VALMISTUSKUSTANNUKSET

Bruttoarvosta nettoarvoon pääsemiseksi on tunnettava myös sahatavaran valmistuskustannukset ja niiden riippuvuus tukin latvaläpimitasta. Tässä suhteessa on olemassa monia vaikeuksia, joista osa on teoreettisluonteisia, osa käytännöllisiä.

Laskentatavan osalta on syytä aluksi esittää eräitä näkökohtia aiempien tutkimusten mukaan. Sahatukkien hinnoittelutoimikunta selosti tutkimustapaa ja perusteli käyttämäänsä tutkimusmenetelmää seuraavasti (Mäntysahatukkien . . . 1956):

»Tukin latvaläpimitan vaikutus sahatavaran valmistuskustannuksiin on varsin vaikea saada selville ehdottoman tarkoin, sillä sahalaitoksen kustannukset koostuvat niin monesta eri erästä. Useista kustannuksista on miltei mahdotonta sanoa, millä tavoin ne riippuvat tukin latvaläpimitasta. Ainoastaan työpalkkakustannukset muodostavat erän, jonka riippuvuus tukin koosta on helposti selvitettävissä. Oikeudenmukaisen palkkausjärjestelmän vallitessa ovat työpalkkakustannukset yleensä kääntäen verrannolliset työtuloksiin, joka tosiasia on perustana tutkimuksen tätä osaa suoritettaessa. Jokaisesta kustannuserästä, joihin sahalaitoksen kokonaiskustannukset jaettiin tutkimusta silmälläpitäen, koetettiin etsiä yksi tai useampi työkustannusten ja läpimitan välisenä riippuvuuden laskemisen perustaksi. Senjälkeen kun tämän työn tulosten riippuvuus tukin läpimitasta oli selvitetty, jaettiin koko kustannuserä eri läpimittaluokille työtulosten käänteisarvoja käyttäen. Joissakin tapauksissa on kuitenkin osan kustannuksista katsottu olevan kokonaan riippumattomia tukin latvaläpimitasta.«

Mainitussa tutkimuksessa sahalaitoksen kustannukset jaettiin seuraaviin seitsemään pääryhmään: tukkien vastaanotto ja varastointi, tukkien kuorinta ja kuoren käsittely, tukkien sisäänotto, varsinainen sahaus, joka sisältää sahauksen, sahatavaran lajittelun, rimoituksen ja kuormauksen, sahatavaran kuivaus ja varastointi, jossa lautatarha- ja keinokuivaus on käsiteltävä erikseen, sahatavaran lähetys ja myynti sekä yleiskustannukset. Tutkimusta suoritettaessa oletettiin kuitenkin, että yleiskustannukset riippuvat tukin latvaläpimitasta samalla tavoin kuin muiden kustannusten summa.

Työpalkkakustannusten riippuvuus tukin läpimitasta selvitettiin joko työpalkkatariffien tai aikatutkimusten tahi aikayksikössä käsiteltävien tukkien lukumäärän perusteella. Kuten edellä mainittiin, arvioitiin lisäksi kuinka

monta prosenttia kustakin erästä on latvaläpimitasta riippuvia ja kuinka monta prosenttia siitä riippumattomia kustannuksia. Esimerkkinä mainittakoon, että eri sahalaitoksilla arvioitiin lähetyksen ja myynnin kustannuksista 37—55 % tukin koosta riippuviksi.

Tätä menetelmää käytettäessä tarvitaan lisäksi tieto kokonaiskustannusten jakautumisesta erotettujen pääryhmien kesken. Tämä jakautuma oli eri sahalaitoksilla seuraava.

Vastaanotto ja varastointi	5.6— 8.2 %
Tukkien sisäänotto	8.3—10.0 »
Kuorinta	5.0— 7.7 »
Sahaus	23.4—28.3 »
Sahatavaran varastointi	16.6—21.2 »
Lähetys ja myynti	28.5—37.5 »

Menetelmä on varsin vaivalloinen ja siihen sisältyy esitetynlaisena teoreettinen virhe, kun tutkimus perustuu osittain aikatutkimuksiin ja osittain palkkatariffeihin. Erityisesti on myös tarkasteltava yleis- ja yhteiskustannuskysymystä.

Heiskanen (1966 a) on tarkastellut asiaa kokonaisuudessaan seuraavasti: »On tosin hyvin helppoa laskea tariffeista, millä tavoin työpalkat sivukustannuksineen vaihtelevat eri kokoisia tukkeja sahattaessa ja erilaista sahatavaraa käsiteltäessä. Muiden kustannusten osalta selvitys on sitä vastoin erittäin vaikeaa. Useimpien kustannuserien kohdalla kuitenkin pätee, että yksikkökustannuksen suuruus riippuu tuotoksen suuruudesta, joka taas on palkkatariffien pohjana. Kiinteiden, yksikköä kohden laskettujen kustannusten riippuvuus kunkin hetken tuotoksen suuruudesta ja siten myös tukin suuruudesta on kuitenkin teoreettisesti epäselvä, vaikka tietenkin myös niiden suuruuden voidaan laskea riippuvan suoraviivaisesti laskentakauden tuotoksesta. Oikeampi tapa lienee kuitenkin olettaa kiinteiden kustannusten määrän riippuvan siitä tuotosvolyymista, johon sahalaitos on varautunut, kuin todellisesta laskentahetken tuotoksesta. Näin ajatellen kiinteät kustannukset ovat riippumattomia myös tukin koon aiheuttamista väliaikaisista tuotoksen vaihteluista.

Laskentaa varten jää näin kaksi mahdollisuutta:

1. Lasketaan, että vain työpalkat niihin sidottuine sivukustannuksineen riippuvat tukin latvaläpimitasta tariffien osoittamalla tavalla ja että muut kustannuserät ovat kaikissa läpimittaluokissa yhtä suuret.

2. Lasketaan, että kaikki muuttuvat kustannukset riippuvat tukin latvaläpimitasta palkkatariffien osoittamalla tavalla ja että vain kiinteät kustannukset ja vaikeasti jaettavat yhteiskustannukset ovat vakioita.

Heiskasen (1966 a) tutkimuksessa käytettiin työpalkkakustannusten riippuvuus tukin latvaläpimitasta periaatteessa samalla tavoin kuin em. sahatukkien hinnoittelutoimikunnan selvityksessäkin, mutta perustana käytettiin vain palkkatariffeja. Tällä tavoin onkin saatu käytäntöä vastaavat tulokset. Tässä tutkimuksessa oli vain neljä tariffialuetta, joihin työpalkkakustannukset jakautuivat seuraavasti:

Tukkien käsittely ja sahaus	45.5 %
Kuivaamo	10.6 »
Lautatarha	22.2 »
Lähetys	21.7 »
Yhteensä	100.0 %

Mainittakoon myös, että sanotuilla sahalaitoksilla oli välittömien työpalkkojen osuus 36 % ja kaikkien muuttuvien kustannusten osuus 54 % kokonaiskustannuksista.

Sahatavaran valmistuskustannusten riippuvuutta tukin latvaläpimitasta tutkittaessa voidaan käyttää myös muita menetelmiä. Käytännössä on tietääkseni kustannusten riippuvuutta määritettäessä pidetty perustana yksinomaan sahausnopeutta kuutiojalkoina tai standartteina tunnissa ja sahalaitoksen tuntikustannuksia. Yksinkertaisen jakolaskun avulla saadaan näin valmiit suhdeluvut, jotka ilmeisesti kuitenkin osoittavat latvaläpimitan vaikutuksen todellista suuremmaksi. Sahatavaran valmistuksen kaikki vaiheet eivät näet ole kiinteässä yhteydessä sahausvaiheeseen, ja lisäksi sahausvaiheessa riippuvuus tukin järeydestä on kaikkein selvin (vrt. Mäntysahatukkien . . . 1956).

Yhtenä mahdollisuutena voisi tulla kyseeseen laskelmien teko ns. tehdasmallin perusteella. Tässä suunniteltaisiin tietyn kokoinen sahalaitos koneistoineen ja laitos miehitettäisiin käytäntöä vastaavalla tavalla. Laskelmaa varten olisi myös selvitettävä teoreettiset tuotokset ja kustannukset sekä laskettava laitoksen perustamis- ja pääomakustannukset. Tällaisen laskelman laatiminen edellyttänee sahaus- ja sahalaitostekniikan perusteellista tuntemusta. Oikeiden perustietojen ollessa käytettävissä saadaan tätä menetelmää käyttäen kuitenkin teoreettisesti vahvimmalla pohjalla olevat tiedot.

Esillä olevan tutkimuksen alkuperäiseen suunnitelmaan kuului myös kustannusten perusteellinen selvittäminen. Kun kuitenkin tarvittavien perustietojen hankkiminen osoittautui erittäin vaikeaksi, eräiltä osin jopa mahdottomaksi, jouduttiin tämä osa työstä jättämään aiempien tutkimusten varaan. Seuraavassa esitetäänkin jo julkaistujen tutkimusten tulosten perusteella eräitä suuntaa-antavia tuloksia kustannusten ja sahatukin latvaläpimitan välisestä riippuvuudesta. Yleensäkin kustannuksia koskevat tulokset

Taulukko 30. Sahatavaran valmistuskustannusten riippuvuus tukin latvaläpimitasta Heiskasen (1966 a) mukaan.

Table 30. The dependence of the production costs of sawn goods on the top diameter of the log according to Heiskanen (1966 a).

Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter, in.*	Mänty — *Pine*		Kuusi — *Spruce*	
	mk/std *Fmk/std*	suhdeluku *Relative value*	mk/std *Fmk/std*	suhdeluku *Relative value*
5 ½	255	116.1	257	115.6
6	244	110.7	246	110.7
6 ½	235	106.8	238	106.7
7	229	104.1	231	103.9
7 ½	224	101.8	227	101.9
8	220	100.0	222.70	100.0
8 ½	216	98.1	219	98.1
9	212	96.4	215	96.5
9 ½	209	94.9	212	95.1
10	206	93.6	208	93.6
10 ½	204	92.7	206	92.5
11	202	91.7	204	91.7
12	200	90.7	201	90.4
13	199	90.3	200	89.9

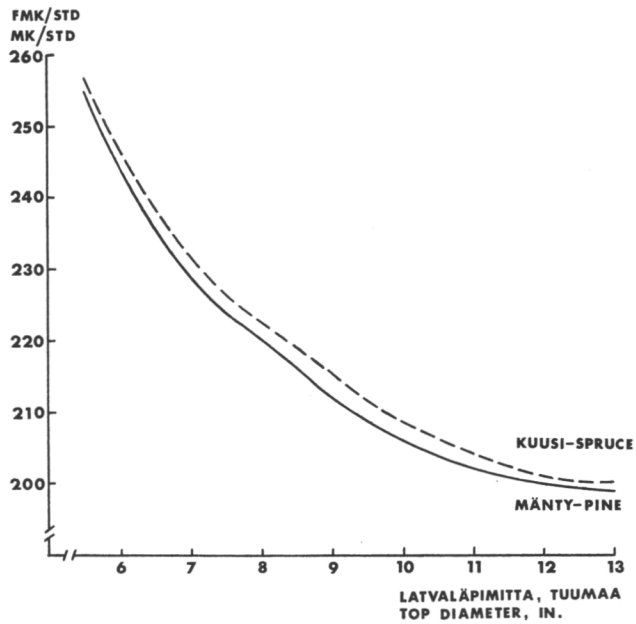
ovat aina vain yhdelle sahalaitokselle sopivia. Ne ovat sellaisia paljon enemmän kuin muut esitetyt tulokset, jotka nekin ovat varsin suuressa määrin laitoskohtaisia.

Sahatavaran valmistuskustannusten suuruudesta eri läpimittaluokissa ovat tehneet tutkimuksia Suomessa Vuoristo (1932), K. Juvonen (1955), Sahatukkien hinnoittelutoimikunta (Mäntysahatukkien . . . 1956) ja Heiskanen (1966 a). Granvik (1967) on selvitellyt työaikaa kenttäpyörösahauksessa. Myös eräistä oppi- ja käsikirjoista sekä ruotsalaisista tutkimuksista on saatavissa tietoja ko. riippuvuussuhteista.

Tässä yhteydessä ei ole katsottu tarpeelliseksi tutkia erikseen eri sahausvaiheita koskevia tuloksia, vaan taulukossa 30 ja piirroksessa 31 esitetään kustannuksia koskevat suhdeluvut ainoastaan Heiskasen (1966 a) tutkimuksen vaihtoehdon 2 mukaan. Taulukossa on merkitty 8″:n tukin kustannuksia luvulla 100 kummassakin puulajissa.

Markkamääräisenä kustannuksena on männylle käytetty summaa 220 mk/std, joka lienee vastannut v:n 1966 kustannustasoa. V. 1967 ja 1968 kustannukset olivat ilmeisesti jonkin verran korkeammat, mutta niistä ei ole saatu tietoja. Kun myös käytetty kustannusluku on täysin arvioluonteinen, on tätä osaa tutkimuksesta pidettävä vain esimerkkejä antavana.

Kuusen kustannukset on arvioitu sahausvaiheessa, johon sisältyy sekä ns. tukkipuoli että varsinainen sahaus, palkkatariffien perusteella korkeammiksi kuin männyn kustannukset. Erona on 5 %. Ko. vaiheiden työpalkkojen osuus välittömistä työpalkoista oli Heiskasen (1966 a) tutkimilla sahalaitoksilla 45.5 %. Tämän perusteella laskien saatiin kuusen keskimääräisiksi kustannuksiksi jo mainitun vaihtoehto 2:n mukaan 222.70 mk/std.



Piirros 31. Sahatavaran valmistuskustannusten riippuvuus tukin latvaläpimitasta.
Fig. 31. Dependence of the production costs of sawn goods on the top diameter of the log.

Taulukon ja piirroksen perusteella voidaan todeta, että kustannusten riippuvuus tukin latvaläpimitasta on tämänkin vaihtoehdon mukaan laskien varsin voimakas. Useimmissa muissa tutkimuksissa on erot pienen ja suuren tukin kustannuksissa saatu kuitenkin paljon suuremmiksi, mutta niissä onkin myös kiinteiden kustannusten oletettu riippuvan tukin latvaläpimitasta samalla tavoin kuin työpalkat niistä riippuvat (Mäntysahatukkien . . . 1956, Heiskanen 1965). Poikkeuksena mainittakoon K. Juvosen (1955) tulos, jonka mukaan 5 tuuman tukin kustannukset olisivat vain 30 % 12 tuuman tukin kustannuksia korkeammat.

SAHATUKIN NETTOARVO

Kuten edellä mainittiin, päästään tukin bruttoarvosta nettoarvoon vähentämällä ensinmainitusta sahatavaran valmistuksen kustannukset. Laskentakaavan perusmuoto on seuraava (vrt. s. 7).

$$A = \frac{M+J-K}{R}$$

Siinä käytetyt termit on selostettu jo bruttoarvon laskemisen yhteydessä. Termi K, sahatavaran valmistuskustannukset, kaipaa kuitenkin vielä yksityiskohtaista tarkastelua. Sen osalta voidaankin todeta, että sahauskustannusten riippuvuus tukin läpimitasta pysyy muuttumattomana, jos valmistusmenetelmää ei missään vaiheessa muuteta. Kustannusten kohoamisen voidaan lyhyellä tähtäyksellä katsoa olevan yhtä suurta kaikissa valmistuksen vaiheissa. Näin voidaan laskennassa käyttää useammassa eri tilanteessa kerran laskettuja riippuvuutta kuvaavia kertoimia, joilla sahatavaran valmistuksen keskimääräiset kustannukset kerrotaan. Termi K saa silloin muodon $k_k \cdot K$, jossa

k_k = kustannusten latvaläpimitasta riippuvuutta osoittava kerroin
K = sahatavaran valmistuksen keskimääräiset kustannukset, mk/std.

Nettoarvoa laskettaessa on myös otettava huomioon diskonttokorko ja agenttipalkkio, jotka alentavat sahalaitoksen todellisuudessa saamaa hintaa bruttohinnan tasolta. Verraten yleisesti arvioidaan, että sanotut menoerät ovat 5 % myyntihinnasta. Kaavaan on silloin otettava termin M kertoimeksi 0.95.

Nettoarvon laskentakaava saa näin seuraavan muodon:

$$A = \frac{0.95 \cdot M + k_j \cdot J - k_k \cdot K}{R}$$

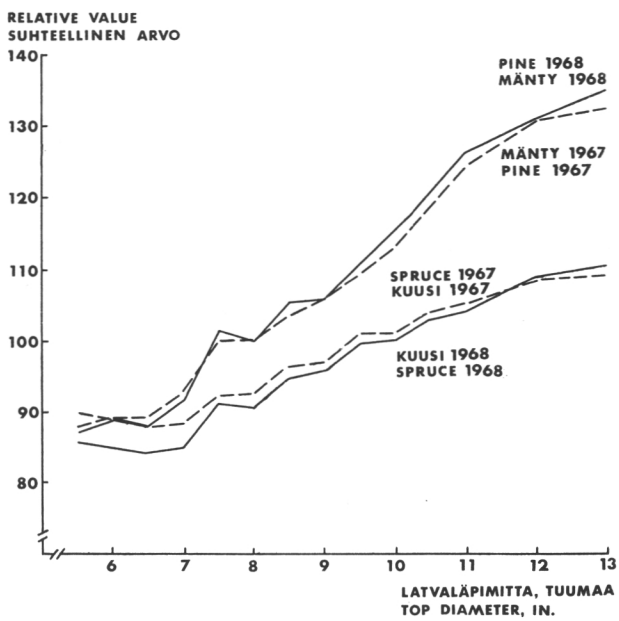
Aiemmin sivulla 90 on mainittu ne taulukot, joista bruttoarvon laskemiseen tarvittavat tiedot saadaan. Kustannuksia koskevat tiedot on esitetty taulukossa 30, josta nähdään k_k-kertoimien arvot. Keskimääräisenä männyn sahauskustannuksena käytetään esimerkin luonteisesti em. arvoa 220 mk/std.

Taulukko 31. Sahatukkien nettoarvot ja arvosuhteet v. 1967 ja v. 1968 sahan mitan mukaan.

Table 31. The relative net value of the logs of various diameter classes according to sawmill measuring.

Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter, in.*	Mänty — *Pine*				Kuusi — *Spruce*			
	1967		1968		1967		1968	
	mk/j³ *Fmk/cu.ft.*	suht. arvo [1] *Relative value* [1]	mk/j³ *Fmk/cu.ft.*	suht. arvo [1] *Relative value* [1]	mk/j³ *Fmk/cu.ft.*	suht. arvo [1] *Relative value* [1]	mk/j³ *Fmk/cu.ft.*	suht. arvo [1] *Relative value* [1]
5½	1.73	87.8	2.01	87.0	1.77	89.8	1.98	85.7
6	1.75	88.8	2.05	88.7	1.75	88.8	1.96	84.8
6½	1.75	88.8	2.03	87.9	1.73	87.8	1.94	84.0
7	1.82	92.4	2.11	91.3	1.74	88.3	1.96	84.8
7½	1.97	100.0	2.34	101.3	1.82	92.4	2.11	91.3
8	1.97	100.0	2.31	100.0	1.82	92.4	2.09	90.5
8½	2.04	103.5	2.43	105.2	1.90	96.4	2.19	94.8
9	2.08	105.6	2.44	105.6	1.91	97.0	2.21	95.7
9½	2.15	109.1	2.56	110.8	1.99	101.0	2.30	99.6
10	2.23	113.2	2.67	115.6	1.99	101.0	2.31	100.0
10½	2.35	119.3	2.80	121.2	2.05	104.1	2.38	103.0
11	2.45	124.4	2.92	126.4	2.07	105.1	2.41	104.0
12	2.57	130.5	3.03	131.2	2.14	108.6	2.52	109.1
13	2.61	132.5	3.12	135.1	2.15	109.1	2.55	110.4

[1]) Mänty 8″ = 100. — *The value of 8 in. pine log = 100.*



Piirros 32. Sahanmitan mukaisten eri läpimittaluokkien tukkien suhteellinen nettoarvo.

Fig. 32. The relative net value of the logs of the various diameter classes according to the sawmill measuring.

Lasketut markkamääräiset ja suhteelliset tukin nettoarvot nähdään taulukosta 31 sekä piirroksesta 32. Niistä havaitaan, että männyn arvo on selvästi korkeampi kuin kuusen nimenomaan suurissa läpimittaluokissa. Ero johtuu pääasiassa sahaustuloksen myyntihinnassa vallitsevista eroavuuksista. Myös kustannuksissa on vähäinen ero männyn eduksi, kun taas jätehyvitys on suunnilleen samansuuruinen kummassakin puulajissa. Raaka-aineen käyttösuhde on kuusen sahauksessa sitä vastoin pienempi kuin männyn sahauksessa, ja se pienentää männyn ja kuusen välisiä arvoeroja.

Taulukon 31 ja piirroksen 32 luvut osoittavat tukin arvon ohuimman läpimitan mukaan, siis sahanmittauksen mukaisesti. Näitä arvoja ja arvosuhteita ei voida kuitenkaan käyttää sellaisenaan tukin arvoa ostoa varten määritettäessä, sillä metsäosaston mittaus tapahtuu vaakasuoran läpimitan perusteella. Kuten aiemmin esitettiin, kuhunkin vaakasuoraan läpimittaluokkaan kuuluu suuri määrä tukkeja, jotka ohuimman läpimitan perusteella ovat puoli tuumaa tai tuuman pienemmässä luokassa. Taulukon 1 tietojen avulla voidaan muuntaa jo esitetyt nettoarvot vastaamaan metsäosaston mittausta, siis vaakasuoraa läpimittaa. Tulokset nähdään taulukosta 32 ja piirroksesta 33.

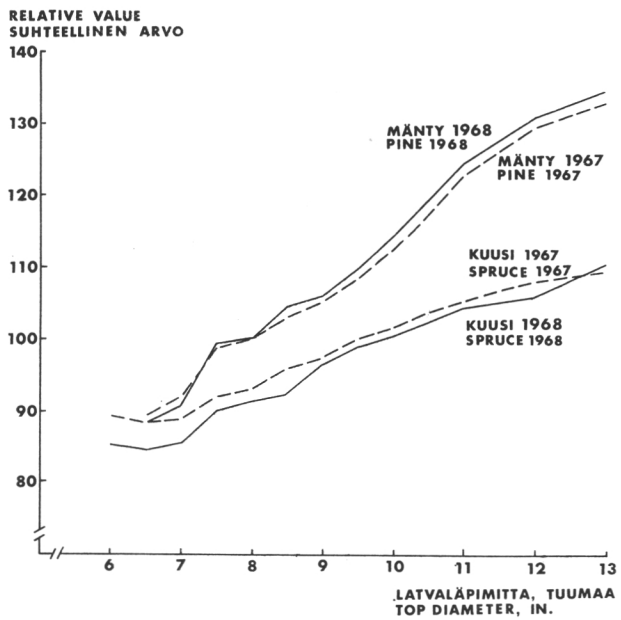
Verrattaessa näin saatuja nettoarvoja ohuimman läpimitan mukaisiin, havaitaan männyllä arvon olevan korkeintaan 2 % alhaisemman. Kuusella, jonka soikeus on vähäisempi, arvon aleneminen on myös vähäisempää, vain 1 %:n luokkaa suurimmillaankin.

Taulukko 32. Eri läpimittaluokkien markkamääräinen ja suhteellinen nettoarvo metsämitan mukaan.

Table 32. The relative net value of the logs of various diameter classes, when measured in the forest or at the landing.

Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter, in.*	Mänty — *Pine*				Kuusi — *Spruce*			
	1967		1968		1967		1968	
	mk/j³ *Fmk/cu.ft.*	suht. arvo [1] *Relative value* [1]	mk/j³ *Fmk/cu.ft.*	suht. arvo [1] *Relative value* [1]	mk/j³ *Fmk/cu.ft.*	suht. arvo [1] *Relative value* [1]	mk/j³ *Fmk/cu.ft.*	suht. arvo [1] *Relative value* [1]
5½	—	—	—	—	—	—	—	—
6	—	—	—	—	1.75	89.3	1.96	85.2
6½	1.75	89.3	2.03	88.3	1.73	88.3	1.94	84.3
7	1.80	91.8	2.09	90.9	1.74	88.8	1.96	85.2
7½	1.93	98.5	2.28	99.1	1.80	91.8	2.07	90.0
8	1.96	100.0	2.30	100.0	1.82	92.9	2.10	91.3
8½	2.02	103.1	2.40	104.3	1.88	95.9	2.12	92.2
9	2.06	105.1	2.43	105.7	1.91	97.4	2.21	96.1
9½	2.12	108.2	2.52	109.6	1.96	100.0	2.27	98.7
10	2.20	112.2	2.62	113.9	1.99	101.5	2.31	100.4
10½	2.30	117.3	2.74	119.1	2.03	103.6	2.35	102.2
11	2.40	122.4	2.86	124.3	2.06	105.1	2.40	104.3
12	2.54	129.6	3.01	130.9	2.11	107.7	2.49	108.3
13	2.60	132.7	3.09	134.3	2.14	109.2	2.54	110.4

[1] Mänty 8″ = 100. — *The value of 8 in. pine log = 100.*



Piirros 33. Metsämitan mukaisten eri läpimittaluokkien tukkien suhteellinen nettoarvo.
Fig. 33. The relative net value of the logs of various diameter classes when measured in the forest or at the landing.

Saatuja arvoja hinnoitteluun käytettäessä on niihin vielä tehtävä vähennys vastaanottomittauksissa tapahtuvien mittausvirheiden vuoksi. Kuten aiemmin todettiin, vastaanottotilaisuuksissa saadaan kuutiotulos oikeaa suuremmaksi erilaisten mittausepätarkkuuksien vuoksi. Näiden virheiden suuruus vaihtelee, eikä siitä ole saatavissa tarkkoja, yleispäteviä tietoja. Arviolta voidaan suositella 1—2 %:n alennusta.

Esitettyjä nettoarvoja arvosteltaessa on myös otettava huomioon, että niitä laskettaessa ei ole tehty lainkaan alennusta yrittäjän riskin johdosta. Sen suuruuteen ei tässä yhteydessä ole kuitenkaan tarpeen ottaa kantaa.

YHDISTELMÄ

Esillä olevan tutkimuksen päätarkoituksena on kehitellä sahatukkien järeyden mukaisten arvosuhteiden ja hinnoitteluperusteiden laskennassa käytettäviä menetelmiä. Lisäksi on laskettu käytännön esimerkkejä vuoden 1967 ja 1968 sahatavaran hinta-asteikkojen ja vuoden 1967 hakkeen ja jätteen hintojen perusteella. Muina lähtöarvoina ovat olleet sahalaitoksilta v. 1965 kerätyn tilaston tulokset käytettävistä asetteista, sahatavaran laatujakautumista, ahtauspätkäprosenteista, keskimääräisistä raaka-aineen käyttösuhteista ja keskimääräisistä jätemääristä. Tarvittavat tukkien muotoa koskevat tiedot on saatu A r o n ja R i k k o s e n (1966) tutkimuksesta. Tukkien soikeuden selvittämiseksi on kerätty oma aineisto. Vajaasärmän vaikutus sahatavaran tilavuuteen on saatu R i k k o s e n (1968) tutkielmasta. Aineistona on käytetty myös eräällä pohjoissuomalaisella sahalaitoksella suoritettuja erilaisten koesahausten vertailututkimuksen tuloksia.

Varsinaisen tutkimusaineiston muodostavat useilla sahalaitoksilla suoritetut virheettömien tukkien koesahaukset sekä H. Saastamoinen Oy:n sahaussimulaattorilla suoritetut simuloinnit.

Sahatukkien järeyden mukaiset arvot voidaan laskea erikseen kullekin läpimittaluokalle seuraavalla kaavalla

$$A = \frac{0.95 \cdot M + k_j \cdot J - k_k \cdot K}{R}, \text{ jossa}$$

A = arvo sahalla mk/j³
0.95 = kerroin, jolla otetaan huomioon diskonttokorko ja agenttipalkkio
M = sahaustuloksen myyntihinta, mk/std
k_j = kerroin, joka osoittaa jätehyvityksen suuruuden suhteessa keskim. jätehyvitykseen
J = keskimääräinen jätehyvitys, mk/std
k_k = kerroin, joka osoittaa sahauskustannusten suuruuden suhteessa keskim. sahauskustannuksiin
K = keskim. sahatavaran valmistuskustannukset, mk/std
R = raaka-aineen käyttösuhde, j³/std.

Tällä kaavalla saadaan tulos merenrantasahalle. Jos kysymys on sisämaan sahasta, on rahti sahalaitokselta laivaussatamaan vähennettävä sahaustuloksen myyntihinnasta.

Tutkimusten tulosten perusteella suositellaan seuraavia tapoja eri tekijöiden selvittämiseksi.

Sahaustuloksen myyntihinta eri läpimittaluokissa voidaan laskea, kun tunnetaan:

1. Asettet, joilla sahaus suoritetaan. Kun kuitenkin sahaus keskittyy varsin hyvin kolmeen yleisimpään asetteeseen, voidaan tyytyä valitsemaan muutama yleisin asete kustakin läpimittaluokasta. Mukaan on otettava myös lauta-asetteita, koska ne eroavat arvoltaan selvästi soiroasetteista. Myös on tiedettävä eri asetteiden osuus sahauksesta sekä samoin soiro- ja lautasahauksen osuudet.

2. Sahatavaran hinta-asteikko, jollaiseksi on valittava laskenta-ajankohdan asteikko tai sellainen kuviteltu asteikko, jonka odotetaan vastaavan tukkien sahausajan hintatasoa. Pelkän asteikon avulla hinnoitettaessa tulevat epäkurantit dimensiot ja laadut kuitenkin hinnoitetuksi liian korkeilla hinnoilla, minkä vuoksi olisi tilastoin pyrittävä selvittämään tällaiset sahatavarat ja niiden hintataso hinta-asteikon osoittamaan verrattuna.

3. Sahaustuloksen dimensiojakautuma, joka selvitetään helpoimmin sahaussimulaattorilla tutkimuksen pohjaksi valituista asetteista. Simulaattori antaa kuitenkin hieman liian korkean myyntihinnan, kun siinä ahtauspätkien määrä tulee oikeaa alhaisemmaksi. Senvuoksi on tuloksiin tehtävä asian vaatima korjaus, jota varten tiedot saadaan sahalaitoksen tilastoista. Kun simulaattorin antamiin tuloksiin vaikuttaa tukin muoto ja pituus varsin selvästi, on lähtöarvioksi valittava sahalaitoksen tukkien mittaustuloksista saatavat kapenemis- ja latvamuotoluvut ja tukin pituudet.

4. Sahaustuloksen laatujakautuma voidaan hinnoittelututkimusta varten selvittää sahalaitoksen edellisen vuoden tilastoista, vaikka tällä tavoin saadaankin jonkin verran virheellinen kuva asiasta. Tarkemmat tulokset saadaan koesahausten tai »ylösottojen» perusteella.

Tilastot antavat suoraan vain sydäntavaran laatujakautumat. Sisempien ja uloimpien sivulautojen kohdalla on tehtävä laskennallisia korjauksia. Esillä olevassa tutkimuksessa on käytetty sellaista olettamusta, että kaikki vajaasärmälauta on peräisin uloimmista laudoista ja että vajaasärmäisten lisäksi saatavat laudat ovat laatujakautumaltaan uloimmissa laudoissa samanlaisia kuin välilaudoissakin.

Lopullisia sahaustuloksen myyntihintoja on syytä verrata saatuihin keskihintoihin, jotta varmistutaan oikeasta tasosta.

Tutkimustulokset osoittavat myös, että korrelaatio latvaläpimitan ja sahaustuloksen myyntihinnan välillä vaihtelee vuodesta toiseen. Ts. eri hinta-asteikkojen mukaan riippuvuutta kuvaava käyrä voi saada aivan erilaisen suunnan. Tästä syystä sahaustuloksen myyntihintaa koskevat laskelmat on tehtävä erikseen jokaisessa hinnoittelutilanteessa.

Raaka-aineen käyttösuhteen suuruus saadaan selville sahaussimulaattorilla käyttämällä pohjana kaikkia valittuja asetteita. Saadut käyttösuhteet ovat kuitenkin käytännössä saavutettavissa olevia alhaisempia, kun ne ovat peräisin virheettömistä, suorista tukeista ja kun sahauksessa ei tapahdu lainkaan »sahausvirheitä». Tulokset muutetaan käytäntöä vastaaviksi sahan keskimääräisen raaka-aineen käyttösuhteen ja simulaattorin antamien tulosten eri läpimittaluokkien kuutiomäärällä painotetun keskiarvon suhteella. Korjauksessa on kuitenkin otettava huomioon, että ero käytännön ja simulaattorin välillä on pienissä läpimittaluokissa suurempi kuin suurissa, mistä on esitetty tutkimustulos.

Jätehyvitystä laskettaessa on erikseen selvitettävä kussakin läpimittaluokassa.

1. Jätteiden kokonaismäärä
2. Jätteiden jakautuminen hakkeen ja purun kesken
3. Jätelajien hinnat
4. Varsinaisen jätehyvitys

Jätteiden kokonaismäärä voidaan parhaiten laskea todellisina kiintomittoina vähentämällä esitetystä käyttösuhdeluvusta sahatavarastandartin todellinen kiintomittasisältö. Sitä laskettaessa on otettava huomioon sekä ylimitta että teoreettisesti oikeisiin tuloksiin pääsemiseksi myös vajaasärmäisyyden tilavuutta pienentävä vaikutus.

Jätteiden jakautuminen hakkeen ja purun osalle saadaan suoraan simulaattorista, mutta saadut kiintokuutiometrimäärät ovat käytäntöä ajatellen aivan liian alhaisia nyt käytetyn simulointiohjelman mukaan. Simulaattorin tuloksista saadaan kuitenkin lasketuksi jätelajien prosenttiset osuudet, joilla kertomalla voidaan kokonaisjätemäärästä laskea hakkeen ja purun kiintokuutiomäärät.

Hinnoittelua varten muutetaan kiintomitat irtomitoiksi käyttämällä tutkimuksista saatavia muuntokertoimia. Saadut irtomittamäärät on vielä tarkistettava vertaamalla niitä laitoksen tilaston mukaisiin keskiarvoihin ja muunnettava niitä vastaaviksi.

Hintatiedot saadaan laitoksen kirjanpidosta tai tulevaa sahauskautta koskevista sopimuksista. Jätelajien määrien ja hintojen tulo osoittaa jätehyvityksen suuruuden.

Sahatavaran valmistuskustannusten riippuvuus tukin läpimitasta on kaikkein vaikeimmin selvitettävissä. Tutkimuksessa suositellaan menetelmää, joka on selostettu sivuilla 92—93. Kahdesta vaihtoehdosta suositellaan sitä, jossa lasketaan kaikkien muuttuvien kustannusten riippuvan tukin latvaläpimitasta palkkatariffien osoittamalla tavalla ja vain kiinteiden kustannusten ja vaikeasti jaettavien yhteiskustannusten olevan vakioita.

Menetelmää käytettäessä on selvitettävä

1. Kustannusten jakautuminen tariffien mukaisiin ryhmiin sekä kunkin ryhmän osuus.

2. Kunkin erotetun kustannusryhmän työpalkkojen osuus kaikista työpalkoista sekä työpalkkojen osuus ryhmän kaikista kustannuksista.

3. Työpalkkojen riippuvuus tukin latvaläpimitasta, mikä tukkipuolella on helppo tehtävä, mutta sahatavarapuolella on sahaustuloksen dimensiojakautumien avulla laskettava kunkin läpimittaluokan kustannukset.

4. Painottamalla kohdassa 2 mainituilla työpalkkojen osuuksilla kohdan 3 mukaisesti lasketut eri läpimittaluokkien suhteelliset työpalkkakustannukset eri kustannusryhmissä saadaan kokonaistyöpalkkoja eri luokissa kuvaavat kertoimet. Kokonaiskustannusten riippuvuutta kuvaavien kertoimien tai kustannusten laskemiseksi on vielä tunnettava muuttuvien kustannusten osuus kokonaiskustannuksista. Sen mukainen osuus katsotaan läpimitasta riippuviksi ja loput vakioiksi.

Lopuksi tarvitaan vielä tieto keskimääräisistä kustannuksista, ja se saadaan sahan kirjanpidosta tai kustannuslaskelmista.

Eri läpimittaluokkiin kuuluvien tukkien arvo sahalla saadaan em. kaavan perusteella. Esimerkkitapauksessa selviävät laskentaan tarvittavat tiedot seuraavista taulukoista

M = taulukko 16
k_j = taulukko 28
k_s = taulukko 30
R = taulukko 22.

Keskim. jätehyvityksenä (J) on käytetty männylle 79 mk/std. Keskim. kustannuksina (K) on käytetty männylle 220 mk/std ja kuuselle 222.70 mk/std.

Näitä arvoja käyttäen saadaan selville arvosuhteet ohuimman läpimitan mukaan. Ne on kuitenkin muutettava hinnoittelutarkoituksiin käytettäessä vastaamaan vaakasuoraa läpimittaa, jota luovutus- ja vastaanottomittauksessa käytetään. Hinnoittelussa on otettava huomioon myös mittavirheet sekä yrittäjän riski.

KIRJALLISUUTTA

Aro, Paavo ja Rikkonen, Pentti. 1966. Havusahatukkien latvamuotoluvut. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 61.7.

Asikainen, Kalevi. 1968 a. Lautasahauksesta ja sen edullisuudesta. Suomen Puutalous n:o 11.

—»— 1968 b. Tasausvara ja sahatavaran tasaus. Folia Forestalia 50.

Granvik, Bror-Anton. 1967. Havusahatavaran valmistus kenttäpyöräsahalla. Työtieteellinen tutkimus. Acta Forestalia Fennica 84.

Hakkila, Pentti. 1968. Sahahakkeen puuaineen ominaisuuksista. Haketutkimustoimikunta. Moniste.

Heikinheimo, O. 1964. Sahateollisuus. Mekaaninen Puuteollisuus I. Joensuu.

Heiskanen, Veijo. 1950. Uusi mäntysahatukkien laatuluokittelu. Metsätaloudellinen Aikakauslehti n:o 9.

—»— 1951 a. Sahatukkien laatuluokittelutavat. Silva Fennica 69.

—»— 1951 b. Mäntysahatukkien laadun mukaisista arvosuhteista. Silva Fennica 69.

—»— 1955. Tukkipuiden, sahatukkien ja sahatavaran laadusta Inarin alueella. Liite n:o 3 Inarin komitean mietintöön.

—»— 1957. Apteeraus. Metsäkäsikirja II. Rauma.

—»— 1959. Mittavähennykset mäntysahatukkien mittauksessa. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 50.6.

—»— 1960. Sahapuun laadun vaikutus ostohintaan. Suomen Puutalous n:o 3.

—»— 1962. Mäntysahatukkien laatuluokituksen tarkkuudesta. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 55.16.

—»— 1963. Mittalaatikon suuruuden vaikutus hakkeen irtokuutiometripainoon. Autokuormamittauksen ja laatikkomittauksen vertailua. Pienpuualan toimikunnan julkaisuja 149.

—»— 1965. Sahateollisuus puun käyttäjänä. Tapion Taskukirja. Viidestoista painos. Helsinki.

—»— 1966 a. Laskelma mänty- ja kuusisahatukkien järeyden mukaisista arvosuhteista ja arvoeroista. I. 5. 8. 1966. Moniste. Suomen Sahanomistajayhdistys.

—»— 1966 b. Laskelma mänty- ja kuusisahatukkien järeyden mukaisista arvosuhteista ja arvoeroista. II. 31. 8. 1966. Etelä-Suomi. Moniste. Suomen Sahanomistajayhdistys.

—»— 1966 c. Laskelma kuusisahatukkien laadun mukaisista arvosuhteista ja arvoeroista. 26. 8. 1966. Moniste. Suomen Sahanomistajayhdistys.

—»— 1966 d. Laskelma mäntysahatukkien laadun mukaisista arvosuhteista ja arvoeroista. 1. 9. 1966. Moniste. Suomen Sahanomistajayhdistys.

—»— 1966 e. Raaka-aineen käytön tehokkuus sahateollisuudessa. Puumies n:o 12.

—»— 1967. Pari mäntysahatukkien koesahausta. Sahamies n:o 6.

—»— 1968 a. Havaintoja eräiden vikaisuuksien vaikutuksesta mäntytukkien sahauksessa. Silva Fennica vol. 2. n:o 3.

Heiskanen, Veijo. 1968 b. Havusahatukkien järeyden mukaiset arvosuhteet. Puumies n:o 4.
—»— 1968 c. Kuusisahatukkien laatuluokkajakautuma Etelä-Suomessa. Silva Fennica vol 2. n:o 1.
—»— 1968 d. Menetelmä havusahatukkien järeyden mukaisten arvosuhteiden määrittämiseksi. Paperi ja Puu n:o 5.
Heiskanen, V. ja Siimes, F. E. 1959. Tutkimus mäntysahatukkien laatuluokituksesta. Paperi ja Puu n:o 8.
Heiskanen, V. ja Siimes, F. E. 1960. Ehdotus mänty- ja kuusisahatukkien laatuluokitukseksi. Suomen Puutalous n:o 10.
Isomäki, Olavi. 1966. Tutkimus sahanhakkeen laatuun, saantoon ja kustannuksiin vaikuttavista tekijöistä. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 62.4.
—»— 1967 a. Hakkeen teon kustannukset. Sahamies n:o 8.
—»— 1967 b. Sahausjätteistä valmistetun selluloosahakkeen arvo ja hinnan kehitys. Sahateollisuuden sivutuoteyhdistys ry. Tiedotus n:o 1/1967.
—»— 1968. Sahausjätteet, niiden määrät ja taloudellinen merkitys sahalaitoksille. Lisensiaattityö Teknillisessä korkeakoulussa.
Jussila, Eino A. 1935. Raaka-aineen vaikutus sahatavaran laatuun. Yksityismetsänhoitajayhdistyksen vuosikirja VIII. Helsinki.
Juvonen, Kauko. 1955. Sahatukkien arvosuhteiden laskemisesta. Suomen Puumiehet r.y. Vuosijulkaisu 1955.
—»— 1961. Recovery in sawmilling. Journal of South-African For. Ass. No 37.
—»— 1967. Sahausraon ja sahatavaran ylimitan vaikutus sahaustulokseen. Tietokonetutkimus. Paperi ja Puu n:o 10.
Juvonen, Risto. 1968. Suomalaisen sahatavaran teknillisestä laadusta. Lisensiaattityö Teknillisessä korkeakoulussa.
Laasonen, Aulis. 1969. Sahaustuloksen myyntihinnan vaikutus sahatukkien järeyden mukaisiin arvosuhteisiin. Puumarkkinatieteen laudaturtyö Helsingin yliopistossa.
Pelkonen, Harri. 1969. ATK sahantuotannon ja myynnin suunnittelussa. Moniste.
Pöntynen, V. 1959. Kappaleittain kuutioitavat pyöreät puutavarat. Tapion taskukirja 14. painos.
Pörhölä, Kl. 1968. Suullinen tiedonanto 2. 4. 1968.
Riikonen, R. ja Ryhänen, J. 1965. Tietokone sahan tuotannon optimoinnissa. Paperi ja Puu n:o 9.
Riikonen, R. ja Teräväinen, A. 1965. Sahatukkien lajittelutarkkuudesta. Suomen Puutalous n:o 6—7.
Rikkonen, Pentti. 1968. Suullinen tiedonanto 19. 11. 68.
—»— 1968. Vajaasärmäisen sahatavaran todellinen tilavuus. Konekirjoite metsäntutkimuslaitoksessa.
Ronkanen, A. J. 1950. Tutkimuksia sahatukin pituuden, lenkouden ja kapenemisen vaikutuksesta sydäntavaran pituuteen. Metsätehon julk. 23.
Mäntysahatukkien arvosuhteet ja hinnoitteluperusteet Pohjois-Suomessa. Sahatukkien hinnoittelukomitean mietintö. 1956.
Sahanhake ja paperipuuhake massan raaka-aineena. 1969. Sahamies n:o 1.
Serlachius, Rolf. 1955. Sahatavaran vientimyynti. Puutavarakaupan jatkokurssit I, 5. Helsinki.
Siimes, F. E. 1932. Sahateollisuuden työtehotutkimuksia II. Sahaus kehäsahoilla. Puutekn. tutk. kannatusyhd. julk.

Siimes, F. E. 1951. Sahatukkien laatuluokittelu sahatavaran käytön, lajittelun ja koesahausten valossa. Silva Fennica 69.
—»— 1954. Esimerkki sahatukkien laatuluokittelun vaikutuksesta. Metsätaloudellinen Aikakauslehti n:o 1.
—»— 1957. Tukkien lenkouden vaikutus sahaustulokseen. Paperi ja Puu n:o 3.
—»— 1959. Sahatavarat ja niiden valmistus. Tapion Taskukirja. 14. painos. Helsinki.
—»— 1960. Tutkimus kuusisahatukkien ominaisuuksista, sahatavarain laatuun sekä alustava ehdotus kuusisahatukkien laatuluokitusta varten. Paperi ja Puu n:o 3.
—»— 1962 a. Sahausjätteen ja pienpuun määrät ja ominaisuudet. Paperi ja Puu n:o 2.
—»— 1962 b. Tukkien koon, muodon ja laadun sekä sahausasetteen vaikutus sahaustulokseen. Paperi ja Puu n:o 1.
Tuovinen, Arno. 1952 a. Metsäosaston ja sahan suorittamasta havutukkien mittauksesta. Moniste Metsätehossa.
—»— 1952 b. Kuorellisten havutukkien mittauksen tarkkuudesta. Moniste Metsätehossa.
Uusvaara, Olli. 1969. Sahanhakkeen tiheys ja paino. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 67.3.
Valtion tietokonekeskus. 1966. Tietokone sahan tuotannon optimoinnissa. Helsinki.
Vuoristo, Ilmari. 1931. Lisääntyneestä lautojen sahauksesta ja sen taloudellisista edellytyksistä. Suomen Puu n:o 6.
—»— 1932. Sahalaitosten työpalkkakustannusten riippuvuus sahatukkien suuruudesta. Puutekn. tutk. kannatusyhd. julk. n:o 9.
—»— 1936. Havupuumetsien laatuarvo ja laadun arviointi. Silva Fennica 39.
—»— 1936. Tutkimuksia sahatukkien arvosuhteista I. Tukkien latvaläpimitan vaikutus sahaustuloksen myyntihintaan. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 23.2.

THE VALUE RELATIONSHIPS AND PRICING PRINCIPLES OF CONIFEROUS SAWLOGS ON THE BASIS OF THEIR DIAMETER

Summary

The purpose of the study was to analyse the effect of diameter and tree species on the value of coniferous sawlogs at the sawmill. The study aimed at developing a calculation method and at obtaining the value relationships at a specific time. Some of the results were published earlier in the form of an advance report (H e i s k a n e n 1968 b, 1968 d, A s i k a i n e n 1968 a).

The study material consisted of two parts — the test sawing material, by means of which an attempt was made to analyse questions relating to the sales price of the sawing yield, the waste compensation and the log consumption and, on the other hand, the statistical material, by means of which an analysis of the principles governing the formation of the sales price of the sawn goods and the average level of the waste and log consumption were established in the practice.

Test sawings were carried out at three sawmills. The material used in the study is given in appendix 1. The comparative material of the various test sawing methods may be seen from appendix 2. In addition to the test sawings, H. Saastamoinen Oy's sawing simulation programme was also used.

The statistical material was collected from 82 sawmills for the year 1965. In the questionnaire the following questions were asked:

Question 1. What were the most commonly used batten and board set-ups and what was the percentage share of each of these and of the whole board sawing of sawing the different diameter classes in 1955.

By board sawing is meant sawing on a set-up in which the thickness of the centre goods is 1 ½ in. or less.

Question 2. What was the stowage share in the various sawn goods' dimensions and grades in 1965?

Question 3. What was the U/S and fifths grade distribution of the various sawn goods' dimensions in standards and percentages in 1965 and what was the volume of sixth grade in width classes, likewise in 1965?

Question 4. How were the wany sideboards and other so-called wany goods distributed among export and domestic grades and other separable grades in standards and percentages in 1965?

Question 5. What was the log consumption in sawings during the period 1962—65?

Question 6. How were the sawlogs used by the sawmill distributed into the various diameter classes and what was the average length per class?

Question 7. What were the volume and handling costs of various kinds of waste in 1962—65 and what was the gross price received for these?

Although a comlementary questionnaire was sent out later the reply percentage was rather low. The following number of replies were received to the various questions:

Question	1	2	3	4	5	6	7
Answers	23	24	29	27	27	30	20

The necessary data concerning the form of the logs was obtained from the A r o and R i k k o n e n (1966) study. The present study amassed its own material to analyse the ellipticity of the logs. The effect of wane on the volume of the sawn goods was taken from R i k k o n e n's paper (1968). The material also included the results of a comparative study of various test sawings carried out at a sawmill in Northern Finland.

The actual study material consisted of test sawings of logs free from other defects than knots carried out at seven sawmills and the simulation programming carried out on the H. Saastamoinen Oy programme.

The values corresponding to the diameter of the saw logs may be calculated separately for each diameter class using the following formula

$$A = \frac{0.95 \cdot M + k_j \cdot J - k_k \cdot K}{R}$$ in which

A = the value at the sawmill, Fmk/cu.ft
0.95 = the constant which takes into account the discount interest and the agent's fee
M = the sales price of the sawing yield, Fmk/std
k_j = the constant showing the waste compensation amount in relation to the mean waste compensation
J = the mean waste compensation, Fmk/std
k_k = the constant showing the sawing costs amount
K = the average production costs of sawn goods, Fmk/std
R = the log consumption cu.ft logs/std sawn goods.

This formula gives the result for a frame sawmill situated on the coast. When an inland sawmill is concerned freight charges from the sawmill to the shipping port must be deducted from the sales price of the sawing yield.

On the basis of the results of the study, the following methods are recommended for analysing the various factors.

The sales price of the sawing yield in the various diameter classes may be calculated when the following are known:

1) *The set-ups* on which the sawing is carried out. Since, however, sawing is concentrated mainly on the three most common set-ups (figures 2 and 3), it may be considered sufficient to select some of the most common set-ups for each diameter class. Board set-ups must also be considered since they differ considerably in value from batten set-ups. The various set-ups' share of the sawing must also be known as must the shares of batten and board sawings (tables 3 and 4).

2) *The sawn goods price scale* which should be the scale applicable at the time of calculation or a scale presumed to correspond to the price level during the sawing season (tables 5 and 6). When pricing merely by means of the price scale, however, the non-current dimensions and grades are priced too high, for which reason an attempt should be made using the statistics to analyse these sawn goods and their price level as compared with that indicated by the price scale.

3) *The dimensional distribution of the sawing yield* which can most easily be analysed from the set-ups selected on the the basis of the sawing simulation programming. The simulator, however, gives a sales price which is slightly too high since the stowage amount is here very low. For this reason, the necessary correction should be made to the results. For this purpose data may be obtained from the saw-

mill records. Since the form and length of the logs have a distinct influence on the results given by the simulation, the tapering and top form factors, as well as the length of the log, obtainable from the sawmill's log measuring records must be taken as the starting values.

4) *The grade distribution* of the sawing yield may, for the pricing study, be analysed from the preceding year's statistics although in this way a somewhat erroneous picture of the situation is obtained. More accurate results may be obtained from a test sawing or on the basis of records kept during the sawing process.

Only the grade distribution of the centre goods may be obtained directly from statistics (tables 10 and 11). For inner and outer sideboards mathematical corrections must be made. In the present study it is assumed that all the wany boards come from the outermost boards and that for the other sideboards obtainable the grade distribution is the same in the outermost boards as in the intermediary boards (table 12).

The final sales prices of the sawing yield should be compared with the mean prices obtained in order to ascertain the correct level.

The study results also show that the correlation between the diameter measurements and the sales price of the sawing yield varies from one year to another (figures 18 and 19). I.e. the curve indicating the dependence according to the various price scales may show a completely different trend. For this reason, calculations concerning the sales price of the sawing yield must be made separately for each price situation.

The amount of *the log consumption* may be obtained using the simulation programme on the basis of all the chosen set-ups. The log consumption obtained are, however, lower than those obtained in practise when they are from straight logs free from defects and when no »sawing errors» occur during the simulation. The results are altered to correspond to actual practise to the ratio of the average log consumption and to the weighted average ratio of the results given by the simulation programme for the various diameter classes (table 21). The correction should, however, take into account the fact that the difference between practise and simulation is greater in the smaller diameter classes than in the larger, which is shown in the study result (figure 25).

When calculating *the waste* the following must be analysed separately for each log diameter class:

1. The total amount of waste
2. The distribution of the waste into chips and sawdust
3. The prices of the waste types
4. The actual waste compensation.

The total amount of waste may best be calculated as solid measure by deducting the true solid measure content of the sawn goods standard from the log consumption value given. When calculating this, both the surplus and, in order to achieve results which are theoretically correct, the reducing effect of wane on the volume must be taken into consideration.

The distribution of waste into chips and sawdust may be obtained directly from the simulation programme but, with the present programme, the measure values obtained are far too low from the point of view of practise. The percentage shares of the waste types can, however, be calculated from the simulation results (Figure 27) and by multiplying by these the total waste volume the solid measure of the chips and sawdust may be calculated.

For pricing purposes, the solid measure is changed to piled measure by means of the conversion factors obtained from the studies. The loose measure amounts obtained

must be further studied by comparing them with the mean values according to the sawmill records, and should be converted to correspond to these.

Price data may be obtained from the sawmill's book-keeping records or from agreements regarding the coming sawing season. The proceeds from the waste type amounts and the prices indicate the size of the waste compensation (figure 29).

The dependence between the production costs of the sawn goods and the diameter of the log is the most difficult to analyse. The study recommends the method outlined on pages 92—93 of the study. Of the two alternatives, the one is recommended in which all the variable costs are assumed to be dependent on the top diameter of the log in the manner indicated in the wage tariffs, and only the fixed costs and the over head costs, which are difficult to divide, are constants.

Using this method the following must be analysed:

1. The cost distribution into groups according to the tariffs and the share of each group.

2. The share of wages for each individual costs' group in relation to total wages and the wages' share of the total costs of the group.

3. The dependence of wage costs on the top diameter class which, in respect of logs, is an easy task but, in respect of sawn goods, involves the calculation of the costs for each dimension class using the dimension distribution of the sawing yield.

4. By weighting the relative wage costs in the various costs groups of the different diameter classes calculated in accordance with point 3 for the wage cost shares referred to in point 2, the factors indicating the overall wage costs in the various classes are obtained. To calculate the factors showing the dependence of total costs or to calculate costs the variable costs' share of total costs must be known. Its share is considered as dependent on the diameter and the rest as constant.

Finally data regarding average costs is still required and this may be obtained from the sawmill's book-keeping or costs estimates.

The value of the logs belonging to the various diameter classes at the sawmill may be obtained on the basis of the above-mentioned formula. The data required in the example case is given in the following tables:

M = table 16
k_j = table 28
k_s = table 30
R = table 22.

For the average waste compensation 79 Fmk/m³ and 76 Fmk/m³ is used for chips. For the average costs (K) 220 Fmk/std is used for pine and 222.70 Fmk/std for spruce.

Using these values, the value relationships according to the smaller diameter may be obtained (table 31, figure 32). They must, however, be changed when used for pricing purposes to correspond to the perpendicular diameter (table 32, figure 33) which is used in delivery and reception measuring. In practical pricing, measuring errors and the entrepreneur's risk must also be taken into consideration.

Liite 1. Koesahausaineistot
Appendix 1. The test sawing material.

Kevätniemi					Lohjanvesistön Metsä Oy					Saidanlahti				
Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter, in.*	Eriä *Items*	Tukkeja kpl *Logs, pcs.*	Sydäntavara *Centre goods* kpl *pcs.*	asete *set-up*	Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter, in.*	Eriä *Items*	Tukkeja kpl *Logs, pcs.*	Sydäntavara *Centre goods* kpl *pcs.*	asete *set-up*	Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter, in.*	Eriä *Items*	Tukkeja kpl *Logs, pcs.*	Sydäntavara *Centre goods* kpl *pcs.*	asete *set-up*
						Mänty — *Pine*								
5	1	10	2	2×3	5	2	20	2	2×3	4 1/2	2	20	—	2×4
5 1/4	1	10	2	2×3	5 1/4	1	9	2	2×3	5	5	80	2	2×4
5 1/2	2	20	2	2×3	5 1/2	4	40	2	2×4	5 1/2	3	60	2	2×4
5 1/2	1	10	2	1 1/2×4	5 3/4	1	10	2	2×4	6	8	110	2	2×4
5 1/2	1	10	2	1 3/4×4	6	2	20	2	2×4	6	1	30	2	1 1/2×5
5 3/4	1	10	2	2×4	6 1/4	1	10	3	1×4	6 1/2	2	40	2	1 1/2×6
6	1	10	3	1 1/4×4	6 1/2	1	10	2	2×4	6 1/2	7	90	2	2×5
6	2	20	2	1 1/2×4	6 1/2	1	8	3	1 1/2×4	7	9	120	2	1 1/2×6
6	2	18	2	2×4	6 1/2	2	20	—	3/4×5	7	2	40	2	2 1/2—2×5
6	1	10	2	2×3	6 3/4	1	10	—	3/4×5	7 1/2	8	130	2	2×6
6 1/4	2	16	2	2×4	7	1	7	2	2×4	8	6	80	2	2 1/2×6
6 1/2	2	20	2	1 1/2×4	7	2	19	—	7/8×5	8	2	40	2	2 1/2×5
6 1/2	2	20	2	2×5	7	2	18	2	1 3/4×4 7/8	8	1	20	2	1 1/2×7
6 3/4	1	10	2	2 1/2×4	7 1/4	2	20	—	3/4×5	8 1/2	2	20	2	2 1/2×6
7	1	10	2	2 1/2×4	7 1/4	1	10	—	1×5	8 1/2	2	40	2	2×7
7	2	20	2	2×4 1/2	7 1/2	1	10	—	3/4×5	8 1/2	2	20	4	1 1/2×4 1/2
7	2	18	2	2×5	7 1/2	1	9	2	2×5	8 1/2	2	40	4	1 1/2×5
7 1/4	1	8	2	2 1/2×4	8	2	20	7	3/4×6	9	3	50	2	2 1/2×7
7 1/2	1	10	2	2×5	8	2	20	—	7/8×5 1/2	9	2	20	4	1 1/2×6
7 1/2	3	29	2	2×6	8	1	10	—	3/4×5 1/2	9 1/2	1	20	2	2×8
8	2	20	2	2 1/2×5 1/2	8	1	10	1	3×6	9 1/2	2	20	4	1 1/2×6
8	1	10	2	2 1/2×6	8 1/2	1	10	4	1 1/4×6	10	1	10	2	3×7
8	1	10	—	3/4×6	8 3/4	1	9	4	1 1/4×6	10	2	40	2	3×6
8	1	10	2	2×6	9	3	30	2	3×6	10	1	10	2	1 1/2×7
8	1	9	2	3×4	9 1/2	1	10	2	3×6	10	2	20	4	1 1/4×6
8 1/2	1	10	2	2×7	9 1/2	2	20	4	1 1/2×6	10 1/2	1	10	2	3×7
8 1/2	3	30	2	2 1/2×6	10	1	10	2	1 1/2×9	10 1/2	1	10	4	1 1/2×6
8 3/4	1	10	2	2×7	10	1	10	2	2×7	11	3	40	2	3×9
9	2	20	2	2 1/2×7	10	1	11	2	3×7	11	1	10	2	3×7
9	2	20	4	1 1/4×6										
9	2	20	4	1 1/4×6										
9	2	20	4	1 1/2×6										
9	3	30	2	3×6										
9 1/2	1	10	2	3×7										
9 1/2	1	10	4	1 1/2×6										
9 1/2	2	20	2	2×8										
10	1	10	2	2×8										
10	1	10	2	3×7										
10	1	10	4	1 1/4×7										
10 1/2	2	20	2	2×9										
10 1/2	1	10	2	3×8										
11	3	30	2	2×9										
11 1/2	1	8	2	2 1/2×9										
12	1	10	4	1 1/2×9										
13	1	10	3	3×9										

Liite 1. Koesahausaineistot
Appendix 1. The test sawing material.

Kevätniemi					Lohjanvesistön Metsä Oy					Saidanlahti				
Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter, in.*	Eriä *Items*	Tukkeja kpl *Logs, pcs.*	Sydäntavara *Centre goods* kpl *pcs.*	asete *set-up*	Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter, in.*	Eriä *Items*	Tukkeja kpl *Logs, pcs.*	Sydäntavara *Centre goods* kpl *pcs.*	asete *set-up*	Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter, in.*	Eriä *Items*	Tukkeja kpl *Logs, pcs.*	Sydäntavara *Centre goods* kpl *pcs.*	asete *set-up*
							Kuusi — *Spruce*							
5	1	10	1	2×4	5	5	50	2	$1^1/_4 \times 4$	$4^1/_2$	1	10	2	2×4
$5^1/_2$	1	10	2	2×4	$5^1/_4$	1	10	2	$1^1/_4 \times 4$	5	3	30	2	2×4
$5^3/_4$	1	10	2	2×4	$5^1/_2$	4	40	2	$1^1/_4 \times 4$	5	2	20	2	$1^3/_4 \times 4$
6	11	186	2	2×4	$5^1/_2$	2	20	2	2×4	$5^1/_2$	4	40	2	2×4
6	1	10	6	$^7/_8 \times 4^1/_2$	$5^1/_2$	3	29	2	$1^1/_2 \times 4$	6	2	20	2	$2 \times 4^1/_2$
$6^1/_4$	1	10	2	2×4	$5^1/_2$	1	10	4	$^3/_4 \times 4$	6	3	30	2	$1^3/_4 \times 4^1/_2$
$6^1/_2$	5	72	2	2×4	$5^3/_4$	1	10	2	$1^1/_2 \times 4$	6	2	20	5	$^3/_4 \times 4$
$6^3/_4$	1	8	2	2×5	6	4	40	2	$1^3/_8 \times 4^1/_2$	$6^1/_2$	2	20	2	$1^1/_4 \times 5$
$6^3/_4$	3	34	4	$^7/_8 \times 5$	6	7	69	2	2×4	$6^1/_2$	2	20	2	$1^{25}/_{32} \times 5$
$6^3/_4$	1	9	2	$1^1/_2 \times 4^1/_2$	6	5	50	2	$1^1/_2 \times 4^1/_2$	$6^1/_2$	1	10	1	$1^1/_4 \times 4$
$6^3/_4$	5	72	2	$2 \times 4^1/_2$	$6^1/_4$	1	10	2	$1^3/_4 \times 4$	$6^1/_2$	1	10	5	$^3/_4 \times 4$
7	2	20	2	$2^1/_2 \times 4$	$6^1/_4$	1	10	2	2×4	7	1	10	—	$^7/_8 \times 5$
$7^1/_2$	1	10	2	$2^1/_2 \times 5$	$6^1/_4$	1	10	2	$1^1/_2 \times 4$	7	1	10	2	$2 \times 5^1/_2$
$7^1/_2$	1	10	—	$^7/_8 \times 5^1/_2$	$6^1/_2$	3	30	2	$1^5/_8 \times 5^1/_2$	7	3	30	2	$1^{25}/_{32} \times 5^1/_2$
8	1	10	2	3×4	$6^1/_2$	3	27	2	$1^7/_8 \times 4^1/_2$	7	1	10	2	$1 \times 4^1/_2$
8	1	10	4	$1^1/_4 \times 5$	$6^1/_2$	1	10	—	$^7/_8 \times 5$	$7^1/_2$	2	20	2	2×6
8	1	10	—	$^7/_8 \times 6$	$6^3/_4$	2	19	2	$1^5/_8 \times 5^1/_2$	$7^1/_2$	1	10	—	$^7/_8 \times 5$
$8^1/_2$	1	10	2	$2^1/_2 \times 6^1/_2$	7	1	10	2	2×5	$7^1/_2$	1	10	2	$2^1/_2 \times 5$
9	2	20	4	$1^1/_2 \times 6$	7	1	9	2	$1^7/_8 \times 5^1/_2$	8	2	20	—	$^7/_8 \times 6$
$9^1/_2$	2	20	4	$1^1/_2 \times 7$	7	2	20	6	$^3/_4 \times 4$	8	3	30	3	$1^3/_4 \times 6$
					7	3	30	2	$1^5/_8 \times 5^1/_2$	8	1	10	2	$2^1/_2 \times 6$
					$7^1/_4$	2	20	2	$1^5/_8 \times 5^1/_2$	$8^1/_2$	2	20	—	$^7/_8 \times 6$
					$7^1/_2$	1	10	2	2×5	$8^1/_2$	1	10	3	$1^3/_4 \times 7$
					$7^1/_2$	1	10	3	$^3/_4 \times 5$	9	3	30	4	$1^1/_4 \times 6$
					$7^1/_2$	1	10	2	$1^7/_8 \times 6$	$9^1/_2$	1	10	2	$2^1/_2 \times 7$
					$7^1/_2$	1	10	3	$1^7/_8 \times 4^1/_2$	$9^1/_2$	1	10	2	2×8
					$7^1/_2$	2	20	2	2×6	10	3	30	2	$2^1/_2 \times 6$
					$7^3/_4$	1	10	4	$^7/_8 \times 5$	$10^1/_2$	1	10	2	2×9
					8	1	10	2	$2^7/_8 \times 5$	$10^1/_2$	1	10	4	$1^3/_4 \times 7$
					8	1	10	4	$1^1/_8 \times 6$	11	1	10	2	$2^1/_2 \times 9$
					8	3	30	2	2×6	11	1	10	2	3×9
					8	2	20	2	$3 \times 4^1/_2$	11	1	10	3	$1^7/_8 \times 9$
					$8^1/_4$	1	12	5	$^3/_4 \times 6$	12	1	8	2	3×9
					$8^1/_2$	3	30	2	$2^7/_{16} \times 6^7/_{16}$	12	1	10	3	$1^7/_8 \times 9$
					$8^1/_2$	1	10	2	$2^3/_8 \times 6^3/_8$	13	1	10	3	2×11
					$8^3/_4$	1	10	2	$2^7/_{16} \times 6^7/_{16}$	14	1	10	2	3×11
					9	1	10	2	3×6					
					9	1	10	4	$1^5/_8 \times 5^1/_2$					
					9	1	10	2	$2^7/_{16} \times 6^7/_{16}$					
					9	1	10	5	$^7/_8 \times 7$					
					$9^1/_2$	1	10	3	$1^1/_2 \times 8$					
					$9^1/_2$	1	10	4	$1^5/_8 \times 5^1/_2$					
					$9^1/_2$	1	10	2	$2^7/_8 \times 7$					
					10	2	20	2	3×7					
					10	1	10	3	$1^1/_2 \times 8$					
					$10^1/_2$	1	10	2	3×8					
					11	2	20	2	3×8					
					11	1	10	6	$^7/_8 \times 9$					
					$11^1/_2$	1	10	2	3×8					

Liite 2. Sumasahauksen ja virheettömien tukkien koesahauksen vertailuaineisto
Appendix 2. The comparative material of normal sawing and test sawing of small log parcels free from defects.

Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter, in.*	Asete *Set-up*	Erä — *Item*			
		1	2	3	4
		tukkeja, kpl — *logs, pcs*			
5 1/2	2 × 4	20	100	100	138
5 3/4	2 × 4	20	100	100	135
6	2 × 4	20	100	100	148
6 1/4	2 × 4	20	100	100	150
6 1/4	2 × 4 ½	20	80	80	119
6 1/2	2 × 4 ½	20	100	80	68
6 3/4	2 × 4 ½	20	100	100	41
7	2 × 4 ½	20	90	90	64
7	2 × 5	20	100	100	91
7	2 × 5 ½	20	100	100	137
7 1/4	2 × 5 ½	20	100	100	101
7 1/2	2 × 5	20	100	100	86
7 1/2	2 × 5 ½	20	100	100	100
7 1/2	2 × 6	20	100	100	70
7 3/4	2 × 5 ½	19	90	90	99
7 3/4	2 × 6	20	90	106	—
8 1/4	2 × 6	20	119	100	67
8 1/2	2 ½ × 6	20	80	80	82
8 3/4	2 ½ × 6	70	70	70	—
9	2 ½ × 7	20	70	70	77
9 1/2	2 ½ × 7	20	74	80	75
10	3 × 7	20	80	80	80
	Yhteensä — *Total*	489	2 043	2 026	1 928

Liite 3. Mäntysahatukkien sahaustuloksen asetteittainen jakautuminen sydäntavaran, täyssärmäisten sivulautojen ja pintalautojen kesken simulaattorin ja koesahausten mukaan.

Appendix 3. The distribution of the sawing yield of pine sawlogs according to set-up into centre goods, sideboards and wany sideboards according to the simulation and test sawings.

Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter, in.*	Asete *Set-up*	Simulaattori *Simulation*			Koesahaukset *Test sawings*		
		Sydäntavara *Centre goods*	Sivulaudat *Sideboards*	Pintalaudat *Wany sideboards*	Sydäntavara *Centre goods*	Sivulaudat *Sideboards*	Pintalaudat *Wany sideboards*
		%					
5 1/2	2×4	67	3	30	62	3	35
	1 1/2×4	53	5	42	66	11	23
	2×3	55	5	40	65	4	31
6	2×4	61	5	34	61	2	37
	2×3	51	25	24	54	8	38
	1 1/2×4	50	23	27	58	10	32
	1 1/2×5	62	21	17	64	14	22
6 1/2	2×4	54	6	40	55	15	30
	2×4 1/2	60	5	35	—	—	—
	2×5	65	4	31	68	2	30
	2 1/2×4	65	3	32	63	—	37
	1 1/2×4	42	24	34	59	4	37
7	2×5	61	5	34	65	3	32
	2 1/2×4	62	19	19	64	10	26
	7/8×5	58	21	21	60	21	19
	1 1/2×6	69	13	18	61	24	15
7 1/2	2×6	66	18	16	67	14	19
	2 1/2×5	65	4	31	—	—	—
	2×5 1/2	59	20	21	—	—	—
	1 1/2×6	50	29	21	—	—	—
	2×5	54	21	25	51	20	29
8	2×6	58	24	18	57	17	26
	2 1/2×6	69	4	27	71	8	21
	2 1/2×5	62	6	32	69	16	15
	3×4	58	25	17	67	8	25
	1×6	59	21	20	—	—	—
8 1/2	2 1/2×6	64	17	19	63	9	28
	2×7	60	24	16	62	21	18
	3×5	64	18	18	—	—	—
	1 1/4×6	33	45	22	68	22	10
9	3×6	70	5	25	70	14	16
	2 1/2×7	66	20	14	70	15	15
	2×7	54	26	20	—	—	—
	1 1/4×6	61	19	20	62	24	14
	1 1/2×6	71	4	25	73	12	15
9 1/2	2 1/2×7	60	22	18	—	—	—
	3×6	63	27	10	64	27	9
	2×8	57	33	10	56	31	13
	3×7	70	15	15	70	3	27
	1 1/4×6	54	35	11	—	—	—
10	3×7	66	17	17	67	18	15
	2×8	51	37	12	59	31	10
	2 1/2×8	62	22	16	—	—	—
	3×6	56	32	12	61	39	—
	1 1/2×6	58	32	10	—	—	—

jatk.—*cont.*

Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter, in.*	Asete *Set-up*	Simulaattori *Simulation*			Koesahaukset *Test sawings*		
		Sydäntavara *Centre goods*	Sivulaudat *Sideboards*	Pintalaudat *Wany sideboards*	Sydäntavara *Centre goods*	Sivulaudat *Sideboards*	Pintalaudat *Wany sideboards*
		%					
$10\,^1/_2$	3×7	59	30	11	63	25	12
	2×8	68	18	14	—	—	—
	3×8	67	19	15	68	15	17
	2×9	52	40	8	53	40	7
	$1\,^1/_4\times8$	60	28	12	—	—	—
11	2×9	48	43	9	49	23	27
	3×8	63	21	16	—	—	—
	$2\,^1/_2\times9$	59	31	10	—	—	—
	3×9	67	20	13	69	20	12
	$1\,^1/_2\times8$	66	19	15	—	—	—
$11\,^1/_2$	2×9	44	46	10	—	—	—
	3×9	64	26	10	—	—	—
	3×8	57	36	7	—	—	—
	$2\,^1/_2\times9$	54	35	11	58	24	17
	$1\,^1/_2\times9$	66	24	10	—	—	—
12	3×9	60	30	10	—	—	—
	2×9	41	47	12	—	—	—
	3×8	52	41	7	—	—	—
	$1\,^1/_4\times9$	52	36	12	—	—	—
$12\,^1/_2$	3×9	55	39	6	—	—	—
	2×9	37	56	7	—	—	—
	3×8	49	43	8	—	—	—
	$1\,^1/_4\times9$	48	46	6	—	—	—
13	3×9	51	44	5	74	7	19
	2×9	67	25	8	—	—	—
	3×11	62	32	6	—	—	—
	$1\,^1/_4\times8$	39	56	5	—	—	—

Liite 4. Kuusisahatukkien sahaustuloksen asetteittainen jakautuminen sydäntavaran, täyssärmäisten sivulautojen ja pintalautojen kesken simulaattorin ja koesahausten mukaan.

Appendix 4. The distribution of the sawing yield of spruce sawlogs according to set-up into centre goods, sideboards and wany sideboards according to the simulation and test sawings.

Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter, in.*	Asete *Set-up*	Simulaattori *Simulation*			Koesahaukset *Test sawings*		
		Sydäntavara *Centre goods*	Sivulaudat *Sideboards*	Pintalaudat *Wany sideboards*	Sydäntavara *Centre goods*	Sivulaudat *Sideboards*	Pintalaudat *Wany sideboards*
		%					
5 1/2	2×4	65	3	32	60	2	38
	1 1/2×4	52	5	43	57	7	36
	1 7/8×4	62	3	35	—	—	—
	1 3/4×4	60	4	36	—	—	—
	1 1/4×4	46	6	48	—	—	—
6	2×4	64	4	33	62	4	34
	1 3/4×4 1/2	56	5	39	64	4	32
	1 3/8×4 1/2	52	25	23	52	26	22
	7/8×4	60	4	36	—	—	—
6 1/2	2×5	65	3	32	62	10	28
	2×4	53	6	41	58	10	32
	2×4 1/2	59	5	36	60	14	26
	7/8×5	61	4	35	66	12	32
	1 3/4×5	45	31	24	42	34	24
7	2×5	61	5	34	60	13	27
	2 1/2×4	62	5	33	63	10	26
	7/8×5	67	4	29	67	3	30
	3/4×5	50	27	23	—	—	—
	2×5 1/2	66	4	30	66	16	18
7 1/2	2×6	66	20	14	65	19	16
	2 1/2×5	64	5	31	—	—	—
	2×5	54	23	23	—	—	—
	2×5 1/2	59	22	19	—	—	—
	1 1/4×5	66	4	30	—	—	—
8	2×6	58	23	19	55	18	27
	2 1/2×6	69	4	27	70	12	18
	3×4	57	24	19	62	17	22
	7/8×6	54	27	19	61	6	33
	3×5	70	4	26	—	—	—
8 1/2	2 1/2×6	64	18	18	—	—	—
	2×7	59	24	17	—	—	—
	1 1/4×6	67	5	28	—	—	—
	7/8×6	60	20	20	—	—	—
9	3×6	70	5	25	68	22	10
	2 1/2×7	65	20	15	—	—	—
	1 1/4×6	31	49	20	64	26	10
	1 1/2×6	37	45	18	70	3	17
9 1/2	2 1/2×7	59	22	19	62	22	16
	2×8	57	26	17	59	33	8
	1 1/4×7	61	21	18	—	—	—
	1 1/2×6	66	19	15	72	15	13
10	3×7	66	18	16	65	25	10
	1 1/4×8	64	21	15	—	—	—
	2×8	51	37	12	—	—	—
	1 1/2×7	68	17	15	—	—	—

jatk.—*cont.*

Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter, in.*	Asete *Set-up*	Simulaattori *Simulation*			Koesahaukset *Test sawings*		
		Sydäntavara *Centre goods*	Sivulaudat *Sideboards*	Pintalaudat *Wany sideboards*	Sydäntavara *Centre goods*	Sivulaudat *Sideboards*	Pintalaudat *Wany sideboards*
		%					
$10\,^{1}/_{2}$	3×7	60	31	9	—	—	—
	$1\,^{1}/_{4}\times8$	59	23	18	—	—	—
	3×8	67	19	14	66	25	9
	$1\,^{1}/_{2}\times8$	69	18	13	—	—	—
11	3×8	63	21	16	64	30	6
	2×9	47	41	12	—	—	—
	$1\,^{1}/_{4}\times8$	55	33	12	—	—	—
	$2\,^{1}/_{2}\times9$	58	32	10	58	31	11
12	3×9	60	31	9	—	—	—
	$1\,^{1}/_{4}\times9$	52	36	12	—	—	—
	3×8	52	42	6	—	—	—
	$1\,^{7}/_{8}\times9$	57	32	11	—	—	—
13	3×9	50	42	8	—	—	—
	3×11	61	30	9	—	—	—
	$1\,^{1}/_{2}\times9$	51	42	7	—	—	—
	$1\,^{7}/_{8}\times11$	73	17	10	—	—	—

Liite 5. Ahtauspätkäprosentit eri asetteilla sahattaessa simulaattorin mukaan
Appendix 5. The stowage percentage in sawing of different set-ups according to the simulation

Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter, in.*	Asete 1 *Set-up 1*	Asete 2 *Set-up 2*	Asete 3 *Set-up 3*	Asete 4 *Set-up 4*	Asete 5 *Set-up 5*
	Ahtauspätkiä % — *Stowage in per cent*				
			Mänty — *Pine*		
5 ½	2.07	2.16	0.89	..	..
6	0.62	11.14	1.06	16.92	..
6 ½	0.70	0.70	1.51	0.00	0.67
7	0.00	6.08	5.99	0.00	..
7 ½	0.00	0.54	0.00	0.45	..
8	0.00	0.00	0.00	0.86	0.55
8 ½	0.00	0.35	0.92	0.49	..
9	0.00	0.00	0.46	0.46	0.00
9 ½	0.00	0.44	0.39	0.00	0.86
10	0.00	0.36	0.00	0.39	0.77
10 ½	0.18	0.20	0.00	0.65	2.50
11	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00
12	0.13	0.21	0.16	0.20	..
13	0.08	0.08	0.00	2.76	..
			Kuusi — *Spruce*		
5 ½	2.14	1.55	2.01	2.04	2.20
6	0.77	0.94	9.87	1.01	..
6 ½	0.75	0.00	0.78	0.79	1.49
7	0.72	0.64	1.38	7.73	0.61
7 ½	5.75	0.00	5.73	6.33	0.64
8	1.22	0.57	0.96	1.18	0.44
8 ½	4.51	0.92	0.00	5.65	..
9	0.00	0.33	5.09	5.12	..
9 ½	0.00	0.40	0.78	0.39	..
10	0.33	0.00	0.28	4.92	..
10 ½	3.02	0.00	0.00	0.25	..
11	—	0.00	3.67	0.27	..
12	2.35	0.29	2.58	0.23	..
13	0.22	0.00	0.22	0.00	..

Liite 6. Eri sahatavaradimensioiden keskihinnat huhtikuussa 1967 ja 1968
Appendix 6. The mean prices of the various sawn goods dimensions in April 1967 and 1968.

Dimensio *Dimension*	Vuosi — *Year* 1967	1968	Dimensio *Dimension*	Vuosi — *Year* 1967	1968	Dimensio *Dimension*	Vuosi — *Year* 1967	1968	Dimensio *Dimension*	Vuosi — *Year* 1967	1968
						Mänty — *Pine*					
			2 ex log			4 ex log					
3/4×3	92.9	90.9	1 1/4×3	87.1	91.1	1 1/2×3	90.4	85.6	2×3	81.4	80.5
×4	89.8	88.2	×4	87.1	91.1	×4	90.1	85.4	×4	83.0	82.1
×4 1/2	90.6	88.9	×4 1/2	85.7	89.1	×4 1/2	92.7	87.4	×4 1/2	83.9	82.9
×5	92.4	90.4	×5	90.3	88.2	×5	96.0	89.6	×5	84.8	84.1
×5 1/2	93.5	91.4	×5 1/2	91.0	88.8	×5 1/2	95.2	88.9	×5 1/2	85.5	84.5
×6	95.9	93.0	×6	93.2	90.2	×6	93.9	88.2	×6	88.1	87.1
×7	99.4	95.7	×7	95.4	92.0	×7	98.2	90.4	×7	89.9	88.3
×8	108.4	103.6	×8	102.7	97.7	×8	106.4	97.2	×8	97.0	97.1
×9	111.8	106.8				×9	113.5	103.3	×9	103.8	103.5
×11	110.1	103.7				×11	110.9	101.2	×11	103.6	103.5
			4 ex log								
7/8×3	92.2	87.7	1 1/4×3	92.7	92.7				2 1/2×3	85.4	83.8
×4	89.7	85.6	×4	99.7	92.7	1 3/4×3	82.6	81.5	×4	85.4	83.8
×4 1/2	87.8	84.1	×4 1/2	96.8	90.5	×4	82.3	81.3	×4 1/2	86.2	84.6
×5	86.6	83.2	×5	95.2	90.5	×4 1/2	82.6	81.6	×5	87.7	86.4
×5 1/2	88.4	84.5	×5 1/2	96.1	90.1	×5	91.2	90.0	×5 1/2	86.6	85.3
×6	92.9	87.6	×6	98.5	91.5	×5 1/2	89.0	88.0	×6	88.0	87.1
×7	96.3	89.9	×7	101.2	93.3	×6	89.5	88.6	×7	88.9	87.2
×8	103.2	95.7	×8	108.3	99.2	×7	91.8	90.5	×8	97.6	97.8
×9	107.3	99.8	×9	115.0	105.1	×8	98.7	99.3	×9	105.1	104.8
×11	106.0	97.7	×11	108.1	99.3	×9	104.3	103.9	×11	103.0	102.5
						×11	105.1	104.8			
1×3	89.6	85.5	2 ex log						3×3	84.3	84.4
×4	89.6	85.5	1 1/2×3	82.1	84.5	1 7/8×3	79.9	79.0	×4	84.3	84.4
×4 1/2	92.3	87.7	×4	82.0	84.3	×4	81.9	81.0	×4 1/2	85.7	85.9
×5	94.5	89.4	×4 1/2	83.5	86.2	×4 1/2	79.4	78.5	×5	87.4	88.0
×5 1/2	94.5	89.4	×5	91.0	88.3	×5	76.3	75.4	×5 1/2	86.9	87.5
×6	96.3	90.4	×5 1/2	90.3	87.6	×5 1/2	78.6	78.4	×6	88.7	88.7
×7	98.1	91.4	×6	90.4	87.1	×6	83.3	81.7	×7	90.2	89.4
×8	103.9	96.3	×7	93.1	89.2	×7	83.8	81.0	×8	97.8	96.6
×9	108.6	100.9	×8	101.2	95.8	×8	86.7	84.3	×9	104.6	103.0
×11	102.6	94.8				×9	88.4	87.6	×11	102.2	101.6
						×11	88.4	87.6			

jatk.—*cont.*

Dimensio *Dimension*	Vuosi — *Year* 1967	1968	Dimensio *Dimension*	Vuosi — *Year* 1967	1968	Dimensio *Dimension*	Vuosi — Year 1967	1968	Dimensio *Dimension*	Vuosi — *Yeat* 1967	1968
				Kuusi — *Spruce*							
3/4×3	95.7	95.3	1 1/4×3	98.5	99.1	1 5/8×3	93.2	97.0	2×3	90.9	90.2
×4	93.1	92.8	×4	98.4	98.9	×4	93.2	97.0	×4	92.4	91.9
×4 1/2	94.0	92.9	×4 1/2	97.9	97.8	×4 1/2	94.4	97.7	×4 1/2	93.7	92.5
×5	95.8	95.4	×5	96.9	96.9	×5	94.2	97.9	×5	94.0	93.6
×5 1/2	100.8	99.6	×5 1/2	96.9	96.6	×5 1/2	95.9	99.4	×5 1/2	95.2	94.1
×6	100.8	100.0	×6	98.0	97.9	×6	96.0	99.7	×6	95.6	95.3
×7	102.1	101.3	×7	98.6	98.3	×7	97.4	101.0	×7	96.6	96.3
×8	107.0	105.5	×8	99.3	98.7	×8	100.9	104.3	×8	100.4	100.0
×9	111.8	106.6	×9	104.1	105.5	×9	101.7	107.0	×9	100.3	100.8
×11	117.8	106.6	×11	103.4	104.0	×11	99.9	103.7	×11	101.6	103.3
7/8×3	98.5	98.5	1 3/8×3	97.4	97.9	1 3/4×3	93.6	93.3	2 1/2×3	93.2	92.8
×4	93.4	93.3	×4	97.3	97.8	×4	93.6	93.3	×4	93.0	92.7
×4 1/2	94.8	94.1	×4 1/2	97.6	97.5	×4 1/2	94.8	93.7	×4 1/2	94.1	93.1
×5	94.9	95.0	×5	96.3	96.8	×5	95.3	94.9	×5	94.1	93.7
×5 1/2	95.2	94.6	×5 1/2	97.9	97.6	×5 1/2	96.4	95.4	×5 1/2	95.4	94.4
×6	96.0	95.4	×6	98.3	98.4	×6	96.5	96.2	×6	95.7	95.4
×7	97.8	95.8	×7	99.4	99.1	×7	98.2	98.0	×7	96.6	96.3
×8	98.3	96.8	×8	100.5	100.0	×8	103.2	103.0	×8	100.0	99.6
×9	98.3	97.4	×9	104.5	105.8	×9	103.2	104.3	×9	100.6	101.3
×11	99.3	98.4	×11	102.2	102.7	×11	101.4	103.2	×11	100.6	102.0
1×3	92.7	92.7	1 1/2×3	96.2	96.6	1 7/8×3	94.5	94.4	3×3	91.7	91.4
×4	92.7	92.7	×4	96.2	96.6	×4	93.0	92.7	×4	91.7	91.4
×4 1/2	95.7	95.0	×4 1/2	97.8	97.6	×4 1/2	93.6	92.5	×4 1/2	92.3	91.2
×5	96.8	96.8	×5	96.3	96.8	×5	95.4	95.2	×5	91.4	92.3
×5 1/2	99.2	98.6	×5 1/2	98.6	98.5	×5 1/2	94.8	93.6	×5 1/2	94.5	93.4
×6	98.4	97.9	×6	98.6	98.7	×6	96.6	93.3	×6	95.6	95.3
×7	99.7	98.7	×7	99.8	99.6	×7	98.2	98.0	×7	96.3	95.8
×8	100.3	99.1	×8	101.7	101.2	×8	103.2	103.0	×8	99.1	98.7
×9	105.1	105.5	×9	104.3	105.6	×9	101.9	102.7	×9	99.4	99.9
×11	100.5	99.9	×11	100.7	101.0	×11	100.6	102.2	×11	99.7	100.9

Liite 7. Tukkien kuutiomäärien jakautuminen eri läpimittaluokkiin kerätyn tilaston mukaan.

Appendix 7. The distribution of the cubic volume of the logs into the various diameter classes according to statistics.

Latvaläpimitta, tuumaa *Top diameter, in.*	Mänty — *Pine*	Kuusi — *Spruce*
	%	
4 ½	0.2	.
5	3.4	1.6
5 ½	5.0	2.6
6	8.4	8.2
6 ½	8.2	8.4
7	11.4	10.7
7 ½	11.2	10.8
8	12.0	11.4
8 ½	9.4	9.6
9	9.1	9.4
9 ½	6.5	6.8
10	5.9	6.6
10 ½	3.5	3.8
11	2.1	3.1
12	0.9	1.6
13	0.5	1.0

THE 5TH NATIONAL FOREST INVENTORY IN FINLAND

General design, instructions for field work and data processing

KULLERVO KUUSELA and SAKARI SALMINEN

HELSINKI 1969

Helsinki 1969. Valtion painatuskeskus

Contents

GENERAL DESIGN OF THE 5TH INVENTORY
by Kullervo Kuusela

INSTRUCTIONS FOR THE FIELD WORK
by Kullervo Kuusela

Page

General design of the inventory 5
Instructions for the field work 15
Locative characteristics of land and stand figures 15
Line measurement and numeration of line figures 18
Land description 19
Stand description 27
Sample plot measurements 34
Relascope plot technique 34
Tree and stump tally 39
Sample tree measurements 41

DATA PROCESSING
by Sakari Salminen

Data Processing 43
Input of the field data and error detection 43
Punched cards 43
Preventive measures to avoid errors 45
Manual error detection 47
Computer error detection 47
Creation of tape data sets 51
Outlines 51
Stand data set 53
Tally data set 53
Stand-tally data set 54
Tree data set 54
Control tabulations and data set compilations 54
Computations 54
Outlines 54
Area estimates 55
Volume estimates 57
Increment estimates 63
Precision estimates 64
Summary of the data processing system 64
Data processed in 1964—68 68
Personnel, costs and filing in data processing 69
References 71

GENERAL DESIGN OF THE 5TH INVENTORY

by Kullervo Kuusela

The planning of the 5th national forest inventory was commenced in 1962, two experimental surveys were carried out in 1963 and the field work of the 5th inventory was commenced in 1964. In order to make the current method understandable, a short description of the forestry conditions in Finland in 1962—64 may be desirable.

The most comprehensive and detailed information on the Finnish forests as a whole, so far, are in the results of the 3rd inventory carried out in 1951—53, which were calculated, analyzed and published in 1955—60 (Ilvessalo 1956, 1957, 1959; Heikurainen, etc., 1960). At the same time, it was decided to carry out the 4th inventory by a smaller line-plot sample than in the 3rd inventory, in order to get a new estimate of the forest resources for the whole country and for a few main subregions. The 4th inventory was carried out in 1960—63. The sampling density made it possible to calculate the results for 6 regions which were formed as groups of Forestry Board Districts and water-course areas (Ilvessalo 1962, 1963; Tiihonen 1966, 1968).

During the period 1956—1965, the domestic industrial use of wood, the annual cut and the drain increased by more than the estimate of the allowable cut on the sustained basis (Ervasti and Kuusela 1968). National plans to increase silvicultural and forest-improvement work were considered necessary to guarantee a corresponding increase in primary production (Heikurainen, etc., 1960; Heikinheimo, etc., 1963; Ervasti, etc., 1965; Mera 1964; Mera II 1966). A permanent annual allowance for the national forest inventory was included in the State Budget, which made possible to plan the work on a long-term basis. The primary requirements of forest-resource information were considered to be as follows:

1. In order to carry out the silvicultural, forest-improvement and cutting programs, new information was needed for 20 Forestry Board Districts (including Ahvenanmaa). The data for these regions were 10 years old in 1963, and during this period the removal had been greater than before during this century.

2. Information was needed for several other regions where new units in the wood-processing industry or enlargements of the existing plants were under construction or planned.
3. The wood-processing industry dropped from a boom into a severe overproduction and cost crisis after 1964. In order to cut down the prices of wood at the mill, the logging and buying systems were put under a large re-organization and development process which still continues. For this purpose, the timber resource data were more urgently needed by smaller areas then by Forestry Board Districts.
4. In the general planning of regions, intensive investigations were undertaken, for which forest-resource data were required.

Thus new and up-to-date information on forest resources was urgently needed by Forestry Board Districts, Economic Districts and smaller areas which could not be defined in advance. Besides these regional and local needs, information about the development of the growing stock as a whole was required because of the critical national timber balance.

In view of these needs, the funds for the inventory were rather limited. In 1964, only 5 field crews could be supported for the annual field work season of 4—5 months. They had to provide resource data for a forest area of 20 mill. hectares cut very heavily for industrial use. The average number of field crews has been 7 in 1964—68. To cover the whole country by a sample each year, as in the Swedish and Austrian national forest inventories (where the number of field crews is proportionally 2—3 times greater than in Finland), would have resulted in long travel distances, high costs per sampling unit and poor information for small regions. It was therefore considered to be most profitable to carry out the 5th inventory by regions, using the Forestry Board Districts as the principal area units. To meet the data requirements for smaller areas, it was decided to collect the information required according to the identification code of forest ownership and commune, which is the smallest unit of administration (Fig. 1). Thus the results could be calculated for any area combined from ownership units and communes. There are 5 ownership categories and 550 communes as area units.

In the prevailing conditions and from the point of view of the most urgently needed information, the systematic sample was considered to be the best and most flexible method because it allowed the formation of calculation units before and after the field work, thus serving all needs which might arise. The stratified sample is difficult to apply in forestry conditions, where numerous attributes concerning treeless or nearly forest land, such as stumps, regeneration conditions, drainable swamps, etc., are as important as the growing-stock volume. The use of an optimum sampling design for volume results in poor information about other attributes. Although the

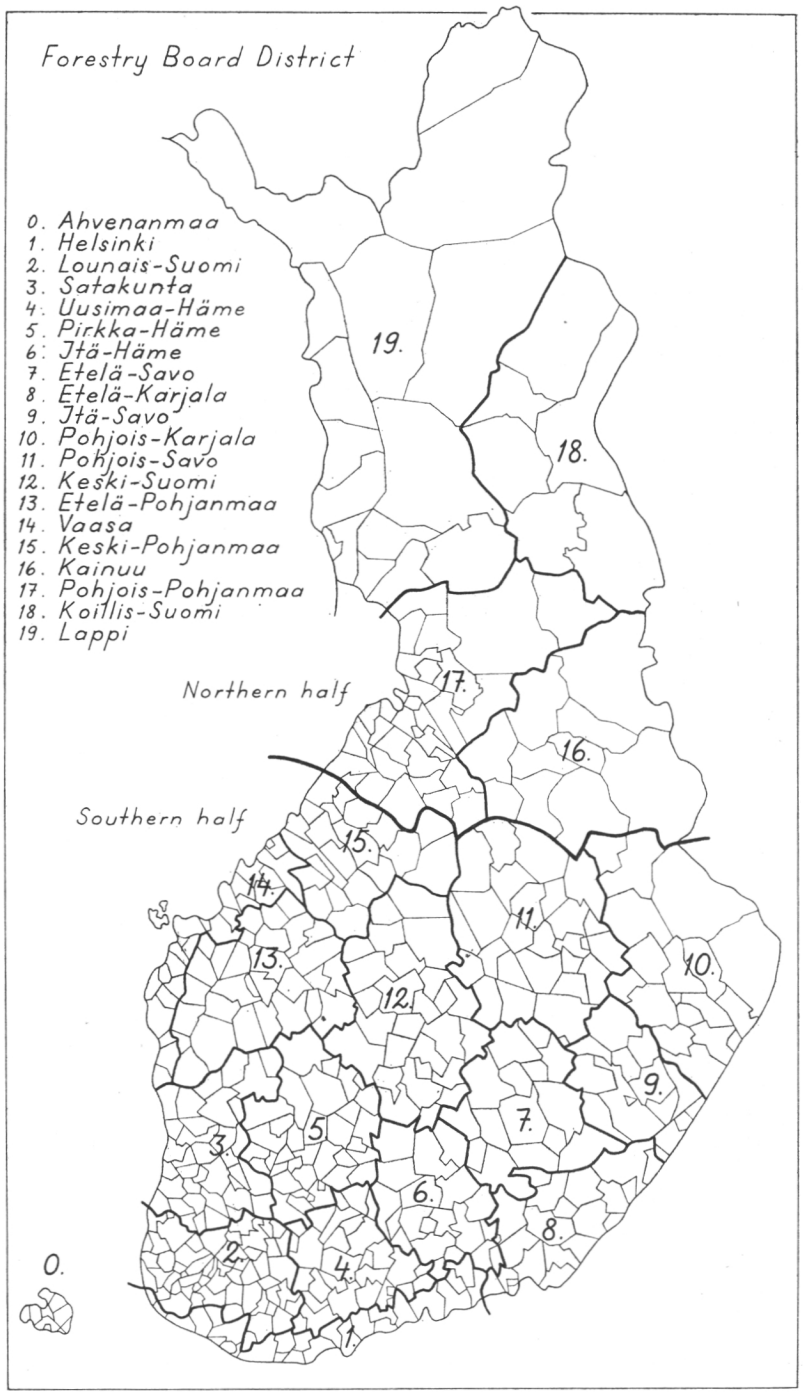


Fig. 1. Map of Finland with the principal inventory units (Forestry Board Districts) and commune boundaries.

statistical precision of the estimates based on the systematic sample cannot be accurately calculated, the systematic sampling apparently gives the desired information most economically in Finnish conditions (Nyyssönen 1967).

Line measurements are used for area estimates and sample plots for growing-stock estimates. Because of the great number of sample plots (described later), most area estimates could be based only on the number of plots measured in each land-and-stand area class (the number of plots is used for this purpose in some alternative computing programs, p. 55). However, the statistical precision of the estimates of the smallest area classes in the land classification system is obviously much better on the basis of line measurements than of the number of sample plots only.

In the earlier national inventories, the survey lines were equidistant, parallel lines running across the country from south-west to north-east. The field crews walked 6—10 km daily along the line, measured it and took sample plots, and recorded observations about the land and stands crossed by the line. Crew members had to carry all implements and their personal equipment with them, and were provided with food and lodging at the farms along the line. In large unpopulated areas, they had to carry food and tents too. This method is fast and cheap compared with other alternatives, and it was obviously the best solution in the past when roads were fewer and communications poorer than now. However, the method has certain disadvantages.

The neighbour correlation between the stands on parallel survey lines reduces the effectiveness of the sample. Between the lines there are comparatively large areas outside the sample. The sampling error, which cannot be accurately calculated, can be unexpectedly great if the main features of terrain and growing stock run parallel with the lines. Experiments laid out on the map, using the existing line data used to calculate forest percentage, showed that an accuracy equal to that attained by parallel lines can be obtained by approximately 70 per cent of the line length if the lines are distributed by a systematic grid-layout in the units of 10 km length. The latter layout, of course, increases the walking distance and costs per unit of survey line.

Long parallel lines on a map are difficult to locate exactly in the field. Because of this, and because the field crews have to work and live in the forests, several systematic errors in the estimates are possible (e.g. Koivisto 1965) and in many cases undetectable. No re-measurements for checking purposes were carried out in the earlier inventories.

As the living standard rises, it obviously becomes more difficult to employ crew members who are willing to work and live tied to a survey line, and those who are willing may not be the most suitable for work where the field personnel should be qualified and reliable.

In order to overcome these difficulties, two experimental inventories were carried out in 1963. The Forestry Board Districts of Etelä-Pohjanmaa and Vaasa (land area 2.1 mill. ha) were surveyed by a random sample of forest holdings, stratified on an area basis. The region of Ahvenanmaa (land area 148 000 ha) was surveyed by a systematic tract-wise line-plot sample (K u u s e l a 1965; 1966). In the first-mentioned experiment, each holding belonging to the sample was dealt with by a systematic line-plot survey (the lines were equidistant and parallel). Although an inventory based on a sample of forest holdings gives the same estimates as a systematic sample, and in addition much valuable information not attainable by the systematic one (e.g. information about the individual ownership units), it was found too expensive in the current conditions. However, it could be justified if combined with agricultural surveys.

On the basis of the experience gained in the Finnish national inventories, in the experimental surveys of Etelä-Pohjanmaa, Vaasa and Ahvenanmaa, and in the Swedish, Norwegian and Austrian national forest inventories, a systematic tractwise line-plot design was adopted in the 5th inventory. It is planned to use a combined aerial and ground method in the northernmost part of Finland, where the percentage of waste land is great and forestry comparatively extensive. The design to be used there is the object of an investigation. An experiment is planned for 1969, and the field work proper will be carried out in 1970.

In the southern half of Finland (Fig. 1), the size of the sampling unit (a tract) is a quadrangle of 1 200 m × 1 400 m (Fig. 2). In those areas where the forest percentage is smallest (and the area of fields greatest), a line of this size and shape is a »zero»-unit, i.e. the line is entirely on non-forest land, only in single exceptional cases. In average conditions, the survey involves a day's work and the line can be located very accurately in its predetermined place as marked on topographic maps (scale 1 : 20 000) or on aerial photographs (mostly in scale 1 : 60 000). In South Finland, part of the line can be reached by car in most cases, while the maximum walking distance from car to line is approximately 1 km. Only in the eastern part of South Finland have there been a few tracts involving longer walking distances.

The distance in the four main compass directions between the sampling units is 8 km. Thus there is 5.2 km of survey line for a land area of 6 400 ha. In the 3rd inventory, the parallel lines at a distance of 13 km from each other in South Finland allowed approximately 4.9 km of line per 6 400 ha. It was decided that the sampling density in the 5th inventory was sufficient to attain estimates as precise as in the 3rd inventory. 7—8 years are required to cover the whole country.

The sample plots for the stump estimates are located on the line at 100 m distances, and plots for basal area and diameter estimates of the standing

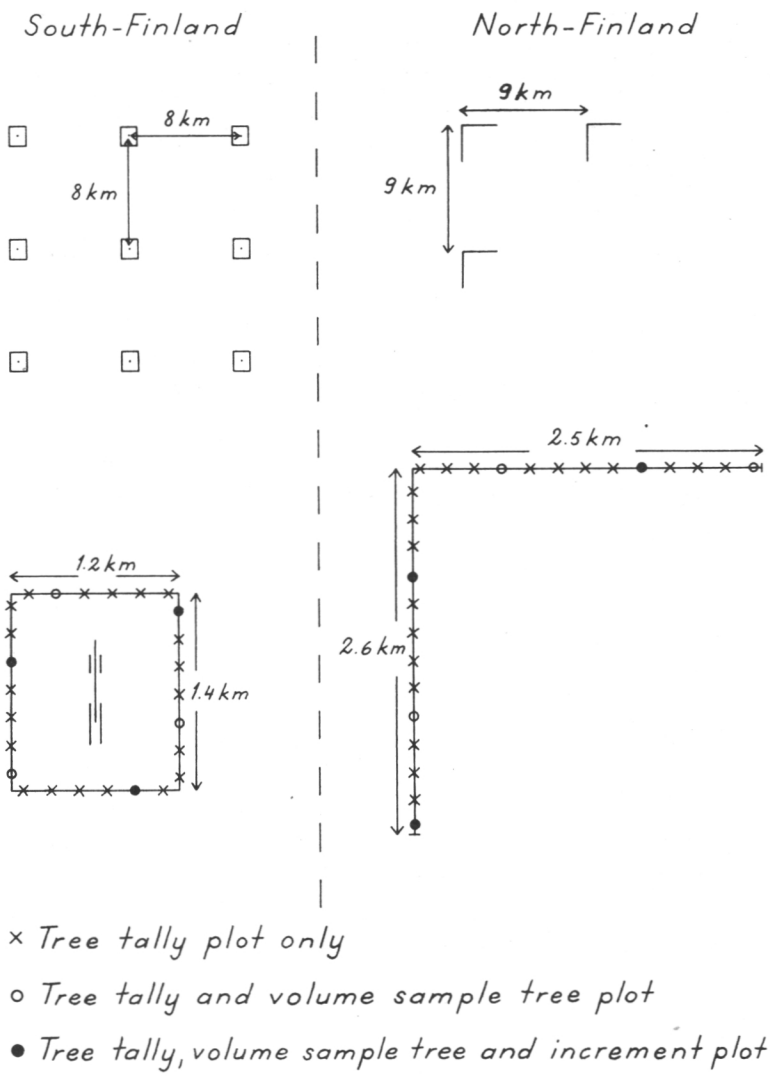


Fig. 2. Survey lines and sample plots located by tracts in South Finland and in North Finland.

trees at 200 m distances (Fig. 2 and p. 34). Thus there are 52 stump tally-plots and 26 tree tally-plots per 5.2 km of line in each unit. In addition, the volume characteristics of trees are measured on 6 tree tally-plots and the increment characteristics on 3 plots, which all have a predetermined location (Fig. 2). Trees and stumps are tallied by the relascope technique (K u u s e l a 1966 a). Each tallied tree represents 2 m^2 of basal area per hectare, in the case of trees at breast height and in the case of stumps at stump height.

The number of sample plots is greatest for stumps because the occurrence of stumps to be tallied has the greatest variance. The second greatest number of plots is for estimates of the basal area and diameters of the standing trees by species. The third greatest number of plots is for estimates of the height and form of the trees by species and diameter classes. The smallest number of plots are for estimates of diameter and height increment, which are the most expensive to measure but which are correlated with other stand characteristics (K u u s e l a 1964).

In the southern part of the northern half of Finland (Fig. 1), where the stands are larger and forestry more extensive than in the southern half, the distance between the inventory units is 9 km and a line 5.1 km long has the form shown in Fig. 2. Thus there is 5.1 km of line per 8 100 ha of land. The form of the line unit is changed deliberately to decrease the effect of the neighbour correlation between the stand estimates of the same unit. This change increases the walking distance, but preliminary experiments show that the result is an increase in precision for the same cost.

Ideas to develop the sampling design in the future include a more accurate and detailed estimate of the increment-drain relationship than that attainable at present (K u u s e l a and E r v a s t i 1969). For this purpose, a combined design of temporary and continuously measured sample plots seems to offer the best possibilities (N y y s s ö n e n 1967).

At the same time as the sampling design and density of the 5th inventory were under consideration, the computing method had to be decided. Only an electronic computer system could meet the foreseeable requirements. The best seemed to be the IBM 1 410 system ordered in 1962 for government data-processing units. Before the computer was available and while trained personnel for the computing system adopted were lacking in the Forest Research Institute, the technique of mensuration and overall organization of the work were planned for processing results in all contingencies. E.g. the basal-area/mean-tree technique offered short cuts in the calculation which could be processed by desk calculators.

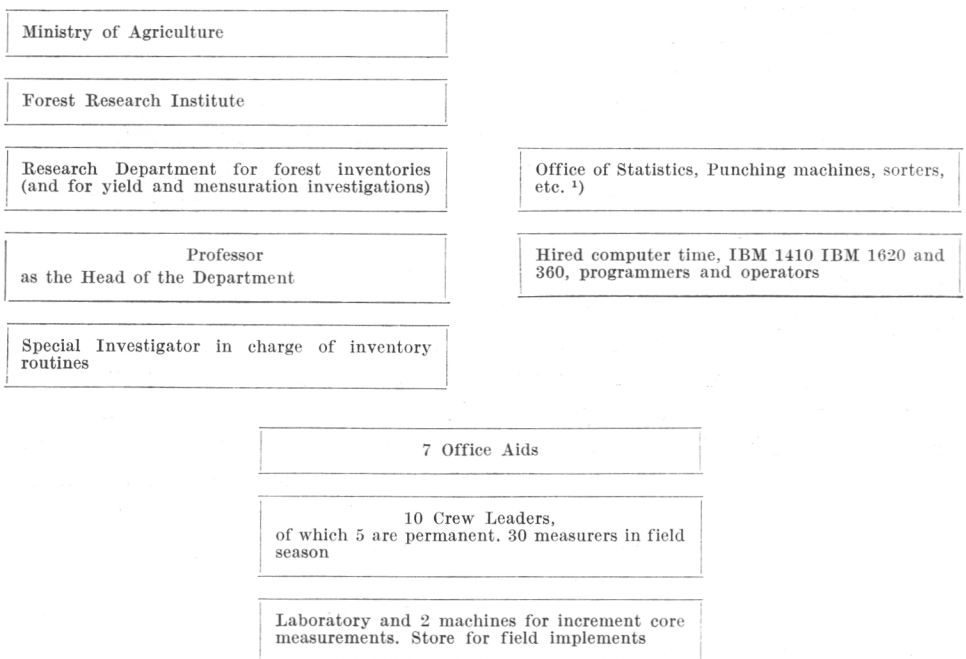
The aim was not to reach directly a stage in data processing where final tables could be compiled and printed by computers, because preparing a complete system, and consequently calculating the first results, may take several years. Therefore, the system described in the third part of this paper consists of a group of programs prepared during the last 6 years. The degree of automation has increased continously, but some steps are still processed by desk calculators. However, it has been possible to calculate the results from the field work of each year before the field work season of the next year commenced. At present, the area and growing-stock data, excluding increment, are calculated 2—3 months after the last field forms have reached the office. The total number of results calculated for different regions and

for different purposes is approximately 15 times more than was possible by using punched cards and mechanical calculators. In addition to the 13 Forestry Board Districts, (Kuusela 1966; Kuusela and Salovaara 1968), with a total forest area of 13.9 mill. ha, forest resource data were calculated for approximately 300 sub-areas in 1964—68.

Based on the analyses of the statistical precision of the estimates in the 3rd and 4th inventories and on the preliminary calculations carried out in the 5th inventory, the standard error of the total growing-stock volume for the country as a whole does not exceed $\pm$ 0.5 per cent. For areas at least of 0.5 mill. ha, the maximum standard error of the growing-stock volume is approximately $\pm$ 2.5 per cent.

The organisation and personnel in 1966 are shown in the chart below. Only the personnel working on the national inventory is described. The institute has hired punching-machines, sorters, etc., and the computer time is hired according to need. Inventory technique, sampling design and system charts for computations have been developed by the research personnel, and hired programmers have prepared the computer programs. However, the research personnel has been trained and is participating in programming, having prepared, for example, all the Fortran programs.

Organization chart



1) Since 1967, Research Department for Mathematics.

Expenses and surveyed area in 1966:

	Salary	Travel, incl. daily allowances during travel	Total
		Fmk	
Leadership			
½ of expenses for both professor and special investigator	33 500	4 200	37 700
Permanent research personnel and office aids	114 700	4 700	119 400
Crew leaders, measurers, and hired personnel	259 700	108 400	368 100
Implements			14 600
Miscellaneous			6 300
Total	407 900	117 300	546 100

Forest land:	3.16 mill. ha	costs per 1 ha	0.173
Growing stock, excl.bark	254.4 mill.m^3	» » 1 m^3	0.00215
Increment, »	11.47 »	» » 1 »	0.0476

As an example, the annual expenses of 1966 and some characteristics of the survey are presented in this connection. Half of the salary and travel costs of the professor and special investigator are included, because their work is divided between all activities of the department. Costs of calculating the results from the field work in 1965 are included, printing costs of the publications excluded. Of the total amount, only 20 400 Fmk or 3.7 per cent was used for the hire of the computer, punching machine, etc., and for programmers and operators outside the permanent personnel of the research department (comp. p. 69). Supposing that an inventory of the equal sampling density is repeated once in ten years, the expenses per hectare are 0.0173 Fmk, per m^3 of standing volume, excl. bark, 0.000215 Fmk and per m^3 of annual increment, excl. bark, 0.00476 Fmk (1 US dollar = 4.26 Fmk). However, the costs per hectare may be higher in other years than in 1966 because the number of crew leaders employed only for field work was 5 instead of 2, which was the average in 1964—68.

INSTRUCTIONS FOR THE FIELD WORK

by Kullervo Kuusela

Locative characteristics of land and stand figures

The characteristics of the location and ownership category of each land and stand figure crossed by the survey line are marked on the land and stand description form (Fig. 3) in the following way:

Commune (Columns 1—4)
The commune where the land and stand figure is situated is marked with a 4-figure code number according to a separate list.

Tract (Columns 5—9)
The tract is marked with a 5-figure code number according to a separate list.

Ownership category (Column 10)
The ownership category is defined only for forestry land (p. 20).

0. Private ownership. This category includes holdings owned by private individuals, private firms, heirs and those under tenancy contracts. This code number is marked for all line figures outside forestry land.
1. Company ownership (excluding housing companies).
2. State ownership. This category includes land administered by the State Board of Forestry, the Forest Research Institute and other state agencies.
3. Commune and parish ownership.
4. Community ownership comprises land owned by foundations, co-operative organisations, limited partnerships, housing companies, other communities and all other types of ownership which do not belong to categories 0—3.

Water-course area (Columns 11—12)
The water-course area is marked according to the location of the line figure on the field map showing the water-course boundaries. Code numbers (01—18) are presented in a separate list.

Land and stand description form N:o ..... Date .....

Grew leader .....

Commune	Tract	Ownership	Water c.a.	Climate r.		Sample pl.n:o	Figure ends			Figure n:o	Line on figure m	Land					Stand						Cutting		Silvic.m.	Drain.		Side	
							Pole	st.	m			class	sub-class	fertil. class	fact. aff. prod.	tax class	Dom. sp	Devel. class	Age class	Stand q	Storey	Establish.	time	need					
1—4	5—9	10	11—12	13						14—16	17—20	21	22	23	24	25	26	27	28 29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
										1																			
										2																			
										3																			
										4																			
										5																			
										6																			

Summary of land and stand classification codes.

(10) Ownership: 0. Private. 1. Company. 2. State. 3. Commune, parish. 4. Community

(21) Land class
0. Other l. in for.
1. Forest land
2. Poorly prod.l.
3. Waste land
4. Agric. land
5. Building sites
6. Communication
7. Waters

(22) Sub-class
0. Other l. in for.
1. Mineral site
2. Spruce swamp
3. Pine swamp
4. Open swamp

(23) Fertility classes
0. Other l. in for.
1. Lh; L
2. Lmk; R
3. Tuok; SsM
4. Khk; PsM
5. Kk; TI
6. Krk; Ra
7. Rocks, sands
8. Hill tops, fjelds

(24) Factors off. product
0. Other l. in for.; poorly prod., waste mineral s.
1. Stony mineral site
2. Normal mineral site
3. Raw-humus site
4. Paludified
5. Natural swamp
6. Ditched
7. Transforming
8. Transformed

(25) Tax class
0. Other l. in for.
1. I A
2. I B
3. II
4. III
5. IV
6. V
7. J

(26) Dom. tree sp.
0. Treeless; other l. in for.; waste l.
1. Pine
2. Spruce
3. Birch
4. Aspen
5. Alder

(27) Devel.class
0. Other than for. l.
1. Open
2. Seed., sap., stand
3. Seed., sap.
4. Thinning
5. Preparatory
6. Mature
7. Shelter wood
8. Low-yielding
9. Natural

(28—29) Age class
00. Treeless, other than for. l.
01. 1—10 years
02. 11—20 »
03. 21—30 »
.
.
11. 101—110 years etc.

(30) Stand quality
0. Other than for. l.
1. Good
2. Satisfactory
3. Selection cut
4. Silvic. neglected
5. To be uncut
6. Residual
7. Unsuitable sp.
8. Over-aged
9. Other low-yielding

(31) Tree storey
0. Treeless, other than for. l.
1. One-storeyed
2. Main storey and under st.
3. » » » standards

(32) Establishment
0. Treeless, other than for. l.
1. Natural
2. Good, satisf., cultiv.
3. Untend. cultiv.
4. Cultiv. pine, sappl.
5. Cultiv. spruce, sappl.
6. Cultiv. older than seed.

(33) Time of cutting
0. Other l. in for.; waste l.
1. 1 y.
2. 2—5 »
3. 6—10 »
4. 11—30 »
5. 31 + »
6. Natural st.

(34) Need of cutting
0. Other than for. l.
1. Next 5 y.
2. 10 »
3. Over 10 »

(35) Silvic. measure
0. No m.; other than for. l.
1. Clearing
2. Scarif., clearing
3. Burn., cultiv. pine
4. Seed. pine
5. Plant. pine
6. Plant. spruce
7. Tending seed.

(36) Drainage
0. No drain.; other l. in for.
1. Surface drain.
2. Drain. on palud. site
3. New drain.
4. Suppl. drain., repar.
5. Reparation
6. Secondary drain.

Fig. 3. Land and stand description form and codes for the description classes.

3 15633—69

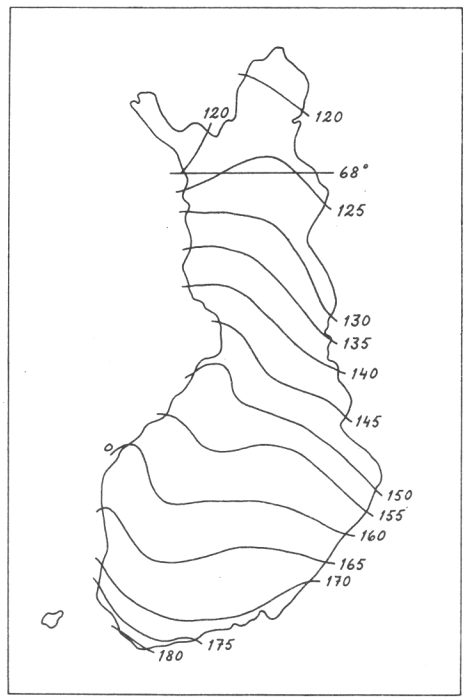


Fig. 4. Climatic regions based on the length of the growing season (number of days when the mean temperature $\geqq$ 5°C).

Climatic region (Column 13)

The climatic region (Fig. 4) is defined according to the length of growing season ($\leqq$ 5°C). The regions are shown in Figure 4; their code number and length in days are as follows:

1. Growing season under 125 days
2. » » 125—135 »
3. » » 135—145 »
4. » » 145—155 »
5. » » 155—165 »
6. » » 165—175 »
7. » » over 175 »
8. Archipelago of Ahvenanmaa.

Line measurement and numeration of line figures

Tract sides have fixed numbers (Fig. 2). Line measurement can start at any of the four angle points, depending on which can be most easily reached by the field crew. The starting point is the 0-point of the tract line. The direction of the line is laid out by a compass and its location and course should

follow the line marked on the field map. The 0-point, measurement course and north arrow are marked on the tract figure on the field form (Fig. 3).

The survey line is measured across land with a 20 m-long tape. Water courses more than 2 m wide are classified as water. Where the survey line crosses water courses (excluding very narrow ones), large fields, urban areas and large areas of waste land, figures are measured from the field map or aerial photographs.

The line measurements showing the end of each line figure are registered in the columns headed »figure ends». A pole-stick-meter system where a pole is 200 meters is used. Registered measurements must comprise the total length of each tract.

The number of the tract side where each line figure is located is marked in column 38.

The line figures are marked according to land, water and stand classes and all figures on each tract are numbered starting from 001 (Columns 14—16). A new figure starts at the beginning of each tract side.

The length of line on each figure (Columns 17—20) is the difference between the measurement registered at the end of the figure and the measurement of the preceding figure (not to be calculated in the field).

On the left side of columns 17—20 is a column for the number of sample plots falling on the line figures. If there is more than one plot on a figure, the sequence number of the first plot only is marked. This concerns every land and water figure.

Land description

Land class (Column 21)

Land crossed by the survey line is divided into land classes as follows:

0. Miscellaneous forestry land: forest roads, permanent timber depots and areas for forestry buildings, gravel and peat soil pits within forest land, etc.
1. Forest land which at the time of field work has the potential quality for producing a mean annual increment of at least 1 m^3/ha of stem wood including bark, during a rotation of 100 years and under favourable stand conditions. Site productivity is estimated from the ground vegetation, forest and swamp types, height-age relationship, experience gained from increment plots, etc.
2. Poorly productive land has the potential quality for producing a mean annual increment of 1.0—0.1 m^3/ha defined as above. It comprises rocky and stony soils, swamps, sand, hill tops and fjelds on which grow stunted trees.

3. Waste land has the potential quality for producing a mean annual increment of less than 0.1 m^3/ha defined as above. It comprises open areas and sites on which grow scattered stunted trees and shrubs.

Classes 0—3 are *forestry land:* Waste land is included in this category if it is surrounded by forest and poorly productive land or is an essential part of the area under the domain of forestry. Waste land within other land use classes, such as waste land within arable areas, belongs to the land use class in question. Poorly productive and waste land swamps can be transformed into forest land by site-improvement measures.

4. Agricultural land includes fields, pasture and agricultural roads and buildings.
5. Building sites include areas for houses (excluding farm houses), centres of population, towns, cities, factories, etc.
6. Communication routes, power lines, etc., also include areas in the vicinity such as the embankments and cuttings of a railway line.
7. Water.

Sub-land class (Column 22)

0. Miscellaneous forestry land (as for col. 21)
1. Mineral site.
2. Spruce and birch swamp comprises all swamps and drained peat sites where spruce and birch are the naturally dominant species. It can be temporarily treeless.
3. Pine swamp comprises all swamps and drained peat sites where pine is the naturally dominant species. It can be temporarily treeless.
4. Open swamp is treeless in the natural state.

Forest and poorly productive land can belong to classes 1—3, waste land to 1—4.

Sites by fertility classes (Column 23)

Classification of sites by fertility classes is based on the Finnish system of forest site and swamp types and descriptions of their ground vegetation. On mineral sites they are productivity classes too, but on swamps in the natural state the excessive and standing water reduces productivity (Table 1). After drainage the vegetation of swamp types changes similarly to the vegetation of mineral sites in the same fertility class.

0. Miscellaneous forestry land (as for col. 21).
2. Very rich sites (Lh) on mineral land and brown moss swamps (L) on peat land.

Table 1. General instructions for dividing forest and swamp types by land classes (Abbreviations are described under the heading »sites by fertility classes»).

Land class and region	Always	In most cases	Sometimes
Forest land			
South Finland	Mineral sites, transforming and transformed peat sites LhK, KgK, MK, PK, PsK, KgR	KR, RhK, JR	TR
North Finland	Mineral sites, transforming and transformed peat sites LhK, KgK	RhK, MK, PK, KgR, KR	IR
Poorly productive land			
South Finland	Lkm VLK, KoLK, RhSK, VSK	Vr VLR, RLR, RhSR, VSR, LkSR, TR, PsR, IR	RhK, KR
North Finland	Tuh, Klp	Vr, Lkm, VLK, KoLK, RhSK, VSK, RhK, KR, IR	Tuko VLR, RLR, RhSR, VSR, LkSR, TR, PsR
Waste land			
South Finland	Open swamps, RR		Vr VLR, RLR, RhSR, VSR, LkSR, TR, PsR
North Finland	Open swamps, RR	Vr, Lkm, Tuko VLR, RLR, RhSR, TR, PsR	VLK, KoLK, RhSK, VSK, RhK, KR

On *mineral land* the very fertile humus layer is 10—30 cm deep. Vegetation is characterized by leaf mosses and a great variety of high stalked herbs, grasses and ferns. Sites occur alongside rivers and brooks and on fertile slopes, especially on soils containing lime. The number of species decreases from south to north.

In brown moss swamps, the vegetation contains several types of ferns, herbs and grasses, leaf mosses such as *Bryales*, *Mnium*, *Scorpidium scorpioides*, *Campylium stellatum*, *Drepanocladus intermedius* and *Paludella squarrosa*. The stand is generally composed of large, well-growing trees.

The forest site types are in south Finland (Fig. 5): *Oxalis-Maianthemum* Type (OMaT), *Felices* Type (FT) and *Hepatica-Oxalis* Type (HeOT); in Ostrobothnia and Kainuu: *Geranium-Oxalis-Maianthemum* Type (GOMaT), *Geranium-Oxalis-Filipendula* Type (GOFiT) and *Felices* Type (FT); in Lap-

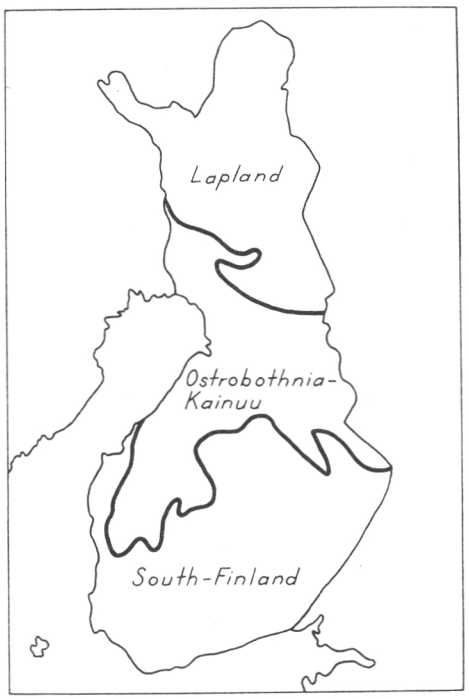


Fig. 5. Forest-site type regions.

land: *Geranium-Dryopteris* Type (GDT), *Geranium-Filipendula* Type (GFiT) and *Felices* Type (FT).

The swamp types are: ordinary brown moss spruce swamp (VLK), brown moss spruce birch swamp (KoLK), brown moss spruce swamp (LhK), brown moss spruce swamp with open patches (NeLK), ordinary brown moss pine swamp (VLR), *Sphagnum fuscum* brown moss pine swamp (RLR), brown moss pine swamp with *Sphagnum fuscum* tussocks (RamLR), ordinary open brown moss swamp (VL), and open brown moss with water patches *(rimpi)* (RiL).

2. Rich sites (Lmk) on mineral land and herb swamps (R) on peat land.

Rich sites generally occur in areas of low altitude on moraine and clay soils. They are characterized by abundant herb vegetation. The soil is covered by a well decayed humus-like layer measuring 5—10 cm in depth. The moss cover is not dense but includes numerous species; in addition to the common feather mosses there are some leaf mosses (Mnium, etc.). Herbs and grasses are abundant. Dwarf-shrubs grow well although they are scattered, especially in the South. The bush layer includes several species. Spruce is biologically the dominant species but mixed stands often occur.

Herb swamps are characterized by abundant herb vegetation including species such as *Comarum*, *Equisetum limosum*, *Menyanthes*, *Calamagrostis purpurea*. *Rubus chamaemorus*, *Equisetum silvaticum*, *Scheuchzeria* and *Drosera* may also occur on these as well as less fertile swamps.

The forest site types are: in South Finland: *Oxalis-Myrtillus* Type (OMT) and *Pyrola* Type (PyT); in Ostrobothnia and Kainuu: *Geranium-Oxalis-Myrtillus* Type (GOMT); in Lapland: *Geranium-Myrtillus* Type (GMT).

The swamp types are: herb sedge spruce swamp (RhSK), herb grass spruce swamp (RhK), herb sedge pine swamp (RhSR), and open herb sedge swamp (RhSN).

3. D a m p s i t e s (Tuok) on mineral land and high sedge *Myrtillus* swamps (SsM) on peat land.

Damp sites are characterized by numerous grasses, feather mosses and dwarf-shrubs. *Vaccinium myrtillus* is the dominant shrub in South Finland and *Vaccinium vitis-idaea* in North Finland. Grasses occur in abundance except under a dense tree canopy. The topmost layer of the soil comprises a humus layer of varying thickness which is clearly separated from the mineral soil and only partly decomposed. There is a tendency for a dense moss blanket and a raw-humus layer to develop, especially on sites located in watershed areas at high altitudes. In the northern parts of the country the raw-humus layer reduces the productivity of sites on hills, especially on their north and east slopes where spruce has been the dominant species for a long time. Spruce is biologically the dominant species but other species and mixed stands are frequent.

High sedge and *Myrtillus* swamps are characterized by high stalked sedges such as *Carex lasiocarpa* and *Carex rostrata* which are abundant and grow well. If these species are scattered and small they are not of diagnostic value; nor are *Carex globularis* and *Carex pauciflora*. *Vaccinium myrtillus* is dominant in the dwarf-shrub layer but can be rather scarce where *Equisetum silvaticum* is abundant. The tree stands can be extensive in these swamp types.

The forest types are: in South Finland: *Myrtillus* Type (MT) in which a raw-humus layer seldom occurs; in Ostrobothnia and Kainuu: *Vaccinium-Myrtillus* Type (VMT) where productivity is reduced in many cases by raw-humus, and *Deschampsia-Myrtillus* Type (DeMT); in Lapland: *Hylocomium-Myrtillus* Type (HMT) where productivity is often much reduced by raw-humus.

The swamp types are: ordinary sedge spruce swamp (VSK), *Myrtillus* spruce swamp (MK), spruce swamp with thin peat layer (KgK), ordinary sedge pine swamp (VSR), and ordinary open sedge swamp (VSN).

4. S u b - d r y s i t e s (Khk) on mineral land and small sedge *Vaccinium* swamps (PsP) on peat land.

Sub-dry sites are characterized by feather mosses and dwarf-shrubs; lichens also occur. A stratum of raw-humus is clearly discernable on the soil surface. *Vaccinium vitis-idaea* is the dominant shrub and *Pleurozium schreberi* often forms a uniform moss coverage. In North Finland *Empetrum* co-dominates with *Vaccinium vitis-idaea*. Treeless areas are often invaded by grasses. Pine is the dominant tree.

Small sedge and *Vaccinium* (oligotroph) swamps are characterized by oligotroph sedges. In spruce and pine swamps is an abundance of *Carex globularis* and in pine and open swamps of *Carex pauciflora*, *Carex limosa*, *Trichophorum caespitosum*, *Eriophorum vaginatum* and *Scheuchzeria palustris*. Occasional high sedges can also occur. In *Vaccinium* swamps, *Vaccinium vitis-idaea* is dominant in the dwarf-shrub layer and *Rubus chamaemorus* is also abundant.

The forest types are: in South Finland: *Vaccinium* Type (VT); in Ostrobothnia and Kainuu: *Empetrum-Vaccinium* Type (EVT); in Lapland: *Empetrum-Myrtillus* Type (EMT).

The swamp types are: *Vaccinium* spruce swamp (PuK), *Carex globularis* spruce swamp (PsK), poor spruce swamps with thin peat layer (KgK), *Carex globularis* pine swamp (PsR), small sedge pine swamp (LkSR), pine swamp with thin peat layer, and in some cases spruce pine swamp (KR). The poorest types of this class belong to the poorly productive and waste land categories.

5. Dry sites (Kk) on mineral land and cotton-wool dwarf-shrub swamps (TI) on peat land.

Dry sites are characterized by dwarf-shrub vegetation dominated by heather. However, in the northern part of country *Empetrum*, *Vaccinium vitis-idaea* and *Vaccinium myrtillus* increase in importance. Lichens are abundant, especially in the north where they are as frequent as mosses. Herbs and grasses are small and scattered. The humus layer is weakly decayed and often very thin, and segments of it can be easily detached from the ground.

In cotton-wool swamps *Eriophorum vaginatum* is abundant. In addition, *Carex pauciflora*, *Scirpus caespitosus* and *Scheuchzeria palustris* may occur frequently, depending on the water content of the swamp. In dwarf-shrub swamps *Ledum palustre*, *Vaccinium uliginosum* and *Chamaedaphne calyculata* are abundant.

The forest types are: in South Finland: *Calluna Type* (CT); in Ostrobothnia and Kainuu: *Empetrum-Calluna* Type (ECT); in Lapland: *Myrtillus-Calluna-Cladina* Type (MCClT).

The swamp types are: poor spruce pine swamp (KR), dwarf-shrub pine swamp (IR), cotton-wool pine swamp (TR), and small sedge open swamp (LkN).

6. Barren sites (Krk) on mineral land and *Sphagnum fuscum* swamps (Ra) on peat land.

Barren sites are characterized by a uniform lichen layer and by an almost complete absence of herbs and grasses. They may be considered as a phase in typological succession, probably created by completely devastating forest fires.

In *Sphagnum fuscum* swamps more than 75 per cent of the surface is covered by *Sphagnum fuscum.*

The forest type in all regions is *Cladina* Type (ClT).

The swamp types are: *Sphagnum fuscum* pine swamp (RR) and *Sphagnum fuscum* open swamp (RN).

7. Rocks and sands.

These sites belong either to the poorly productive or waste land categories. They are: bare rocks or sites with scattered boulders (Vr), sands (Hkk), and dry lichen heaths broken by bare sandy patches in Lapland (Klp).

8. Hill-top sites and fjelds.

These belong either to the poorly productive or waste land categories. They are: hill tops covered by stunted trees (Lkm), the coniferous zone on fjelds (Tuh), the birch zone on fjelds (Tuko) and open fjelds (Tua). All these are classified as mineral lands in spite of the occurrence, especially in Lapland, of swamp patches.

Factors affecting site productivity (Column 24)

0. Miscellaneous forestry land, poorly productive and waste land on mineral sites.
1. Stony mineral sites where excessive stones and boulders reduce the productivity and the tax (p. 26) class is correspondingly lowered. If a site is both stony and paludified, the code is marked according to the predominating factor.
2. Mineral sites without any factor decreasing productivity class.
3. Raw-humus sites. They occur only in fertility class 3 (p. 23). Tree growth suffers and the productivity and tax class are lowered.
4. Paludified mineral sites where swamp plants comprise 25—75 per cent of the ground vegetation. Productivity and tax class are lowered.
5. Swamps in the natural state. Swamp plants comprise more than 75 per cent of the ground vegetation.
6. Ditched swamps which have been so recently drained that there is no marked effect on the vegetation and tree growth. The site can belong to the forest land, poorly productive or waste land categories.

7. Transforming peat sites. They are always forest land. The site is in an intermediate stage after drainage. The original swamp type is recognizable. Growth of trees increases but the stand has not generally reached its full density.
8. Transformed peat sites. They are always forest land. The site has reached the stage of full productivity after drainage. The ground vegetation is more or less like the vegetation in the corresponding fertility class on mineral sites. The tree stand is usually fully closed.

Tax (productivity) class of site (Column 25)

The income taxation in Finnish forestry is based on the average productivity of sites. The sites are divided into tax classes on basis of the forest and swamp types and for each tax class there is an estimate of the average annual increment in cubic meters per hectare, solid stem wood excluding bark. The increment numbers are based on the results of earlier inventories. They are published by forest tax regions and give an approximate estimate of the site productivity under average current growing stock.

The tax classes and their code numbers are:

0. Miscellaneous forestry land.
1. Class I A includes very rich (Lh) and rich (Lmk) sites.
2. Class I B includes damp sites (Tuok) and *Pyrola* Type on mineral land.
3. Class II includes sub-dry sites (Khk) and *Vaccinium-Myrtillus* Type with raw humus.
4. Class III includes dry (Kk) and barren (Krk) sites, *Hylocomium-Myrtillus* Type with raw humus and productive spruce and birch swamps.
5. Class IV includes productive pine swamps.
6. Class V includes most of the poorly productive land.
7. Class J includes the waste land in forests.

If the productivity of a site is reduced markedly by stones and boulders, by strong winds in coastal areas, by snow damage on hill tops, by paludification, by a forest fire which has destroyed the humus layer, etc., the tax class defined above can be lowered. A drained swamp belongs in the tax class of the swamp in the natural state for 10—15 years after drainage. Thus the boundary between tax classes IV and V and classes V and J is not exactly the same as the boundaries between forest land, poorly productive land and waste land.

Stand description

Dominant tree species (Column 26)

The dominant tree species is that with the highest percentage volume in the main tree storey (cf. »Tree storeys» p. 31). If trees of different species in the main storey are approximately of the same height and if there are no marked difference in height between the species, the dominant species is the one with the highest percentage of basal area.

Code numbers to indicate dominant tree species are:

0. Treeless. This code is also marked for each figure of miscellaneous forestry land and waste land in forests. On a treeless figure there can be single residual trees.

1. Dominated by pine.
2. » » spruce.
3. » » birch.
4. » » aspen.
5. » » alder.

If the dominant species is an exotic tree, pines and larch are marked by code 1, spruces and firs by code 2. Except for alder *(Alnus incana* and *Alnus glutinosa)* and birch, deciduous species are marked by code 4.

Development class (Column 27)

Stands are classified by their stage of development only on forest land. The development classes and their codes are:

0. Forestry land other than forest land.
1. Open regeneration area and seed tree stand. This comprises open forest lands and areas partly regenerated where the seedling stand is not yet fully stocked. Open areas may have seed trees, standards and residual trees which are at least 41 years of age and which have a basal area of no more 4 m^2/ha in South Finland and 2 m^2/ha in North Finland. No other stand description data are marked for areas where there are single seedlings and young trees.
2. Seedling and sapling stands (definition under code 3) with standards.
3. Seedling and sapling stands where there is only the main tree storey. This class includes seedling stands with satisfactory or better stand quality, and young stands in the pole stage are included where the thinning wood is smaller than pulp wood size. Most of the stems have a diameter of less than 8 cm at breast height, although the largest trees have a diameter of approximately 10 cm. The stand age cannot be more than 50 years.

4. Thinning stands. Young stands in the thinning stage where the bulk of the cut is pulp wood and where there can be standards.

5. Preparatory stands. These stands are older than thinning stands. They are at the accretion stage and are treated with heavy thinnings which generally give pulp wood and saw logs. Their age is between 41 and 140 years. Possible standards are not described in this or the following classes.

6. Mature stands. They are more or less fully stocked with saw timber trees and the most important aim in treatment is regeneration. Their age is between 41 and 140 years.

7. Shelter wood stands. These stands are in the shelter wood and regeneration stage. Their age is between 41 and 140 years. (Age limits mentioned above are applicable only in South Finland. They vary according to the prescribed rotation in different growing conditions.)

8. Low yielding stands. These stands should be immediately regenerated because of their poor quality (more closely described in connection with stand quality classes on page 29).

9. Stands in the natural state where no cutting is allowed. This class includes sanctuaries, natural parks, etc. In North Finland there are sub-classes in protection forests and at high levels. Park forests, etc., where cutting operations are allowed to a limited extent, are classified according to their stage of development.

Age class (Columns 28—29)

Age class is estimated for the main tree storey (cf. chapter on »Tree storeys») on forest land only. Code 00 is marked on other forestry land classes and on treeless forest land. Stands 1—10 years old belong to class 05, those 11—20 years old to class 15, etc.

Age is estimated by borer. To the number of annual rings at breast height is added the number of years (Table 2, p. 29) which trees need to reach breast height after natural seeding in different growing conditions. The latter number of years is constant for all trees of the same species in each stand.

Stand age is by definition the mean age of sample trees weighted by the sample tree volume. If the age of sample trees is determined by relascope, the stand age is calculated by the formula:

$$\text{stand age} = \frac{\Sigma \text{ height x age (of sample trees)}}{\Sigma \text{ height}}$$

Table 2. Number of years by trees to reach breast height in different growing conditions.

Tree species [1]	Site type	Length of growing season, days (Fig. 4)						
		120	130	140	150	160	170	180
Pine	MT, EVT	22	19	16	14	11	8	6
	VT, EMT	26	23	20	17	14	12	9
Birch	CT	30	27	24	21	19	16	13
	Swamps, rocklands	33	30	27	24	21	18	15
Spruce	Lh, OMT	25	22	19	16	13	10	8
	MT, EVT	30	26	23	20	17	13	10
	VT, EMT	—	30	27	23	20	16	13
	Swamps, rocklands	—	34	30	27	24	19	16

[1]) Number of years for other tree species is estimated according to their similarity in growth with the species mentioned in the table.

If the sample trees are approximately of the same height, the stand age is the arithmetic mean of the sample tree ages.

In cultivated stands the age is based on the time of seeding or planting, on the age of planted seedlings, on the number of annual rings or of annual shoots. In South Finland the number of years to be added to the breast height age is generally 2—3 years less than the values in Table 2.

In stands crossed by the survey line and where tree tallyplots are measured, the age class can be estimated visually. However, if there is any uncertainty in the age, its determination is made by borings. Borings are also needed at regular intervals to check the visual estimates. The number of borings required depends on the variation of sample trees ages. In an average even-aged stand the number of sample trees is approximately 5.

The importance of unbiased age estimates is obvious, since age is needed in estimating the increment of stand classes.

Stand quality (Column 30)

Stand quality is estimated visually for the main tree storey and only on forest land. Stands in classes 1—5 have development potential, while stands in classes 6—9 do not or are low yielding (development class 8, p. 28) and should be regenerated immediately. The silvicultural condition of classes 3—5 is unsatisfactory and stands in classes 6—9 have been spoiled or destroyed either by human activity or by natural causes.

0. Non-forest land.

1. Good. The tree species is economically valuable for the site. The most valuable part of the stock (the dominant crown storeys) forms a fully dense and homogeneous stand. In a regeneration area, the prerequisites exist for the establishment of valuable stock.

2. Satisfactory. The structure and density of the stand is poorer than of a good stand but it can utilize the growth potentials of the site almost to the full extent.
3. Treated by selection cutting. In thinnings the trees have been selected according to a diameter limit, or only the best trees have been harvested, but it is more profitable to grow the stand than to regenerate it.
4. Silvicultural measure neglected. The condition of the stand has clearly suffered because thinning or other silcivultural measures have been postponed or neglected, but the stand still has growth potential. E.g., the class includes seed tree stands of development class 1 where the clearing needed for natural regeneration has not been carried out. A seedling stand regenerated by natural seeding, and in need of supplementary planting because of low density, belongs to this class.
5. To be left uncut. The stock is good or satisfactory but its density is too low for the site and stage of development. After a period without cutting the quality class will at least be satisfactory. The class also includes stands where no cutting is proposed because of reasons other than low density.
6. Residual of selection cutting. The stand has been treated by continuous selection cuttings which have reduced the quality and density of the stock to such an extent that it is more profitable to regenerate the stand than to let it grow.
7. Tree species unsuitable for site. The value of the tree species is so low that the stand should be regenerated immediately. Judgement is based on the growth of the stand, on the technical quality of the trees and on the site quality.
8. Over-aged. Because of the high age, which reduces the growth and increases defects in trees, the stand should be regenerated immediately. On the best sites in South Finland, stands such as those dominated by birch and aspen are over-aged at an age of approximately 100 years. Every stand of other species which has an age of 140 years in South Finland belongs to this class.
9. Other low-yielding stands. Stands should be regenerated immediately because of reasons other than those mentioned above, e.g., open areas which will not regenerate without cultivation, stands used for pasture, stands destroyed by diseases and insects, etc.

The quality class of a stand can be 1, 4 or 9 in development class 1, 1—5 in development classes 2—7, 6—9 in development class 8, and 5 in development class 9.

Tree storey (Column 31)

The purpose of the classification is to get information about the parts of tree storeys which are important in developing the growing stock and preparing cutting budgets. The classes are recognized only on forest land, and their codes are:

0. Treeless figure on forest land. This code is also marked for any land class other than forest land within the domain of forestry.
1. The stand is one-storeyed, i.e., there is only the main tree storey. This code is marked for every figure in development class 9, even if the figure is treeless.
2. In addition to the main storey there is a developable understorey which will form at least a satisfactory stand on the site. The under-storey is recognized only in stands where the main storey is in the preparatory stage or older. The developable under-storey will have a density at least of 0.6.
3. In addition to the main storey there is an over-storey of standards or reserve trees. Single standards which are proportionally small compared with the main storey, and standards in the cases of development classes 5—9, are not recognized.

The main storey consists of those trees which are the principal object of silvicultural stand-treatment measures. If there are more than one species in the main storey, attention is paid to the silviculturally most important species. Small seedlings under seed trees are also considered as the main storey if they are of a species suitable for the site and if they are of sufficient quality and density to be grown into a new stand. If the stand over a seedling storey is of such an age and density that it must be treated by other than regeneration cutting, the seedlings are not recognized and the older trees form the main storey.

The over-storey is only recognized in those cases where it is clear and it calls for special silvicultural treatments such as removal of standards from stands in development class 2 or 4.

Stand establishment method (Column 32)

The classification is carried out only on forest land and describes the stand establishment method and quality of the young stands established by cultivation (i.e. by artificial seeding and planting). The classes and their codes are:

0. Treeless figure on forest land, and forestry land other than forest land.

1. Stand seeded naturally.
2. Good or satisfactory cultivated seedling stand, which has been taken care of and is dense enough to form a tree stand capable of development.
3. Untended cultivated stand which after silvicultural measures can be developed.
4. Cultivated pine stand (or any other species apart from spruce or fir) which is of low density and in need of supplementary planting.
5. Cultivated spruce (or fir) stand which is of low density and in need of supplementary planting.
6. Cultivated stand older than seedling stage. The stand is at least in the pole stage, closed, and the natural dying of branches has started.

Time passed since last cutting (Column 33)

The purpose of estimates about the time which has passed since the last cutting is to get information on the length of the current cutting cycle. The field work of the inventory is carried out during the summer months and the cutting year starts on June 1. Thus an estimate of 1 year since the last cutting means that the last cutting took place during the last cutting year before the field work summer. On sample plots in these stands the stumps of the last cutting are also tallied. The classes and their codes are:

0. Miscellaneous forestry land and waste land.
1. 1 year since the last cutting. A cutting which has occurred in the field work summer after June 1 is not recognized.
2. 2—5 years since the last cutting.
3. 6—10 years since the last cutting.
4. 11—30 years since the last cutting.
5. 31 or more years since the last cutting.
6. The stand is in the natural state without any sign of cutting.

All treeless figures on forest land and poorly productive land not belonging to any other class belong to this class.

Estimates concerning classes 1 and 2 are the most important. Difficulties in estimation increase the longer the time since the last cutting. Estimates are based on special instructions and continuous training in sample areas during the summer.

Need of cutting (Column 34)

Estimates of cuttings needed are based on the stage of development and silvicultural condition in each stand and are used in cutting budget calculations. Only stand treatment which provides timber products is considered as cutting. Need of cutting is estimated on forest land and the classes and their codes are:

0. Forestry land other than forest land.
1. Cutting is needed during the next 5 years. This code is marked always for low-yielding stands.
2. Cutting is needed during the second half of the next 10-year period.
3. The condition of the stand requires postponing the cutting to beyond the next 10-year period.

Need of silvicultural measures (Column 35)

The need of silvicultural measures is estimated only on forest land and for the next 10-year period.

0. No silvicultural measures are needed. This code is also marked on every figure of forestry land other than forest land.
1. Clearing of the area after final cutting for natural regeneration.
2. Scarification and clearing of the area after final cutting is needed for natural regeneration.
3. Burning the site followed by cultivation of pine. This code is marked on sites where burning is considered to be better than other possible alternatives.
4. Seeding of pine and clearing of site for it.
5. Planting of pine and clearing of site for it.
6. Planting of spruce and clearing of site for it.
7. Tending of seedling and sapling stand in development classes 2 and 3, i.e. in existing seedling and sapling stands.

Low-yielding stands (development class 8) belong in most cases to classes 3—6 but may belong to class 0, e.g. in those cases when a narrow spruce swamp or small area on a dry mineral site can be naturally regenerated after complete cutting.

Need of drainage (Column 36)

Estimates give information on the work needed to better the drainage conditions, especially on peat lands. Assessment of the suitability of a swamp for drainage is based on special instructions.

The classes and their codes are:

0. No drainage and supplementary measures are needed. This code is marked in all cases where codes 1—6 are not applicable.
1. Surface drainage for cultivation on mineral site of forest land.
2. Drainage of a paludified mineral site where the growth of trees is hampered by excessive or stagnant water.
3. New drainage of swamps. This code is marked on every natural swamp which is considered suitable for drainage and also on swamps which are unsuitable for drainage individually but which could be included in a drainage project for a larger area.
4. Supplementary ditches and possibly repairing of old ditches is needed for efficient drainage.
5. Repairing of old ditches needed for efficient drainage.
6. Secondary drainage where earlier drainage has not been effective.

Sample plot measurements

There are four kinds of sample plots: tally plots for standing trees and stumps, tally plots for stumps, volume sample plots, and volume-increment sample plots. Their location on the survey line is shown in Fig. 2 (p. 10). The tally of trees and stumps is recorded on the tree and stump tally form (Fig. 6, p. 35) and measurements of volume and increment characteristics are recorded on the sample tree form (Fig. 7, p. 36).

Relascope plot technique

A relascope plot consists of a set of concentric circular plots, with a circular plot of fixed radius for each diameter size of trees (Kuusela 1966 a), or if the trees are measured by diameter classes, for each diameter class. The centre point of each plot (or set of fixed radius plots) is located on the survey line at the point of the chaining stick which determines the location of the plot. The centre point is marked by a pole with a height of at least 0.5 m above ground. If the centre point is on rock or any other place where it is impossible to put the pole into the ground, it is located at the nearest suitable point on the line. The distance and direction of the pole from the actual centre point is recorded on the back of the tally form. The

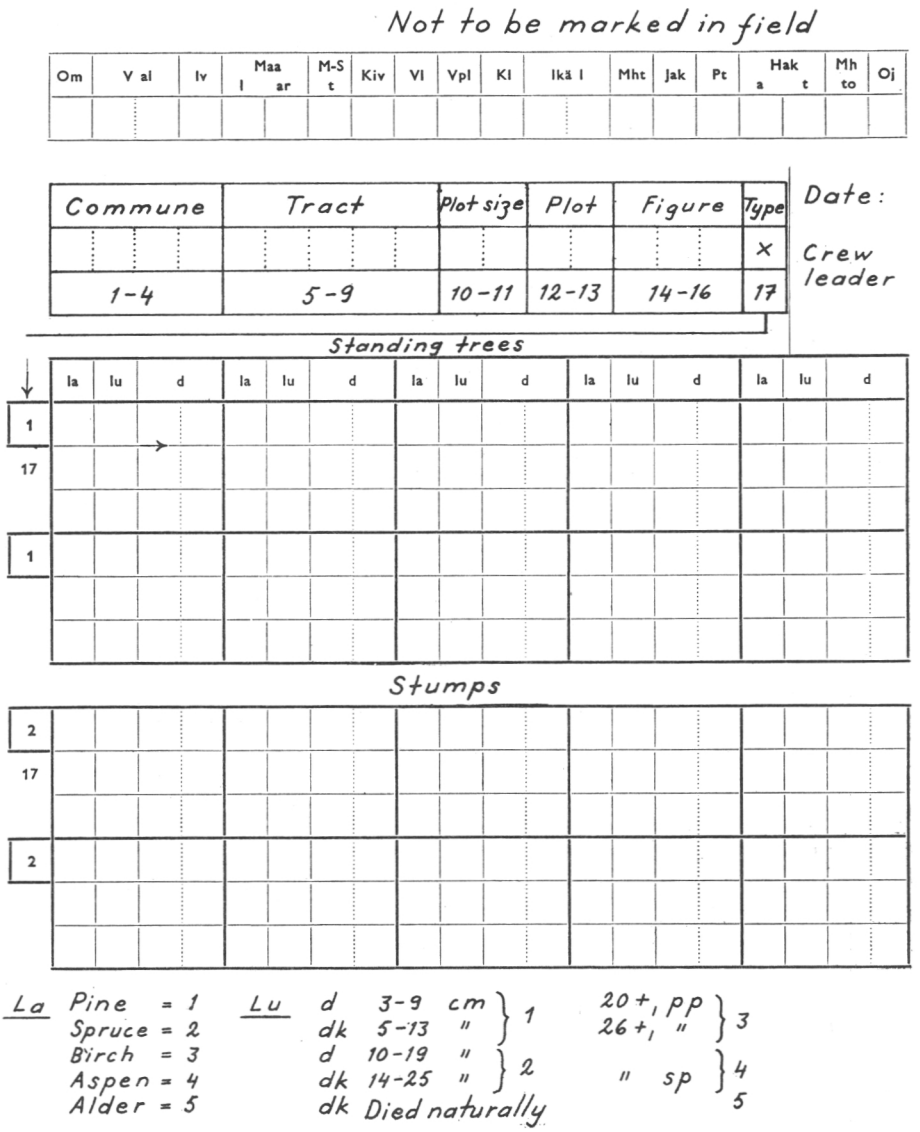


Fig. 6. Tree-and-stump tally form.

number of the plot is marked on the pole which shows the exact place of the sample plot for possible checking measurements.

The tree (and stump) tally on each plot is commenced clockwise according to the direction along the survey line from which the crew has come. Direction is shown by the line measurement tape on the ground. Trees are tallied in clockwise order until the plot circle is closed. Shooting by relascope is made exactly above the plot centre. Each tree belonging to the plot is marked

Sample tree form	Commune	Tract	Basala.	Plot	Figure	Clim. r.	Land cl.	Sub cl.	Fert. cl.	Fact. aff.	Tax cl.	Dom. sp	Dev. cl.	Age
	1-4	5-9	10-11	12-13	14-16	17	18	19	20	21	22	23	24	25-27

Date: .....
Crew leader:
.....

Stumps of trees grown
..... years

N:o	Tree La	Tree Lu	d	b	i_d	d_k	d_6 / $d_{3.5}$	h	i_h	$d-d_{6,3.5}$	V	S %	P %	Oh %		Crown storey	Logs number	$d_{1.3}$ age	d_k	
28—29	30	31	32—33	34—35	36—37	38—39	40—41	42—43	44—45	46—47	48—51	52—53	54—55	56—57			kpl	y.	cm	

Table 3. Plot radius from plot centre to the pith and to the inner surface of the tree as a function of diameter.

Plot radius to the pith of the tree. The basal area factor is 2, and radius in metres equals 0.3535534 d while diameter is in centimetres.

d 10 cm \ 1 cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0.35	0.71	1.06	1.41	1.77	2.12	2.47	2.83	3.18	3.54
10	3.89	4.24	4.60	4.95	5.30	5.66	6.01	6.36	6.72	7.07
20	7.42	7.78	8.13	8.49	8.84	9.19	9.55	9.90	10.25	10.61
30	10.96	11.31	11.67	12.02	12.37	12.73	13.08	13.44	13.79	14.14
40	14.50	14.85	15.20	15.56	15.91	16.26	16.62	16.97	17.32	17.68
50	18.03	18.38	18.74	19.09	19.45	19.80	20.15	20.51	20.86	21.21
60	21.57	21.92	22.27	22.63	22.98	23.33	23.69	24.04	24.40	24.75
70	25.10	25.46	25.81	26.16	26.52	26.87	27.22	27.58	27.93	28.28

Plot radius to the inner surface of the tree.

0	0.35	0.70	1.04	1.39	1.75	2.09	2.43	2.79	3.14	3.49
10	3.83	4.18	4.54	4.88	5.22	5.58	5.93	6.27	6.62	6.97
20	7.32	7.67	8.01	8.37	8.72	9.06	9.41	9.76	10.11	10.46
30	10.80	11.15	11.51	11.85	12.19	12.55	12.90	13.25	13.59	13.94
40	14.30	14.64	14.98	15.34	15.69	16.03	16.38	16.73	17.08	17.43
50	17.77	18.12	18.48	18.82	19.17	19.52	19.87	20.22	20.56	20.91
60	21.26	21.61	21.96	22.31	22.66	23.00	23.36	23.70	24.06	24.40
70	24.74	25.10	25.44	25.79	26.14	26.49	26.84	27.19	27.54	27.88

by colour marker (first tree by one mark, second by two, ... fifth by five, sixth by one mark, etc.), its breast height diameter is measured with an accuracy of 1 cm, and the diameter, tree species and tree class (p. 40) are recorded.

If there is any doubt whether to include a tree (or a stump) or not in the plot, the distance from the tree to the plot centre is measured by a centimetre scaled steel tape. In the case of a standing tree, the distance is measured at breast height from the plot centre to the pith or inner surface (surface towards the plot centre) of the tree. On the basis of Table 3, one can decide if the tree belongs to the plot or not. In cases of standing trees it is more convenient to use the distance from the centre to the inner surface and in cases of stumps the distance from the centre to the pith. Stump tally is carried out in the same way, except that the diameter and level on which the distance from the plot centre to the stump are measured are at stump height from the ground. Of those trees (or stumps) at an exact distance indicated in Table 3, every second tree is tallied.

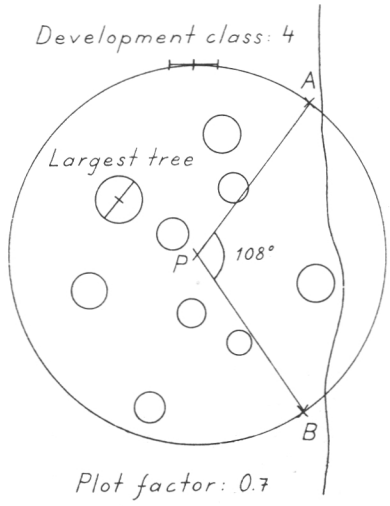


Fig. 8. A part-plot measured near the figure boundary.

The distance from the plot centre to the tree (or stump) should always be measured in border cases, because a decision made on the basis of visual estimates may be biased.

The diameter which is measured from the tallied trees and stumps is at right angles to the plot radius. It is the same diameter which is shot by the relascope from the plot centre. Breast height in using the Finnish volume tables is 1.3 m above the stump height, which is defined as »the highest root branch collar which enlarges the base of the stem and prevents the cut of the tree lower in logging, or if there is no such collar, the stump height is at ground level». The stump diameter tallied in the inventory is at the height defined above even if the actual stump height is different.

When the sample plot is located near the boundary of two line figures with separate land and stand descriptions, it should be checked whether the largest circle of the plot, determined by the largest tree (or stump), has enough space in the figure where the plot centre is. If the radius of the largest circle is larger than the distance from the centre to the figure boundary, a part plot is measured (Fig. 8). The smallest part-plot used is 1/10 of the full plot and other part-plots are multiples of this. A part-plot is delineated in the following way: a line stake is located at point A (Fig. 8), which is situated on the circumference of the largest plot radius, at the point, within the same figure as the plot centre P, nearest the figure boundary. Using a compass or other angle instrument the plot size is decreased by as many 1/10ths of the full plot as is required to locate point B (Fig. 8) on the circumference of the largest plot radius within the same figure as P. The

Table 4. Size of the sectors which can be deducted from the full plot in cases of the part-plot.

Sector angle in degrees	Sector size	Plot size
0	00	10
36	01	09
72	02	08
108	03	07
144	04	06
180	05	05
216	06	04
252	07	03
288	08	02
324	09	01
360	10	00

angles of the sectors to be deducted from a full plot and the corresponding plot size after deduction are presented in Table 4. The size of the plot is recorded on the sample plot form. If the smallest part-plot (1/10 of the full) cannot be measured in a line figure, the plot is omitted. This is recorded in the land and stand description form.

The part-plot is based on the largest diameter of either the standing tree or the stump to be tallied.

Tree and stump tally

All sample plots in a tract have a predetermined sequence number. On odd-numbered plots, only stumps are tallied, and on even-numbered plots, both stumps and standing trees are tallied. The tree and stump tally form (Fig. 6) is filled in only for plots of forest and poorly productive land. The numbers of plots on waste land, miscellaneous forestry land, other land classes and water are marked on the land and stand description form. If on an odd-numbered stump plot there are no stumps to be tallied, no form is needed but the number is marked on the land and stand description form. If in stand development class 1 (open regeneration area and seed tree stand) these are single seedlings and young trees, they are not described or tallied.

On the tree and stump tally form there is space for some land and stand description data which may be marked in the office from the land and stand description form. This information is not recorded in the field. The following general and identification data are marked: commune (1—4), tract (5—9), plot size (10—11), plot number (12—13) and line figure number (14—16). If the form is used for standing trees, code 1 is marked in column 17 (Type),

if for stumps code 2. These codes are marked in advance on the form. The last general data are the date and name of the crew leader.

The upper part of the form is used for standing trees and lower part for stumps which are recorded in the same sequence as they are measured. La is tree species with codes: 1 = pine (exotic pine and larch), 2 = spruce (exotic spruce and fir), 3 = birch, 4 = aspen (and deciduous species other than birch and alder), 5 = alder (Alnus incana and A. glutinosa); Lu is tree class with codes:

1. Standing trees with a diameter at breast height of 3—9 cm and stumps with a diameter of 5—13 cm (trees with a diameter less than 2.5 cm and stumps with a diameter less than 4.5 cm are not tallied). This class is called small-size timber.
2. Standing trees with a diameter of 10—19 cm and stumps with a diameter of 14—25 cm. This class is called pulp timber.
3. Standing trees with a diameter of at least 20 cm and stumps with a diameter of at least 26 cm, where the quality of a standing or cut tree does not meet the specifications for a saw or veneer log because of technical defects, decay, etc. This class is called large-size pulp timber.
4. The dimensions are the same as above but the standing or cut tree meets the specifications for a saw or veneer log. This class is called saw timber.
5. Trees dead from natural causes. All dead trees with the diameter at breast height at least 9.5 cm and usable as timber products are recorded and included in the standing stock. Of dead trees recorded for drain estimate, only those are recorded which have the stump diameter at least 4—5 cm.

For the drain estimate, only those stumps and dead trees are recorded which have been cut or died during the last cutting year, June 1— May 31, before the field-work season.

d is the diameter at breast height in the cases of standing trees and dk the stump diameter in cases of recorded stumps and trees which have died naturally. It is measured and recorded in 1 cm classes.

Tree and stump tally data are recorded in rows from left to right and from top to bottom. If there are no trees on a plot, the general and identification data are recorded and in the upper row for standing trees is marked »No trees». If on a standing tree plot there are no stumps to be recorded, in the upper row for stumps is marked »No stumps». If the number of trees or stumps to be tallied on a plot is more than 30, two forms are used.

Sample tree measurements

Sample tree measurements are carried out on those tree tally plots assigned for that purpose (Fig. 2, p. 10) and where there is at least one tree in tree classes 1—4 (comp. p. 40). All trees tallied into tree classes 1—4 are sample trees. Measurements are recorded on the sample tree form (Fig. 7, p. 36).

In the upper part of the sample tree form there is space for identification and general stand data:

Commune (1—4), tract (5—9), basal area of the stand in m^2 per hectare (10—11), number of the tree tally form (12—13), number of the line figure (14—16), climate region (17), land class (18), sub-land class (19), fertility class of the site (20), factor affecting site productivity (21), tax class (22), dominant tree species in the stand (23), development class (24), age of the stand (25—27), date and signature of the crew leader.

The basal area is calculated on the basis of tallied tree. In the case of a full plot the basal area is twice the number of tallied trees. This product is divided by the plot size in cases of part-plots. E.g., if the plot size number is 07, and the number of tallied trees is 6, then the basal area is $2 \times 6/0.7 = 17.14$ m^2/ha, rounded to the nearest full square metre, 17.

Stand age is estimated as described on p. 28. Instructions to take borer cores for age determination on volume sample plots are:

— if the number of sample trees $\leqq 4$, all trees are bored;
— if the number of sample trees $\leqq 7$, every second tree is bored, e.g. trees with numbers 01, 03, 05 etc.;
— if the number of sample trees $= 5$, trees with numbers 01, 03, 04, 05 are bored;
— if the number of sample trees $= 6$, trees with numbers 01, 03, 05, 06 are bored.

These instructions are for estimating the age of the dominant tree storey. If there is an overstorey or understorey, age borer cores will also be taken from these trees.

In the main part of the sample tree form there are rows for sample tree measurements which are as follows:

Each tree has a current number (01, 02, 03, etc., Column 28—29) in the order they were tallied. Tree species (30) and tree class (31) and diameter at breast height equal the tally data.

Double bark (b, 34—45) in mm is the summation of bark thickness at breast height measured by bark gauge on opposite sides of the stem in the direction of sample plot radius.

Diameter increment (i_d, 36—37) in mm is the summation of radial increments during 5 years measured by increment borer in the same way as the

bark. In the field the increment cores are only bored and the measurements and recording are carried out in the office.

Stump diameter (d_k, 38—39) is measured in cm in the direction of the plot radius and at stump height described on p. 38.

The upper diameter (40—41) is measured, for trees 8 m high or more at 6 m from the stump height (d_6) and for trees 6—8 m high at 3.5 m ($d_{3\cdot5}$), by a pole caliper in cm in the direction of plot radius. For trees smaller than 6 m no upper diameter is measured.

Height in m (h, 42—43).

Height increment in dm (i_h, 44—45) for coniferous species during the 5 years is measured by a scaled binocular.

When the increment measurements are carried out before 1st August, the increment of the current season is not measured.

In the office the following data are marked on the form: taper class as a difference of d and d_6 or $d_{3\cdot5}$ (46—47); volume over bark from volume tables as a function of d, h and taper class (for trees having a height of less than 6 m, the volume is a function of d and h) in m^3 with an accuracy of 3 decimals (v, 48—51); saw timber percentage (S %, 52—53); pulp timber percentage (P %, 54—55); pulp timber percentage (P %, 54—55); small timber percentage (Oh, 56—57).

Saw timber is the part of the tree with a breast height diameter of at least 19.5 cm. The tree should have at least one log with the minimum top diameter of 6 inches under the bark and with the quality of wood meeting the requirements of saw and veneer logs. The minimum diameter of a pulp timber log is 8 cm, excluding bark, and the minimum length 2 m; the corresponding dimensions for small timber are 5 cm and 1 m.

After column 57 there is space for extra information about sample trees. Defects which reduce the quality of stems are recorded and the timber product percentages are estimated in the field using a hypsometer especially prepared for this purpose.

The crown storey is estimated and recorded for deciduous species and the height increment is determined in the office by tables having crown storey, height and age as independent variables. The height increment of deciduous species is marked in column (44—45).

After the column for crown storey, there is space for estimates of saw logs per stem and age of the sample tree.

In a volume sample plot, the data for columns (34—35), (36—37) and (44—45) are omitted. In a volume and increment sample plot, data for all columns are recorded. In those increment sample plot stands where there has been cutting during the increment measurement period, i.e. during the last 5 years, the stumps belonging to the plot are tallied, their diameter recorded, and the number of years the cut trees have grown during the increment measurement period is estimated.

DATA PROCESSING

by Sakari Salminen

Input of the field data and error detection

Punched cards

Data recorded on the field forms are transferred into computer and tape data sets by punched cards. Two other possibilities have been under consideration: the cards can be punched in the field or the data can be recorded on forms which can be read optically. In the Swedish national forest inventory the cards are punched in the field on port-a-punch cards (Instruktion . . . . 1968; B a c k l u n d 1968). The optical reading of the tally data is under experiment in the current Finnish inventory.

There are 3 punched cards, each corresponding to a field form described in »Instructions for the field work». The forms (Fig. 3, 6 and 7) and the cards (Fig. 9) are:

Land and stand description form	Land and stand card or Stand card
Tree and stump tally form	Tree and stump tally card or Tally card
Sample tree form	Sample tree card or Tree card

The aim in the planning stage was to prepare field forms and punched cards in such a way that

- — all data is recorded by codes which are directly punchable;
- — punching of the data (except of that to be duplicated) progress along the rows in the field forms;
- — data describing the characteristics of each object (stand, sample tree, etc.) recorded on a row in the field form can be punched on to one card, which information forms a record in the data processing;
- — in connection with the headings describing the object characteristics on the field forms, the corresponding column or columns in the punched cards are mentioned.

The identification data of tracts (or sampling units) and line figures (or land and stand objects) are located in identical columns on each type of card in order to facilitate sorting.

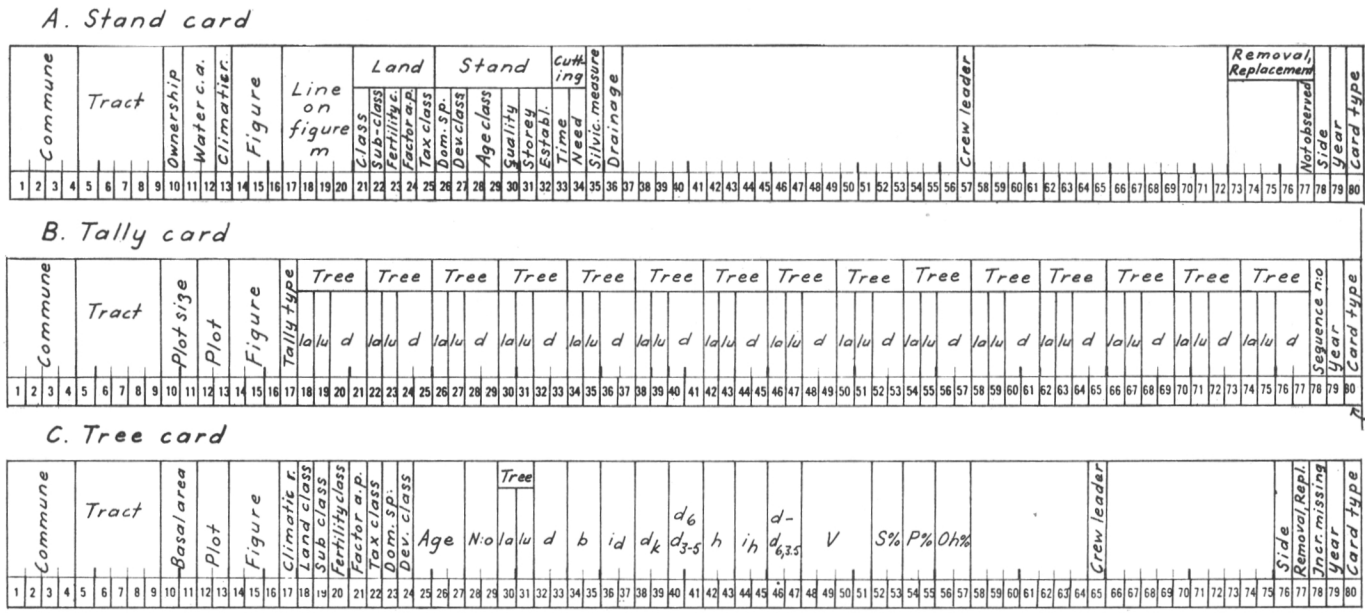


Fig. 9. Punched cards.

Preventive measures to avoid errors

The measures included in the inventory system to prevent errors in the field work and in transferring data from field forms on to punched cards are as follows:

— Instructions, field forms and punched cards are planned and prepared in such a way that the relationships between the elements of information and their codings are clear and controllable.
— Ownership boundaries are marked on the field maps from the maps of the state agencies and of the industrial companies and they are checked in the local offices of the Forestry Board Districts and silvicultural associations before the field work season.
— Written instructions for the field work are supplemented annually on the basis of experience gained.
— Crew leaders are trained every spring before the field work on an excursion lasting about a week to estimate the land and stand characteristics in accordance with the instructions. During the field work season there are 2 or 3 shorter excursions and always an excursion when the work is moved into a region where the forest conditions change.
— A control crew re-measures a sample of the plots measured in the inventory and if there are discrepancies between the control measurements and the inventory measurements they are investigated and the errors corrected. Land and stand classifications are also checked.
— Several supplementary tables are prepared for standardizing the field work, including a table of the acceptable coding combinations on the land and stand description form (Table 5).
— As many codings and measurements are carried out in the office as possible. These steps include all calculations before the computer processing such as checking the line length measurements, estimates of the mean stand age based on the sample tree measurements, increment core measurements and recordings of the diameter increment on the field forms, height increment of the deciduous sample trees, checking the tract side where the line measurement has been commenced, and estimates of missing measurements.
— Every error or uncertain coding in the field data is corrected by the crew leader responsible for it.
— Punching instructions are prepared separately for each type of card.

Some calculations mentioned above can be executed by the computer and the remaining manual operations are in the process of transfer to computer operations. Many manual steps, which could be executed by the computer, were considered necessary during the first years after the data pro-

Table 5. Possible coding combinations in land and stand description form.

Acceptable coding combinations on the land and stand description form in the Forestry Board Districts of Pohjois-Karjala, Pohjois-Savo and Keski-Suomi (changes in allowable coding, e.g. in cases of age class boundaries, occur in other regions).

	Land		Fertility class	Factor aff. product	Tax class	Dominant species	Develop. class	Age class	Stand quality	Tree storeys	Stand establism.	Cutting		Silvic. measure	Drainage
	class	sub-c.										time	need		
	21	22	23	24	25	26	27	28-29	30	31	32	33	34	35	36
A	0	0	0	0	0	0	0	00	0	0	0	0	0	0	0
	I	1-3	1-6	1-8	1-7	0-5	1-9	00→	1-9	0-3	0-6	1-6	1-3	0-7	0-6
	II	1-3	1-5,7,8	0,5,6	6,7	0-5	0	00	0	0	0	1-6	0	0	0,3-6
	III	1-4	1-8	0,5,6	7	0	0	00	0	0	0	0	0	0	0,3-6

			0	I	00	1,9	0	0		3	0-6	
C	I	I-III	I	05→	1,4,9	1	1,6		1-3	0-6	
			II	01-07	1-5	3	1-6		1,2	0,7	
			III	01-07	1-5	1	1-6		1-3	0,7	
		I-VII	I-VIII	IV	01-12	1-5	1,3	1,6		1-3	0	
				V	05-14	1-5	1,2	1,6		1-3	0	
				VI	05-17	1-5	1,2	1,6		1-3	0,2-6	
				VII	05-17	1-5	1,2	1,6		1-3	0-6	
				VIII	01→	6-9	1	1,6		1	0,3-6	
				IX	01→	5	1	1,6		3	0	

	Land		Fertility class	Factor aff. product	Tax class	Dominant species	Drainage	
	class	sub-c.						
	21	22	23	24	25	26	36	
B	I	I	1-6	1-4	1-6	0-5	0-2	1)
		II	1-4	5-8	1-7	0,2-5	0,3-6	2) 3)
		III	1-5	5-8	1-7	0,1	0,3-6	2) 3)
	II	I	7,8	0		0-5	0	
		II	1-4	5-6		0,2-5	0,3-6	2) 3)
		III	1-5	5-6		0,1	0,3-6	2) 3)
	III	I	7-8	0			0	
		II	1-4	5,6			0,3-6	2) 3)
		III	1-6	5,6			0,3-6	2) 3)
		IV	1-6	5,6			0,3-6	2) 3)

D	I	I	I	II	1
			II		1
			III		2
			IV		3
			V		4
			VI		4
		II	I-IV	V-VI	4
		III	I-V		5

E	I-III	II	1-4
	I, II	III	1-5
	III	III	1-6
	III	IV	1-6

A : Land classes
B : Land classes and sub-classes
C : Stand develop classes of forest land
D : Main array of tax classes
E : Possible swamp types

Independent codes are marked by Roman numeral (obs. 0)

1) If col. 24 = 4, col. 36 ≥ 2
2) If col. 24 = 5, col. 36 ≥ 3
3) If col. 24 = 6-8, col. 36 ≥ 4

cessing system was introduced, especially those which could be carried out without too much additional work for error detection before the computer processing.

Manual error detection

In spite of training and other preventive measures, errors in the inventory data are always possible. The following steps for manual error detection are carried out in the office before the computer processing:

- Missing codes are checked.
- Tract and commune codes on the field forms are compared with each other.
- Tally and tree forms of the plots on forest and poorly productive land are checked (especially on treeless areas where the forms are sometimes missing).
- Manual codings needed in completing the forms are carried out by two persons working independently.

One of the most serious errors is a missing field form because there has been so far no computer program for checking the location of the sample plots. All errors observed in punching are listed. A control punch of all cards is carried out.

Computer error detection

Error detection by the computer is carried out in connection with creating the tape data sets. The programs needed in this step are described in the next chapter. The control operations for each type of card are:

Stand card:

Acceptable coding combinations presented in Table 5 are checked and in addition to this the following check operations are carried out:

Information	Columns	Control operation
Commune	1—4	The punching of column 1—2, which identifies administration units larger than communes, is checked.
Tract	5—9	The occurrence of tracts inside predetermined limits is checked.
Ownership	10	Only codes 0—4 are accepted. If column 21 is ≥ 4, column 10 is 0.
Climatic region	13	Only codes given annually are accepted. The code is unchangeable inside a tract.
Water course area	11—12	As column 13.
Line figure	14—16	Each sequential number inside a tract must occur once only.
Line length	17—20	The sum of line lengths as a function of side number (Column 78) is checked.
Tract side	78	Only codes 1—4 are accepted.

Tally card:

On the tally cards, elements to be checked are:

— Relationship between tree (or stump) diameter and tree class.
— On the cards composing the tally record, a character marking the end of trees (stumps) must occur. In column 17, only 1 and 2 are accepted.
— Plot number (Column 12—13) 01—52 only is accepted and the number must be even if there is a 1 in column 17. If there is 2 in column 17 there must be at least one stump in the plot data.
— Plot size (Column 10—11) 01—10 only is accepted and it must be the same for the trees and for the stumps of the same plot.

When the stand file and tally file are combined into the stand-tally file, the conformity of the commune codes and the occurrence of the sample plots on the forest and poorly productive land are checked.

Tree card:

On the tree cards, the elements to be checked are:

— The sign of the last tree must be punched in the case of each plot.
— Each sample tree number which is smaller or equals the number of the last tree must occur once only.
— Climatic region (Column 17) and the first side (Column 76) must both be the same for all trees belonging to the same tract.
— Commune (Column 1—4), basal area (Column 10—11), columns 18—24 and mean age (Column 25—27) must be the same for all trees belonging to the same plot.
— Basal area (Column 10—11) must be at least 02.
— Tree species (La) must be 1—5 and the tree class is checked as the function of the diameter.
— Tree class 5 is not accepted in the tree file.
— Diameter (Column 32—33) must be 03—99.
— Stump diameter (Column 38—39) must be equal to or greater than breast-height diameter.
— Height (Column 42—43) must be equal to or greater than 02.
— Upper diameter (Column 40—41), d_6 or $d_{3{\cdot}5}$, must be smaller than breast height if the height is equal to or greater than 06 and it must be 00 if the height is equal to or smaller than 05.
— Taper class (Column 46—47), d—d_6 or $d_{3{\cdot}5}$, must be greater than 00 if the height is equal to or greater than 06 and it must equal 00 if the height is equal to or smaller than 05.
— For volume v (Column 48—51), there must be a punched numeral $\neq 0000$.

— Saw-timber percentage $S_{\%}$ (Column 52—53) must be greater than 00 if tree class, Lu, is 4.
— Pulp-wood percentage $P_{\%}$ (Column 54—55) must be a punched numeral.
— Small-wood percentage $Oh_{\%}$ (Column 56—57) must be a punched numeral.
— Summation of the timber product percentages must be smaller than 100.
— If the volume of a sample tree is not between predetermined »reasonable» limits, it is notified in the error list.

Additional controls in the cases of the increment plots are:
— Bark b (Column 34—35) must be a punched numeral.
— Diameter increment, i_d (Column 36—37) must be 00—50; deviation from this is notified.
— Height increment, i_h (Column 44—45) must be 00—50.
— Missing increment data are accepted only if column 78 is 1.

In comparing the tree-data set with the stand-tally data set the common information must be the same and each line figure registered in the tree data set must be in the stand-tally file. Each plot registered in the tree file must also be in the stand-tally file. Should the stand-tally file have a plot where, owing to its location, the sample tree measurements ought to be carried out with at least one tree tallied into the tree-classes 1—4, a corresponding plot must occur in the tree file. Tree species, tree class and diameter information in these two files are checked.

A substantial amount of computer time is required for error detection. On the other hand it guarantees that all field material is transferred into the tape data sets and the programming is simplified because it is known in what limits the codes may occur in the files. The accuracy of the results is also increased.

The number and the types of the errors detected during the years 1964—66 have been analyzed. Most of them originated in field work but they also occur in the office and in punching.

Codings outside the allowable combinations presented in Table 5 occurred in 2—3 per cent of the stand records. The most common types were discrepancies between the tree storeys and development classes 2 and 3, proposed silvicultural measures for seedlings in the development class 7, discrepancies between the stand quality and development class 1, and between the proposed drainage and factors affecting the site productivity. In the sequence numbers of the line figures and in the line lengths there were errors in 10 per cent of the tracts. The errors occurred only in 1 or 2 line figures in each tract.

Table 6. Number of errors in new stand forms detected in creating data sets, presented by crew leaders with their field experience.

Crew Leader N:o	Input 1 in 3. 8. 1966			Input 2 in 4. 11. 1966		
	Number of cards	Percentage with errors	Months in field	Number of cards	Percentage with errors	Months in field
0	770	23.2	0.5	133	6.0	3
1	1 214	5.0	1	1 698	3.1	4
2	1 351	6.7	1	501	1.6	4
5	1 454	6.5	1	2 348	5.4	4
3	1 208	2.2	5	2 049	2.0	8
7	1 798	1.4	5	2 150	0.9	8
4	1 525	0.6	9	2 487	0.5	12
6	1 501	0.1	13	1 688	0.3	16
8	1 304	0.9	13	1 048	—	16
9	951	0.8	13	1 590	1.0	16
Total	13 076	3.8		15 692	1.8	

In 1964 and 1965 there were commune code errors in 2 per cent of tracts and in 1966 commune and ownership code errors in 4 per cent of the tracts.

Tally card errors occurred in 1—3 per cent of the records and they were mostly discrepancies between tree classes and diameters. A few errors occurred through the tree tally plots having an odd sequence number and in tracts where the number of the line figures was not increasing as a function of the sample plots sequence number.

To create the stand-tally data file, the information in the stand file is compared with the information in the tally file (p. 54). In the tally records 0.1—0.5 per cent had been incorrectly placed in other land classes than forest and poorly productive land. Commune code errors occurred in 0.5—1.5 per cent of the tally records. When the field forms were compared with the lists of the tally record numbers, there were errors in 2.5 per cent of the tracts.

In creating the tree data files, it was found that there were errors in 1.0—1.5 per cent of the records. When the stand file was compared with the tree file, there were discrepancies in 0.5—1.0 per cent of the sample plots, most of them occurring because the tree cards were punched before the errors detected in the stand cards were corrected in the stand and tree forms.

Errors in the tree data proper occurred in 0.5—1.0 per cent of the records. A quarter of them, mostly rounding errors, were in the basal area estimates marked on the tree forms. This suggests that all mechanical calculations should be transferred from the field and office into the computer.

The percentages of the stand cards in which errors were detected at the beginning and at the end of the field work season 1966 are presented in Table 6. The codes of the crew leaders as well as the length of their field

experience are also shown. Because the number of the field crews in this season was greater than the average, temporary forest officers were employed. The crew leader 0 did not participate in the training excursion and consequently his error frequency was exceptionally high in spite of his long experience in field activities, including inventory work. One can conclude on the basis of Table 6 that the most effective preventive measure to avoid errors is the training of the crew leaders.

The current error detection measures seem to be sufficient. Possibly a program for checking the number and location of the sample plots as the function of the line length and of forest and poorly productive land may be desirable.

Creation of tape data sets

Outlines

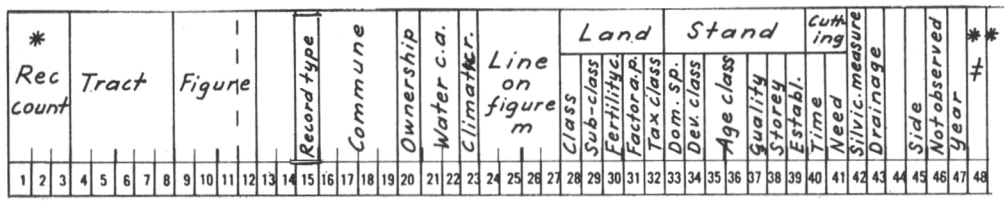
Inventory data are transferred from punched cards into the magnetic tape volumes, which serve as ordinary data sets. The records in the tape data sets corresponding the three types of field forms are presented in Fig. 10. In this paper the term record is used only with reference to the tape data sets.

In the first input run, creating a new data set (Fig. 18), the source data consist of cards sorted by the card identification data and in the following input runs the source data consist of the »mother tape» created in the former run and of a deck of cards of new data and of the corrections found necessary in the error detection. Only records without error are accepted in genuinely increasing sequence according to the record identification data. Each error detected is notified in a printed list. If the correction method of the detected error is known, it is immediately corrected in connection with the same compute processing. Information is given of the correction. On the tape, data records can be removed or replaced by instructions punched on correction cards. In some programs an error occurring on subsequent records can be corrected with one correction card.

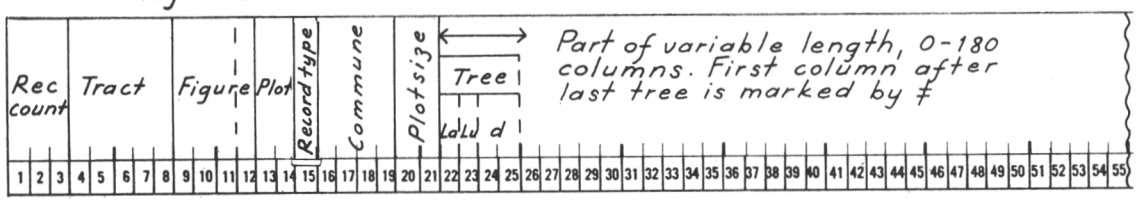
In addition to checks presented in the foregoing chapter, the card type (Column 80), year (Column 79) and the sequence of the input cards should be checked in creating the tape data sets. The card type codes for the stand, tally and tree cards are correspondingly 1, 2 and 3.

Inventory data is processed mainly by IBM 1410 computer with 40 000 core storage locations and 8 IBM 7130 magnetic tape units. The programs used for error detection and in creating data sets have been prepared by IBM 1410 Autocoder language.

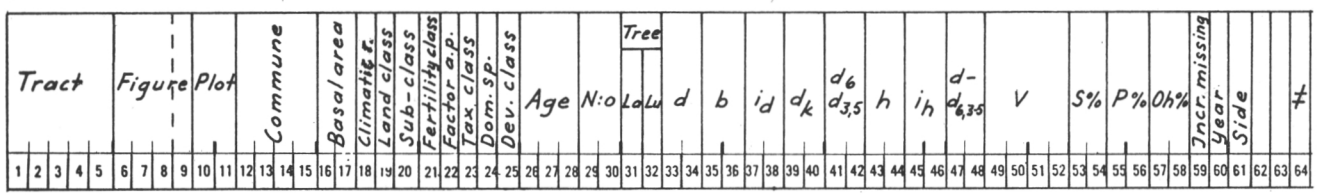
A. Stand record



B. Tally record



C. Tree record



* The sign "Rec count" notifies the length of record

** The symbol ≠ marks the end of record

Fig. 10. Models of records.

Stand data set

A record in the stand register comprises all land and stand information of each line figure (Fig. 10) and it corresponds to information in each stand form. The codes referring to the crew leaders and the removal and replacement instructions are not transferred into the tapes. The record identification field is in columns 4—15. There are 4 columns in the tape for the line figure number which allows the figures to be divided if needed. An instruction to divide a figure is punched by 11-punching into column 16. The record type (Column 15) on the record corresponds to the card code (Column 80). The record identification columns 4—12 are used in the internal process of a file and the columns 4—15 are used in combined processes of more than one file.

The error detection and creation of the stand data set are executed by program ME 100 (Fig. 19). It operates on the principle of variable length record. In the current procedure the maximum length of a block is 2000 characters and in each tape there is space for approximately 267 000 cards.

Tally data set

If the number of trees (or stumps) in a plot form is greater than 15, more than one card is used for the plot and the continuation cards (their maximum number is 3) are indicated in column 78. After the last tally data, 11-punching is punched into the first empty column. Removal and replacement are indicated by 12-punching in column 80. The card identification data comprises the tract and plot codes, tally type, i.e. trees or stumps (Column 17) and sequence number (Column 78, comp. Fig. 9).

A record in the tally data set comprises either all tallied trees or all tallied stumps and in the case of a record there can be 1—3 cards as mentioned above. Year, card sequence number inside the record (Column 78, Fig. 9) and instructions to remove or replace are not included in the record on the tape. Information on the card type (Card Column 80) and on the tally type identifying tree and stump tally (Card Column 17) are united in the record in column 15. 2 indicates a tree tally record and 4 a stump tally record. The line figure number must be increasing inside the record identification data, which in internal processes comprise the tract, plot and record type codes. In comparing the tally records with the stand or tree records, the record identification field is in columns 4—15.

Error detection and the creation of the tally data set are executed by program MEKOE (Fig. 19). The records are of variable length and the maximum length of the block is 2000 characters. In each tape there is space for about 279 000 data records, each comprising on average 6 trees or stumps.

Stand-tally data set

The stand-tally data set is created by combining the stand and tally files. Record identification is carried out in the tapes by the codes in columns 4—15 (Fig. 10). Creation of the set is executed by program MEV-P (Fig. 19).

Tree data set

The card identification field comprises tract, plot and tree number codes. The line figure number must be increasing inside the field.

A tree record (Fig. 10) comprises the plot classification data and data for one tree. In the internal processes of the tree data set, the record identification equals the card identification field. In comparisons between the data sets, the record identification comprises the tract, line figure, plot and tree number. Card type, crew leader, removal and replacement codes are not included in the tree records. The length of the tree record in the tree file is fixed. Each block has 2048 characters and in each tape there is space for approximately 208 000 tree cards. Error detection and creation of the data set is executed by program PUU 64. Comparison of the tree file with the stand-tally file, and error detection, are executed by program ME 010 (Fig. 19).

Control tabulations and data set compilations

The numbers of the tally records are tabulated by program MEREC (Fig. 19) and the tabulations are used in comparisons with the field forms deliberately to check that all plot data is in the tapes. Program ME 101 tabulates the line lengths of tracts by communes, climatic regions, water course areas and ownership categories. The commune and ownership data are compared with the field maps and forms. If the detected errors are not found from the forms and cards, the records of those tracts which are not correct are tabulated by program MELIS.

The data sets are created annually after the field work season. The files as input material for computations proper are compiled by suitable groups of regions. The compilations are executed by program MEDUP (Fig. 19).

Computations

Outlines

Most of the computing programs are prepared for use with the same computer, processing and programming systems as the programs described above. Source data are in magnetic tapes. Only programs, parameters and

additional tables are transferred from the cards into the core storage. In order to save computing time the limits can be specified inside which the tracts are read for detailed processing. Reading is stopped when the upper limits are reached.

In most computations the results are required for unit areas (e.g., Forestry Board Districts) which can be optional areas combined from communes. The only limiting factor in area is the decreasing statistical precision with decreasing size of the unit. The minimum forest area of a unit is considered to be 150 000 ha. although many who use the information usually ask for data for smaller areas too.

Unit area and commune cards inform the computer of the name of the unit area, and codes, names and land areas of those communes which belong to that unit area. The land areas of the communes are from the official statistics based on the information from the State Board of Land Survey. In addition to these data each unit area is furnished in the core storage with the sequence number of its input. Unit area numbers and commune codes form a commune table in the storage. Inside the tract limits specifying the information to be processed, the commune codes of the records are compared with the commune table; when the codes correspond, information is stored according to the instructions specified by the unit area number and the computation program. The number for the unit areas to be processed in the same run is limited by storage space to 1—6.

The data is processed by land classes inside each unit area. In some programs it is possible to have extra limitations, usually for ownership categories, factors affecting site productivity or tract sides. In order to detect errors in the unit area and commune cards, several control summations are processed and those calculated by different programs must all be equal. The tabulations comprise the summations of the measured line lengths, of the plot sizes, and of the numbers of plots and tracts. In connection with the basic programs, the number of the tracts equals the number of the whole and part tracts which comprise a calculation unit.

The computation programs can be divided into area, volume and sample tree programs.

Area estimates

Either the stand set or stand-tally file are used as the source material in computing the area information. In the output the line lengths and the area percentages of each land and stand class are tabulated. Line lengths on forest, poorly productive and waste land and the numbers of the tracts are used as control summations.

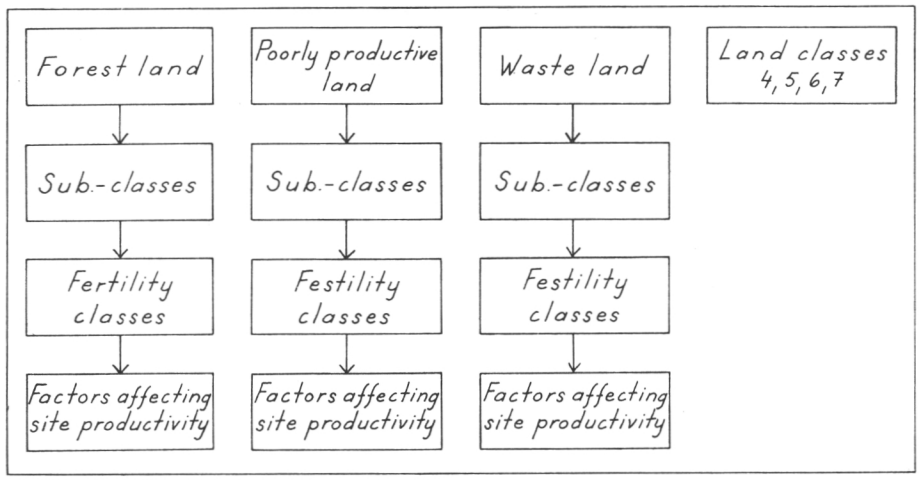


Fig. 11. Line lengths by area classes processed by program ME 120 (Numerals are codes used in field forms).

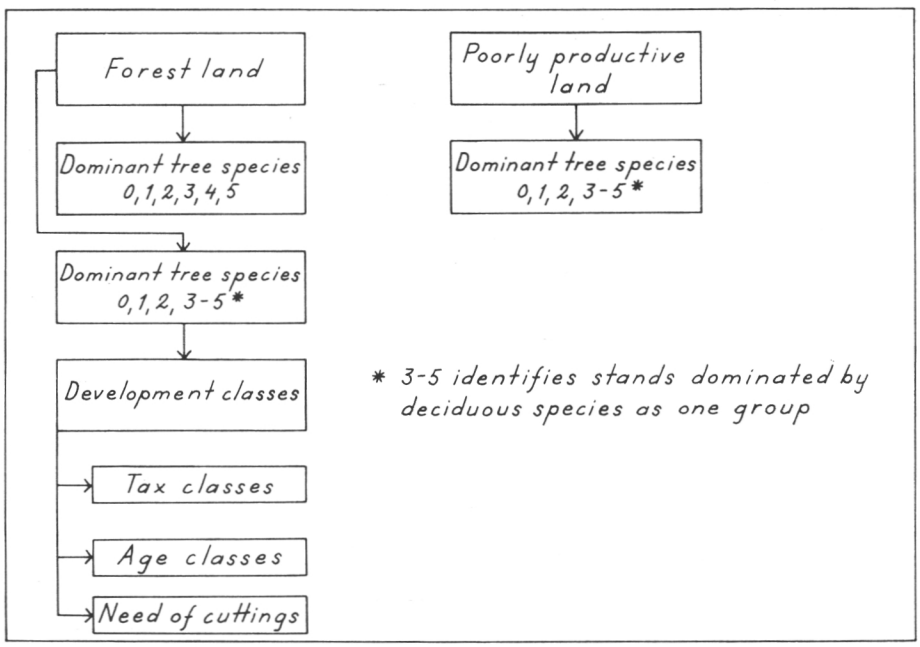


Fig. 12. Area classes by which line lengths are processed by program ME 140 (Numerals are codes used in field forms).

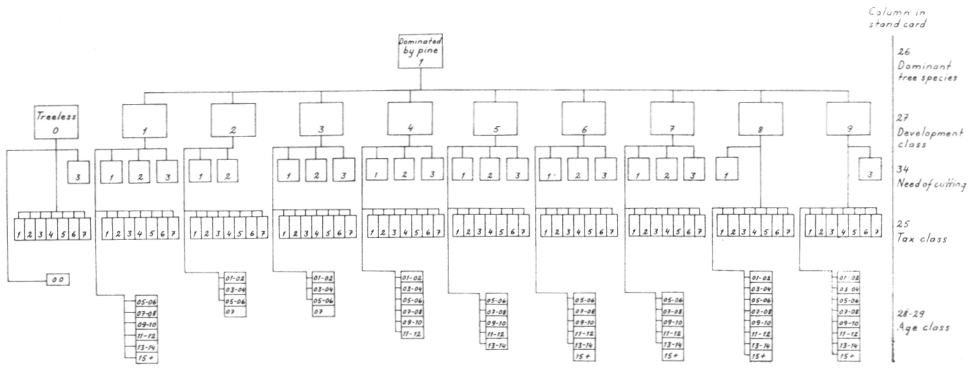


Fig. 13. Part-chart of area classes by which the line lengths are processed for forest land which is either treeless or dominated by pine (Program ME 140).

Site class areas (Fig. 11) are processed by program ME 120 and the maximum number of unit areas in one run is 6.

The areas of the stand development classes are computed by program ME 140. The area data processed describes mainly the growing stock. The classifications are presented in Fig. 12. The maximum number of the unit areas in one run is 2. In Fig. 13 is shown all data positions on the treeless forest land and in the development classes of the stands dominated by pine. Similar data are processed for the stands dominated by spruce and by deciduous species.

Areas of the descriptive classes are computed by program ME 500. The maximum number of the unit areas in one run is 6. The classifications are as follows:

— Forest land and on it tax classes, need of drainage, time since the last cutting, stand establishment methods and need of silvicultural measures.

— Poorly productive land and on it tax classes, need of drainage and time since the last cutting.

— Waste land and on it tax classes and need of drainage.

Volume estimates

The measurement technique is described in »Instructions for the field work» and the calculation technique by K u u s e l a 1966. The basic characteristic of this basal-area/mean-tree method is the unit basal area (GU) which is 1 m^2/ha. The trees are tallied by the relascope having the basal area factor 2. For these trees, volume in m^3/ha represented by one tree is

called the unit volume (VU). When the mean unit volume of a group of the trees ($\overline{VU}$) is multiplied by the mean basal area per hectare ($\overline{G}$), the volume per hectare is obtained. Thus $\overline{VU}$ is the form height factor of the mean tree and in the volume calculations it is used as a function of the diameter of the mean tree ($\overline{D}$), which is the arithmetic mean diameter of the trees tallied by the relascope technique. In addition to the mean unit volume, the mean tree includes the mean saw timber percentage ($\overline{S}$ %), the mean pulp wood percentage ($\overline{P}$ %) and the mean small wood percentage ($\overline{Oh}$ %).

The functions of mean unit volume and mean timber product percentage, with the mean diameter as the independent variable, are determined by tree species for 8 unit areas in South Finland using the tree data files as the source material. Using the tally data set as the source material, the mean basal area ($\overline{G}$) and the mean diameter ($\overline{D}$) are determined, i.e. the volume characteristics are calculated by those strata of the growing stock for which the estimate of the volume per hectare and the estimates of the timber product percentages are wanted. The volume per hectare of a tree species in a stratum is the product of the mean basal area and the mean unit volume. In addition to these volume estimates by the various strata of the growing stock, the volume is calculated by the diameter classes for the growing stock on the forest land as a whole (and if wanted, also for the strata). Thus the estimate of the total volume is calculated by two independent methods.

The tree programs to process the mean unit volumes and the mean timber product percentages (using the tree data set) are prepared by Fortran for the IBM 1410 Operating System. The main programs for reading records from the magnetic tapes are furnished by Autocoder subroutines. Data needed in the computations are transferred for use in the main programs. A subroutine MEGIO serves as a common reading routine for Fortran programs, but some programs have their own reading routines.

For volume estimates by area classes the unit volumes as the function of the mean diameter, VU($\overline{D}$), and the corresponding timber product percentages, are determined for pine, spruce and deciduous species on the forest land and for all species as one group on the poorly productive land. The unit volumes are calculated by program KOEVU 1 and in a run there can be only one unit area and two combinations of the site class and tree species. The mean tree characteristics are calculated for each plot and the means of the plot characteristics are calculated by the mean tree diameter classes.

The estimates of VU($\overline{D}$) and of the timber product percentages are fitted graphically as the function of the mean diameter. In order to facilitate the fitting, the estimates are calculated as the means of three neighbouring diameter classes (i.e., as sliding means).

Before the fitted estimates are used in volume calculations, they are checked by the following procedure: For each growing stock stratum pre-

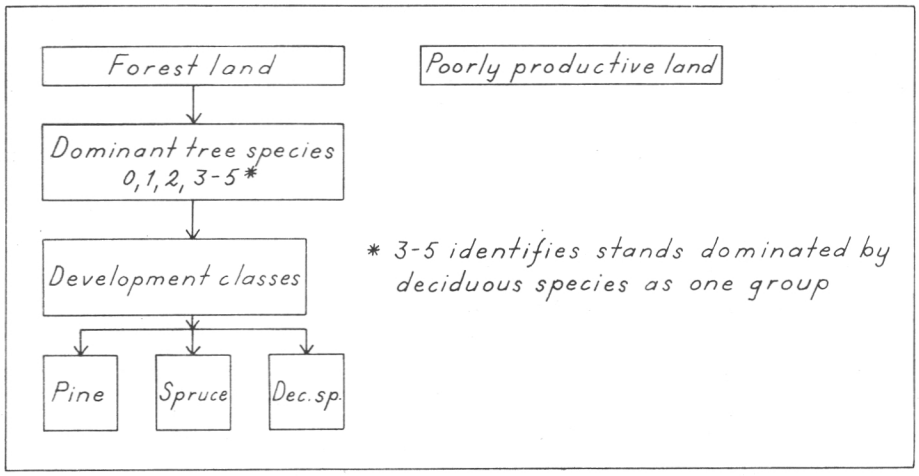


Fig. 14. Growing-stock strata in using program KOEVU 2 (Numerals are codes used in field forms).

sented in Fig. 14, the mean tree characteristics $\overline{D}$ and $\overline{VU}$ are calculated as the arithmetic means of the plot estimates in each stratum, and the timber product percentages are calculated as means weighted by the sample tree unit volumes for each stratum. The Fortran program used in this stage is KOEVU 2. In each run there can be one unit area.

Using the mean basal areas (computed by the programs MEK 11— MEK 13 or MEK 30, which are described later) the volume of the growing stock strata are calculated, both on the basis of the mean unit volumes computed by program KOEVU 2 and on the basis of the mean unit volumes computed by program KOEVU 1, and fitted graphically as described earlier. The first estimate of the growing stock volume is unbiased and if the latter estimate deviates from the first one, the graphically fitted unit volumes are corrected to give an equal volume estimate.

After this checking procedure, the unit volumes and timber product percentages are presented in tables as the functions of the tree species and of the mean diameter and these tables are used in volume calculations for all growing stock strata inside the unit area. So far, most of the graphic fittings and checking procedures are calculated by desk calculators. The method described above may give systematic errors for the volumes of those strata which deviate, for example, in regard to the stand density, from the average, but the overall mean volume is unbiased.

The unit volume and timber product percentage tables are used in calculating manually the volume and timber product estimates for all growing stock strata. In order to increase the automation in the data processing, a polynomic fitting is used. Polynomic parameters are computed by pro-

gram FUNKVU I from the table unit volumes, VU($\overline{D}$). The polynoms have the maximum degree of 4. The unit volumes are processed by 0.5 cm diameter intervals and the parameter cards are punched for each unit area or groups of unit areas.

The following data are processed by program KOEPU 65 for individual plots:

- general information from tree-card columns 1—27; separately for pine, spruce and deciduous species;
- the number of the sample trees;
- the mean diameter, the mean unit volume and the mean timber product percentages;
- the arithmetic means of the sample tree stump diameters, of the tree heights, of the squared proportions of the stump diameters to the breast height diameters and of the unit numbers. Results can be used in detecting illogical data and they can be punched if required. KOEPU 65 is an Autocoder program.

Programs for computing the unit volumes by the diameter classes are written in the Fortran language. Separate tree species are pine, spruce, birch, aspen and alder. The output is processed by the tree species and by the 1 cm diameter classes. Arithmetic means and the sliding means of the unit volumes are calculated for each diameter class. Program MUOTOP processes and tabulates the form height factors or unit volumes as arithmetic means of the sample tree estimates in each diameter class of the growing stock, separately on forest land and on poorly productive land. The means are used as such without fitting. One inventory unit area can be processed in a run.

Program MUOTOK processes the unit volumes by the stump diameter classes. There is one unit area in a run. Program LÄPIP computes the mean stump diameters by the breast height diameter classes and program LÄPIK the mean breast height diameters by the stump diameter classes for two unit areas in a run.

The mean basal areas and the mean diameters of pine, spruce and deciduous species and of the growing stock development classes are processed by program MEK 30 using the stand-tally data set as the source material. Summations of the plot sizes, of the plot numbers and of the tract numbers are used for control purposes. The growing stock strata used in this stage are presented in Fig. 15. Two unit areas can be processed in a run and there is the possibility of using fixed supplemental limitations. MEK 30 is written in Autocoder language.

The mean basal areas and the mean diameters of the growing stock by the site classes are processed by program SYSTEEMI 404 AJO 04 which

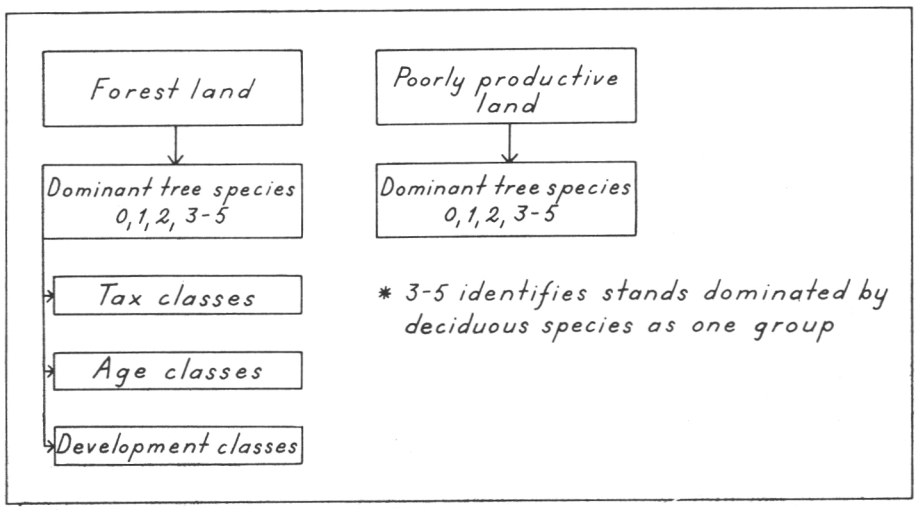


Fig. 15. Growing-stock strata in using the program MEK 30 (Numerals are codes used in field forms).

is parallel with the area program ME 120 (p. 57). The area strata are presented in Fig. 11 (p. 56). The characteristics are also calculated by the stand quality classes. There is no possibility of using fixed supplemental limitations and 3 unit areas can be processed in a run. The program is written by the Autocoder language for IBM 1410 with 60 000 storage locations.

The final volume estimates per hectare are calculated as the product of the mean basal area and of the unit volume which is the function of the mean diameter. The total volume is the product of the area and the mean volume per hectare. The area estimates can be based either on line length or the plot size summations by the area classes. The volumes are divided into the principal timber products by the corresponding timber product percentages calculated as the function of the mean diameter. As mentioned earlier, in most cases the final volume estimates are processed by the desk calculator.

As a step towards increasing automation, a complex-program of MEK 11, MEK 12 and MEK 13 is being prepared to process the mean volumes per hectare for the strata presented in Fig. 15. The old MEK 30-program can be replaced by these programs.

Program MEK 11 reads the unit area and the commune cards and collects all other data needed in the computations. Additional limitations cover all columns of the stand data record. At the same time, a commune can belong to more than one unit area and the maximum number of the unit areas in a run is 4. There can be more than one input file. Collected data

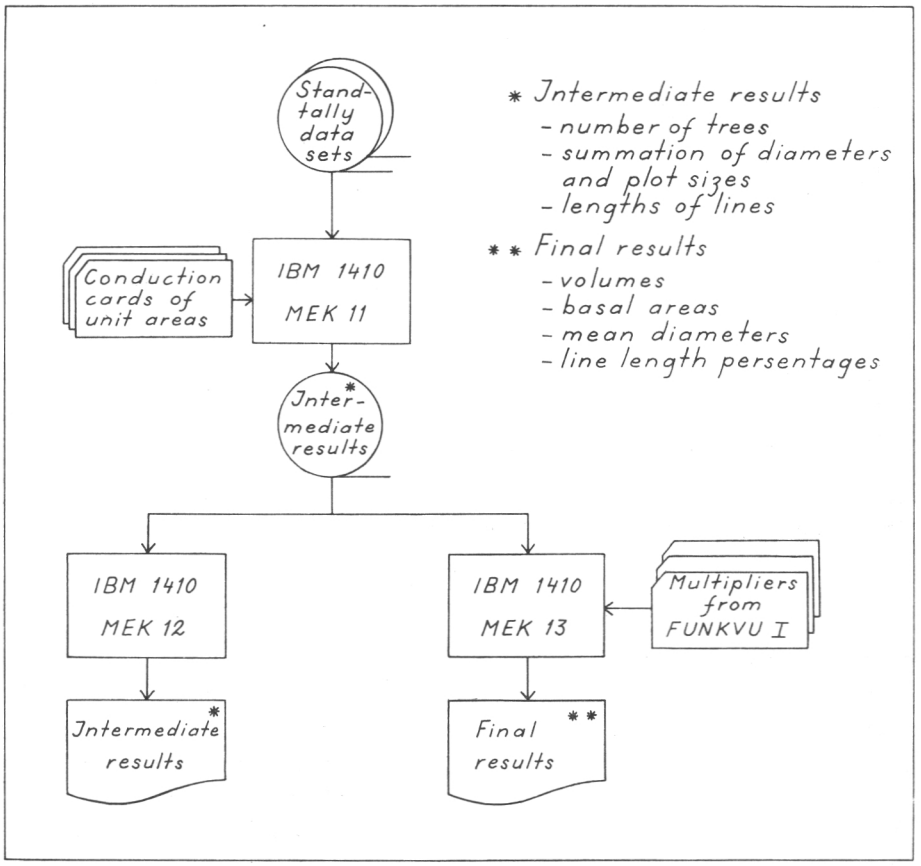


Fig. 16. Configuration of computing volumes by programs MEK 11, MEK 12, and MEK 13.

is stored in the magnetic tape and the data is tabulated by program MEK 12 (Fig. 16). The program MEK 13 computes and tabulates the following results:

- the mean basal areas;
- the mean diameters;
- the line length percentages;
- the estimates of the final unit volumes on the basis of the parameter multipliers from the parameter cards prepared by program FUNKVU I (p. 60);
- the mean volumes per hectare;
- the mean volumes weighted by the line lengths;
- the volume percentages by the tree species on the forest land and on the poorly productive land.

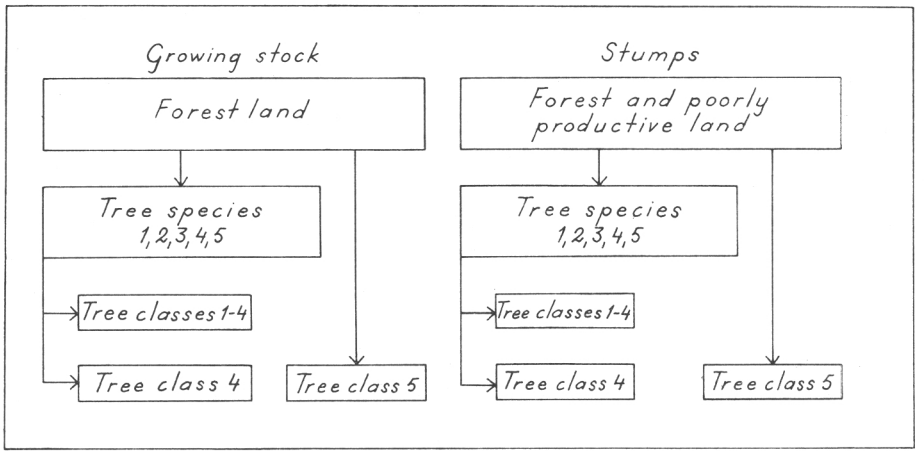


Fig. 17. Strata inside each diameter class using program SYSTEEMI 404 AJO 01—03 (Numerals are codes used in field forms).

The volume characteristics and the numbers of the tallied trees and of the stumps by the strata, presented in Fig. 17, are processed within each diameter class by program SYSTEEMI 404 AJOT 01—03 which is prepared by the same programming language as program SYSTEEMI 404 AJO 04. The number of the tracts is not computed. The maximum number of the unit areas is two in a run.

Increment estimates

The techniques for increment measurements and calculations are described in »Instructions for the field work» and by K u u s e l a 1966. The increment of the sample trees on each plot is calculated as the difference between the volume at the time of the inventory and the volume five growing seasons earlier. The basal area of the trees at the beginning of the increment measurement period is calculated from the measured diameter increment and the proportion of the basal areas with and without bark at the time of the measurement. The volume at the beginning of the period is calculated from the basal area with bark and the mean height, both estimated five growing seasons ago. The mean height is calculated from the height increment of the sample trees. The proportion of the basal areas and the form factor (F) are described as the functions of the mean height ($\overline{H}$). The volume per hectare ($\overline{V}$) is calculated by the formula

$$\overline{V} = G \times \overline{H} \times \overline{F}$$

The increment characteristics of each plot stand are computed and tabulated by program MEKAS separately for pines, spruces and deciduous species and for the plot stand as a whole. In addition to this, the data from the sample tree form columns 1—9 and 12—27 (Fig. 7, p. 36) are tabulated. The form factors and proportions of the basal areas with and without bark, as a function of the mean height, are collected by unit areas. The maximum number of the unit areas in a run is 3. MEKAS is an Autocoder program.

The collected proportions of the basal areas and the form factors as are fitted graphically, and the increment of each plot stand is calculated manually.

The applications of the increment estimates and the procedure for estimating the allowable cut are described by K u u s e l a 1964. In most cases, the increment is calculated by the stand development classes and presented in the form of the annual increment percentage. The increment percentages are analysed as the function of the dominant tree species, of the stand age and of the volume per hectare.

Precision estimates

The statistical precision of the estimates has been so far under preliminary and experimental analyses. The results have been used in deciding the form and size of the inventory tracts in the northern half of the country and in deciding the smaller area for which the inventory data have been calculated.

The sums, square sums and particular product sums of the following characteristics are computed and tabulated by program KESVI (Autocoder program):

— the line length on the land;
— the line length on the land of forestry;
— the line length on the forest land;
— the number of the tallied trees on each plot (i.e. the basal area);
— the plot size.

The variance estimates on the basis of the differences between the neighbouring tracts and the standard errors are calculated as proportion estimates.

Summary of the data processing system

The data processing system and the programs are summarized in Figures 18 and 19 and in Table 7 A and 7 B. The time limits in Tables 7 describe the progress in processing the data for the Forestry Board Districts as the principal unit areas.

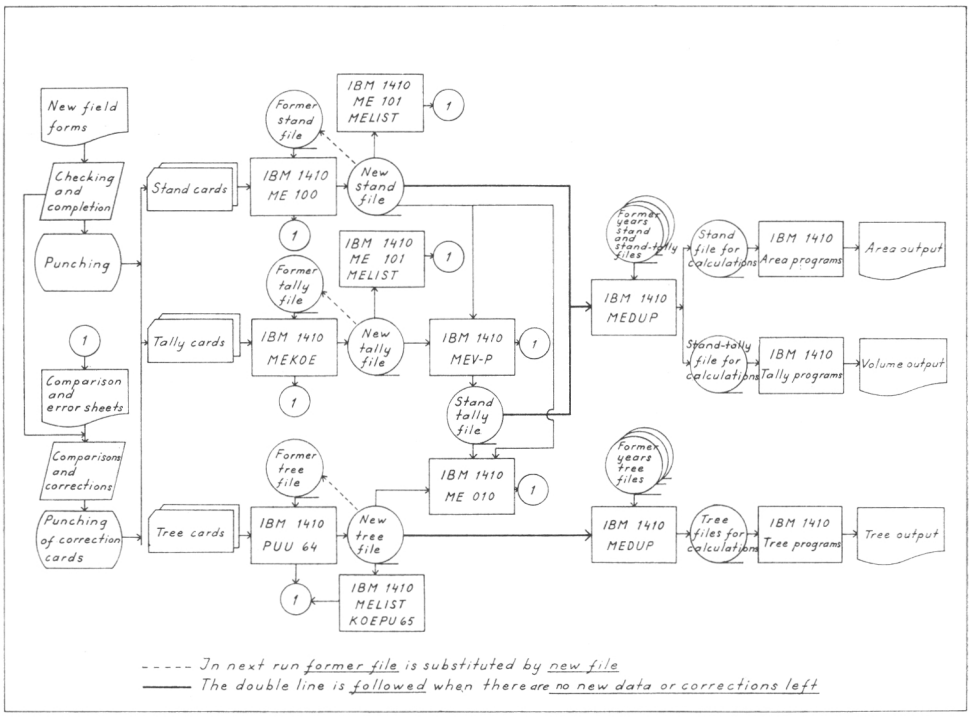


Fig. 18. Configuration of the data-processing system.

Table 7 A. Steps in the creation of the data sets.

Number	Phase and purpose of the work	Time limits
1—6	*Steps before computer*	1. 6 —20. 10
1—2	field forms and increment cores reach the office	1. 6 — 1. 10
2—3	line length calculations for land and stand figures; manual error detection for stand forms	1. 6 — 1. 10
2—5	manual error detection and completion of tally forms	» »
2—4	manual error detection and completion of tree forms	» »
4—5	increment core measurements and recording on tree forms	» »
5—6	punching and check punching of stand, tally and tree cards	5. 6 —20. 10
6—15	*Steps with computer*	*10. 6 —20. 11*
6—7	creation of stand data set and error detection by program ME 100	10. 6 —20. 11
7—10	control tabulations of line lengths for communes, climatic regions, water course areas and ownership categories by program ME 101	10. 9 —20. 11
6—9	creation of tally data set and error detection by program MEKOE	10. 6 —20. 11
6—10	control tabulations of tractwise plot numbers by program MEREC	15. 9 —20. 11
6—8	creation of tree data set and error detection by program PUU 64	10. 6 —20. 11
10—11	creation of stand-tally data set and error detection by program MEV-P	1. 9 —20. 11
11—12	error detection in comparing stand-tally and tree files with each other by program ME 010	15. 9 —20. 11
12—13	tractwise data set tabulations, if needed for error detection, by program MELIS	1. 11—20. 11
13—14	inspection of comparison and error lists and correction of errors detected including correction punching	10. 6 —20. 11

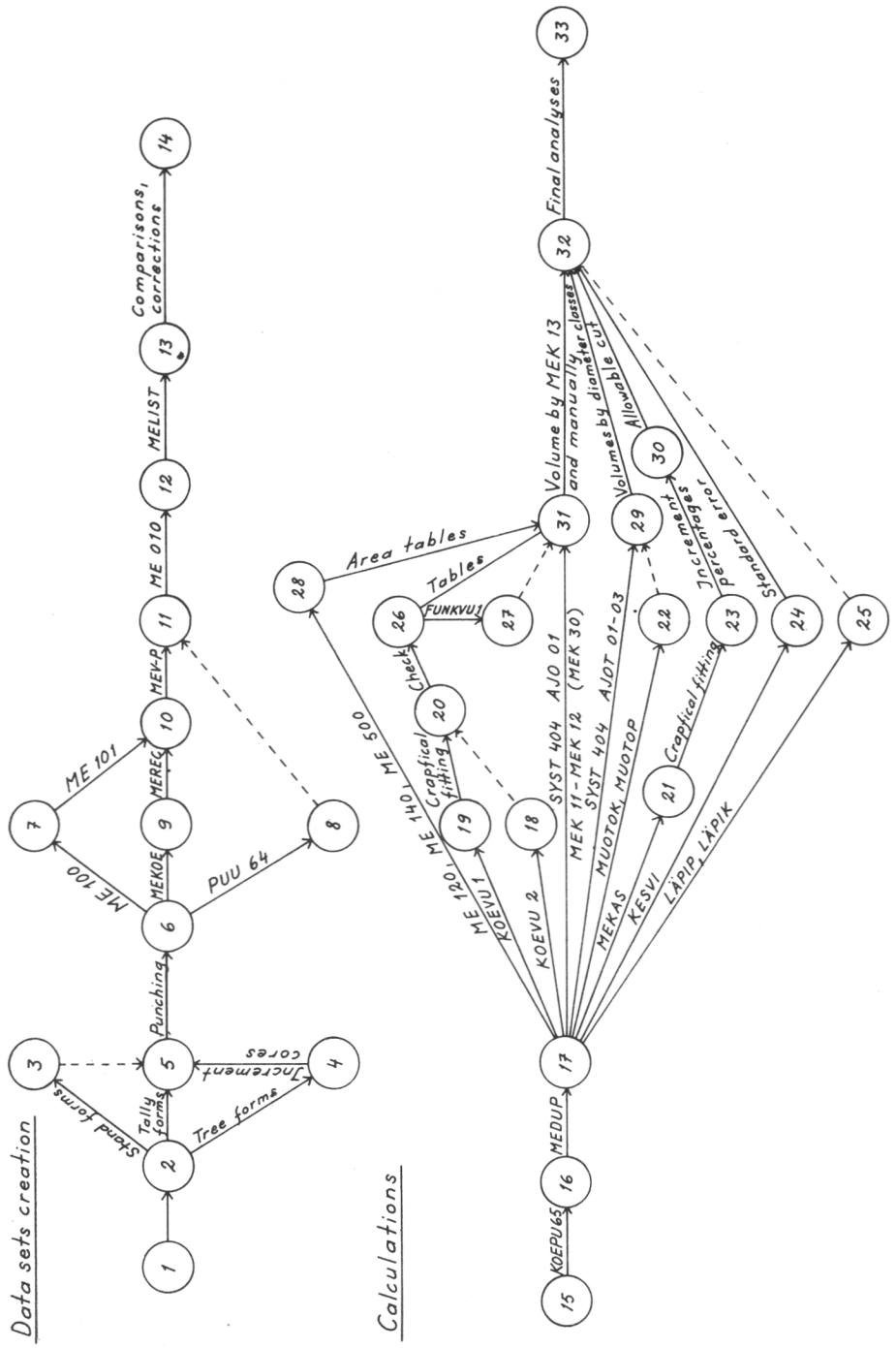


Fig. 19. Network of the steps and programs in the data processing.

Table 7 B. Steps of the calculations.

Number	Phase and purpose of the work	Time limits
15—16	volume characteristic tabulations for individual plots for control purposes by program KOEPU 65	15. 11— 1. 12
16—17	*creation of resource data sets* compiling selectively data sets needed in calculations, program MEDUP	15. 11— 1. 12
	Areas	
17—28	site class areas by program 120, stand development class areas by program ME 140 and descriptive class areas by program ME 500	20. 11—15. 12
28—31	area tables manually	20. 11—30. 12
	Unit volumes and timber product percentages for mean tree technique	
17—19	unit volumes VU($\overline{D}$) and timber product percentages as sample plot means by mean diameter classes, program KOEVU 1	1. 12—15. 12
19—20	graphical fitting of mean unit volumes and mean timber product percentages	1. 12—20. 12
17—18	mean tree characteristics for checking purposes by program KOEVU 2 for growing stock strata presented in Fig. 14	1. 12—15. 12
20—26	volumes of the growing stock strata are calculated using characteristics processed by program KOEVU 1 and by program KOEVU 2 and compared with each other; estimates processed by program KOEVU 1 are corrected if necessary	10. 12—25. 12
26—27	polynomic fitting of unit volumes by program FUNKVU I	10. 12—25. 12
26—31	volume and timber product percentage tables	10. 12—25. 12
	Volume estimates by mean tree technique	
17—31	compilation of diameter and basal area data by programs MEK 11, MEK 12, MEK 30 (old) and SYSTEEMI 404 AJO 04	20. 11—10. 12
31—32	volume calculations by program MEK 13 or manually	10. 12—15. 1
	Diameter distribution series	
17—29	basal areas of standing trees and stumps by diameter classes, program SYSTEEMI 404 AJOT 01—03	1. 12—30. 12
17—22	unit volumes by diameter classes for standing trees and stumps, program MUOTOP and program MUOTOK	1. 12—15. 12
29—32	volumes and basal areas by diameter classes manually	1. 1 —15. 4
	Increment and allowable cut	
17—21	increment characteristics by sample plot stands, program MEKAS	15. 12— 1. 1
21—23	graphic fitting of basal area proportions and form factors as functions of mean height	1. 1 —15. 1
23—30	increment and increment percentages of the sample plot stands by desk calculator	10. 1 —28. 2
30—32	estimates of the allowable cut by desk calculator	1. 3 —15. 4
	Precision estimates	
17—24	sums, square sums and product sums of some characteristics by program KESVI	
24—32	precision analyses by desk calculator	
	Miscellaneous estimates	
17—25	mean stump diameters as function of breast height diameter classes and mean brest height diameters as function of stump diameter classes by programs LÄPIP and LÄPIK	
32—33	*Final analyses for publications*	

Steps 1—14 in Table 7 A illustrate a processing pattern which is repeated at certain intervals as long as fresh material is coming in from the field. If only correction cards are put in, the processing pattern will consist of steps 6—14 in the Table. Usually not all of the steps 6—13 are worked but only those desired. When the data sets have been completed, the processing is continued according to Table 7 B.

Data processed in 1964—68

Field work for the 5th inventory has covered the southern half of Finland and a small part of the northern half between 1964 and 1968. Areas and input data processed are as follows:

Year	Number of field crews	Number of tracts	Land area	Forest land	Stand	Tally	Tree
			1 000 ha			forms, number	
1964	5	426	1 209	1 147	1 000	5 900	1 100
1965	7	593	3 355	2 232	1 700	10 000	1 900
1966	10	843	4 205	3 160	2 300	15 100	1 800
1967	7	622	3 203	2 509	1 800	12 000	2 000
1968	6	484	3 217	1 896	1 400	8 400	1 500

The numbers of records stored on magnetic tapes are

Year	Stand	Tally	Tree
	data sets, number in thousands		
1964	26	7	8
1965	40	11	10
1966	56	17	18
1967	45	13	14
1968	42	10	10

The numbers of cards punched are 10—20 % greater than the number of records because of errors detected. The field work is usually completed in September or early October and the punching undertaken during November. In 1968 the punching was completed during October.

In each year before the final data sets are processed, the number of file creation runs per each of the three data sets is usually 8—12. The number of runs could be reduced by starting them after all the punching in the autumn is completed. On the other hand, the error tabulations processed during the field work can be used to prevent errors. The final data sets are created 2—3 weeks after the punching is completed. The processing time for creating files was 10 hours in 1966 and in addition 1 hour was used in

creating input data from the material of earlier years. The following shows two examples of processing time used in creating the stand file by program ME 100:

Number of old data records	Number of new cards	Processing time, hours
5 000	13 300	0.58
40 000	17 000	0.78

Up to the end of September in 1968 final data, including the estimates of the allowable cut, were calculated in detail for 13 Forestry Board Districts (K u u s e l a 1967; K u u s e l a and S a l o v a a r a 1968) less detailed data, including the estimate of the allowable cut in most cases, was calculated by programs ME 120, ME 500 and MEK 30, for 300 unit areas.

Personnel, costs and filing in data processing

The amount of punching work required by the permanent personnel is as follows:

Year	Number of operators	Number of months
1964	1	4.0
1965	1	5.0
1966	2	4.0
1967	2	4.5
1968	2	4.0

The costs of machines, material and hired personnel are as follows:

Year	Computers	Punchs	Cards and paper	Punching	Programming operators	Total
			Fmk			
1964 ..	3 000	2 000	1 000	1 000	5 200	12 200
1965 ..	4 300	2 600	900	2 800	5 200	15 800
1966 ..	9 700	3 200	1 100	2 900	3 500	20 400
1967 ..	7 000	4 600	800	2 000	3 000	17 400
1968 ..	13 000	5 000	800	—	4 200	23 000

Thus the data processings costs paid in addition to the permanent research personnel were only 3.7 per cent of the total inventory costs in 1966 (comp. p. 13). Compared with the great amount of data processed and distributed for use in forestry and general economic planning, the expenses are surprisingly small. The main reason for this is the policy of hiring computer time and specialized programmers from agencies which do not work on a profit basis and which sell their surplus computer time. Computations have

been carried out in the Data Processing Office of the Finnish Defence Forces and in the Government Data Processing Centre. At the beginning, computer IBM 1620 in the Data Processing Centre of Helsinki University was also used. The processing time in hours are as follows:

Year	Creation of data sets and error detection	Testing runs	Production runs	Total
1964	4	3	4	11
1965	4	7	6	17
1966	11	5	21	37
1967	10	1	19	30
1968	7	13	14	34

In filing, the original field forms are stored by tracts with index maps of 1 : 100 000 and field maps. The punched cards are also stored but are not available for immediate use. The files proper are on magnetic tapes, where each record is stored on at least three tapes to allow for unforeseen damages. The files of the 5th inventory comprised 51 magnetic tapes at the end of 1968. Their numbers and information are catalogued.

References

Backlund, B. 1968. Insamling, kontroll och arkivering av data vid riksskogstaxeringen. Detaljerad svensk version. Stockholm.

Ervasti, Seppo ja Kullervo Kuusela. 1968. Suomen metsätase vuosina 1953—66. Forest balance of Finland in 1953—66. FF 49.

Ervasti, Seppo, Lauri Heikinheimo, Viljo Holopainen, Kullervo Kuusela and Gustaf Sirèn. 1965. The development of Finland's forests in 1964—2000. SF 117.

Heikurainen, Leo, Kullervo Kuusela, Olavi Linnamies ja Aarne Nyyssönen. 1960. Metsiemme hakkuumahdollisuudet. Pitkän ajan tarkastelua. Summary: Cutting possibilities of the forests of Finland. A long-term analysis. SF 110.

Ilvessalo, Yrjö. 1956. Suomen metsät vuosista 1921—24 vuosiin 1951—53. Summary in English: The forests of Finland from 1921—24 to 1951—53. MTJ 47.1.

—»— 1957. Suomen metsät metsänhoitolautakuntien toimialueittain. Summary in English: The forests of Finland by Forestry Board Districts. MTJ 47.3.

—»— 1959. Suomen metsien hakkuumahdollisuudet metsävarojen kehittämiseen tähtäävän hakkuusuunnitteen valossa. Summary in English: Cutting possibilities of the forests of Finland in the light of allowable cut, aiming at the development of forest resources. MTJ 51.9.

—»— 1962. IV valtakunnan metsien inventointi. 1. Maan eteläpuoliskon vesistöalueryhmät. Summary in English: Fourth National Forest Inventory. 1. Southern Water System Areas. MTJ 56.1.

—»— 1963. IV valtakunnan metsien inventointi. 2. Maan eteläpuoliskon metsänhoitolautakuntien alueryhmät. Summary in English: Fourth National Forest Inventory. 2. Southern Forestry Board Districts. MTJ 57.4.

Instruktion för fältarbetet vid riksskogstaxeringen. År 1968. Stockholm.

Koivisto, Pentti. 1965. On the systematic error in basal area caused by digression from the survey line. Seloste: Arvioimislinjan polveilun aiheuttama systemaattinen virhe pohjapinta-alassa. MTJ 60.5.

Kuusela, Kullervo. 1964. Increment-drain forecast for a large forest area. Seloste: Kasvun ja poistuman ennuste suurelle metsäalueelle. AFF 77.5.

—»— 1965. Etelä-Pohjanmaan ja Vaasan metsänhoitolautakunnan alueen metsävarat vuoden 1963 koeinventoinnin tulosten mukaan. Forest resources in the Forestry Board Districts of Etelä-Pohjanmaa and Vaasa according to the experimental inventory of 1963. FF 8.

—»— 1966. Ålands skogar 1963—64. FF 21.

—»— 1966. A basal area-mean tree method in forest inventory. Seloste: Pohjapinta-alakeskipuumenetelmä metsän inventoinnissa. MTJ 61.2.

—»— 1967. Helsingin, Lounais-Suomen, Satakunnan, Uudenmaan-Hämeen, Pohjois-Hämeen ja Itä-Hämeen metsävarat vuosina 1964—65. FF 27.

Kuusela, Kullervo ja Alli Salovaara. 1968. Etelä-Savon, Etelä-Karjalan, Itä-Savon, Pohjois-Karjalan, Pohjois-Savon ja Keski-Suomen metsävarat vuosina 1966—67. Forest Resources in the Forestry Board Districts of Etelä-Savo, Etelä-Karjala, Itä-Savo, Pohjois-Karjala, Pohjois-Savo and Keski-Suomi in 1966—67. FF 42.

Kuusela, Kullervo and Seppo Ervasti. 1969. Reliability comparisions of growing stock, increment and drain estimates in Finland in 1953—1966. MTJ 68.3.

Mera. Metsätalouden rahoitusohjelma. 1964. Metsätalouden rahoitustoimikunnan mietintö. Helsinki.

Mera II. Metsätalouden rahoitusohjelma II. 1966. Metsätalouden rahoitustoimikunnan mietintö. Helsinki.

Nyyssönen, Aarne. 1967. Remeasured sample plots in forest inventory. Meddelelser fra Det Norske Skogsforsøksvesen. Nr. 84, Bind XXII.

Tiihonen, Paavo. 1966. IV valtakunnan metsien inventointi. 3. Maan pohjoispuoliskon vesistöjen ja metsänhoitolautakuntien alueryhmät. Summary in English: Fourth National Forest Inventory in Finland. 3. Northern water system areas and forestry board districts. MTJ 60.6.

—»— 1968. IV valtakunnan metsien inventointi. 4. Suomen metsävarat vuosina 1960—63. Summary in English: Fourth National Forest Inventory in Finland. 4. Forest Resources in Finland in 1960—63. MTJ 66.3.

Valtakunnan metsien inventoinnin kenttäohje. 1964. Metsäntutkimuslaitoksen metsänarvioimisen tutkimusosaston moniste.

Abbreviations

AFF = Acta Forestalia Fennica
FF = Folia Forestalia
MTJ = Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja
SF = Silva Fennica

EFFECTS OF CARBON DIOXIDE ON THE GROWTH OF LIGNICOLOUS AND SOIL-INHABITING HYMENOMYCETES

VEIKKO HINTIKKA and KARI KORHONEN

HELSINKI 1970

Helsinki 1970. Valtion painatuskeskus

CONTENTS

Introduction 5
Composition of the air in decayed wood and in soil 6
Effect of carbon dioxide on the growth of pure cultures of lignicolous and litter-decomposing fungi 10
Notes on the effects of CO_2 on mycelium morphology 17
Selective effects of carbon dioxide on fungal populations 21
Discussion 22
Summary 24
Acknowledgements 25
References 26
Seloste 29

Introduction

Although the fact that certain fungi occur exclusively on wood and others only on litter and soil has been well known since the early beginnings of mycology, the causes underlying this distribution have remained obscure, and only in a few cases has direct attention been paid to the problem. In aseptic cultures litter-decomposing fungi are in most cases able to grow on wood and, on the other hand, wood-destroying species decompose litter, some of them very effectively (M i k o l a 1956). Accordingly, some kind of »competition» factor has been postulated to account for the ecological restriction of the two groups, perhaps in connection with poorly known lignin substances. In addition, in some cases lignicolous fungi have been isolated from forest soil, and thus it is arguable that the wood substrate is necessary only for the development of basidiocarps. The isolation of these fungi from soil has proved extremely difficult, however, and it may well be that the active mycelia grow on other substrates than those where the basidiocarps are found.

In natural conditions, lack of oxygen and excessive accumulation of carbon dioxide are regarded as important regulatory factors. The effect of carbon dioxide is in most cases inhibitory (e.g. B r o w n 1922), although there are some organisms which require carbon dioxide for growth, and the heterotrophic assimilation of carbon dioxide is rather widespread among bacteria (W o o d & S t j e r n h o l m 1962). The effect of CO_2 on the soil microbiota has often been investigated (D u r b i n 1955, M i c e v 1958, G r i f f i n 1963, 1966, S t o t z k y & G o o s 1965, see also T a b a k & C o o k e 1968), and, for example, the vertical distribution of certain soil fungi is correlated with the carbon dioxide content of the soil (B u r g e s & F e n t o n 1953).

Although the literature pertaining to the effects of carbon dioxide on fungal growth is very comprehensive (T a b a k & C o o k e 1968), the role of CO_2 in the ecology of wood-decomposing fungi has received only occasional attention (S c h e f f e r & L i v i n g s t o n 1937, Z y c h a 1938, G u n d e r s e n 1961, J e n s e n 1967). In this paper the effect of carbon dioxide on the growth of higher basidiomycetes is studied with special reference to the ecological conditions in which the wood-decomposing species are active.

Composition of the air in decayed wood and in soil

When the physical properties of forest soil and wood are compared, the most conspicuous difference seems to be the dense and compact structure of wood, through which gases can only penetrate with difficulty, compared with the loose structure of forest humus. Thus carbon dioxide is obviously more likely to accumulate in wood than in soil.

The carbon dioxide content of the soil air has been the object of numerous investigations. In forest soils, especially in the upper layers, where the activity of fungi is concentrated, accumulation of carbon dioxide seems to be exceptional. According to the extensive determinations of Romell (1922), the average content in humus of forest soils is about 0.8—0.9 % and very rarely exceeds 2 %. The highest value, 6 %, was obtained in a swampy spruce forest with *Sphagnum*. In heath soil maximum values of 1.5 % were found (Romell 1928). In the litter layer of an English beech forest the average content was about 0.3 % (Brierley 1955).

According to the comprehensive review by Romell (1922, 1928), in cultivated soils the carbon dioxide content may reach considerably higher values than in forest soils, chiefly on account of soil structure and moisture. For example, in nursery beds the content may rise to 10—15 %. In meadow soils in Karelia the carbon dioxide content in the surface soil remained below 1 %, whereas in the deeper layers and in clay soils values of 3 % were obtained (Linkola & Tiirikka 1936). According to Yurkevich, Smolyak & Garin (1966), the soil air in forest bogs contains substantial amounts of carbon dioxide. The *Sphagnum* moss layer, especially, seems to impair gas exchange, and the carbon dioxide concentration may reach 6.4 %.

The permeability of wood depends on the size of vessels, tyloses, gum deposits, and cracks, etc. In general, gases penetrate wood rather slowly. especially in the radial and tangential directions (Stamm 1946, Bazenov & Haryk 1963). The permeability of the wood of different species varies within wide limits and according to Smith (1960) in the longitudinal direction the permeability of the wood of *Fagus* is about 300-fold that of *Quercus*. In the tangential direction the resistance in *Fagus* is about 65 000 and in the heartwood of *Pinus* 2 000 times as high as in the longitudinal direction.

Probably owing to the low permeability, there is an increase of carbon dioxide in sound living stems, especially in the heartwood. McDougal & Working (1933) have made analyses of living stems of several tree species. The carbon dioxide concentration varied in the following ranges: *Sequioia sempervirens* 2—9.4 %, *Quercus agrifolia* 1.4—26.3 %, *Salix lasiolepsis* 4.8—13.3 %, *Juglans major* 5—22 %, *Populus macdougalii* 0—22.3 %,

while in the wood of *Pinus radiata* the maximum concentration was 12.5 % and in *Parkinsonia macrophylla* 15.9 %. Chase (1934) reports the following values for the carbon dioxide content of living stems: *Pinus strobus* 12.25—1.18 %, *Ulmus americana* 16.27—0.93 %, *Quercus borealis* 5.98—0.29 %, *Quercus macrocarpa* 2.89—1.68 %, *Populus deltoides virginiana* 25.33—0.82 %. There was a very distinct increase in the summer months, during which the highest values were obtained. In living stems of the sugar maple at a depth of 2 inches Thacker & Good (1952) found 2.8 % CO_2 and at 5 inches 3.7 %, the maximum being 4.8 %. On the other hand, lenticels promote gas exchange (Geurten 1950) and the RQ of beech wood is about 0.80 (Löhr 1957). In the material studied by Thacker & Good (1952), consisting of infected, decayed sugar maple, the maximum concentration of carbon dioxide was 17.7 %, and in the heartwood higher concentrations of CO_2 were found than in the sapwood, indicating poor lateral diffusion in the wood.[1] The occurrence of wound gums in the vessels near the site of infection is regarded as an additional reason for the accumulation.

In connection with the present study some determinations of the carbon dioxide content of the air in rotten stumps and trunks were carried out.

Method. In July and August 1966, the CO_2 content of the gas in dead wood was investigated, mainly in the experimental forests of Ruotsinkylä, Vesijako and Evo, where the authors had the opportunity to study forest areas with numerous fallen trees and stumps protected for 100—150 years. A brass tube, 5 mm in diameter, was forced into the wood, with the aid of a hammer if necessary. The tube was pushed approximately to the center or beyond the center to the other side of the trunk, in stumps to a depth of at least 20 cm, in thinner trunks longitudinally 20—40 cm from the end. The juncture was made air-tight with wax. A 110 ccm sample was withdrawn with the aid of a mercury vacuum. The gas was analyzed in a manometric apparatus (accuracy ca. 0.1 % CO_2), which was kept in a constant-temperature water bath. In addition, a few analyses were made with a Beckman infrared analyzer model 15 A. The results are presented in Table 1.

A definite accumulation of CO_2 in decayed wood was found, the highest values being 11.4 %. In some cases no detectable amounts of CO_2 (below 0.1 %) were found, the reason for which was evidently the presence of cracks, insect holes, and cavities in the wood.

In general, according to the present material the larger the diameter of the trunk, the greater is the accumulation likely to be, probably owing to the more favorable moisture conditions as well as the longer distance for diffusion in larger trunks and logs.

A statistically significant difference between deciduous and conifer wood was observable in the material. The average CO_2 content of the gas in conifer wood was 1.6 % and in deciduous trees 3.5 %. The former may contain several times as much carbon dioxide as the latter. As is generally known, conifer wood, especially the heartwood of pine, is more resistant to wood-destroying fungi than deciduous wood.

[1] See also Jensen (1969)

Table 1. Carbon dioxide concentration (vol. %) in the air in decayed wood. Abbreviations: VT: *Vaccinium* type, MT: *Myrtillus* type, OMT: *Oxalis-Myrtillus* type, Lh: grass-herb forest, MkK: spruce swamp with *Equisetum silvaticum*, MK: spruce swamp with *Vaccinium myrtillus*, Mtk: drained peatland of *Myrtillus* type, OMtk: drained peatland with vegetation of grass-herb forests, KgK: spruce-birch forest with shallow peat layer.

Forest type	Diameter cm	Type of decayed wood Basidiocarps (— : none)	CO_2 %
		Dead standing trunks of birch	
MT	30	*Fomes fomentarius*	4.9
MT	20	» »	1.7
MT	15	» »	1.2
MT	30	» »	4.9
OMT	40	» »	7.1
OMT	45	—	1.0
Mtk	25	*Fomes fomentarius*	3.2
Mtk	15	*Fomitopsis pinicola*	1.7
Mtk	15	*Piptoporus betulinas* + *F. fomentarius* + *Armillariella mellea*	0.9
		Birch stumps	
MT	70	—	2.2, 6.2
Lh	30	*Coprinus micaceus*	1.7
Mtk	35	—	0.5
MT	30	—	6.1
MT	25	*Ganoderma applanatum*	2.9
MT	20	» »	3.0
		Birch logs lying on the ground	
MT	20	*Fomes fomentarius*	1.7
rocky forest	25	*Lenzites betulinus* (old)	2.0
»	20	—	10.1
MT	20	*Fomes fomentarius* and *F. pinicola*	7.4
MT	15	*Fomes fomentarius*	6.3
MT	30	—	0.2
OMT	25	*Fomes fomentarius*	5.7
MT	30	» »	11.4
OMT	30	*F. fomentarius* (old)	2.9
Lh	20	—	6.4
Mtk	15	*F. fomentarius* (fresh)	1.0
Mtk	30	*F. fomentarius*	4.3
		Spruce stumps	
MT	70	—	2.0
MK	50	*Fomitopsis pinicola*	2.7
VT	40	—	1.1
OMT	40	—	1.1
OMT	40	—	3.0
MkK	40	*Fomitopsis pinicola*	1.6
MkK	30	*Asterodon ferruginosum*	1.3
MkK	25	—	1.1
KgK	30	—	3.9
		Spruce logs lying on the ground	
MT	35	—	0.9
OMT	40	—	1.5
OMT	25	—	0.4
MK	40	*Fomitopsis pinicola*	0.7
OMT	25	—	0.4
MK	20	*Fomitopsis pinicola*	2.0

Forest type	Diameter cm	Type of decayed wood Basidiocarps (— : none)	CO_2 %
		Dead standing spruce trunk	
MT	50	*Fomitopsis pinicola*	3.7
		Pine stumps	
OMT	50	—	1.9
OMT	40	—	1.1
OMT	40	—	1.1
MT	80	—	1.6
MT	80	—	0.5
VT	30	*Xeromphalina campanella*	3.5
VT	40	—	4.9
MT	30	—	2.2
Lh	30	—	0.0
Lh	60	—	1.7
KgK	30	—	1.0
		Pine log lying on the ground	
MT	15	—	0.2
		Stumps of coniferous trees (totally covered by mosses)	
Mtk	60	—	0.4
Mtk	70	—	3.3
MT	40	—	0.2
		Coniferous log on the ground	
MT	50	—	0.5
		Stumps of aspen (*Populus tremula*)	
MT	40	*Pholiota mutabilis*	2.3
MT	50	—	0.4
Mtk	20	—	1.3
KgK	30	—	0.0
KgK	30	—	1.9
		Logs of aspen lying on the ground	
MT	25	—	8.6
MT	25	*Fomitopsis pinicola*	2.2
OMT	25	*Fomes fomentarius*	3.2
Lh	15	—	3.6
		Stumps of *Alnus glutinosa*	
Lh	70	*Ganoderma lucida*, *Pluteus cervinus*	9.2
Lh	100	*Ganoderma applanatum*	6.1
Lh	50	*Naematoloma fasciculare*	2.8
Lh	40	*Ganoderma lucida*	6.5
OMtk	30	*Inonotus radiatus*	4.2
		Logs of *Alnus glutinosa* lying on the ground	
OMtk	30	*Inonotus radiatus*	2.1
OMtk	25	—	0.0
		Stump of *Alnus incana*	
MT	30	—	0.0
		Stumps of *Salix caprea*	
OMT	20	*Fomes igniarius*	0.5
OMT	25	*Phellinus punctatus* and *P. conchatus*	1.0
		Stumps of *Quercus robur*	
Lh	40	—	9.5
Lh	40	—	0.0

Using the same method, air samples were drawn in summer 1966 from forest humus, but the highest value found was 0.2 %.

If wood and normal forest humus are compared, it is evident that the gas in wood contains as a rule about 10—100 times as much carbon dioxide as that in soil, frequently reaching values of 5—10 %. This must have some effect on the biota of the two types of substrate. Organisms which attack fresh wood must be able to grow in carbon dioxide concentrations 100—500-fold that of ordinary air.

The effect of CO_2 on the growth of pure cultures of lignicolous and litter-decomposing fungi

Methods. Strains were grown in 9 cm petri dishes on Hagem agar in c. 10-l desiccators. After inoculation the air was removed with a water pump, measured amounts of pure carbon dioxide were led into the desiccator, and a normal pressure was reinstated. According to Zycha (1938) and the experiments made in connection with this study, the brief vacuum had no detectable effect on the growth rate. Cultures in normal air (0.03 %) were grown in desiccators, too, in order to maintain a constant relative humidity. Probably the dioxide content increased slightly during the experiment, owing to the respiration of the fungi, but as the duration of the experiment was rather brief (7—10 days), the increase was estimated only to a few per cent. Carbon dioxide-free air was obtained by placing $Ba(OH)_2$ solution on the bottom of the desiccators, or by leading air from which the carbon dioxide had been removed with soda lime through the desiccator. The results are presented in Figure 1.

In ordinary air most of the lignicolous species grew, on the average, faster than those which decompose litter. Many wood-destroying fungi still displayed detectable growth in 70 % carbon dioxide: e.g. *Fomitopsis pinicola*, *Lenzites betulina*, *Pholiota squarrosa*, *Stereum sanguinolentum*, *Piptoporus betulinus*, *Inonotus radiatus*, *Coriolus zonatus*, *Fomitopsis annosa*, and *Hirschioporus abietinus*. It is interesting to note that many of these occur in thicker, standing trunks and living stems. On the whole, the effect of carbon dioxide was very gradual, and, for example, 30 % CO_2 in the air had only a slightly inhibitory effect or none on the growth of these fungi. It should be noted that species growing on smaller branches in the soil, e.g. *Mycena rubromarginata*, had slightly lower maximum tolerances to CO_2.

On the other hand, typical litter-decomposing species, *Marasmius oreades*, *M. prasiosmus*, *Clitocybe clavipes*, *C. gibba*, *C. nebularis*, *C. odora*, *Collybia butyracea* var. *asema*, *C. confluens*, *C. dryophila*, *Mycena clavicularis*, *M. epipterygia* and *M. galopus*, were almost totally inhibited by 30 % carbon

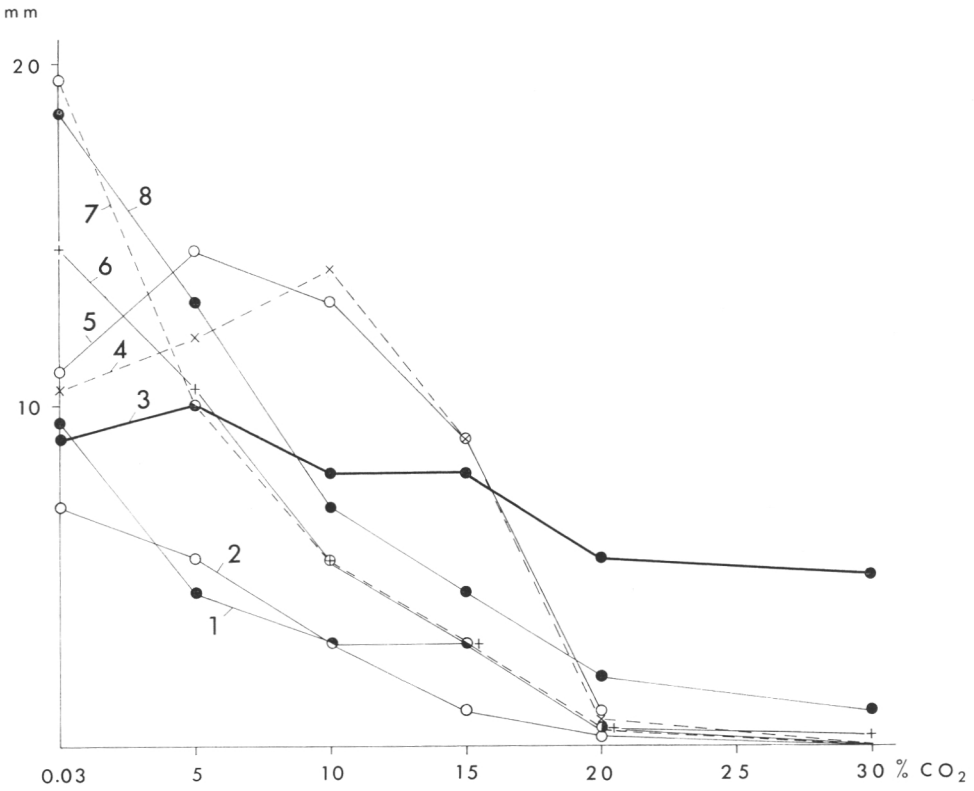


Fig. 1 a. Effect of carbon dioxide concentration on the radial growth (mm) of: 1. *Clitocybe odora*, 2. *C. clavipes*, 3. *Clavariadelphus fistulosus*, 4. *Mycena galopus*, 5. *Collybia dryophila*, 6. *Clitocybe nebularis*, 7. *Collybia butyracea* var. *asema*, 8. *Micromphale perforans*.

dioxide in the air. A few of the soil species investigated exhibited some growth in this concentration, e.g. *Clavariadelphus fistulosus*, *Marasmius urens*, *M. androsaceus*, *Lepiota clypeolaria*, *Lepista nuda*, and *Clitopilus prunulus*. The first-named as a rule grows from small sticks and twigs and is probably not a typical litter-decomposing species; the two following species are often found on small sticks in the soil. *Lepiota* occurs in moist forest types, and *Clitopilus* was isolated from a meadow on a heavy clay

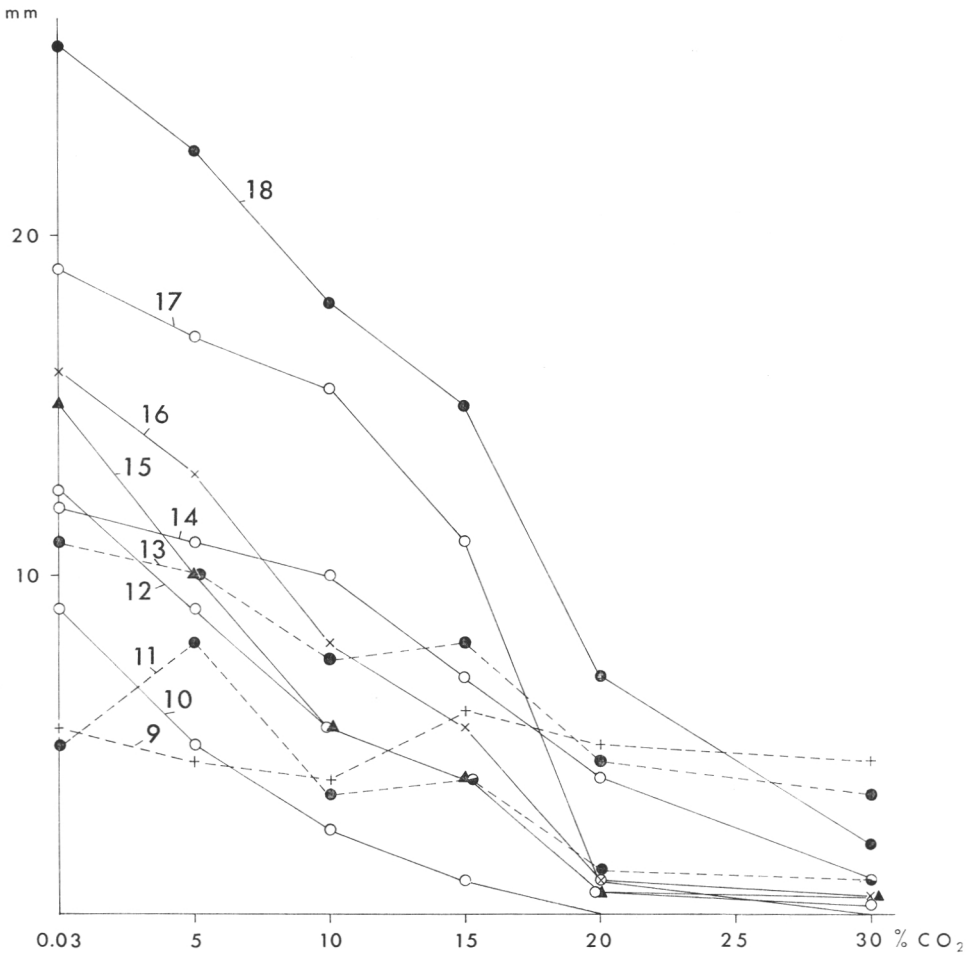


Fig. 1 b. Effect of carbon dioxide concentration on the radial growth (mm) of: 9. *Psathyrella candollaena*, 10. *Clitocybe gibba* (= *C. infundibuliformis*), 11. *Clitopilus prunulus*, 12. *Mycena clavicularis*, 13. *Lepiota clypeolaria*, 14. *Mycena sanguinolenta*, 15. *Suillus bovinus*, 16. *Collybia confluens*, 17. *Mycena epipterygia*, 18. *Marasmius androsaceus*.

soil. However, *Marasmius rotula* and *M. scorodonius* behaved like lignicolous species, although they are usually met with on litter. Mycorrhizal species (*Hebeloma*, *Boletus variegatus*) were found to have much the same tolerances to carbon dioxide as litter-decomposing species.

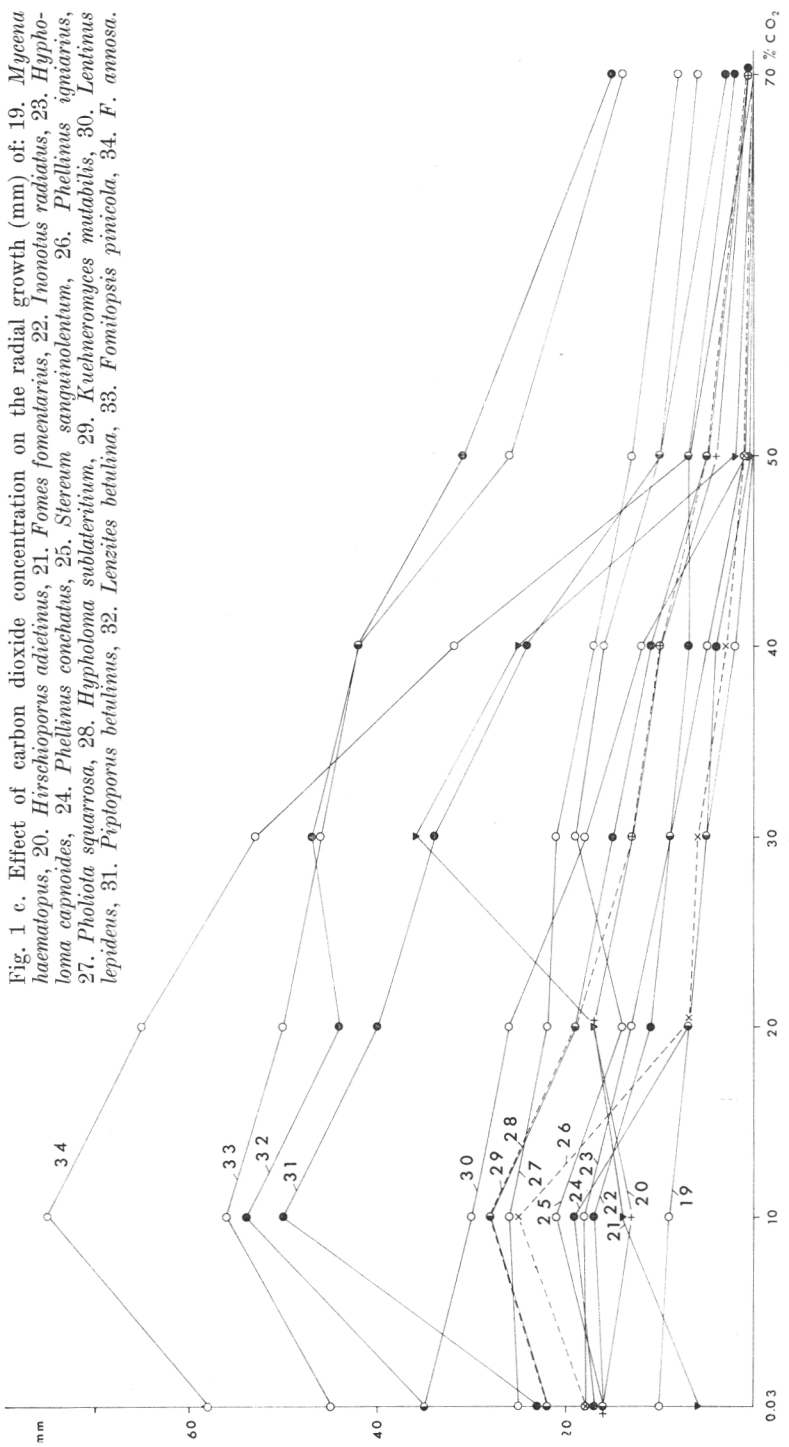


Fig. 1 c. Effect of carbon dioxide concentration on the radial growth (mm) of: 19. *Mycena haematopus*, 20. *Hirschioporus abietinus*, 21. *Fomes fomentarius*, 22. *Inonotus radiatus*, 23. *Hypholoma capnoides*, 24. *Phellinus conchatus*, 25. *Stereum sanguinolentum*, 26. *Phellinus igniarius*, 27. *Pholiota squarrosa*, 28. *Hypholoma sublateritium*, 29. *Kuehneromyces mutabilis*, 30. *Lentinus lepideus*, 31. *Piptoporus betulinus*, 32. *Lenzites betulina*, 33. *Fomitopsis pinicola*, 34. *F. annosa*.

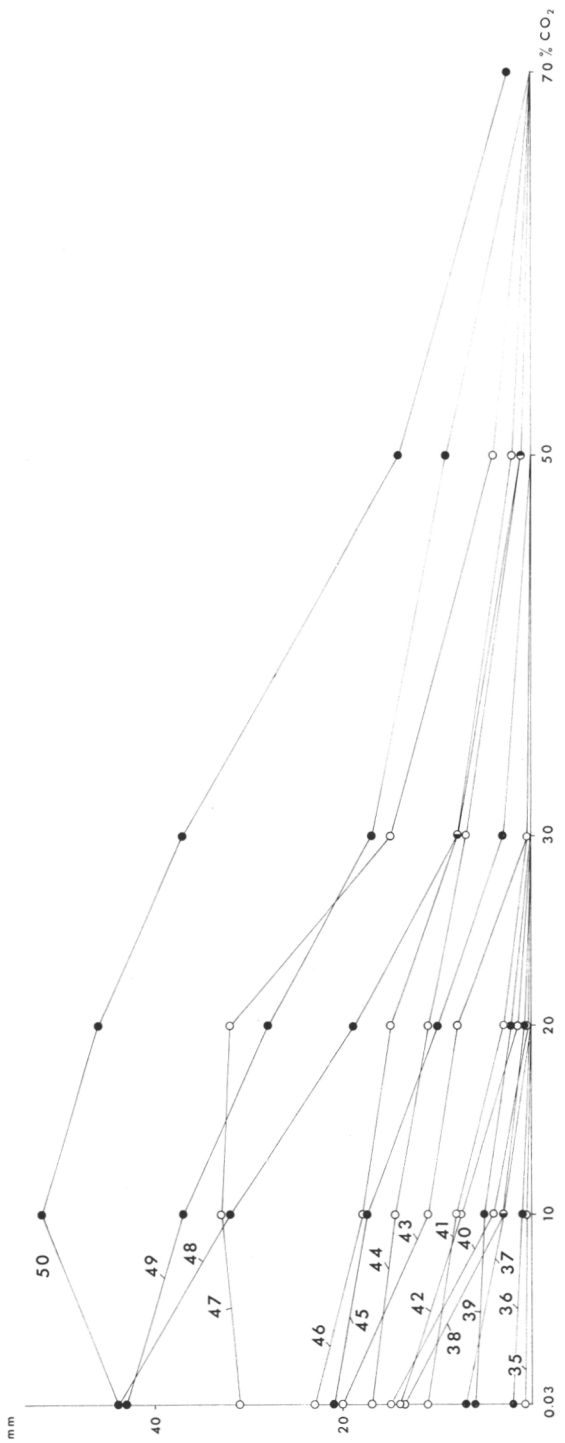


Fig. 1 d. (continued). Effect of carbon dioxide concentration on the radial growth (mm) of: 35. *Tricholoma caligatum*, 36. *Clitocybe radicellata*, 37. *Clitocybe phyllophila*, 38. *Hygrophoropsis aurantiaca*, 39. *Hebeloma (longicaudum)*, 40. *Marasmius oreades*, 41. *Lepista nuda*, 42. *Marasmius prasiosmus*, 43. *M. urens*, 44. *Phellinus punctatus*, 45. *Mycena rubromarginata*, 46. *Marasmius scorodonius*, 47. *Aporpium semisupinum*, 48. *Marasmius rotula*, 49. *Gloeoporus amorphus*, 50. *Coriolus zonatus*.

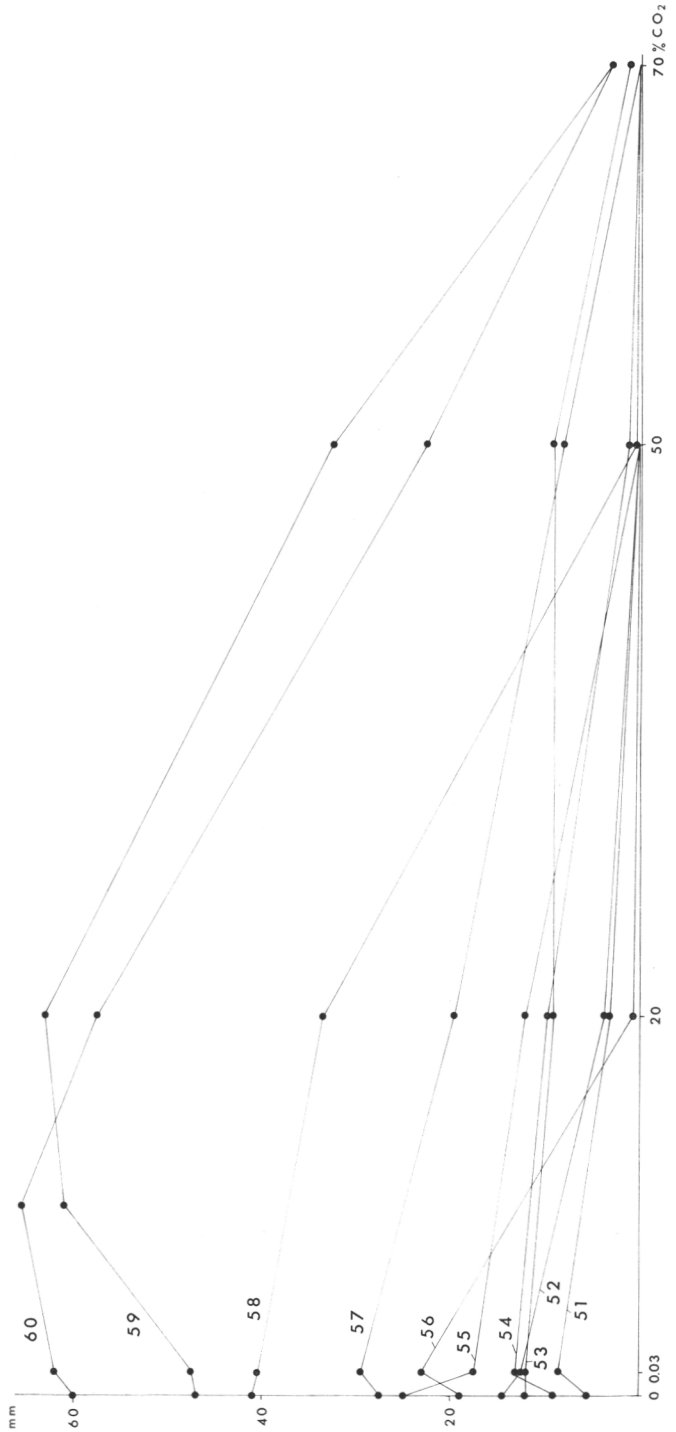


Fig. 1 e. Effect of carbon dioxide concentration on the radial growth (mm) of: 51. *Pholiota flammans*, 52. *Mycena luteoalcalina*, 53. *Armillariella mellea*, 54. *Xeromphalina campanella*, 55. *Pholiota spumosa*, 56. *Collybia cirrhata*, 57. *Panellus stypticus*, 58. *Tyromyces albidus*, 59. *Laetiporus sulphureus*, 60. *Pholiota carbonaria*.

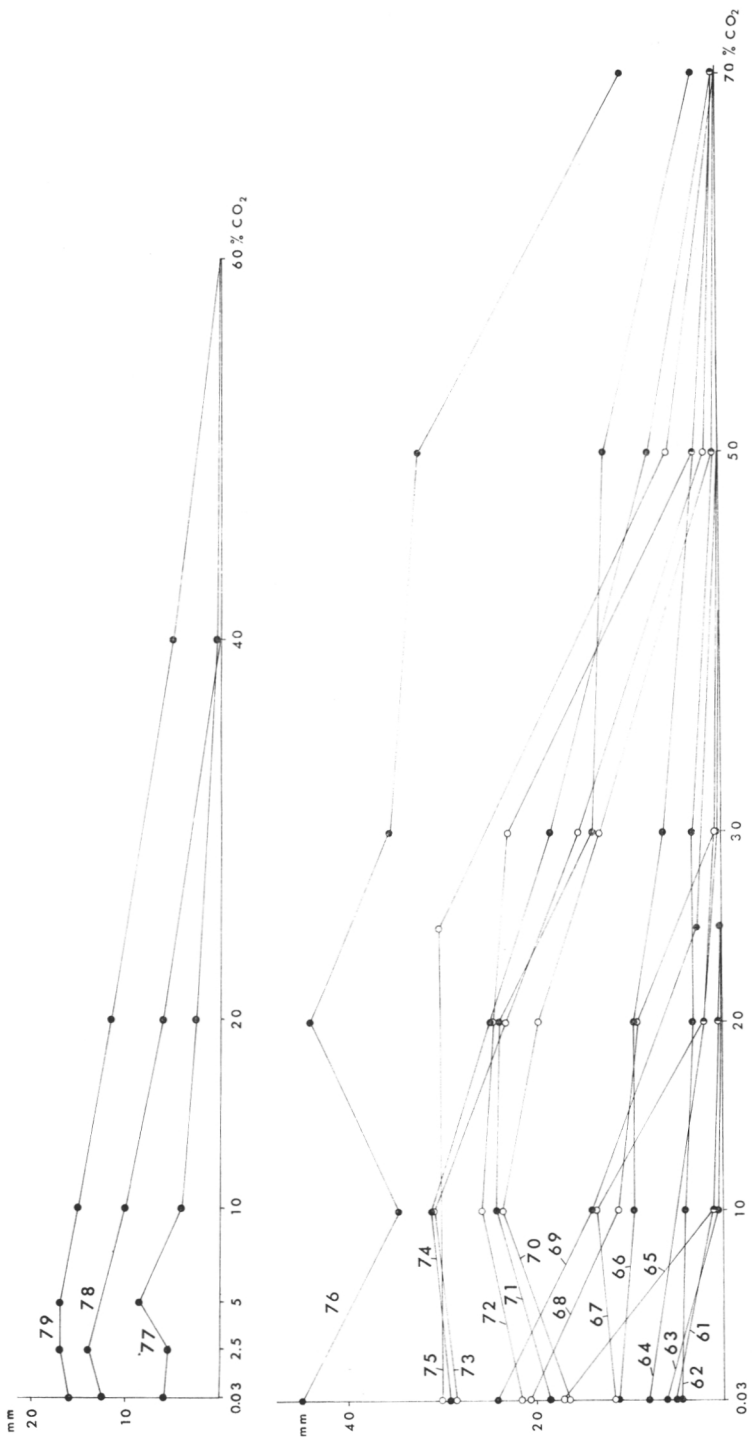


Fig. 1 f-g. (continued). Effect of carbon dioxide concentration on the radial growth (mm) of: 61. *Galerina vexans*, 62. *Hericium cirrhatum*, 63. *Galerina sphagnorum*, 64. *Agaricus (Psalliota)* sp., 65. *Pseudocliloeybe cyathiformis*, 66. *Phellinus pini*, 67. *Trametes odorata*, 68. *Lycoperdon pyriforme*, 69. *Pholiota myosotis*, 70. *Coriolellus serialis*, 71. *Inonotus rheades*, 72. *Pholiota lenta*, 73. *P. lubrica*, 74. *Daedalea quercina*, 75. *Polyporus brumalis*, 76. *Ischnoderma resinosum*, 77. *Aspergillus niger*, 78. *Mucor* sp., 79. *Trichoderma viride*.

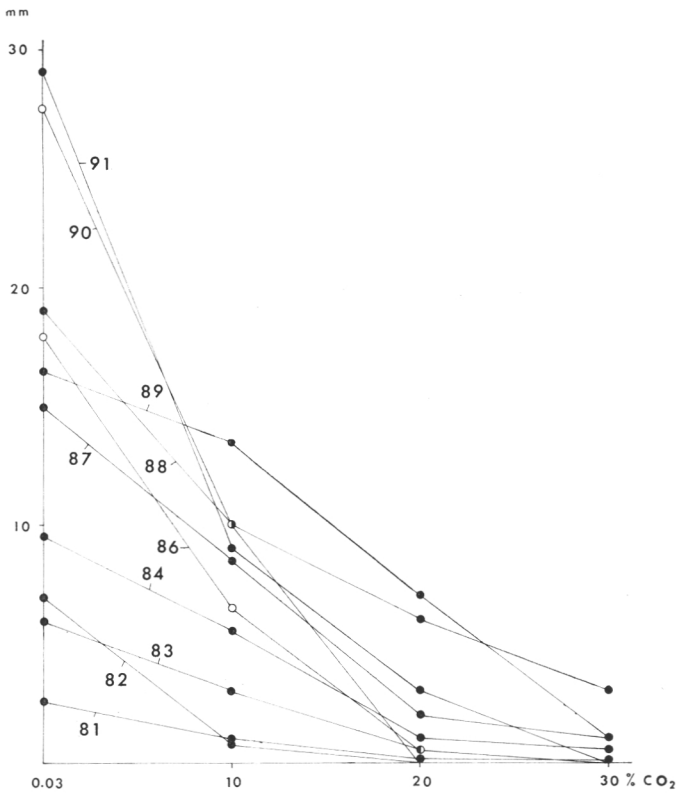


Fig. 1 h. Effect of carbon dioxide concentration on the radial growth (mm) of: 81. *Oudemansiella platyphylla*, 82. *Tricholoma album*, 83. *Cantharellula umbonata*, 84. *Tricholomopsis rutilans*, 86. *Cystoderma granulosum*, 87. *Clitocybe diatreta*, 88. *Lepista nuda*, 89. *Marasmius* sp., 90. *Suillus variegatus*, 91. *Collybia putilla*.

Notes on the effect of carbon dioxide on mycelial morphology

During the experiment described above, the appearance of the mycelium of several species at different carbon dioxide concentrations was markedly different. A relative humidity of 100 % was maintained in all experiments, and the desiccators were kept in a dark room. The following species exhibited the most evident changes.

Fomitopsis annosa. In axenic culture this species produces abundant conidiophores in ordinary air, the number of which was greatly reduced in as little as 5 % carbon dioxide (Table 2), in which radial growth was more rapid than in ordinary air.

Table 2. The average number of coniophores of *Fomes annosus* in different carbon dioxide concentrations per mm² on Hagem agar.

0.00 %	244
0.03 %	91
10 %	25
20 %	12
50 %	0
70 %	0

Xeromphalina campanella. The strain used produced both basidiocarps and rhizomorphs, the former only in ordinary air, and the latter in 0—25 % CO_2 (Fig. 2).

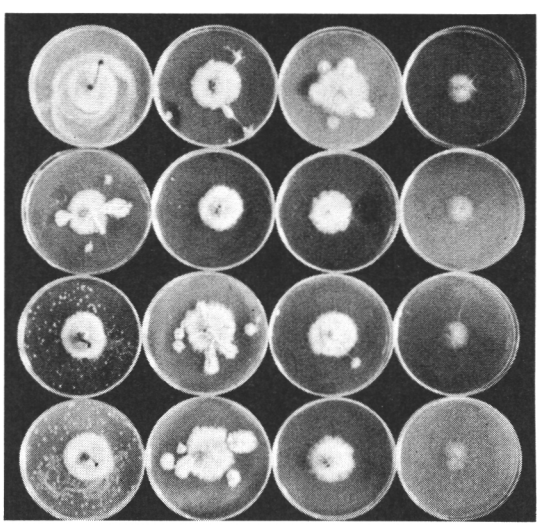


Fig. 2. The effect of carbon dioxide on the growth of *Xeromphalina campanella*. From the left: ordinary room air with basidiocarps and germinating spores, 5 % carbon dioxide with rhizomorphs and from these side colonies, 25 % and 50 % CO_2. Basidiocarp development occurred only in room air.

Armillariella mellea. The development of the characteristic reddish brown crustose areas was distinctly better in ordinary air than at higher carbon dioxide concentrations, where the whitish mycelium dominated.

Tyromyces albidus. Porous fruiting structures were found exclusively in ordinary air, although 5 % CO_2 did not inhibit radial growth.

Trichoderma viride. The formation of spores was distinctly retarded by higher concentrations of CO_2.

Mortierella ramanniana and *Mucor silvaticus.* At higher concentrations sporangia were not developed and the mycelium grew submerged in agar. At the same time the production of chlamydospores was greatly increased. This also holds true of other *Mucor* species.

Fomes fomentarius and *Ganoderma applanatum.* Among the species investigated, these exhibited the most marked stimulation of the radial growth of the mycelium at higher concentrations of carbon dioxide. In order to study this phenomenon, *Fomes fomentarius* was grown in both liquid and agar media (Hagem agar) at different carbon dioxide concentrations. Incubation took place in 10-l desiccators in a dark room. The final pH in 30% was 4.2, in 25% 3.8, in 10% 3.6, in 5% 3.4 and in ordinary air 3.3. CO_2 increased the radial growth on agar considerably, by as much as double, (Figs. 3 and 4), but the stimulatory effect was not shown as an increase of mycelial dry weight in the liquid medium (Figs. 4 and 5). The brown pigment of *Fomes fomentarius* was formed only in ordinary air. In liquid media the development of the aerial mycelium was also vigorous (Fig. 6).

In general it seems that carbon dioxide stimulates the formation of a rapidly growing »vegetative» mycelium, and air deficient in carbon dioxide the formation of reproductive structures and pigments.

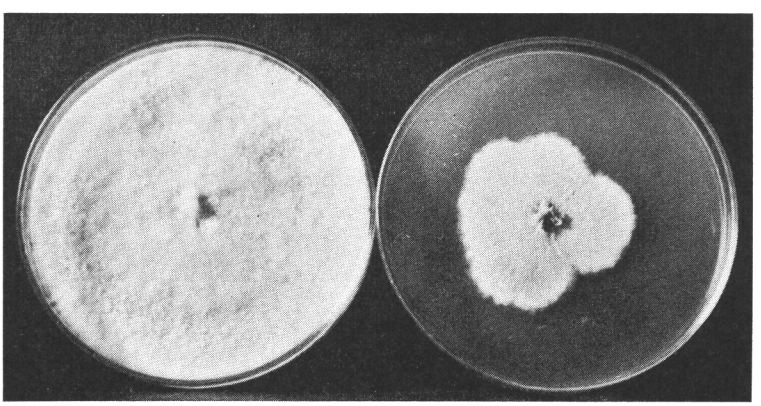


Fig. 3. The growth of *Fomes fomentarius* in ordinary room air (right) and in 5 % carbon dioxide (left) on Hagem agar. Age of both mycelia 12 days.

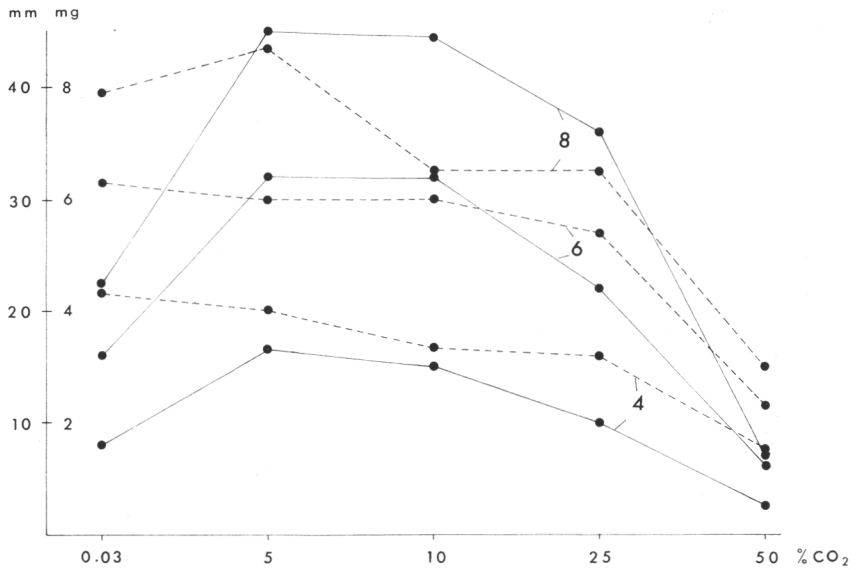


Fig. 4. The effect of carbon dioxide concentration on the radial growth on Hagem agar and on the mycelium dry weight (dotted lines) of *Fomes fomentarius* after 4, 6, and 8 days.

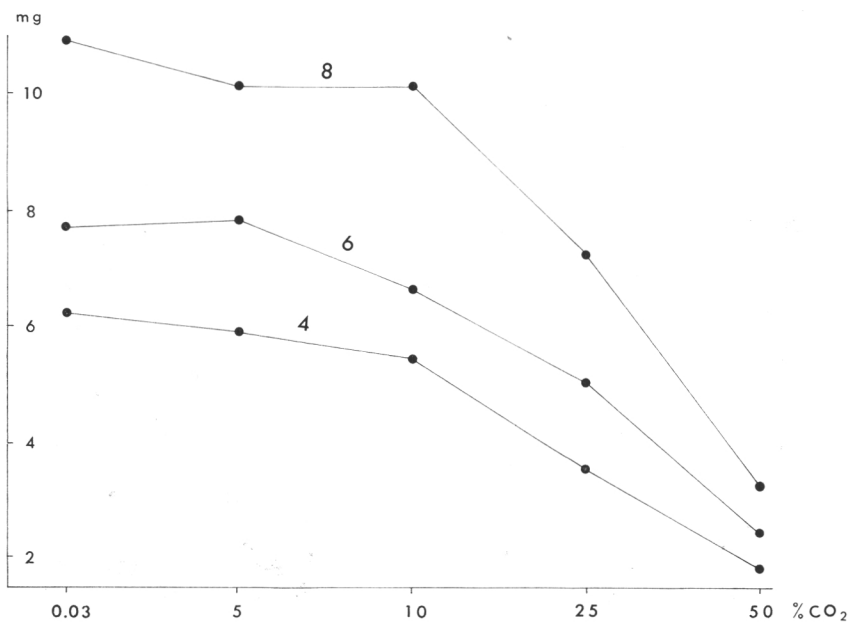


Fig. 5. The effect of carbon dioxide concentration on the mycelium dry weight of *Ganoderma applanatum* after 4, 6, and 8 days.



Fig. 6. *Fomes fomentarius* grown 8 days in ordinary air (left) and in 5 % carbon dioxide, which stimulated the development of the aerial mycelium.

Selective effect of carbon dioxide on fungal populations

As wood-decomposing basidiomycetes tolerate high carbon dioxide concentrations, attempts were made to isolate these fungi from mixed fungal and bacterial populations, using carbon dioxide as a selective agent. Dilution plates were made from decayed wood, pine needles, mor humus and pieces of bark from a bark heap, and incubated both in ordinary room air and in 25 % carbon dioxide.

In the samples from the bark heap, considerable amounts of clamp-bearing hyphae were found on plates incubated in carbon dioxide, but not on those kept in ordinary air. In most other cases, however, the fungus *Trichoderma viride* rapidly covered all the plates incubated in carbon dioxide, suppressing any other fungi. This species has a high tolerance of CO_2 (Fig. 1). In ordinary air there was a considerable number of other molds. When pieces of wood taken under basidiocarps of *Hirschioporus abietinus* were incubated on agar, clamp-bearing hyphae were only obtained from samples incubated in carbon dioxide.

As some lignicolous fungi grow rather slowly on litter, several species were cultured on this medium both in ordinary air and in 30 % carbon dioxide for 3 weeks and the loss of dry matter was determined. Growth occurred in both treatments. The carbon dioxide concentration used slightly inhibited the decomposing activity of the lignicolous species, but in no case increased it significantly.

The fact that the carbon dioxide tolerance of litter- and wood-decomposing fungi is different suggests that in nature there is a balance between these groups of fungi, controlled by CO_2. To test this hypothesis *Lentinus lepideus* (lignicolous) and *Mycena epipterygia* (litter-inhabiting) were grown in stoppered erlenmeyer flasks on wood and litter, both in ordinary air and in 30 % CO_2. 5 inocula of both fungi per flask were used. After 18 days 10 randomly taken pieces of the mycelium were transferred to agar slants, and after a week a few drops of 1 % benzidine were applied to the mycelium on agar slants, which in the case of *Mycena* becomes deep blue but in *Lentinus* remains colorless. On aspen and oak leaves, all isolates in ordinary air were *Mycena*, and all in 30 % CO_2 *Lentinus*. On *Picea* wood, all isolates in both concentrations were *Lentinus*. On *Sorbus aucuparia* litter, *Mycena* was found in about half of the isolates from ordinary air, all the rest being *Lentinus*. Although this is a single experiment, it suggests that, in certain cases at least, there may be a dynamic balance between soil fungi and wood-destroying fungi, which is controlled by carbon dioxide.

Discussion

According to the present experiments, carbon dioxide seems to play a considerable regulatory role in the ecology of the higher basidiomycetes. In nature, lack of oxygen is invariably associated with high concentrations of carbon dioxide. However, the inhibition of growth seems to appear only at low oxygen tensions (Scheffer & Livingston 1937, Gundersen 1961, see also Jensen 1967), and evidently the inhibitory effect of carbon dioxide sets in earlier, at least for litter-decomposing species. When a fungus attacks wood, its hyphae must grow in vessels and small cavities where the ventilation is much more restricted than it is in the leaves of the litter layer and where metabolic products, e.g. CO_2, may accumulate. The carbon dioxide tolerance of a fungus probably reflects its ability to grow in such atmospheres, which consequently have a selective effect on the species capable of colonizing wood. Other chemical influences may also be of importance, e.g. certain volatile acids and alcohols have been found to stimulate the growth of some wood-destroying fungi (Suolahti 1951).

The formative effects of carbon dioxide on mycelium morphology have been studied extensively, e.g. in *Blastocladiella* (Emerson & Cantino 1948), *Dermatophilus* (Roberts 1963), *Trichophyton* (Balanof & Kasarov 1963) and in *Ceratocystis ulmi* (Kessler 1966). In *Mucor rouxii* carbon dioxide induces the development of yeast-like cells (Bartinicki-Garcia & Nickerson 1962; see also Romano 1966 and Taber 1966). According to Niederpruem (1963), the formation of

basidiocarps of *Schizophyllum commune* is a process very sensitive to excessive amounts of carbon dioxide. With 5 % in the air the fruiting bodies of the cultivated mushroom are deformed (Lambert 1933), and as little as 0.1—0.18 % CO_2 retards the formation of the fruiting bodies and the their number (Tschierpe & Sinden 1964). Plunkett (1956) found that 5 % carbon dioxide retarded stipe growth and pileus development in *Collybia velutipes*. It seems evident that in order to obtain fruiting bodies in pure cultures, e.g. for taxonomic purposes, adequate ventilation of culture vessels is essential.

The stimulatory effect of carbon dioxide on fungal growth has been known about 40 years (Rockwell & Highberger 1927) and it also occurs in lignicolous fungi (Thacker & Good 1952). One of the factors regarded as responsible for this effect is heterotrophic assimilation of carbon dioxide, which has been known in fungi since 1941 (Foster et al. 1941). Wood-destroying fungi are also able to assimilate carbon dioxide (Rypaček 1966) and so are many germinating spores. Basidiocarps of *Agaricus bisporus* incorporate $^{14}CO_2$, which immediately appears in the lipid fraction (Wehrli & Rast 1967).

Ecologically, it is easy to understand the advantages of the changes in mycelium morphology brought about by carbon dioxide. Within the wood, accumulated carbon causes the formation of a rapidly growing »vegetative» mycelium, which, when it reaches normal air at the surface of the wood, begins to produce reproductive structures, while in some species vegetative growth is even inhibited. Carbon dioxide thus ensures extramatrical sporulation.

The experiment on the ability of lignicolous fungi to decompose leaf and needle litter indicates that these fungi can grow on this substrate. It seems that in normal conditions in ordinary forest soil there is no increase of carbon dioxide, and thus nothing to disturb the supposed balance between litter-decomposing and lignicolous fungi. Under the snow cover there is scarcely any accumulation of CO_2 (Pichler 1948). Only under an ice cover may there be conditions promoting carbon dioxide accumulation, because the diffusion of CO_2 through ice is, according to Scholander et al. (1953), about 10 000 times slower than through snow.

Many wood-destroying fungi are severe parasites of trees and it may be that the balance between parasitism and saprophytism is controlled by carbon dioxide concentrations, as suggested by Lundegårdh (1923). The air in plant roots contains a considerable proportion of carbon dioxide, e.g. in *Pinus radiata* about 6 % (McDougall & Working 1933). According to Burström (1959), the intercellular spaces of wheat root meristems are apparently filled with pure carbon dioxide. Consistently with the experimental results, most tree root parasites are wood-decomposing species

(*Fomes annosus*, *Armillariella mellea*) with a high tolerance to CO_2, and not litter-decomposing species. On the other hand, carbon dioxide exerts an inhibitory effect on some plant parasites, e.g. on *Rhizoctonia solani* (P a p a v i z a s & D a v e y 1962), and on *Sclerotinia minor* (L o u v e t & B u l i t 1964).

Finally, it is interesting to note that in earlier periods the carbon dioxide concentration of the atmosphere may have been considerably higher that it is at present (e.g. R a n k a m a 1955). If we consider the experiments presented above as a whole, they show that the polypores are in general distinctly more tolerant to high carbon dioxide concentrations than the litter-decomposing agarics. Although paleomycologic evidence is very scanty, polypores are almost universally regarded as a more ancient group than agarics. Can it be that this physiologic tolerance reflects not only the present ecologic distribution, but also, to some degree, the phylogenetic relationships between these groups?

Summary

The carbon dioxide content of rotten wood in South Finland was investigated (Table 1). The highest concentration found was 11.4 %. Decayed deciduous wood contained significantly more carbon dioxide than coniferous wood.

The CO_2 tolerance of 53 wood- and 36 litter-inhabiting basidiomycetes was investigated by cultivating the strains on Hagem agar in petri dishes in desiccators, into which calculated amounts of carbon dioxide were introduced. A marked difference in tolerance was found between litter- and wood-decomposing species, the maximum for litter-decomposing species being 20—30 %, and for the lignicolous ones about 50—80 %.

A marked increase of growth at higher carbon dioxide concentrations was observed in several wood-decomposing species, the most conspicuous change being in *Fomes fomentarius* and *Ganoderma applanatum*.

The effect of carbon dioxide on mycelial morphology was investigated in some fungi and was its influence on reproductive structures (conidiophores, sporangia, rhizomorphs), especially evident their formation being inhibited before the retarding action of CO_2 on mycelium growth was observable.

The ecological aspects, especially the different substrate-specificities of wood-destroying and soil-inhabiting fungi, are discussed.

Acknowledgements

This investigation has been partly financed by U.S. Department of Agriculture grant FG-Fi-132 under U.S. Public Law 480, 83rd Congress. The authors express their thanks to Mr. L a l l i L a i n e, Agr. For. Cand., for determinations of some polypores, and Miss R i t v a K l e m e t t i for technical assistance. The author H i n t i k k a is responsible for preparation of the manuscript and laboratory work, K o r h o n e n for field CO_2 determinations.

References

Balanof, V. & L. Kasarov, 1963: Production of macroconidia of Trichophyton megorini under the effect of carbon dioxide. — Mycopath. et Mycol. appl. 19, 283—286.

Bartinicki-Garcia, S. & W. J. Nickerson, 1962: Induction of yeast-like development in Mucor by carbon dioxide. — J. Bact. 84, 829—840.

Brierly, J. K., 1955: Seasonal fluctuations in the oxygen and carbon dioxide concentrations in beech litter with reference to the salt uptake of beech mycorrhizas. — J. Ecol. 43, 404—408.

Brown, W., 1922: On the germination and growth of fungi at various temperatures and in various concentrations of oxygen and carbon dioxide. — Ann. Bot. 36, 257—283.

Burges, A. & E. Fenton, 1953: The effect of carbon dioxide on the growth of certain soil fungi. — Trans. Brit. Myc. Soc. 36, 104—108.

Burström, H., 1959: Growth and formation of intercellularies in root meristems. — Phys. Plant. 12, 371—385.

Chase, W. W., 1934: The composition, quantity, and physiological significance of gases in tree stems. — Univ. Minn. Agr. Expt. Sta. Techn. Bull. 99, 1—51.

Durbin, R. D., 1955: Straight-line function of growth of microorganisms at toxic levels of carbon dioxide. — Science 121, 734—735.

Emerson, R. & E. C. Cantino, 1948: The isolation, growth, and metabolism of Blastocladia in pure culture. — Am. J. Bot. 35, 157—171.

Foster, J. W., S. F. Carson, S. Ruben & M. D. Kamen, 1941: Radioactive carbon as an indicator of carbon dioxide utilization. VII. The assimilation of carbon dioxide by molds. — Proc. Nat. Acad. Sci. 27, 590—596.

Geurten, I., 1950: Untersuchungen über den Gaswechsel von Baumrinden. — Forstwiss. Centralblatt 69, 704—743.

Griffin, D. M., 1963: Soil physical factors and the ecology of fungi I. — Transact. Brit. Myc. Soc. 46, 273—280.

—»— 1966: Soil physical factors and the ecology of fungi. IV. Influence of the soil atmosphere. — Trans. Brit. Myc. Soc. 49, 115—119.

Gundersen, K., 1961: Growth of Fomes annosus under reduced oxygen pressure and the effect of carbon dioxide. — Nature (London) 190, 4776, p. 649.

Jensen, K. F., 1967: Oxygen and carbon dioxide affect the growth of wood-decaying fungi. — Forest Sc. 13, 384—389.

—»— 1969: Oxygen and carbon dioxide concentrations in sound and decaying red oak trees. — For. Sc. 15, 246—251.

Kessler, K. J. Jr., 1966: Xylem sap as a growth medium for four tree wilt fungi. — Phytopathology 56, 1165—1169.

Lambert, E. B., 1933: Effect of excess carbon dioxide on growing mushrooms. — J. Agric. Res. 47, 599—608.

Linkola, K. & Aili Tiirikka, 1936: Über Wurzelsysteme und Wurzelausbreitung der Wiesenpflanzen auf verschiedenen Wiesenstandorten. — Ann. Bot. Soc. Zool. Bot. Fenn. »Vanamo» 6: 6, 1—200.

Louvet, J. & J. Bulit, 1964: Recherches sur l'écologie des champignons parasites dans le sol. I. — Action du gaz carbonique sur la croissance et l'activité parasitaire de Sclerotinia minor et de Fusarium oxysporum f. melonis. — Annales des Épiphyties 15, 21—44.

Lundegårdh, H., 1923: Die Bedeutung des Kohlensäuregehalts und der Wasserstoffionkonzentration des Bodens für die Entstehung der Fusariosen. — Botaniska Notiser 1923, 25—52.

Löhr, E., 1957: RQ und Q_{10} in Stämmen von Buchen. — Phys. Plant. 10, 340—345.

McDougal, D. T. & E. B. Working, 1933: The pneumatic system of plants, especially trees. — Carn. Inst. Wash. Publ. 441. 87 pp.

Micev, N., 1958: Uloga i značaj CO_2 kao ekološkog faktora kod odgajivanja i razmnožavanja zemljišne mikroflore. (The role and significance of CO_2 as an ecological factor in the cultivation and propagation of the soil microflora, Engl. summ.) — Zemljište i biljka 8, 241—248.

Mikola, P., 1956: Studies on the decomposition of forest litter by basidiomycetes. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 48: 2, 1—19.

Niederpruem, D., 1963: Role of carbon dioxide in the control of fruiting of Schizophyllum commune. — J. Bact. 85, 1300—1308.

Papavizas, G. C. & C. B. Davey, 1962: Activity of Rhizoctonia in soil as affected by carbon dioxide. — Phytopathology 52, 759—766.

Pichler, F., 1948: Über den Kohlensäure und Sauerstoffgehalt der Luft unter einer Seedecke. — Pflanzenschutzber. 2, 74—80.

Plunkett, B. E., 1956: The influence of factors of the aeration complex and light upon fruit-body form in pure cultures of an agaric and a polypore. — Ann. Bot., N. S. 20, 561—586.

Rankama, K., 1955: Geologic evidence of chemical composition of the precambrian atmosphere. — Geol. Soc. Amer. Spec. Pap. 62, 651—664.

Roberts, D. S., 1963: The influence of carbon dioxide on the growth and sporulation of Dermatophilus dermatonomus. — Australian J. Agric. Res. 14, 412—423.

Rockwell, G. E. & J. H. Highberger. 1927: The necessity of carbon dioxide for the growth of bacteria, yeasts and moulds. — J. Inf. Dis. 40. 438—446.

Romano, A. H., 1966: Dimorphism. — The Fungi, ed. by G. C. Ainsworth and A. S. Sussman, vol. II, 181—209. New York—London.

Romell, L.-G., 1922: Luftväxlingen i marken som ekologisk faktor. — Medd. Stat. Skogsförsöksanst. 19, 125—359.

—»— 1928: Markluftsanalyser och markluftning. — Medd. Stat. Skogsförsöksanst. 24, 67—80.

Rypaček, V., 1966: Biologie holzzerstörender Pilze. — Jena. 211 pp.

Scheffer, T. C. & B. E. Livingston, 1937: Relation of oxygen pressure and temperature to growth and carbon dioxide production in the fungus Polystictus versicolor. — Am. J. Bot. 24, 109—119.

Scholander, P. F., W. Flagg, R. J. Hock & L. Irving, 1953: Studies on the physiology of frozen plants and animals in the arctic. — J. Cell. and Comp. Physiol. 42, suppl. 1, 1—56.

Smith, D. N., 1960: The permeability of wood.—Proc. Fifth World Forestry Congress 3, 1546—1548.

Stamm, A. J., 1946: Passage of liquids, vapors and dissolved materials through softwoods. — U.S. Dept. of Agric. Techn. Bull. 929, 1—80. Washington D.C.

Stotzky, G. & R. R. D. Goos, 1965: Effect of high CO_2 and low O_2 tensions on the soil microbiota. — Can. J. Microbiol 11, 853—868.

Suolahti, O., 1951: Über eine des Wachstum von Fäulnispilzen beschleunigende chemische Fernwirkung von Holz. — Helsinki. 95 pp.

Tabak, H. H. & W. B. Cooke, 1968: The effects of gaseous environments on the growth and metabolism of fungi. — The Bot. Review 34, 126—252.

Taber, W. A., 1966: Morphogenesis in Basidiomycetes. — The Fungi, ed. by G. C. Ainsworth and A. S. Sussman, vol. II, 387—412.

Thacker, D. G. & M. Good, 1952: The composition of air in trunks of sugar maple in relation to decay. — Can. Journ. Botany 30, 475—485.

Tschierpe, H. J. & J. W. Sinden, 1964: Weitere Untersuchungen über die Bedeutung von Kohlendioxyd für den Fruktifikation des Kulturchampignon *Agaricus campestris var. bisporus* (L.) Lge. — Arch. Mikrobiol. 49, 405—425.

Wehrli, M. & D. Rast, 1967: Stoffwechsel von $^{14}CO_2$ in Plechtenchymschitten von *Agaricus bisporus*. — Zeitschr. für Pflanzenphys. 56, 325—339.

Wood, H. G. & R.L. Stjernholm, 1962: Assimilation of carbon dioxide by heterotrophic organisms. — The Bacteria, ed. by I. C. Gunserus & R. Y. Stanier, vol III, 41—117.

Yurkevich, I. D., L. P. Smolyak & B. E. Garin, 1966: Content of oxygen in the soil water and the carbon dioxide in the soil air of forest bogs. — Pochvovedenie, Soviet Soil Science (Wisconsin) 1966: 2, 159—167.

Zycha, H., 1938: Über das Wachstum zweier holzzerstörender Pilze und ihr Verhältnis zur Kohlensäure. — Z. Bakt. Parasitenk. Abt. II, 97, 222—244.

Seloste

HIILIDIOKSIDIN VAIKUTUS PUUTALAHOTTAVIEN JA KARIKETTA HAJOITTAVIEN LAKKISIENTEN KASVUUN

Veikko Hintikka ja *Kari Korhonen*

Aineenvaihduntatuotteena hiilidioksidilla on sienten ekologiassa keskeinen asema. Kirjoituksessa käsitellään hiilidioksidin vaikutusta puutalahottavien sienten kasvuun ja rihmaston morfologiaan laboratorio-oloissa lähinnä verrattuna maassa kasvaviin sienilajeihin.

Lahopuun sisältämän ilman hiilidioksidipitoisuudesta tehtiin joukko määrityksiä (taulukko 1). Korkein todettu pitoisuus oli 11.4 %. Aineiston mukaan lahonnut lehtipuun puuaines sisälsi keskimäärin enemmän hiilidioksidia kuin havupuun puuaines, mikä ero oli tilastollisesti merkitsevä. Ero liittynee lehtipuiden puuaineksen nopeampaan lahoamiseen luonnossa.

89 puutalahottavan ja kariketta hajoittavan sienilajin toleranssi hiilidioksidiin tutkittiin kasvattamalla puhdasviljemiä Hagem-agarilla eksikaattoreissa, joihin johdettiin lasketut määrät hiilidioksidia. Voitiin todeta selvä ero puuaineksessa ja maassa kasvavien lajien välillä. Edellisillä maksimikonsentraatio oli 50—80 %, jälkimmäisillä vain 20—30 %. Korkein toleranssi hiilidioksidiin nähden oli lajeilla, joiden rihmastot luonnossa kasvavat paksujen lahorunkojen sisässä kuten *Fomitopsis pinicola*, *Laetiporus sulphureus* ym.

Useilla puutalahottavilla lajeilla todettiin selvä hiilidioksidin aiheuttama kasvun kiihtyminen alhaisissa hiilidioksidikonsentraatioissa. Selvin oli tämä taulakäävällä, *Fomes fomentarius* (kuva 3) ja lattakäävällä, *Ganoderma applanatum*.

Hiilidioksidi aiheutti myös huomattavia muutoksia rihmaston morfologiaan ja varsinkin itiöiden tuotto ja eräillä lajeilla myös itiöemien synty oli selvästi riippuvainen hiilidioksidin määrästä.

Tulosten perusteella on ilmeistä, että hiilidioksidilla on tietty selektiivinen vaikutus sienilajistoon, joka tunkeutuu puuainekseen.

TAIMIPOLTTEEN AIHEUTTAJISTA METSÄNTUTKIMUS-LAITOKSEN PUNKAHARJUN KOEASEMAN TAIMITARHOISSA

PAULI HANIOJA

Summary:

ON DAMPING-OFF FUNGI IN THE NURSERIES OF FOREST RESEARCH INSTITUTE AT PUNKAHARJU EXPERIMENTAL STATION

HELSINKI 1969

Helsinki 1970. Valtion painatuskeskus

SISÄLLYS

	Sivu
Johdanto	5
Tutkimukset	8
Kenttäkokeet	8
Aineisto ja menetelmät	8
Tulokset	8
Laboratoriotutkimukset	12
Saastutuskokeet	13
Kasvihuonekokeet	15
Menetelmät	15
Tulokset	16
Päätelmiä	17
Tiivistelmä	18
Kirjallisuutta	19
Summary	21

Alkusanat

Metsäntutkimuslaitoksen Punkaharjun koeaseman taimitarhoissa on takavuosina usein esiintynyt taimipoltetta. Kasvukautena 1962 tauti oli erityisen ankara, minkä johdosta taimitarhojen hoidosta vastaava MMK Ukko Rummukainen ryhtyi suunnittelemaan asiaa koskevia tutkimuksia. Tehtävä annettiin allekirjoittaneelle, joka alkoi työn kasvukautena 1965. Kiitän MMK Rummukaista hyvästä yhteistyöstä.

MMT Aarne Ylimäelle lausun kiitokseni hänen toiminnastaan asiantuntijana patogeenien identifioinnissa. Vt. professori Annikki Linnasalmelle esitän parhaat kiitokseni hänen taitavasta ohjauksestaan kasvihuonekokeiden suorittamisessa ja työn kirjoitusvaiheessa.

Helsingissä 28. huhtikuuta 1969

Pauli Hanioja

JOHDANTO

Taimipolte (kaatumatauti, juuripolte, mustajuuri) on kollektiivinen kasvitauti, joka vaivaa ja tuhoaa hyvin monia niin puutarha- kuin luonnonkasvejakin näiden kehityksen alkuvaiheessa. Sen aiheuttajina on niinikään tavattu useita sienilajeja. Tautia esiintyy, ja lukuisia sitä koskevia tutkimuksia on tehty eri puolilla maailmaa. Suomessa on L i n n a s a l m i (1952) perusteellisesti selvitellyt sen tuhoja puutarhakasvien lasinalaisissa viljelmissä.

Taimipolte turmelee myös metsäpuiden taimitarhoja ja haittaa luontaistakin uudistumista. H a r t l e y (1921) esitti taudin ilmenevän puuntaimien eri kehitysvaiheissa seuraavasti: 1. itävässä siemenessä tai sirkkataimessa jo ennen tämän nousua maan pintaan, (maanalainen eli itutaimipolte), 2. pinnalle nousseiden sirkkataimien juurissa ja varsissa (maanpäällinen eli varsinainen taimipolte) ja 3. kehittyneenpien taimien juurten kärkiosissa (myöhäinen taimipolte). Nämä eri vaiheet sulautuvat toisiinsa. Tyypillinen taimipolte esiintyy taimien kehityksen varhaisvaiheessa itämisestä 4—6 viikon ikään. Varren puutuminen lisää vastustuskykyä niin, että suotuisasti kehittyneet taimet eivät enää yli 2 kk:n ikäisinä mainittavasti saastu (H a r t l e y 1918).

Maanalaista taimipoltetta voi käytännössä olla vaikea erottaa muista ennen taimettumista esiintyvistä tuhoista; se ilmenee vain taimettomina laikkuina kylvöksessä. Maanpäällisen muodon symptomit ovat sitävastoin hyvin selväpiirteiset. R o t h (1935) kuvaa niitä kuusen taimissa seuraavasti: Sirkkavarren alimmat osat värjäytyvät valkeiksi, keltaisiksi tai kellanruskeiksi välittömästi maan rajan yläpuolelta, ja taimet kaatuvat. Kaatuminen johtuu varren fysikaalisesta heikentymisestä, eikä veden kiertoon perustuvasta kuihtumisesta. Muutamassa päivässä taimet tuhoutuvat niin perusteellisesti, että niitä tuskin lainkaan näkyy. Ne »haihtuvat ilmaan» (engl. »damping-off»).

Tauti tuhoaa siis aluksi sirkkajuuren ja -varren alaosan, joka voi värjäytyä myös tummaksi, ruskeasta melkein mustaan. Varren ylempien osien ja sirkkalehtien vihreys kaatumisvaiheessa helpottaa taudin erottamista kuivuuden tuhoista, joihin se usein on sekoitettu (M i k o l a 1953).

Vain juuria vahingoittava myöhäinen taimipolte ei ole niin tuhoisa kuin aikaisemmin esiintyvä. Jo kehittyneempien taimien juuristot pystyvät suotuisissa oloissa regeneroitumaan, ja vain heikot taimet vahingoittuvat pysyvästi (Lindgren ja Henry 1949).

Taimipoltetta on havaittu miltei kaikkialla, missä puita viljellään. Sitä esiintyy epäilemättä myös luontaisen uudistumisen yhteydessä, vaikkakin tästä aiheesta on vain vähän tutkimuksia (Wilde ja White 1939, Duncan 1954). Tautia on tavattu niin monilla lehti- (Wright 1944) ja havupuilla (Neger ja Büttner 1907) eri maanosissa, että on aihetta otaksua kaikkien puulajien olevan sille alttiita. Kotimaisista arvopuistamme mänty on todettu kuusta huomattavasti alttiimmaksi (esim. Rummukainen 1963).

Taudin aiheuttajina on useimmiten mainittu *Pythium*- suku (*P. debaryanum* Hesse, *P. ultimun* Trow, *P. irregulare* Buis.), *Rhizoctonia* (*Corticium*) *solani* Kuhn, sekä *Fusarium*- lajeja. Edellisiä satunnaisemmin on mainittu mm. *Alternaria*-, *Botrytis*-, *Phoma*-, *Phytophthora* ja *Verticillium*- sukujen edustajia. Lajiluettelon kirjavuus (Hartley 1921, Rathbun-Gravatt 1931, Fisher 1941, Vaartaja ja Cram 1956) johtuu ilmeisesti siitä, että paikalliset ja kausiluontoisetkin tekijät voivat olla suotuisat milloin minkin sienilajin tai -kannan toiminnalle. Useimmat mainituista sienistä aiheuttavat myös muita kasvitauteja; toisaalta samankin lajin eri kantojen virulenssi vaihtelee suuresti.

Taimipoltteen esiintymiseen vaikuttavat samat klimaattiset, edafiset ja bioottiset ympäristötekijät kuin muihinkin eliömaailman ilmiöihin. Suhteellisen korkea lämpötila edistää tautia (Hartley 1921, Wrigth 1957), vaikka sitä voi esiintyä viileissäkin ilmasto-oloissa muiden tekijöiden ollessa suotuisat. Kosteus ja valon vähyys ovat samoin eduksi patogeeneille (Tint 1945 b, Vaartaja 1952); kuivassa maassa tautia ei esiinny. Maan happamuudella on selvä vaikutus: alhainen pH- aste estää patogeeneja, joten vahingot ovat suurimmat neutraaleissa ja alkaalisissa maissa (Roth 1935, Griffin 1958). Humuksen runsauden on havaittu rajoittavan tautia (White 1956), ja humuksen laadulla olevan tautiin monipuolinen, osaksi epäsuora vaikutus (Mikola 1952, Vaartaja 1952). Patogeeneillä ja muulla maaeliöstöllä on kompleksiset vuorosuhteet: ravinnosta kilpailua, antagonismia jne. Viljely- ym. voimakkaat toimenpiteet muuttavat maaeliöstön koostumusta ja vaikuttavat täten taudinaiheuttajiin myös epäsuorasti. Tällaiset sivu- ja jälkivaikutukset saattavat olla ko. toimenpiteen tarkoitusta vahvistavia tai päin vastoin. Niinpä maan desifiointia voi seurata patogeeneille antagonististen organismien, kuten *Trichoderma viriden* elpyminen (Weindling ja Fawcett 1934). Toisaalta esim. Gibson (1956) on havainnut eräiden kemiallisten käsittelyjen edistävän taimipoltesieniä tuhoamalla näiden antagonisteja. Taudin torjuntaa voidaan suorittaa

eri tavoin: viljelytoimenpiteillä, kylvösiemenen peittauksella ja maan desinfioinnilla tai vähemmän voimakkaalla käsittelyllä.

Viljelytoimenpiteisiin kuuluvat esim. aikainen kylvö, ennen sienille suotuisaa lämmintä kautta (T i n t 1945a, D i c k 1950), matalaan kylväminen (H a n s e n ja muut 1923) ja maan happamuuden hyväksikäyttö. Viime vuosina laajassa mitassa tapahtunut siirtyminen happamien turvealustojen käyttöön lienee huomattavasti vähentynyt taudin tuhoja kotimaisissa taimitarhoissamme.

Suosituimpia torjuntatoimenpiteitä on kylvösiemenen peittaus. Tähän käytettiin aikaisemmin raskaiden metallien suoloja, mutta nykyisin käytetään etupäässä orgaanisia peittausaineita, joiden vaikutus on pitempiaikainen ja vähemmän myrkyllinen kuin ensin mainittujen (V a a r t a j a ja W i l n e r 1956, V o l g e r 1959).

Kuumentamalla tai vesihöyryllä suoritettu maan desifiointi on työläs torjuntatapa, jolla on monitahoinen vaikutus sekä maan biologiaan että ravinnetilanteeseen (W a r c u p 1957). Desinfioinnissa käytetään myös haihtuvia kemikaleja, kuten formaliinia (E d w a r d s 1952), klooripikriiniä tai orgaanisia bromideja (P a r r i s 1958). Taimitarhamaa voidaan käsitellä myös fungisiideillä (G i b s o n 1955, 1956) tai antibiooteilla (V a a r t a j a 1957). Em. kemikalien vaikutus kohdistuu patogeenien ohella muuhunkin maaeliöstöön. Myös biologista taudin torjuntaa on kokeiltu, V o r o b e v a (1958) esittää männyn säilyvyyden taimipoltteelta lisääntyneen 70 %, kun siemen käsiteltiin taudinaiheuttajille antagonistisilla bakteerikannoilla.

Siemenen peittaus ei yksin riitä suojelemaan taimia taudilta, milloin olosuhteet, esim. kasvukauden sateisuus, ovat tälle kyllin suotuisat (R u m m u k a i n e n 1962). Toisaalta maan fysikaalinen tai kemiallinen käsittely ei riitä estämään peittaamattoman siemenen mukana tulevaa tartuntaa. Molempien tapojen yhdistäminen tarjoaa jo tehokkaamman suojan. Taimipoltteen kollektiivisesta luonteesta kuitenkin johtuu, että mikään tähän mennessä esitetty menetelmä ei ole yleispätevä taudin torjunnassa. Tutkimuksella on siis edelleen tehtävää niin taudin eri tekijöiden kuin sen torjunnankin selvittelyssä.

Omassa maassamme on taimipoltteesta metsäpuiden kohdalla tehty vain harvoja tutkimuksia (M i k o l a 1952, V a a r t a j a 1952), vaikka taudin merkitys lienee meillä suurempi kuin useimmissa muissa maissa. Toisenlaisissa luonnonoloissa suoritettujen tutkimusten tuloksia ei meillä taas useinkaan voida sellaisinaan soveltaa; ovathan esimerkiksi sienikannat täällä toiset kuin muualla.

TUTKIMUKSET

Kenttäkokeet

Aineisto ja menetelmät

Kenttäkokeet suoritettiin kesällä 1965 MTL:n Punkaharjun koeaseman taimitarhoissa, joissa aiemmin, etenkin sateisena kesänä 1962, oli esiintynyt runsaasti taimipoltetta (M i k o l a 1959, R u m m u k a i n e n 1962).

Kesäkuussa perustettiin neljä neliön muotoista 1 m²:n koealaa sellaisille taimitarhan lohkoille, joilla aikaisempina vuosina oli tavattu taimipoltetta. Kullekin näistä kylvettiin 18. 6. männyn ja kuusen siemeniä, kumpiakin 800 kpl kahteen kahden cm:n syvyiseen vakoon. Kylvöaloja kasteltiin päivittäin. Kuva 1 esittää koealojen sijainnin ja kuva 2 tutkimuskesän säähavainnot koeasemalta. Vertailun vuoksi on kuvaan otettu vastaavat tiedot myös vuodelta 1962.

Kesä -62 oli siis huomattavasti sateisempi kuin tutkimuskesä -65. Lämpötiloissa ei sensijaan esiinny mainittavia eroja. Kummankin kesän lämpösumma oli alle normaalin. Elokuussa mitattiin koealoilta otetuista näytteistä happamuus Beckman H2-potentiometrillä ja kosteus-sadannes punnitsemalla ne tuoreina ja 105 °C:ssa vakiopainoon kuivattuina. Nämä ja eräät muut näytealojen ominaisuudet esitetään taulukossa 1.

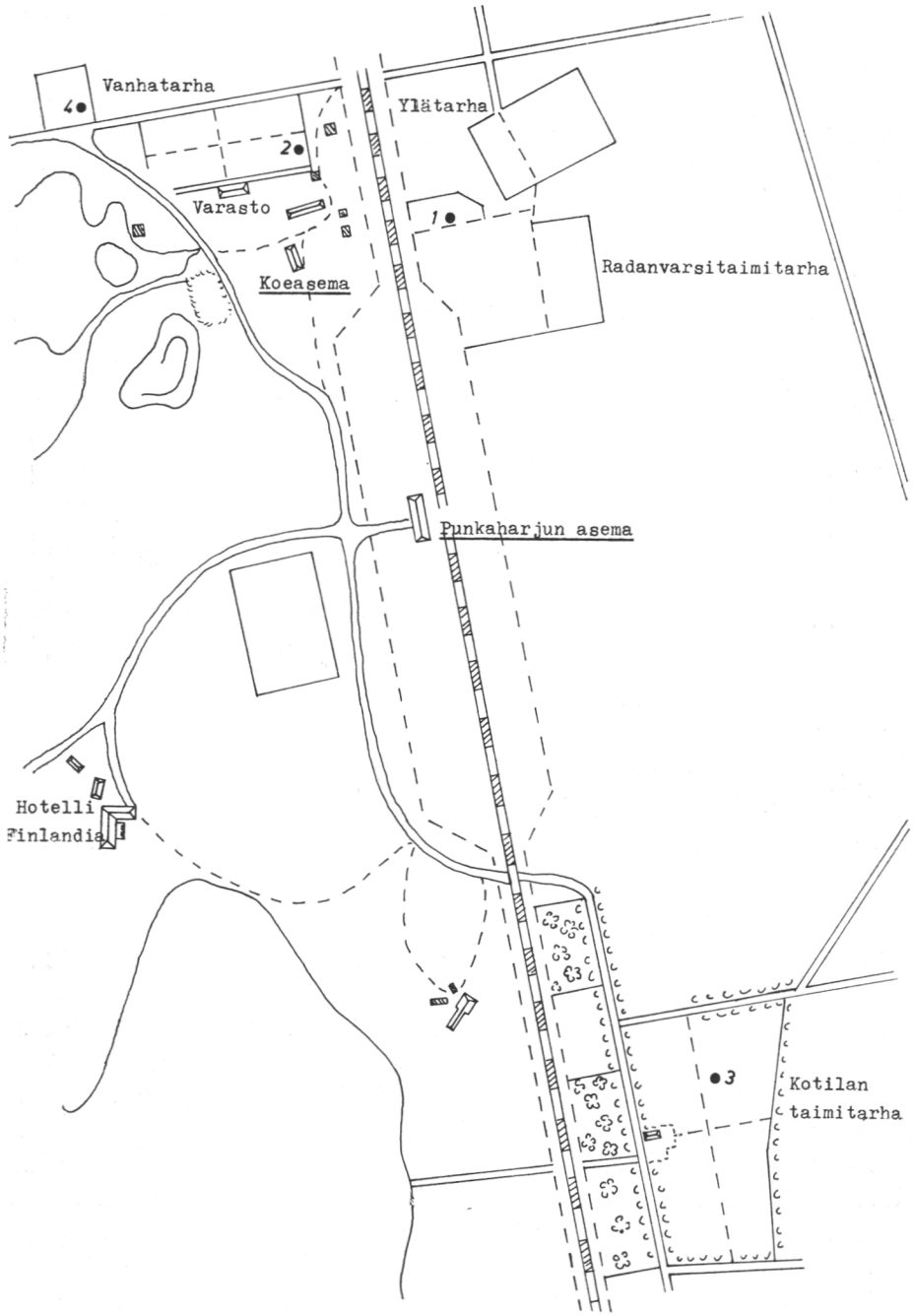
Koealojen happamuusasteet olivat suhteellisen korkeat, minkä pitäisi edistää taimipoltetta. Lukuunottamatta koealaa no. 4 ne kuitenkin olivat alhaisemmat kuin M i k o l a n (1959) suorittaman tutkimuksen aikaan. Kosteus oli poutien vuoksi verraten vähäinen, vaikka koealoja oli kylvön jälkeen päivittäin kasteltu.

Tulokset

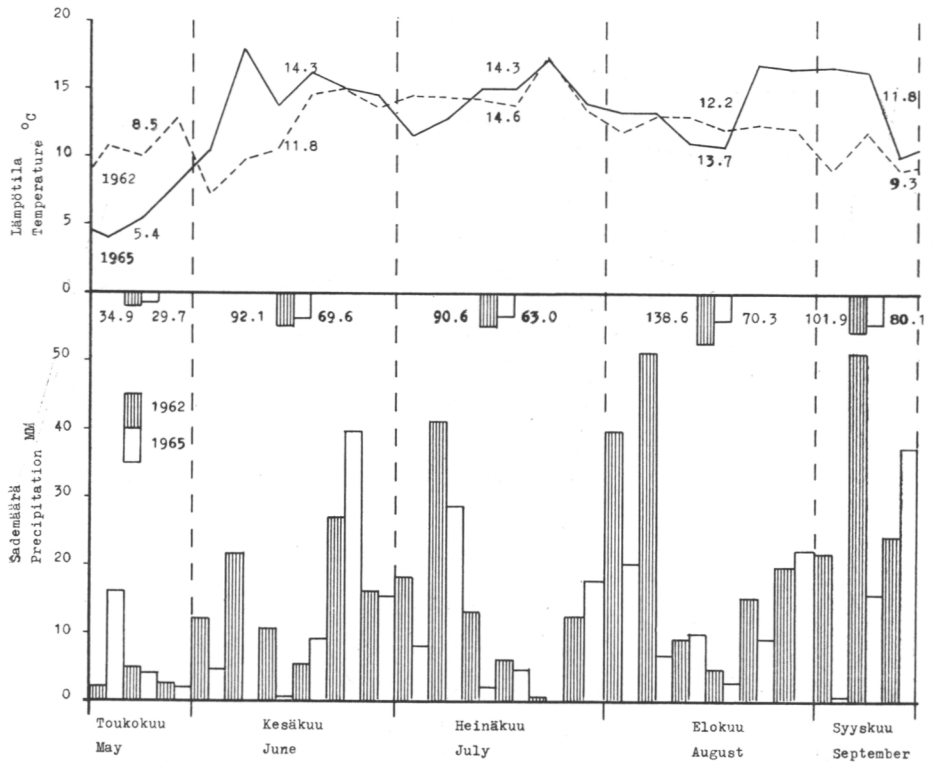
Ensimmäiset taimet ilmaantuivat maan pintaan 28. 6. koealoilla 1 ja 2 ja 4. 7. aloilla 3 ja 4. Ensimmäiset ilmeiset taimipoltetapaukset havaittiin 9. 7. koealalla 1, jolla 10:ssä männyntaimessa oli taimipoltteen symptomit. Seuraavina tarkastuskertoina (kolmen päivän välein) ilmeni vähitellen uusia tapauksia kaikilla koealoilla. Lukumäärät olivat suurimmillaan heinäkuun jälkipuoliskolla, taimien ollessa 3—4 viikon ikäiset (taulukko 2). Syyskuussa ei tautia enää tavattu.

Taulukko 1. Koealojen maa, happamuus ja kosteus 10. 8. 65.
Table 1. Soil properties, acidity and moisture of the experimental plots in 10. 8. 65.

Koeala no. *Plot No.*	Mineraalimaa *Mineral soil*	Humus *Humus*	pH *pH*	Kosteus % *Moisture*
1	hietainen moreeni — *Sandy moraine*	Hietamulta — *Sandy mull*	6.9	28
2	»	»	5.2	18
3	»	»	6.6	22
4	»	Savimulta — *Loamy mull*	7.2	24



Kuva 1. Koealojen sijainti.
Fig. 1. Situation of the experimental plots at Punkaharju area.



Kuva 2. Lämpötilat ja sateet Punkaharjulla kesinä 1962 ja 1965. Ylhäällä pentadien (käyrät) ja kuukausien (luvut) keskilämmöt. Keskellä kuukausien ja alhaalla pentadien sadesummat.

Fig. 2. Temperature and precipitation at Punkaharju in summers 1962 and 1965. Above, mean temperature of pentades (the curves) and that of months (in numbers). In the middle, precipitation of months, below, that of pentades.

Eniten tapauksia esiintyi koealalla 4, jolla myös humuksen pH-aste oli korkein.

Taudin kausivaihtelun tutkimiseksi kylvettiin 7. 7. uudet rivit edellisten viereen samalla tavoin kuin aikaisemmin. Uudet kokeet tärveltyivät kuitenkin ruudussa 1, ilmeisesti lähellä suoritettujen hormoniruiskutusten johdosta, ja ruudussa 2 lintujen revittyä taimia irti siemenkuoria nokkiessaan.

Ruudussa 3 havaittiin elokuun aikana 22 männyn ja 7 kuusen, ruudussa 4 taas 17 männyn ja 5 kuusen taimipoltetapausta. Aikaisempaan kylvöön verrattuna tautia siis esiintyi vähemmän. Koealaa 2 lukuunottamatta oli mänty kuusta jonkin verran alttiimpi taudille sekä vanhoissa että uusissa kylvöksissä. Tautitapausten prosenttimäärä kylvösiemenen kokonaismäärästä oli kuusentaimien kohdalla suurempi, 4 % ja männyntaimien kohdalla pienempi, 5 %, kuin R u m m u k a i s e n (1962) kylvöksissä (kuusi 2 %, mänty 32 %).

Taulukko 2. Taimipoltetapausten lukumäärät 18. 6. kylvetyillä männyn ja kuusen koealoilla. M = männyn, K = kuusentaimet.

Table 2. Number of damping-off cases on the experimental plots of pine and spruce sown 18. 6. M = pine seedlings, K = spruce seedlings.

Pvm.	Koeala no.							
	1		2		3		4	
	M	K	M	K	M	K	M	K
9. 7.	10	0	0	0	0	0	0	0
11. 7.	0	2	0	0	0	0	0	0
14. 7.	2	0	0	0	1	0	0	7
17. 7.	0	0	0	0	16	0	18	6
20. 7.	6	2	0	0	2	0	24	20
23. 7.	2	0	0	0	9	0	20	13
26. 7.	0	0	2	0	2	0	6	6
29. 7.	2	4	17	18	5	18	16	12
1. 8.	2	4	4	8	2	2	2	12
4. 8.	0	0	2	1	0	1	4	8
9. 8.	0	0	2	5	0	0	1	0
13. 8.	0	0	4	3	1	0	3	2
17. 8.	0	0	5	7	0	2	3	1
19. 8.	2	6	1	0	1	3	1	1
23. 8.	1	5	1	3	2	0	0	0
25. 8.	0	0	1	4	0	1	0	0
27. 8.	0	0	0	0	1	0	0	0
15. 9.	0	0	0	0	0	0	0	0
Yhteensä	27	23	39	49	42	27	98	83
% kylvösiemenestä	3.4	2.9	4.9	6.1	5.3	3.4	12.3	10.4

Taimipoltteen tuhoista tehtiin myös muuan satunnainen havainto. Kesäkuun ensi päivinä oli koealasta 2 noin 50 m etelään rajoittuva taimitarha kylvetty koneella. Tällöin oli penkalle käytävien risteykseen joutunut, ehkä konetta puhdistettaessa, kolmisen sataa männyn siementä pienelle, noin 12 dm^2:n alalle. Ensimmäiset taimet olivat nousseet pinnalle arviolta kuun puolivälissä. Tapaus havaittiin 5. 7. Silloin oli paikalla tyypillisesti taimipoltteen johdosta kaatuneita ja kuolleita taimia 201 kpl, eläviä 77 kpl. 9. 7. oli pystyssä enää 67 tainta, jotka jäivätkin lopullisesti eloon. Tuho oli näin ollen n. 76 %:nen. Mainittu havainto ja tautitapausten vähemmyys myöhemmissä kylvöksissä viittaisi siihen, että olosuhteet taimipoltteen kehittymiselle olivat suotuisammat alkukesällä kuin myöhemmin. Toisin sanoen ne lienevät olleet suotuisimmillaan juuri silloin, kun metsissämme on paras taimettumisen aika (L e h t o 1956). Loppukesällä kuivuus ilmeisesti haittasi taudinaiheuttajia, syksyllä taas varren puutuminen lisäsi taimien resistenssiä.

Syyskesällä, 9. 8., käytiin MMT J a a k k o L e h d o n kanssa hänen Ruotsinkylän kokeilualueella sijaitsevalla männyn taimettumiskoealallaan. Täällä oli yhteensä sadalta kivennäismaa- ja kulolaikulta lasketuista 58:sta sen kesän taimesta vain kahdella taimipoltteeseen viittaavia symptomeja.

Tapausten vähyyteen saattoi olla syynä myöhäinen ajankohta; varsinaisella taimettumiskaudella ehkä esiintyneet tapaukset olivat jo ehtineet täysin hävitä näkyvistä.

Laboratoriotutkimukset

Taimia, joissa oli taimipoltteen symptonit, vietiin tutkittaviksi MTL:n suontutkimusosaston laboratorioon Helsinkiin. Kuljetus tapahtui steriloiduissa koeputkissa, joissa oli vanutulppa ja pohjalla vanutuppo. Tuppo kostutettiin steriloidulla vedellä ennen kuin taimi pantiin aseptisesti putkeen pinseteillä, mitkä oli steriloitu alkoholilla ja tämä pois polttamalla. Näin varmistettiin sienille riittävä kosteus kuljetuksen aikana. Menettely osoittautui hyväksi; kun taimia joskus jouduttiin säilyttämään 3—4 vrk:n ajan, saattoi rihmasto kasvaa muutaman mm:n läpimittaiseksi »turkiksi» nekroosin ulkopuolelle. Laboratoriossa taimista leikattiin pois juuret ja latva. Jäljelle jääneen varren pinta steriloitiin 0.5 % $HgCl_2$:lla ja 50 % etanolilla. Varret huuhdeltiin steriloidussa vedessä ja niistä leikattiin aseptisesti kaksi palaa, toinen juurenniskassa olevan nekroosin keskeltä pari mm nekroosin alarajan alapuolelle, toinen vastaavasti nekroosin yläpuolelle ulottuva. Palat asetettiin Hagem- agarille petrimaljoihin. Huoneenlämmössä (20—22°C) paloista seuraavina päivinä kasvoi esiin sieniä, mitkä siirrettiin Hagem-agarvinopinnoille.

Viljelmien puhtauden tarkistuksen jälkeen pyrittiin eristetyt sienikannat identifioimaan. Henricin preparaateissa Czapekin agarilla kasvatetuista viljelmistä saatiinkin useimmissa tapauksissa suku määritetyksi (taulukko 3).

Isolaateista oli n. 78 % *Fusariumeja*. Muut sienikannat esiintyivät useimmiten isäntäkasvissa *Fusariumin* ohella, todennäköisesti sekundaarisina kasvustoina.

Taulukko 3. Taimipoltteisista männyn ja kuusen taimista eristetyt sienet.
Table 3. The fungi isolated from damped-off seedlings of pine and spruce.

Isäntäkasvi — *Host plant*	Näytteiden lukumäärä *Number of samples*	Sienisuku *Fungal genus*	Isolaattien lukumäärä *Number of isolates*
Mänty — *Pine*	32	*Fusarium*	30
		Penicillium	4
		Trichoderma	3
Kuusi — *Spruce*	28	*Fusarium*	27
		Mucor	3
		Penicillium	2
		Trichoderma	2
		Identifioimaton	2

Tarkoituksena oli jatkaa tutkimuksia steriilisti kasvatettujen taimien saastutuskokeilla. Vasta kun ko. sienikannoilla saataisiin tauti aiheutetuksi ja sienet uudelleen eristetyiksi, näitä voitaisiin varmuudella pitää taudin aiheuttajina (KOCHin postulaatit). Rahoituksen loppuminen esti kuitenkin tuolloin työn jatkamisen.

Ajoittaisilla siirrostuksilla uusille vinopinnoille saatiin kuitenkin säilymään kaksi *Fusarium*-isolaattia *Fx* ja *F4*, jotka edustavat kesällä -65 useimmin eristettyjä sienikantoja ja siten todennäköisimpiä taimipoltteen aiheuttajia. Kanta *Fx* eristettiin taudin aikaisemmin mainitun satunnaisesiintymän männyntaimista, *F4* taas oli tavallisin koeruutujen taimista eristetty kanta.

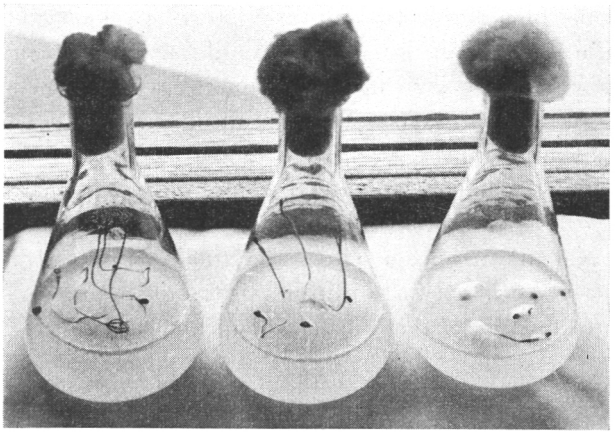
Saastutuskokeet

Vasta keväällä -68 tuli tilaisuus työn jatkamiseen. 9. 4. steriloitiin saastutuskokeissa käytettyjen siementen pinta 0.5 % $HgCl_2$-liuoksella. Siemenet huuhdeltiin steriloidulla vedellä kahteen kertaan ja siirrettiin aseptisesti Hagem-agarille itämään. Samalla saatiin tarkistetuksi oliko pintasterilointi onnistunut, koska Hagem-agar on etenkin sienille suotuisa kasvualusta. Kullekin maljalle asetettiin 20 kpl männyn tai kuusen siemeniä. Maljat säilytettiin huoneenlämmössä.

Ensimmäiset idut ilmaantuivat viikon kuluttua, 16. 4. Lähimpinä päivinä siirrettiin kontaminaatioista vapaita ituja »TP»-agarille, jonka koostumus on seuraava: 0.25 g KH_2PO_4, 0.025 g $CaCl_2$, 0.012 g NaCl, 0.07 g $MgSO_4 \cdot 7 H_2O$, 0.1 g NH_4NO_3, 12 g agaria ja 1 000 ml vesijohtovettä (Vaarta ja ja Cram 1956). Ennen itujen siirtämistä agarille oli siirrostettu n. 3 × 3 mm:n laajuisia kappaleita tuoreista *Fusarium*viljelmistä Hagem-agarilta, yksi kappale kuhunkin viljelyastiaan. Astioina oli 4 kpl 150 ml:n erlenmeyerpulloja sekä 20 kpl väljiä koeputkia. Pulloihin siirrettiin 5 kpl joko männyn tai kuusen ituja ja putkiin 2 kpl kuhunkin. Täten kumpaakin sienikantaa kohden tuli 15 kummankin puulajin itua 6:ssa astiassa. Viljelmät inkuboitiin huoneenlämmössä.

»TP»-agarilla sienikasvustot levisivät keskeltä sivuille päin niin ohuina ja pinnanmyötäisinä, että ne vain vaivoin erottuivat paljain silmin. Infektoimissaan taimissa ne kuitenkin rehevöityivät muodostaen runsaasti aeriaalihyyfejä (kuva 3).

Ensimmäiset aeriaalihyyfit näkyivät selvästi jo viikon kuluttua itujen siirrosta siihen mennessä kehittyneissä männyn sirkkataimissa (sienikanta *Fx*). Kahden viikon kuluttua, 30. 4. suurin osa sirkkataimista oli infektoitunut. Osa niistä oli kaatunut ja täysin rihmaston peitossa. 8. 5. olivat kaikki männyn sirkkataimet kuolleet.



Kuva 3. Saastutuskokeen eri vaiheita. Vasemmalta lukien kanta Fx kuusen-, F4 ja Fx männyntaimissa. Valok. Lalli Laine.

Fig. 3. Different stages of infection experiment. From left, strain Fx in spruce, strains Fx and F4 in pine seedings.

Kuusen taimet olivat siis kokeessa männyn taimia hieman resistentimmät.

Sienikannat eristettiin infektoituneista taimista uudelleen Hagem-agarille. Ne todettiin Henricin preparaateista puhtaiksi ja alkuperäisten kantojen kanssa identtisiksi.

Sienten morfologiasta Hagem-agarviljelmissä tehtiin seuraavat havainnot.

Kanta Fx: Myseeli valkoinen, runsas, hyyfien läpimitta 2—4 μ. Stroma kellanruskea. Mikrokonidiot 1-soluisia, soikeita, 6 × 11 (3—9 × 7—15) μ. Makrokonidiot vähän tai ei lainkaan käyristyneitä, väliseiniä 1—7, tavallisesti 1—2, koko 4—7 × 25—60 μ. Klamydosporit pyöreitä, yksittäin tai pareina, 8—12 μ.

Kanta F4: Myseeli valkea, niukahko, hyyfien läpimitta 2—3 (2—5) μ. Stroma karmiininpunaisesta marjapuuron väriseen. Mikrokonidiot 1-solui-

Taulukko 4. Männyn ja kuusen sirkkataimien saastutuskoe sienikannoilla Fx ja F4.
Table 4. Pathogenity of Fusarium strains F4 and Fx to pine and spruce seedlings.

Sienikanta *Strain*	Taimilaji *Seedling species*	Tuhoutuneita taimia kpl *Infected seedlings*				Resistenttejä taimia kpl *Resistant seedlings*
		Viikkoja siirrostuksesta *Weeks from inoculation*				
		2	3	4	6	
Fx	Mänty — *Pine*	9	15	15	15	0
	Kuusi — *Spruce*	6	11	14	14	1
F4	Mänty — *Pine*	8	15	15	15	0
	Kuusi — *Spruce*	6	10	12	12	3

sia, vaihtelevan muotoisia, 5—8 (2.5—8 × 4—13) μ. Makrokonidiot melkein värittömiä, selvästi käyristyneitä. Väliseiniä 3—7, tavallisesti 5, erottuvat heikosti, koko 3—5 × 20—65 μ. Klamydosporit pyöreitä, ruskeita, karkeaseinäisiä, yksittäin tai pareina, 5—8 μ.

Molemmat sienikannat osoittautuivat lopullisessa identifioinnissa saman lajin *Fusarium oxysporum* Gordon eri muodoiksi. (G o r d o n 1952).

Niukan aineiston, sekalaisen astiaston ja laboratorion epätasaisen valaistuksen vuoksi edellä selostettu saastutuskoe katsottiin vain esikokeeksi, jonka tulokset vaativat varmistusta suuremmilla koesarjoilla ja tasaisemmissa koeolosuhteissa.

Kasvihuonekokeet

Menetelmät

Kokeet suoritettiin loka—helmikuussa 1968—69 Yliopiston kasvipatologian laitoksen kasvihuoneessa Viikissä. Tarkoituksena oli varmistaa esikokeiden vähäisellä aineistolla saadut tulokset em. *Fusarium*kantojen patogeenisuudesta ja toisaalta tutkia männyn eri-ikäisten sirkkataimien resistenssiä taimipoltetta vastaan.

Männyn siemenet pintasteriloitiin ja idätettiin agarmaljoilla kuten esikokeissa. Kumpaakin sienikantaa varten erikseen siirrettiin 200 kpl saastumattomaksi todettuja siemeniä UV-steriloidussa kopissa pinseteillä aseptisesti yksittäin isoihin (2.5 × 22 cm) koeputkiin, joissa oli 25 ml »TP»-agaria.

Viikkoa ennen isoihin putkiin siirrostamista sienet siirrostettiin vinopintaviljelmistä Difcon peruna-dekstroosiagarille petrimaljoihin. Maljan keskelle inokuloitiin kappale viljelmää, josta kasvusto viikon kuluessa levisi kautta maljan. Näin saatua tuoretta viljelmää siirrostettiin UV-valolla steriloidussa kopissa 4 mm:n läpimittaisella korkkiporalla saman suuruinen agarkiekko kuhunkin isoon putkeen. Ennen siirrostusta korkkiporan hylsy steriloitiin kastamalla alkoholiin ja polttamalla tämä pois. Kumpaakin sienikantaa erikseen siirrostettiin maljan reunaosista 50:een putkeen kerrallaan, johon riitti yksi maljaviljelmä. Ensimmäiset erät siirrostettiin yhtä aikaa männyn siementen kanssa. Seuraavat kaksi erää siirrostettiin kahden viikon välein, joten toista erää siirrostettaessa taimet olivat kahden viikon ja kolmatta erää siirrostettaessa neljän viikon ikäisiä. Neljäs 50:n taimen erä jätettiin siirrostamatta vertailusarjaksi. Putkien alapäähän käärittiin agarin pinnan korkeudelle ulottuva tumma muovikelmu suojamaan juuria valolta. Kosteuden haihtumista estettiin peittämällä vanutulpat muovikelmulla.

Putket asetettiin 50 kpl käsittäviin 120 cm:n pituisiin puisiin telineisiin, jotka sopivasti mahtuivat tasaisen valaistuksen alueelle. 4 000:n luxin loistelamppuvalaistus säädettiin kellolaitteella 14 tunnin fotoperiodiksi. Kasvihuoneen lämpötila vaihteli kokeen aikana 12—29°C ja ilman kosteus 35—43 %.

Tulokset

Männyntaimet lehittyivät normaalisti siihen saakka, kunnes niissä alkoi esiintyä taimipoltteen symptomeja. Näitä ilmaantui useimmissa tapauksissa 2—3 viikon kuluttua sienten siirrostuksesta. Putkien seinät estivät kuitenkin taimia kaatumasta taudille tyypilliseen tapaan. Sienirihmastot kasvoivat juurenniskasta ylöspäin peittäen koko taimen parin viikon kuluessa. Ensiksi siirrostetuissa putkissa tuhoutuminen tapahtui jo ituasteella, joten niiden kohdalla oli kysymyksessä itutaimipolte. Viljelmät tarkastettiin kerran viikossa. Tulokset ilmenevät taulukosta 5.

Kummankin sienikannan aiheuttama tuho oli perusteellisempaa itujen kuin taimien kohdalla. *Fx* tuhosi idut totaalisti, kahden viikon iässä inokuloiduista taimista 95 %, neljän viikon taimista 90 %. *F4*:n aiheuttamat tuhot olivat vastaavasti 96, 80 ja 18 %. Jälkimmäiseen sienikantaan nähden taimien ikä siis lisäsi niiden resistenssiä merkitsevästi. Kumpikin sienikanta oli erittäin virulentti itutaimipoltteen aiheuttaja.

Varsinaisen taimipoltteen aiheuttajana *Fx* näyttää selvästi virulentimmalta kuin *F4*. Tulokseen on kuitenkin jossain määrin voinut vaikuttaa viivytys *F4*-koesarjan alussa. Tätä sarjaa varten itämään pannut 200 männynsiementä jäivät nimittäin ensimmäisellä kerralla itämättä, ehkäpä pintasteriloinnin voimakkuudesta johtuen. Ensimmäisen siemenerän itämisen odotus ja toisen idätys viivästyttivät kokeen alkamista kolme viikkoa,

Taulukko 5. Eri-ikäisten, steriilisti kasvatettujen männyntaimien resistenssi *Fusarium oxysporum*- sienikannoille *Fx* ja *F4*.

Table 5. Pathogenity of F. oxysporum strains Fx and F4 to pine germs and seedlings inoculated in different ages.

Sienikanta *Strain*	Taimien ikä inokuloitaessa *Age of seedlings when inoculated, in weeks*	Viikkoja inokuloinnista ja saastuneiden taimien lukumäärä *Infected seedlings Weeks from inoculation*						Saastumattomien taimien lukumäärä *Resistant seedlings*
		2	3	4	6	8	12	
Fx	0 viikkoa — *weeks*	28	35	45	50	50	50	0
»	2 » — »	47	47	47	47	47	47	3
»	4 » — »	39	45	45	45	45	45	5
F4	0 » — »	25	37	48	48	48	48	2
»	2 » — »	36	40	40	40	40	40	10
»	4 » — »	5	7	9	9	9	9	41

jona aikana agarin yläpinta putkissa jonkin verran kuivui. Kenties tästä kosteuden erosta johtuen Fx kasvoi putkissa hitaammin kuin F4. Jälkimmäinen kasvoi noin viikossa yli koko agarpinnan, mihin Fx:ltä kului noin kymmenen vrk.

Kummankin sienikannan kohdalla infektoituneiden taimien lukumäärä saavutti huippunsa taimien tultua neljän viikon ikään. Tämä pitää yhtä aikaisempien tutkimustulosten kanssa, joiden mukaan tyypillinen taimipolte esiintyy kasvien kehitysvaiheessa itämisestä 4—6 viikon ikään (esim. H a r t l e y 1918, R u m m u k a i n e n 1962).

Kasvihuonekokeet vahvistivat esikokeista saadun käsityksen, että molemmat sienikannat olivat voimakkaita patogeeneja.

PÄÄTELMIÄ

Tutkimukset rajoittuivat paikallisesti metsäntutkimuslaitoksen Punkaharjun taimitarhoihin, jotka sijaitsevat n. 50 ha:n laajuisella alalla. Ajallisesti kenttätutkimukset käsittivät vain yhden kasvukauden, joka säiden puolesta ilmeisestikään ei ollut erityisen suotuisa taimipoltteen esiintymiselle. Paikallisen ja ajallisen rajoittuneisuuden vuoksi tuloksia on tulkittava varovasti. Yhdenkin taudille suotuisan kasvukauden lisätutkimukset olisivat paljon auttaneet tulosten tulkintaa.

Em. rajoitukset huomioon ottaenkin voi tuntua yllättävältä, ettei tutkimuksessa tavattu muita tunnettuja taimipoltetta aiheuttavia sienisukuja kuin *Fusarium*. L i n n a s a l m e n (1952) koko maan käsittävässä monivuotisessa tutkimuksessa esiintyivät suvut *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Alternaria*, *Stemphylium* ja *Fusarium*. Linnasalmen työ oli tosin sikälikin laaja, että se käsitti useita sekä vihannes- että koristekasvilajeja.

Metsäpuiden taimipoltteen yhteydessä on esitetty kaikki em. sienisuvut ja useita muitakin. Eri puolilla maailmaa on mainittu milloin mikin suku tai laji pahimmaksi taudin aiheuttajaksi. *Fusarium*ienkin kohdalla tiedot vaihtelevat. Esim. V a a r t a j a n ja C r a m i n (1956) tutkimuksessa niiden patogeenisuus Kanadassa osoittautui vähäiseksi *Rhizoctonia*- ja *Pythium*lajeihin verrattuna, vaikka *Fusarium* olikin vallitseva suku sairaista taimista saatujen sieni-isolaattien joukossa; yleisin laji oli *F. oxysporum*. H o c k i n g i n (1968) mukaan taas männyn taimipoltteen aiheuttajista Itä-Afrikan taimitarhoissa 64 % oli *Fusarium*eja. M a t u o n ja C h i b a n (1965) mukaan *Fusariumit* ovat samoin tärkeimpiä havupuiden taimipoltesieniä Japanin taimitarhoissa, joissa *F. oxysporum* oli vallitseva laji. Sama laji on havaittu vallitsevaksi myös Tsekkoslovakiassa (K u b i k o v a 1968) sekä lehti- että havupuiden taimien juuristoissa ja siementen pinnalla.

*Fusarium*lajit näyttävät olevan yleisiä kaikkialla maailmassa puunsiementen ja -taimien yhteydessä. Niiden patogeenisuus ilmeisesti vaihtelee sienikannan ja ulkoisten tekijöiden mukaan.

TIIVISTELMÄ

1. Kenttäkokeet tehtiin kesällä 1965 MTL:n Punkaharjun koeaseman taimitarhoissa. Neljälle 1 m²:n koeruudulle (kuva 1 ja taulukko 1) kylvettiin kesäkuun lopulla männyn ja kuusen siemeniä, 800 kpl kumpiakin. Taimipoltetta ilmaantui kaikille koealoille, eniten alalle 4, jonka humuksen pH oli korkein (taulukko 2).
Heinäkuun alkupuolella tehdyissä uusissa kylvöksissä tautia esiintyi vähemmän kuin edellisissä.
Tautitapaukset olivat lukuisimmillaan taimien ollessa 3—4 viikon ikäiset. Tapausten prosenttimäärä kylvösiemenen kokonaismäärästä oli männyntaimien kohdalla 5 % ja kuusentaimien kohdalla 4 %.

2. Laboratoriotutkimukset suoritettiin samana kesänä ja keväällä 1968 MTL:n suontutkimusosaston laboratoriossa. Sairaista kasveista saaduissa isolaateissa esiintyi tunnetuista taimipoltesienistä vain *Fusarium*eja (taulukko 3). Eristetyt kaksi yleisintä kantaa *Fx* ja *F4* osoittautuivat saastutuskokeissa patogeenisiksi sekä männyn että kuusen taimille (Taulukko 4). Kannat määritettiin eri muodoiksi lajista *Fusarium oxysporum* Gordon.

3. Kasvihuonekokeet tehtiin talvella 1968—69 Helsingin yliopiston kasvipatologian laitoksen kasvihuoneessa Viikissä. *Fusarium oxysporum*-kannat *Fx* ja *F4* osoittautuivat kumpikin erittäin voimakkaiksi männyn itutaimipoltteen aiheuttajiksi. Myös varsinaisen taimipoltteen kohdalla *Fx* oli voimakas patogeeni, *F4* jonkin verran heikompi, varsinkin neljän viikon vanhoina saastutetuille männyntaimille. *Fx*-kanta tuhosi 0, 2 ja 4 viikon ikäisinä sastutetuista taimista 100, 94 ja 90 prosenttia, *F4* vastaavasti 96, 80 ja 18 prosenttia (taulukko 5).

KIRJALLISUUTTA — REFERENCES

Dick, C. R. 1950. Miscellaneous note »Damping off» in France. Scot. For. 4, 7.

Duncan, D. P. 1954. A study of some of the factors affecting the natural regeneration of Tamarack (*Larix laricina*) in Minnesota. Ecology 35, 498—521.

Edwards, M. V. 1952. The effects of partial soil sterilization with formalin on the raising of Sitka spruce and other conifer seedlings. For. Comm. For. Res. 16.

Fisher, P. L. 1941. Germination reduction and radicle decay of conifers caused by certain fungi. J. Agric. Rec. 62, 87—95.

Gibson, I. A. S. 1955. Trials of fungicides for the control of damping-eff in pine seedlings. E. Afr. Agric. J. 20, 96—102. Ref. Rev. Appl. Mycol. 1956, 798.

—»— 1956. Trials of fungicides for the control of damping-off in pine seedlings. II. Field trials. E. Afr. Agric.J. 21, 165—166. Ref. For. Abstr. 17, No. 3873.

Gordon, W. L. 1952. The occurrence of Fusarium species in Canada. Can. Jour. Bot. 30, 209—51.

Griffin, D. M. 1958. Influence of pH on the incidence of Damping-off. Trans. Brit. Mycol. Soc. 41, 463—490.

Hansen, T. S. et. al, 1923. A study of the damping-off disease of coniferous seedlings. Minn. Agri. Exp. Sta. Tech. Bull. 15.

Hartley, C. 1921. Damping-off in forest nurseries, U.S. Dep. Agric. Bull. 934.

Hartley, C., Merrill, T. C. and Rhoads, A. S. 1918. Seedling diseases of conifers. J. Agric. Res. 15, 521—538.

Hocking, D. 1968. Fungi associated with damped-off and healthy Pine seedlings and with seed in East African Pine nurseries. Trans. Brit. Mycol. Soc. 51, 221—26.

Kubikova, J. 1968. Fusarium oxysporum — a dominant fungus species on the root surface of woody plant seedlings. Plant & Soil 28, 306—12.

Lehto, J. 1956. Tutkimuksia männyn luontaisesta uudistumisesta Etelä-Suomen kangasmailla. Acta For. Fenn. 1—106.

Lindgren, R. M. and Henry, B. W., 1949. Promising treatments for controlling root disease and weeds in a southern pine nursery. Plant Dis. Reptr. 33, 228—231.

Linnasalmi, A. 1952. Damping-off on herbaceous vegetables and ornamental plants grown under glass in Finland. Ann. Bot. Soc. »Vanamo», 26, N:o 1.

Matuo, T. and Chiba, O. 1965. Species and formae speciales of Fusarium causing damping-off and root rot of coniferous seedlings in Japan. Ann. Phytopath. Soc. Jap. Tokyo 30, 237.

Mikola, P. 1952. Effect of forest humus on parasitic fungi causing damping-off disease of coniferous seedlings. Phytopathology 42, 202—203.

—»— 1953. Taimipolte eli kaatumatauti metsätaimitarhoissa. Metsätal. Aikakausl. 6, 195—196.

Mikola, P. 1957. Tutkimuksia taimitarhamaasta ja sen vaikutuksesta taimien kehitykseen. Comm. Inst. For. Fenn. 49, 1—74.

Neger, F. W. und Büttner, G. 1907. Ueber Erfahrungen mit der Kultur fremdlandischer Koniferen im akademischen Forstgarten zu Tharandt. Naturwiss. Ztschr. f. Land- u. Forstwirtsch., 5, 204—210. Ref. Peace 1962.

Parris, G. K. 1958. Soil fumigants and their use: a summary. Plant Dis. Reptr. 42, 273—278.

Peace, T. R. 1962. Pathology of trees and shrubs. Oxford. 723 pp.

Rathbun-Gravatt, A. 1931. Germination loss of coniferous seeds due to parasites. J. Agric. Res. 42, 71—92.

Roth, C. 1935. Untersuchungen über den Wurzelbrand der Ficse. Phytopath. Z. 8, 1—110.

Rummukainen, U. 1962. Havaintoja taimipoltteen esiintymisestä kesällä 1962. Metsälehti N:o 43.

1963. Trapex-kokeita taimitarhassa. Metsälehti N:o 42.

Tint, H. 1945 a. Studies in the Fusarium damping-off on conifers. II. Relation of age of host, pH, and some nutritional factors to the pathogenity of Fusarium. Phytopathology 35, 421—457.

Tint, H. 1945 b. Studies in the Fusarium damping-off of conifers. III. Relation of temperature and sunlight to the pathogenity of Fusarium. Ibid., 498—510.

Vaartaja, O. 1952. Forest humus quality and light conditions as factors influencing damping-off. Phytopathology 42, 501—506.

—»— 1957. Damping-off control by antibiotic plant substances. Bi- m. Progr. Rep. Div. For. Biol. Dep. Agric. Can. 13, 2, 2. Ref. Rev. Appl. Mycol. 1957, 798.

—»— and Cram, W. H. 1956. Damping-off pathogens of conifers and of Caragana in Sascatchewan. Phytopathology 46, 391—397.

—»— and Wilner, J. 1956. Field tests with fungicides to control damping-off Scots pine. Can. J. Agric. Sci. 36, 14—18.

Volger, Chr. 1959. Versuche über Abwehr und bekämpfung von Keimlinsmykosen and Koniferen. Forstarchiv. 30, 39—34.

Vorobeva, Yu. V. 1958. Microbiological methods of controlling rotting in germinating seeds and wilting and damping-off in Scots pine seedlings. Sborn. Rabot. Lesn. Hoz. Vresojuz. Nauc.-Issled. Inst. Lesoved 37, 123—42, Ref. For. Absrt. 28, 103.

Warcup, J. H. 1957. Chemical and biological aspects of soil sterilization. Soils & Fertil. 20, 1—5.

Weindling, R. and Fawcett, H. S. 1934. Experiments in biological control of Rhizoctonia damping-off. Phytopathology 14, 1142.

White, L. T. 1946. Biological control of seedling diseases. For. Chron. 32, 49—52.

Wilde, S. A. and White, D. P. 1939. Damping-off as a factor in the natural distribution of pine species. Phytopathology 29, 367—369.

Wright, E. 1944. Damping-off in broadleaf nurseries of the Great plains region. J. Agric. Res. 69, 77—94.

Wright, E. 1957. Influence of temperature and moisture on damping-off of American and Sibirian elm, Black locust, and Desert Willow. Phytopathology 47, 658—662.

SUMMARY

The field experiments were carried out in the nurseries of FRI at Punkaharju experimental station in summer 1965. These nurseries are well-known for frequent emergence of damping-off in previous years, that of the rainy summer 1965 (Fig. 2) having been a particularly heavy one.

At the end of June, 800 seeds of both Scots pine and spruce were sown in each of four 1 m^2 squares (Fig. 1 and Table 1). Cases of damping-off emerged on each square, most numerously on No. 4, where pH of the humus was the highest one (Table 2). In later sowings made at the beginning of July, there was less damping-off than in the earlier ones.

The incidencies were most numerous when the age of the seedlings was 3—4 weeks. Case percentage of the total number of seed was 5 % on pine and 4 % on spruce seedlings.

The laboratory studies were made in summer 1965, and in spring 1968. The fungal isolates from the diseased plants comprised about the known damping-off fungi, only those of genus *Fusarium* (Table 3). The two most frequently isolated strains, *Fx* and *F4* proved pathogenic to both pine and spruce seedlings (Table 4). Both strains were identified to different forms of *Fusarium oxysporum* Gordon.

The greenhouse experiments were performed in winter 1968—69. The both *Fusarium oxysporum* strains *Fx* and *F4* proved very strong in causing damping-off of pine germs. *Fx* proved to be a strong pathogen also as to damping-off proper; *F4* was somewhat weaker, particularly on the seedlings infected four weeks old. Strain *Fx* destroyed 100, 94, and 90 per cent of the seedlings infected at the age of 0, 2, and 4 weeks, strain *F4* destroyed 96, 80, and 18 per cent, respectively (Table 5).