METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
JULKAISUJA

COMMUNICATIONES
INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

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

50

HELSINKI 1960

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
JULKAISUJA

COMMUNICATIONES
INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

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

50

HELSINKI 1960

COMMUNICATIONES

INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

50

50.1 Juutinen, Paavo, 1958. Tutkimuksia metsätuhojen, etenkin hyönteisvaurioiden merkityksestä Pohjois-Suomen kuusikoissa. *Referat:* Untersuchungen über die Bedeutung der Waldverheerungen, insbesondere der Insektenschädigungen, in den Fichtenbeständen Nordfinnlands ..... 1—92

50.2 Aro, Paavo, Korpela, Tapio ja Nisula, Pentti, 1958. Tutkimuksia kuusiohutpuun ja koivupaperipuun kuorimishäviöstä. *Deutsches Referat:* Untersuchungen über den Entrindungsverlust bei Fichtendünnholz und Birkenzellstoffholz ..... 1—29

50.3 Korpela, Tapio, 1958. Halkojen pino- ja kiintomitasta ennen ja jälkeen pilkkomisen. *Deutsches Referat:* Über das Raum- und Festmass des Brennholzes vor und nach dem Zerkleinern ..... 1—13

50.4 Paarlahti, Kimmo ja Vartiovaara, Unto, 1958. Havaintoja luonnontilaisten ja metsäojitettujen soiden pieneliöstöistä. *Summary in English:* Observations concerning the microbial populations in virgin and drained bogs ..... 1—38

50.5 Huikari, Olavi, 1958. Metsäojituksen koneellistamisesta. *Deutsches Referat:* Über die Mechanisierung der Waldentwässerung .. 1—93

50.6 Heiskanen, Veijo, 1959. Mittavähennykset mäntysahatukkien mittauksessa. *Summary in English:* Deductions for defects in connection with the scaling of pine sawlogs ..... 1—32

50.7 —»— 1959. Halkaistun, aisatun ja kuorellisen koivupinotavaran kuivuminen ja säilyminen metsävarastossa. *Summary ii English:* Drying and storage decays of forest-stored split, strip-barked, and unbarked birch corwood ..... 1—63

50.8 Aro, Paavo, 1958. Pohjois-Suomen 2 m kuusi- ja mäntypaperipuiden pinotiheydestä, kuorimishäviöstä ja kuutiosuhteista. *Deutsches Referat:* Über den Festgehalt der Stösse, den Entrindungsverlust und die Kubikmassenverhältnisse von 2 m Fichten- und Kieferzellstoffholz aus Nordfinnland ..... 1—44

50.9 Huikari, Olavi, 1959. On the effect of anaerobic media upon the roots of birch, pine and spruce seedlings. *Suomenkielinen selostus:* Kasvualustan anaerobisuuden vaikutuksesta koivun, männyn ja kuusen taimien juuristoihin ..... 1—14

OIKAISU

Julkaisu Olavi Huikari: »Metsäojituksen koneellistamisesta» on painettu sarjajulkaisuna 49.7. Pitää olla: 50.5.

TUTKIMUKSIA METSÄTUHOJEN, ETENKIN HYÖNTEISVAURIOIDEN MERKITYKSESTÄ POHJOIS-SUOMEN KUUSIKOISSA.

PAAVO JUUTINEN

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE BEDEUTUNG DER WALDVERHEERUNGEN, INSBESONDERE DER INSEKTENSCHÄDIGUNGEN, IN DEN FICHTENBESTÄNDEN NORDFINNLANDS

REFERAT

HELSINKI 1958

Helsinki 1958. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkusanat

Käsillä olevassa tutkimuksessa pyritään selvittämään eri tuhonaiheuttajien, varsinkin hyönteisten merkitystä kuusten kuivumisprosessissa Pohjois-Suomen enimmäkseen yli-ikäisissä, useimmiten varsin huonokuntoisissa kuusikoissa. Sen tarkoituksena on paitsi koettaa osaltaan lisätä tietouttamme kuusten kuivumistapahtumasta maassamme, myöskin luoda eräänlaista taustaa Metsäntutkimuslaitoksessa suoritettaviksi suunnitelluille, osaksi jo aloitetuille Pohjois-Suomen mäntymetsiä koskeville metsätuhotutkimuksille.

Tutkimus on toimitettu vuosina 1953—57, pääosa aineistosta on koottu kesätyökausina 1954 ja 1956.

Tutkimusta suorittaessani olen usealta taholta saanut arvokasta apua. Professorit E. Kangas, V. Kujala ja R. Sarvas ovat hyväntahtoisesti tarkastaneet käsikirjoituksen. Prof. Kangas on lisäksi määrittänyt eräitä toukkanäytteitä samoin kuin prof. Kujala eräitä analysoiduista puista tavattuja sieniä, heidän kanssaan minulla on lisäksi ollut tilaisuus useaan otteeseen neuvotella monista tutkimukseen liittyvistä kysymyksistä.

Maannousemasienen esiintymisen selvittämistä varten otetuista kairanlastuista on suurin osa tutkittu Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen Puuteknillisen laboratorion Lahosuojausosastossa.

Apulaisinani ovat kaiken tunnustuksen ansaitsevalla tavalla toimineet silloiset ylioppilaat L. Lehtinen, O. Tiainen ja J. Salminen. Kenttätöissä täysin välttämättömien tutkimusapulaisten palkkaaminen on käynyt päinsä ns. nuorten tieteenharjoittajain apurahan sekä Emil Aaltosen Säätiön ja Valtion luonnontieteellisen toimikunnan myöntämäin apurahojen turvin.

Kaikesta saamastani tuesta pyydän tässä yhteydessä saada esittää parhaimmat kiitokseni.

Helsingissä 1. pnä joulukuuta 1957.

Paavo Juutinen

Sisällysluettelo

Sivu

Johdanto 5
Tutkimuspaikat ja tutkimustapa 10
Kuivumista aiheuttavat hyönteislajit 14
Kuivumistyypit 32
Juuristosta tai rungon tyvestä puuhun tulleiden lahottajasienten alkuun panema kuivuminen 33
Ukkonilurin alkuun panema kuivuminen 43
Muiden kaarnakuoriaisten alkuun panema kuivuminen 45
Fysiologisista syistä johtuva kuivuminen 47
Mekaanisten vioitusten aiheuttama kuivuminen 54
Useampien kuivumistyyppien yhdistelmät 65
Tulosten tarkastelu 69
Yhdistelmä 80
Kirjallisuusluettelo 83

Referat 89

Johdanto

K a n k a a n vuonna 1946 julkaisemassa tutkimuksessa »Kuusikoiden kuivumisesta metsätuho- ja metsänhoidollisena kysymyksenä» on maassamme ensi kertaa selvitelty kuusen kuivumisprosessia kokonaisuudessaan. Useana vuonna suoritettujen tutkimustöiden tuloksena siinä tehdään perusteellisesti selkoa hyönteisten, sienten ja kaikkien muidenkin tekijäin osuudesta ja merkityksestä kuivumistapahtumassa, tarkastellaan kuivumista erikoisesti myös tuhon kohteen, puun ja metsikön kannalta ja esitetään mitä vaikutusta metsänhoidollisilla toimenpiteillä on niin tuhojen alkuun pääsyyn kuin myös niiden torjuntaankin. Erikoisen aiheen tämän tutkimuksen suorittamiseen antoivat Etelä-Suomessa 1930-luvulla huomiota herättävän laajoina ja lukuisina sattuneet kuusikoiden kuivumistapaukset (K a n g a s 1935 a), ja tutkimuksen aineisto onkin yksinomaan Etelä-Suomesta. Pohjois-Suomesta mainitaan vain eräitä yleisiä havaintoja Metsäntutkimuslaitoksen Kivalon kokeilualueeseen kuuluvasta Kumpu-Kivalosta. Jo näidenkin havaintojen perusteella johdutaan kuitenkin siihen tulokseen, että vaikka kuivumistapahtumalla Pohjois-Suomessa on aivan ilmeisesti eräitä samoja piirteitä kuin etelämpänäkin, se kuitenkin useissa kohdissa on aivan oleellisesti toisenluontoista, joten tutkimuksen aineiston mukaisesti sen tulokset onkin käsitettävä vain Etelä-Suomea koskeviksi. Pohjois-Suomesta puheen ollen mainitaankin: »Tutkimusten jatkaminen siellä onkin katsottava välttämättömäksi esillä olevan kysymyksen perusteellista selvittelyä varten myös pohjoisosissa maatamme, sillä jo luonnon olosuhteet siellä ovat siksi paljon eroavat siitä, mitä ne ovat Etelä-Suomessa, että niinkin herkästi myös ulkoisista olosuhteista riippuvassa ilmiössä kuin ko. tuhoissa se ei voi olla tuntumatta».

Tällainen Pohjois-Suomessa suoritettu tutkimus täydentäisi käsityksiämme kuusen kuivumisprosessista siinäkin mielessä, että saisimme mahdollisesti tietoja Etelä-Suomessa kokonaan esiintymättömistä kuivumistyypeistä tai kuivumiseen vaikuttavista tekijöistä. Onhan maassamme esim. sellaisia hyönteislajeja, jotka ovat esiintymisessään rajoittuneet yksinomaan pohjoisosiin. Tällaisten tekijäin merkitykseen eivät Etelä-Suomessa suoritetut tutkimukset luonnollisestikaan voi tuoda valaistusta. Kun lisäksi Pohjois-Suomi on metsäentomologisesti monessa suhteessa vielä täysin riittämättömästi tunnettu, voitaneen jo vähäisiäkin lisiä pitää terve-

tulleina. Yhtä tärkeää on kuitenkin se, että tällöin voitaisiin etelästä ja pohjoisesta saatuja tuloksia verrata toisiinsa. Tällaiset vertailut jalojen lehtipuiden alueelta tundran rajoille ulottuvan maamme eri osien välillä ovat näet monesti omiaan tuomaan tutkittavasta ilmiöstä esille tietynlaisia eroavuuksia, ja näin ne helpottavat selvyyden saamista ilmiöön vaikuttavien erilaisten tekijäin ja ilmiön itsensäkin perusluonteesta. Vaikka tällainen vertailu varsinkin teoreettisissa kysymyksissä ei johtaisikaan lopullisiin tuloksiin, se kuitenkin ehkä antaa viitteitä siitä suunnasta, johon täydentävät tarkemmat tutkimukset on kohdistettava. Pohjois-Suomelle ominaisena mielenkiintoisena piirteenä voitaisiin lisäksi erikoisesti mainita, että siellä on hakkuilla käsiteltyjen lisäksi laajoja metsiä, joita on pidettävä melkein tai täysin luonnonvaraisina. Tällaisilla metsillä on metsäntutkimukselle biologisten perusteiden selvittelyssä oma erikoinen merkityksensä, joka on monessa suhteessa korkealle arvostettavissa (vrt. Sarvas 1956: 498—499).

Suorittaessani kuusijäärätutkimustani (Juutinen 1955) varten kenttätöitä Pohjois-Suomessa — etupäässä Metsäntutkimuslaitoksen Laanilan ja Kivalon kokeilualueissa — jouduin työn laadusta johtuen erikoisen läheisesti tekemisiin myös kuusikoiden kuivumisilmiön kanssa. Erikoisesti kiinnitti huomiota kuivumisen yleiskuvan omalaatuisuus ja kuivuvien puiden runsaus laajoilla kuusialueilla. (Valtakunnan metsien kolmannen arvioinnin mukaan rinnankorkeudelta 10 cm paksumpaa pystyyn kuivunutta tai maassa olevaa, vielä lahoamatonta puustoa oli Pohjois-Suomessa 31.2 milj. m^3, eikä määrässä 15 v. aikaisemmin suoritettuun arviointiin verrattuna ollut tapahtunut mainittavaa muutosta. Maan eteläpuoliskon osalta vastaava määrä oli 7.1 milj. m^3, Ilvessalo 1956: 97). Kuusijäärätutkimuksia varten suoritettiin Pohjois-Suomessa 39 ns. kuivumisanalyysia kuolevista kuusista, ja vaikka aineisto tietystikin oli eräässä mielessä yksipuolista, sen avulla voitiin kuitenkin jo saada melko tyydyttävä käsitys erääntyyppisestä kuivumisesta. Näin ollen katsottiinkin tarjoutuvan erinomaisen tilaisuuden mainittua aineistoa lähtökohtana käyttäen ja sitä sopivasti täydentäen koettaa selvitellä kokonaisuudessaan hyönteisten merkitystä kuusten kuivumisessa Pohjois-Suomessa. Tämä tutkimus, jota seuraavassa esitellään, rajoitettiin kuitenkin vain varttuneita kuusikoita käsittäväksi. Tosin aineistoon sisältyy joitakin 2—3 m pitkiä »taimia», mutta näilläkin oli ikää jo yli 100 v., ja niiden analysoiminen suoritettiinkin vain jonkin niissä tavatun kuivumistekijän esiintymisen erikoispiirteen esille saamiseksi. Suometsät samoin kuin kulojen vioittamat kuusikot on myöskin jätetty tutkimuksen ulkopuolelle.

Puiden kuivumisprosesseja käsittelevissä tutkimuksissa on meillä erikoisesti korostettu, että aiheen luonteen huomioon ottaen on tällaisissa yhteyksissä tarpeellista selvitellä kaikkien tuhotapahtumaan vaikuttavien

tekijäin merkitystä (vrt. esim. K a n g a s 1946: 13). Tämä johtuu erikoisesti siitä, että metsissämme erilaiset tuhokombinaatiot kuuluvat oleellisesti tällaisten prosessien kuvaan. Vain suhteellisen harvoin joudutaan toteamaan tapauksia, joissa kuivumisen aiheuttajana olisi ollut yksi hyönteislaji, eikä riitä sekään, että selvitetään kuinka ehkä useatkin puussa tavatut hyönteislajit ovat esiintymisessään olleet niin ajallisesti kuin paikallisestikin toisistaan riippuvaisia, vaan on huomioitava myös sienten ja erilaisten ympäristötekijäin vaikutus. Näin ollen jouduttiin tutkittaessa hyönteisten esiintymistä kuusen kuivumistekijöinä myös eräiden kasvifysiologian ja varsinkin metsämykologian alaan kuuluvien kysymysten pariin, ja vaikkakaan tekijä ei ole näihin aloihin niin perehtynyt, että olisi voinut tällaisia kysymyksiä yksityiskohtaisesti käsitellä, on tutkimuksessa kuitenkin esitelty esim. lahottajasienten esiintymisestä ja vaikutuksista saatuja tuloksia jonkin verran laajemmin kuin mitä pelkästään hyönteisten merkityksen arvioimiseksi olisi ollut tarpeen. Tämä johtuu siitä, että kootun analyysiaineiston perusteella on katsottu mahdolliseksi koettaa selvitellä ei ainoastaan mikä merkitys näillä muilla kuivumistekijöillä on hyönteisten esiintymiseen vaan mikä osuus niillä kaikkiaankin on kyseisessä tuhoprosessissa, t. s. koettaa luoda jonkinlaista kokonaiskäsitystä kuusikoiden kuivumisen syistä Pohjois-Suomessa nimenomaan m e t s ä t u h o k y s y m y k s e n ä. Päähuomio on tutkimuksessa kuitenkin joka tapauksessa kiinnitetty kuivumistekijöinä esiintyviin hyönteisiin, muut tekijät on käsitelty täysin kollektiivisina ryhminä.

Kuten tämänlaatuisissa tutkimuksissa yleensäkin, on käsillä olevankin työn yhteydessä kertynyt melkoisesti muutakin kuin siihen kiinteästi liittyvää aineistoa. Sellaisesta mainittakoon ensi sijassa faunistiset ja hyönteisten bionomiaa koskevat havainnot. Tällaisten julkisuuteen saattamista voitaneen kuten jo alussa mainittiin pitää suotavana, koska monet hyönteislajit näissä suhteissa ovat varsinkin juuri Pohjois-Suomessa vaillinaisesti tunnettuja. Tässä yhteydessä esitellään kuitenkin vain eri lajien esiintyminen eri tutkimuspaikoilla, runsaus analyysiaineistossa, esiintymistapa puussa sekä havainnot niiden iskeytymiskyvystä, ts. vain sellaista aineistoa, joka olennaisesti liittyy tutkimuksen aiheeseen. Muut, ennen kaikkea hyönteisten kehityksen nopeutta ja eri kehitysasteiden esiintymisaikoja koskevat havainnot on tarkoitus julkaista myöhemmin. Tätä osaa aineistosta voidaan lisäksi muiden Pohjois-Suomessa suoritettaviksi suunniteltujen töiden yhteydessä melko helposti täydentääkin.

Johdannon lopuksi esitettäköön vielä lyhyt katsaus siihen kirjallisuuteen, jossa esillä olevan tutkimuksen puitteisiin kuuluvia metsätuhoja tai niiden aiheuttajia on käsitelty, rajoittuen vain sellaisiin tutkimuksiin, joiden aineisto kokonaisuudessaan tai ainakin osaksi on kerätty Pohjois-

Suomesta. (Pohjois-Suomen kuusimetsiä yleensä käsittelevästä kirjallisuudesta on Siré n, 1955: 13—22, esittänyt varsin laajan selonteon.)

Metsäentomologian alaan kuuluvista on ensimmäisinä mainittava Saalaan niin kuusessa eläviä kovakuoriaisia (1917, 1923) ja yleensä kaarnakuoriaisia (1919) koskevat tutkimukset kuin myös kaikkia metsähyönteisiämme käsittelevä käsikirja (1949), joilla yleisesti tunnetuilla teoksilla on myös Pohjois-Suomen osalta perustavaa laatua oleva merkitys. Erillisiä lajeja tai pienehköjä ryhmiä käsittelevistä, myös Pohjois-Suomesta kerättyä aineistoa sisältävistä mainittakoon Kankaan (1938) pikikärsäkkäitä, Juutisen (1955) kuusijääriä ja Nuortevan (1956 a) vaippaniluria koskevat tutkimukset. Eräissä suppeammissa esityksissä on Saalas tehnyt selkoa paitsi maamme faunalle uutena lajina esittämänsä pohjolan kuusijäärän myös muiden *Tetropium*-lajien esiintymisestä Pohjois-Suomessa (1945) sekä kaarnakuoriaisten levinneisyydestä maassamme tarkastellen erikoisesti niiden esiintymistä pohjoisilla metsänrajaseuduilla (1931).

Eräistä faunistisista tutkimuksista tapaamme havaintoja myös kuusen tuholaisina esiintyvistä kovakuoriaisista. Tällaisista on vanhin Poppiuksen (1905) Kuollan ja Inarin Lapin kovakuoriaisfaunaa käsittelevä. Uudemmista on ennen kaikkea mainittava useitakin Platonoffin tutkimuksia, joista metsäentomologian kannalta Kuusamon Paanajärven ympäristön kovakuoriaisia käsittelevä (1943) on mielenkiintoisin. Kuitenkin myös saman tekijän Petsamon eteläosissa suorittamien tutkimusten (1942) yhteydessä on tehty havaintoja sellaisista lajeista, jotka kuuluvat nyt käsillä olevan työn piiriin. Vieläpä Petsamovuonostakin on Platonoff (1940) löytänyt tuulen kuljettamien hyönteisten joukosta sellaisia lajeja kuin esim. *Ips typographus* ja *Semanotus undatus*. Stenius (1936) on julkaissut tutkimuksen Kilpisjärven seudun kovakuoriaisista ja vaikka näillä tienoilla ei havumetsiä enää kasvakaan, on hän tunturien lumelta löytänyt mm. eräitä kaarnakuoriaisia, jopa melko harvinaisen *Pityogenes saalasinkin*. Eteläisemmistä paikallisfaunoista on mainittava Lindbergin & Sariksen (1952) Tervolan ja Rovaniemen rajalla sijaitsevan Pisavaaran luonnonpuiston hyönteisiä koskeva tutkimus, josta löydämme havaintoja useista kuusessa elävistä sarvijääristä ja kaarnakuoriaisista (viimeksi mainittujen joukossa mm. *Pityophthorus trägårdhi*).

Muista entomologisista, aiheeltaan käsillä olevaan työhön liittyvistä tutkimuksista mainittakoon vielä Franzin (1948) luonnontilaisten metsien hyönteiskalamiteetteja koskeva ja Saalaan (1951) esitys erilaatuisissa kuusissa tavattavista kovakuoriaisyhdistelmistä, joista eräät ovat juuri Pohjois-Suomelle tyypillisiä. Franzilla, joka viime maailmansodan aikaan toimi Pohjois-Suomessa (ainakin Sallassa) oli täällä tilaisuus tutustua keski-eurooppalaisista täysin poikkeaviin, suurimmaksi osaksi

luonnontilaisiin metsiin ja sotatoimien vaatimien hyvin radikaalisten hakkuiden vaikutukseen hyönteisten lisääntymiseen, josta hän esittää mielenkiintoisia havaintojaan.

Kuusen tuhosienistä ovat Pohjois-Suomessa varsin merkittäviä erilaiset lahottajasienet, joista kuitenkin toistaiseksi on varsin vähän kirjallisuutta olemassa. T i k k a (1934, 1935, 1948) on laajan aineiston perusteella (mm. 1 532 kuusta) selvitellyt erilaisten vikojen, mm. lahojen, esiintymistä Pohjois-Suomen metsissä, mutta kuten laajimman tutkimuksen alaotsikostakin käy ilmi on lähinnä kysymys tilastollisista esityksistä. Biologisiin kysymyksiin ei näin ollen ole kiinnitetty erikoisempaa huomiota, eikä esim. lahojen merkityksestä kuivumisprosessissa esitetä mitään havaintoja. Lahojen esiintymisestä (samoin kuin jossain määrin myös muistakin syistä johtuvasta kuusten kuivumisesta) löydämme tietoja myös L a k a r i n (1920), H e i k i n h e i m o n (1920 b, 1922) ja S i r é n i n (1955) tutkimuksista. H e i k i n h e i m o (1920 b) käsittelee lahojen merkitystä verraten laajasti, ja S i r é n i n tutkimuksessa on melko runsaasti muutakin käsillä olevaan työhön tavalla tai toisella liittyvää aineistoa.

Muita metsätuhoja käsittelevästä kirjallisuudesta on mainittava ennen kaikkea H e i k i n h e i m o n (1920 b) maamme lumituhoalueita ja niiden metsiä koskeva laaja tutkimus, jossa on selvitelty tuhojen alueellista esiintymistä, niiden syitä, lumen aiheuttamia mekaanisia ja fysiologisia vahinkoja sekä lumen murroista johtuvia seuraustuhoja.

Tutkimuspaikat ja tutkimustapa

Kuten edellä esitetystä kävi ilmi, voidaan aikaisempien tutkimusten perusteella olettaa, että kuusten kuivumisprosessissa olisi Pohjois-Suomessa eteläsuomalaisista poikkeavia piirteitä. On kuitenkin luonnollista, ettei alueellisesti ole osoitettavissa mitään selvää rajaa, joka jyrkästi erottaisi pohjois- ja eteläsuomalaiset tyyppikoostumukset toisistaan, sillä molempien alueiden välillä voidaan olettaa olevan melko laajankin vaihtumavyöhykkeen.

Sen alueen, jota käsillä oleva tutkimus koskee, etelärajan on katsottu olevan noin 65:nnen leveysasteen tienoilla. Voidaan kuitenkin sanoa, että tämänkin rajan eteläpuolella nimenomaan idässä, Kainuussa ja osittain vielä Pielisen Karjalankin vaarakuusikoissa kuivuminen on luonteeltaan pikemminkin pohjois- kuin eteläsuomalaiseen verrattavissa (vrt. myös H e i k i n h e i m o 1920 a: 4). Näille vaaramaillehan on ominaista mm. jokatalvinen tykkymuodostus (kts. kuva 4) siitä johtuvine murtoineen, ja siellä tavataan jokseenkin yleisesti eräitä kuivumistekijöinä esiintyviä hyönteislajeja, joilla Etelä-Suomessa on vain vähäinen merkitys. Tutkimusalueen pohjoisrajan katsottiin määräytyvän kuusen metsänrajan mukaan.

Tutkimuksia suoritettiin Metsäntutkimuslaitoksen Kivalon, Laanilan, Pallasjärven ja Pyhäkosken kokeilualueissa sekä Metsähallituksen Pohjois-Taivalkosken, Ylikemin ja Kolarin hoitoalueisiin kuuluvissa metsissä Taivalkosken kirkonkylän läheisyydessä, Pyhätunturin pohjoispuolella ja Kesänkitunturilla. Tutkimuspaikoista esitettäköön seuraavassa lyhyet kuvaukset.

K i v a l o n k o k e i l u a l u e, joka sijaitsee Rovaniemen maalaiskunnassa 40—50 km Rovaniemen kauppalasta itäkaakkoon ja 10—30 km napapiiristä etelään, muodostui päätutkimuspaikaksi, ja n. 45 % aineistosta onkin sieltä kerättyä. Tähän oli syynä sekä kokeilualueen erittäin keskeinen asema tutkimusalueella että sen laajuus (pinta-ala lähes 15 000 ha), joka teki mahdolliseksi tutkimusten suorittamisen laadultaan varsin erilaisissa kuusikoissa. Lisäksi kuusten kuivuminen oli siellä monin paikoin niin huomattavaa, että materiaalia oli runsaasti saatavana. Tutkimuksia suoritettiin kolmessa paikassa: Kumpu-Kivalossa, Namalikko-Kivalossa ja Alajärven ympäristössä.

Kumpu-Kivalon lakimetsät olivat jokseenkin huonokuntoisia, yli-ikäisiä ja lumen murtamia, alarinteillä ja puronotkelmissa kasvoi sitävastoin paremmanlaatuista

melko hyvämuotoistakin kuusta. Metsät olivat joko puhtaita kuusikoita tai oli niissä sekapuuna jonkin verran mäntyä ja koivua, siellä täällä varsin suuriakin haapoja (vrt. Kangas 1942 a). Tarkastetuista puista oli yksi lähes 300-vuotias, muiden (16 kpl.) ikä määritettiin joko n. 150, 180 tai 200 vuodeksi keskipituuden ollessa 13 m. Kuusikoita oli käsitelty leveillä kaistalehakkuilla ja kaistaleiden välisistäkin metsiköistä oli poistettu ainakin kuivuvia puita ja keloja. Tutkimuksia suoritettiin tällä alueella lakimetsistä kokeilualueen rajalla sijaitsevan Syvälammen rantakuusikkoihin saakka.

Namalikko-Kivalossa tutkimukset rajoitettiin yksinomaan lakimetsiin, jotka olivat tutkituista kuusikoista kaikkein kehnokuntoisimpia, lahojen vaivaamia ja lumen hyvin pahasti runtelemia. Kuusikot olivat iältään hieman yli 200-vuotiaita, mutta tarkastettujen puiden keskipituus oli vain 9 m. Näissä metsiköissä ei tiettävästi ole hakattu. Vaaran keski- ja alarinteessä sen sijaan oli varsin laaja avohakkuualue.

Ne kuusikot, joissa Alajärvellä työskenneltiin olivat kaikki hakkuilla käsiteltyjä ja jokseenkin hyväkuntoisia. Maasto on varsin tasaista tai vain loivasti kumpuilevaa. Tarkastetut puut olivat joko korpimaisista kuusikoista tai soiden ympäröimiltä verraten laajoilta kangassaarekkeilta. Näytepuiden keskipituus oli sama kuin Kumpu-Kivalossa, siis 13 m, mutta niiden ikä sen sijaan keskimäärin n. 40 v. pienempi.

Laanilan kokeilualue. Laanilasta kerätty aineisto, joka edustaa tutkimusalueen pohjoisimpia kuusikoita, on määrältään toiseksi huomattavin. Tämä ei johdu niinkään harkitusta valinnasta kuin siitä, että kokeilualueessa jouduttiin työskentelemään myös muissa tutkimustehtävissä ja näissä yhteyksissä tarjoutuneita tilaisuuksia käytettiin hyväksi käsillä olevankin tutkimuksen aineiston kartuttamiseen.

Myös Laanilan kokeilualue on varsin laaja (yli 17 000 ha), mutta pinta-alasta on melko paljon tunturipaljakoita ja -koivikoita. Havumetsistä ovat männiköt ylivoimaisesti vallitsevimpia, ja kuusta kasvaakin koko kokeilualueessa eräitä pienehköjä ryhmiä Kaunispään eteläisillä rinteillä ja joitakin yksinäisiä puita lukuun ottamatta vain Kuusipäällä ja siitä jonkin matkaa etelään olevissa metsiköissä. Tämän varsinaisen kuusta kasvavan alueen pinta-ala oli kokeilualueen kartanselitys- ja metsänarviokirjan mukaan 313 ha. Tälläkin alueella oli varsin vähän puhtaita kuusikoita, eteläisimmissä osissa oli sekapuuna järeätä mäntyä ja melkein kaikkialla mutkarunkoista, matalahkoa koivua, jonka osuus oli suurin ylimmillä rinteillä. Kuuset olivat hyvin vanhoja, tarkastetuista puista oli kolmannes vähintäinkin 300-vuotiaita ja niiden keski-ikäkin oli n. 240 v. eli korkeampi kuin missään muussa tutkimuspaikassa. Kuusilla oli tunturikuusten tyypillinen suippo latvus, joka ainakin harvemmissa metsiköissä ulottui hyvin tuuheana aivan maahan saakka. Siementaimia tapasi harvoin, ja uudistuminen — mikäli sitä ollenkaan tapahtui — lienee tapahtunut etupäässä kasvullista tietä maahan painuneista alaoksista (vrt. Kujala 1929: 23—30). Latvakuivia ja tyvilahoisia puita oli melko runsaasti, mutta lumen murtoja hyvin vähän. Suurimmat kuuset olivat varsin paksuja — paksuimman todetun rinnankorkeusläpimitta n. 50 cm. — mutta yleensä lyhyenlaisia (tarkastettujen puiden keskipituus oli n. 12 m). Sieltä täältä saattoi tavata vanhoja, tavallisimmin kokonaan kirveellä kaadettujen paksujenkin kuusten kantoja, mutta nämä kullankaivajien ja poromiesten jättämät merkit olivat kuitenkin vähäisiä, mitään varsinaisia hakkuita ei kuusikoissa oltu suoritettu ja niitä olikin pidettävä aivan luonnontilaisina.

Pallasjärven kokeilualue. Tutkimuksia suoritettiin Pallasjärven eteläpuolella olevissa Pallas-Ounastunturin kansallispuistoon rajoittuvissa tai rajaa lähellä olevissa metsiköissä (yleisistä luontosuhteista kts. Teivainen 1952) joko pitkänomaisilla jänkien ympäröimillä kangassaarekkeilla, joissa kasvoi harvaa

koivun sekaista melko nuorta (100—150 v.) kuusikkoa, tai hieman etelämpänä ylävämmillä kangasmailla, joiden metsiköistä osa oli nuorta 100-kunta vuotta sitten raivonneen kulon jälkeen syntynyttä ja kunnoltaan hyvää, osa kulolta säästynyttä, vanhaa kehnonlaista kuusikkoa.

Kun edellä mainituista kokeilualueista koottu aineisto käsittää yli kolme neljännestä koko tutkimusmateriaalista, voitaneen muita tutkimuspaikkoja luonnehtia aivan lyhyesti. Pyhäkosken kokeilualueesta on aineistoa kaikkein vähiten, joka osaltaan johtuu siitä, että se sijaitsee aivan tutkimusalueen etelärajalla. Tarkastetut puut kasvoivat alavissa osaksi rämeihin rajoittuvissa joko puhtaissa tai männyn sekaisissa 100—130-vuotisissa kuusikoissa, joissa mm. edellisenä talvena oli suoritettu hakkuita. Taivalkoskella tutkimuksia suoritettiin Oulun—Kuusamon maantien pohjoispuolella soihin rajoittuvissa hakkuilla käsitellyissä kuusikoissa. Kunnoltaan nämä metsiköt, joissa esiintyi jonkin verran lumen murtoja ja joiden ikä suuresti vaihteli (100—300 v.), olivat kohtalaisia. Pyhätunturilla käytettiin tutkimuksiin vain kansallispuiston (vrt. Kalliola 1942) pohjoispuolella olevia, tunturin alimmilla rinteillä kasvavia yli-ikäisiä (yli 200 v.) kuusikoita, joissa huonokuntoista ja jo kuivunutta puustoa oli erittäin runsaasti. Kesänkitunturilla tutkimuksia suoritettiin puurajalta tunturin alimmille rinteille saakka kuusikoissa, jotka ylempänä olivat kehnokuntoisia ja osaksi lumen murtamia, alempana kunnoltaan sen sijaan varsin tyydyttäviä.

Tutkimusta suoritettaessa käytettiin ns. kuivumisanalyysimenetelmää, jonka katsottiin olevan ainoan kysymykseen tulevan ja käyttökelpoisen tutkimustavan. Kun tätä Kankaan ns. entomologisesta analyysista edelleen kehittämää menetelmää on jo useammassakin yhteydessä (Kangas 1946: 13; Juutinen 1955: 54) selostettu, sen kuvaileminen lienee tässä tarpeetonta. Tutkimuksia suoritettaessa tehtiin myös eräitä yrityksiä maannousemasienen esiintymisen, erikoisesti sen pohjoisrajan määrittämiseksi, mutta tässä osatutkimuksessa käytettyä menettelytapaa selostetaan tuonnempana (s. 35).

Kuivumisanalyysejä suoritettaessa voidaan aineisto tietysti koota monellakin eri tavalla. Jotta saataisiin täysin objektiivinen kuva kuivumistapahtumasta kokonaisuudessaan, ts. ennen kaikkea eri kuivumistyyppien keskinäisistä runsaussuhteista, olisi tutkittavat puut otettava siten, ettei minkäänlainen tutkijasta johtuva valitseminen tulisi kysymykseen. Kuivuvat kuusethan eivät suinkaan ole kaikki toistensa näköisiä, vaan eräissä tapauksissa voidaan jo puuta kaatamatta ja tarkemmin analysoimattakin pelkästään puun ulkonäöstä melko varmasti päätellä mikä on kuivumisen aiheuttaja. Näin ollen olisikin meneteltävä siten, että tutkimusalueilla tarkastettaisiin tietyin välimatkoin rajoitetuilta näytealoilta tai tietyn levyisiltä linjoilta kaikki kuuset, joissa kuivumisen alkuun pääsy on jo selvästi havaittavissa, mutta jotka eivät kuitenkaan ole siinä kuivumisvaiheessa, missä primaarisen syyn toteaminen ei enää ole mahdollista. Yleiskuvan saaminen tällaista menetelmää käyttäen edellyttäisi luonnollisesti varsin huomattavan analyysiaineiston kokoamista, ja kun Pohjois-

Suomen oloissa jo kuivumisen perussyynkin selville saaminen sentään useimmassa tapauksessa vaatii täydellisen analyysin, jopa juuristoanalyysinkin suorittamista, tällainen työ sujuu varsin hitaasti. Kun käsillä olevaa tutkimusta suoritettaessa mahdollisuudet apulaisten saamiseksi olivat rajoitetut ja kun tekijän läsnäolo puita analysoitaessa joka tapauksessa oli välttämätöntä, tutkimuksen suorittamisesta näin laajana täytyi luopua. Aineistoa kerättäessä tyydyttiinkin vain etsimään ja tarkastamaan mahdollisimman erityyppisiä kuivumistapauksia sekä kokoamaan materiaalia runsaimmin niistä tyypeistä, jotka osoittautuivat yleisimmiksi. Eri kuivumistyyppien tarkat keskinäiset runsaussuhteet eivät siis käsillä olevasta tutkimuksesta aineiston keräystavasta johtuen käy selville. Hyönteisten alkuun panemien kuivumistapausten määrästä on kuitenkin eräiden täydentävien havaintojen avulla voitu tehdä summittaisia päätelmiä.

Eri tutkimuspaikoissa suoritettiin kuivumisanalyysejä seuraavat määrät:

Kivalon kokeilualue	43	kpl.
Laanilan »	21	»
Pallasjärven »	10	»
Pyhäkosken »	3	»
Taivalkoski	6	»
Pyhätunturi	6	»
Kesänkitunturi	5	»
Yht.	94	kpl.

Analysoitaviksi koetettiin saada mikäli mahdollista sellaisia puita, joissa kuivumisprosessi oli vasta alkuvaiheessa, koska tällaisista tapauksista kuivumisen primaarinen syy on helpoimmin selvitettävissä. Kuitenkin tarkastettiin huomattava joukko sellaisiakin kuusia, joista alkuun paneva syy vielä oli määritettävissä, mutta joissa kuivumisprosessi oli jo pitkälle kehittynyt, jotta saataisiin selvyys siitä, millaiseksi kuivuminen eri tyypeissä niiden myöhäisemmässä vaiheessa muodostuu.

Seuraavassa tarkastellaan ensiksi kaikkia analysoiduista puista tavattuja hyönteislajeja, jotka mahdollisesti voivat kuivumista alkuun panna tai sitä edistää.

Kuivumista aiheuttavat hyönteislajit

Anthaxia quadripunctata L. S a a l a a n (1923: 167) mukaan nelikuoppakauniainen saattaa aiheuttaa fysiologista vahinkoa, koska se esiintyy sellaisissakin puissa, joissa neulaset vielä ovat vihreitä. Olen lajia tavannut Tuusulan Ruotsinkylässä useasta täysin vihreälatvuksisesta kuusesta, mutta oli sen iskeytymiseen näissä tapauksissa antanut aiheen pienehköjen alojen avohakkuun jälkeen pystyyn jääneisiin reunapuihin syntynyt kuorenpalo. Eräissä tapauksissa kuivuminen ei jatkunut toukkien käytettyä hyväkseen auringon tappaman kuoren alueen, mutta kuitenkin ainakin yksi puu kuivui myöhemmin kokonaan, ja oli tällöin mahdollisesti myös *Anthaxian* voimakas esiintyminen tuhoa edistänyt. Kysymyksessä olivat rinnankorkeudelta 20—30 cm paksut kuuset.

Käsillä olevan tutkimuksen yhteydessä nelikuoppakauniaista tavattiin vain Taivalkoskella yhdestä analysoidusta puusta (kuva 6), missä se oli esiintynyt latvassa n. 40 cm leveällä vyöhykkeellä lumen murron ja sitä seuranneen pikikärsäkäsesiintymän jälkeen täysin sekundaarisena. Kun laji lisäksi pohjoiseen päin käy yhä harvinaisemmaksi (S a a l a s l. c.), on se tutkimusalueella luettava merkitykseltään vähäisimpien kuivumistekijäin joukkoon.

Ernobius explanatus Mannh. Runkokytry, jota tavattiin 8 puusta, on erikoisesti juuri Pohjois-Suomessa jokseenkin yleinen (vrt. S a a l a s 1923: 201). *Tetropium*-tutkimuksiani varten (J u u t i n e n 1955) Etelä-Suomessa analysoiduista kuusista sitä ei löydetty yhdestäkään. Laji saattaa esiintyä aivan puun tyviosissakin paksuimman kaarnan alueella, mutta monesti myös lumen katkaisemien kuusten latvoissa murtumakohdan läheisyydessä. Sitä todettiin kaikissa tapauksissa vain kuivan kuoren alueelta, eikä koskaan voitu perustellusti olettaa kuivumisen olleen tämän lajin aiheuttamaa. Edeltävinä tekijöinä esiintyivät tavallisesti erilaiset lahot, kuusijäärät, harmojäärä sekä pikikärsäkkäät. T r ä g å r d h (1939: 22) mainitsee sitä tavattavan ainoastaan pystyistä monikirjaajan tappamista puista. Runkokytryä onkin pidettävä kuivumista varsin vähän edistävänä tekijänä.

Anobium emarginatum Duft. Kahdesta Rovaniemellä analysoidusta puusta tavattiin jumin toukkia. Kummastakin kuusesta otetut näytteet joutuivat valitettavasti ennen tarkempaa määritystä kadoksiin. Toinen

puista oli 270-vuotias, 17 m:n pituinen ja rinnankorkeusläpimitaltaan 33.5 cm. Jumin toukkia tavattiin tyvestä aina 12 m:n korkeuteen saakka eli 13—5 mm:n vahvuisen kuoren alueella. Vahvasti lahovikaisen, mesisienen pahasti vioittaman ja harsulatvaisen puun tyvessä ympäriinsä esiintyi kaksikin perättäistä sukupolvea kuusijääriä. Kahden metrin korkeudelta ylöspäin kuori oli kuitenkin tuore, ja tällä alueella aina 15 m:iin saakka tavattiin kuoren alla vain aivan pieniä harmojäärän toukkia. Jumi oli tullut puuhun joka tapauksessa ennen harmojäärää ja sen toukkien käytävät sijaitsivat kokonaan kaarnassa.

Toinen puu oli n. 200-vuotias, 15 m pitkä ja rinnankorkeudelta läpimitaltaan 29 cm. Tästä puusta, jonka kuivuminen johtui ilmeisesti fysiologisista syistä, tavattiin jumin toukkia ja aikuisten ulostuloreikiä hyvin runsaasti tyvestä aina 9 m:n korkeuteen saakka täysin tuoreen kuoren alueella, mutta vain kaarnassa (kuoren vahvuus 29—6 mm). Jumin lisäksi todettiin puusta vain yksi sahapistiäistoukka ja kuivissa alaoksissa joitakin katkosiipijäärän toukkia.

Todennäköisimmin kummassakin tapauksessa oli kysymyksessä juuri *Anobium emarginatum*, jota maastamme aikaisemmin kirjallisuuden mukaan on pohjoisimpana tavattu Suomussalmelta (Saalas 1923: 215). Pohjolan (1944) mukaan laji on ehkä melkoista yleisempi kuin minä sitä pidetään, hän on sitä tavannut mm. Sotkamosta. Saalas (op. c.: 212—213) mainitsee kaarnajumin joissakin (poikkeuksellisissa) tapauksissa mahdollisesti voivan houkutella esim. kuusijäärät, harmojäärän tai runkokytryn iskeytymään kuivuvaan, joskin vielä varsin hyväkuntoiseen puuhun. Pohjolan (op. c.) mukaan se esiintyy kituvissa kuusissa poistuen näistä vasta puun kuollessa, jolloin tilalle usein tulee *Ernobius explanatus*. Todennäköisimmin kaarnajumilla ei kuusen kuivumisprosessissa ole käytännöllistä merkitystä.

Rhagium inquisitor L. Havaintoja 10 puusta, mikä luku ei oikein kuvaa tämän lajin yleisyyttä vaan pikemminkin sen sekundaarista luonnetta. Sitä todettiin vielä varsin vihreälatvuksisissakin puissa, mutta kuitenkin kaikissa tapauksissa joko kuivuneen tai muiden lajien jo ennemmin asuttaman kuoren alueella. Saattaa esiintyä rungon missä osassa hyvänsä (vrt. Saalas 1923: 356), kahdesta analysoidusta puusta sitä tavattiin aivan puun latvasta (vrt. Juutinen 1955: 89), toisessa tapauksessa n. 6 cm vahvasta kohdasta. Kuivumistekijänä lajilla ei ole merkitystä.

Tetropium castaneum L. ja *T. fuscum* F. Kuusijääriä esiintyi 40 analysoidussa puussa. Tämä luku on muiden tuhonaiheuttajien kohdalla ilmoitetusta sikäli poikkeava, että siihen sisältyy osaksi sellaisiakin puita, jotka on valittu nimenomaan kuusijäärien esiintymisen ja merkityksen tutkimista varten. Joka tapauksessa *Tetropium*-lajit ovat Pohjois-Suomessa eräitä kaikkein yleisimpiä kuusen kuivumistekijöinä esiintyviä hyönteisiä.

Niiden osuudesta kuivumisprosessiin viitattakoon aikaisemmin julkaistuun (Juutinen 1955). Tässä yhteydessä mainittakoon vain, että kuusijäärät iskeytyvät puuhun usein varsin aikaisessa kuivumisvaiheessa, joten niillä sekundaarisuudestaan huolimatta saattaa kuivumistekijöinä olla merkitystä.

Pohjolan kuusijäärää (*Tetropium aquilonium* Plav.) ei onnistuttu löytämään. Kun kuitenkaan lajin toukka-astetta ei pystytä muiden kuusijäärien toukista erottamaan, tuskin vieläkään voitaneen pitää varmana, että laji on todellakin niin harvinainen kuin tähänastisten löytöjen (vrt. Saalas 1945) perusteella on pääteltävä.

Molorchus minor L. Todettiin 11 puusta. On jokseenkin yleinen ja tavattiin pohjoisimmistakin tutkimuspaikoista Laanilasta ja Pallasjärveltä. Saalas (1923: 376) mainitsee pohjoisimpana löytöpaikkana Kittilän kirkonkylän. Katkosiipijäärä esiintyy kuolleiden tai kuivuvien puiden latvaosissa joko rungossa (jopa parin sentin vahvuuteen saakka) tai oksissa, mutta varsin yleisesti myös suurten kuusten kuolleissa alaoksissa. Kun tällaisia alaoksia, joista tavattavilla hyönteisillä ei puun kuivumiseen enää ole mitään vaikutusta, ei kaikista puista tarkemmin tutkittu — osaksi siitä syystä, että hyönteislajien määrittäminen kovin vanhojen jälkien perusteella voi olla epävarmaa — ei mainittu puiden lukumäärä (11 kpl.) anna täysin oikeata kuvaa katkosiipijäärän yleisyydestä.

Poikkeukselliseen tapaan esiintyi katkosiipijäärä eräässä Taivalkoskella analysoidussa puussa, joka oli n. 350 v:n ikäinen, 19.4 m pitkä ja rinnankorkeudelta 33 cm paksu, siis jokseenkin suuri sekä varsin vanha. Puun tyvessä oli melko voimakas laho (n. ¼ kantoleikkauksen pinta-alasta tuhoutunut), joka ulottui 2 m:n korkeuteen saakka. Latvuksessa näkyi siellä täällä joitakin kuivia oksia tai oksien päitä. Lahoa lähinnä olevassa tyviosassa oli merkkejä vanhasta *Dendroctonus*-esiintymästä ja tämän yläpuolella melko suppealla alalla *Tetropium*-toukkia ja -koteloita sekä aivan vähäisellä alueella *Callidium coriaceumia*, mutta sen sijaan tyvestä aina 12 m:n korkeuteen saakka (läpimitta 15 cm) erittäin runsaasti katkosiipijäärän toukkia yksinomaan kaarnassa. Jäärä oli siis tässä tapauksessa tullut sen tavanomaista iskeytymiskykyä vastaavaa huomattavasti parempikuntoiseen puuhun, ja olisivatkin toukat yrittäessään tunkeutua pintapuuhun saakka epäilemättä tuhoutuneet. Puun kuivumiseen ei katkosiipijäärällä tässä yhtä vähän kuin muissakaan tapauksissa todettu olleen mitään vaikutusta.

Callidium coriaceum Payk. Harmojäärän esiintymisestä on havaintoja 32 puusta. Laji on eräs kaikkein tyypillisimpiä Pohjois-Suomessa kuusen kuivumistekijöinä esiintyvistä hyönteisistä (vrt. Saalas 1923: 401—402). Harmojäärän esiintymisestä puussa ja iskeytymiskyvystä on osittain esiteltävään aineistoon perustuen jo aikaisemmin alustavasti tehty selkoa

(Juutinen 1955: 86, 89) ja on lajin bionomian selvittelyyn tarkoitus myöhemmin mikäli mahdollista perusteellisemmin palata. Tässä yhteydessä tulkoonkin vain mainituksi, että harmojäärää tavataan mistä osasta runkoa tahansa, maan rajasta aina lähes latvaan saakka, myöskin oksistosta, jopa melko ohuistakin, esim. lumen murron takia kuolevista yläoksista. Vaikkakin laji on luonteeltaan sekundaarinen, se esiintyy sellaisissakin puissa, joiden latvuksessa vasta vain muutama kuiva oksa osoittaa kuivumisprosessin jo päässeen alkuun. Eräitä kertoja sen todettiin aivan ensimmäisenä hyönteisenä iskeytyneen lahon vaivaamiin puihin. Yleisyytensä ja suhteellisen voimakkaan iskeytymiskykynsä takia harmojäärä on luettava merkittävien kuivumistekijäin joukkoon.

Semanotus undatus L. Aaltojäärää ei tavattu yhdenkään analysoidun puun rungosta vaan ainoastaan paksuista kuolleista alaoksista, joten sen esiintymisestä esiteltävässä aineistossa ei ole tarkkaa lukua käytettävissä (vrt. *Molorchus minor*). Eräänä syynä todettuun vähälukuisuuteen lienee se, että laji tavallisimmin esiintyy melko ohuissa pystyissä puissa, joita aineistoon sisältyy varsin vähän, ja vain kaatuneissa ja kaadetuissa puissa myös paksummissakin rungoissa (Saalas 1923: 407). Esim. Vuotsossa tavattiin 3 imagoa rinnankorkeudelta n. 10 cm vahvan, kituvan ja voimakkaasti pihkaa vuotavan kuusen rungolta, mutta puita analysoitaessa havaittiin aaltojääriä vahvojenkin runkojen kaarnan päällä melko pian puiden kaatamisen jälkeen.

Lajin merkityksestä ei liene täyttä selvyyttä. Saalas (op. c.: 408) pitää sen fysiologista vahingollisuutta hyvin todennäköisenä. Kaikki Pohjois-Suomessa tähän mennessä tekemäni havainnot sen sijaan viittaavat aaltojäärän varsin huomattavaan sekundaarisuuteen. Tulkoon kuitenkin tässä yhteydessä mainittua eräs havainto Pielisjärven Kolilta. Lokakuussa 1951 havaittiin lähellä Mäkrävaaraa edellisenä kesänä kuivunut, rinnankorkeudelta 15—20 cm paksu kuusi, jossa ainakin tyviosassa oli runsaasti syvällä puun sisässä sijaitsevissa kotelokehdoissa olevia *Semanotus*-toukkia. Puuta ei valitettavasti ehditty tarkemmin analysoida. Sen latvuksesta oli lumi talvella 1947—48 katkaissut korkeintaan neljännen osan koko pituudesta, ja kun puu myöhemmin oli kaadettu, ei kantoleikkauksesta voitu todeta mitään lahon esiintymisen merkkejä. Analysoinnin puuttuessa ei tietenkään voida tarkemmin arvioida mikä merkitys aaltojäärällä tässä tapauksessa oli puun kuivumisprosessissa ollut, mutta näyttää siltä, että se oli iskeytynyt puuhun melko varhaisessa vaiheessa ja mahdollisesti osaltaan kuivumista edistänyt. Yleisesti ottaen voitaneen kuitenkin sanoa, ettei aaltojäärällä Pohjois-Suomessa etupäässä pienehköissä puissa ja sekundaarisena esiintyessään ole kuusen kuivumistekijänä mainittavaa merkitystä.

Lajia tavattiin tutkimuksen yhteydessä aina Laanilasta saakka. Saalas (1923: 408) mainitsee pohjoisimpina löytöpaikkoina Muonion ja Sodankylän, Platonoff (1940) tapasi tuulen kuljettamia yksilöitä Petsamovuonosta.

Pogonochaerus-lajit. Oksajääriäisten esiintymisestä, joka rajoittuu etupäässä kuiviin tai kuivuviin alaoksiin, ei sen mukaan mitä s. 16 esitettiin käsillä olevasta aineistosta ole tarkkaa lukua ilmoitettavana. Ensi sijassa näistä lajeista tulee Pohjois-Suomessa kysymykseen *P. fasciculatus* De G., alueen eteläisimmissä osissa myös *P. decoratus* Frm., jota Saalaan (1923: 431) mukaan on pohjoisimpana tavattu Säräisniemeltä. Itse olen viimeksi mainittua lajia löytänyt vain Kolilta. Oksajääriäisten mainitaan voivan olla fysiologisesti vahingollisia (Saalas op. c.: 427—428; Kangas 1946: 25), mutta kuitenkin ne ilmeisesti ovat vaikutukseltaan vähämerkityksisiä (Kangas l. c.).

Hylobius spp. Toukkia tavattiin 4 puusta. Kolmessa tapauksessa ne esiintyivät muitten tekijäin vaikutuksesta kuolleissa juurissa, neljännessä varsin poikkeuksellisesti hieman juurenniskan alapuolella kaarnassa. Viimeksi mainittu Taivalkoskella analysoitu puu oli pienehkö, kuitenkin jo 160-vuotias kuusi, jossa koko latvuksen pituudella oli siellä täällä kuivuneita oksia tai oksien kärkiä. Lukuun ottamatta erästä vanhaa *Pogonochaerus*-esiintymää ei puusta todettu merkkejä muista hyönteisistä kuin yksi suuri *Hylobius*-toukka jonkin verran maan pinnan alapuolella. Toukka oli elänyt aivan kuoren pinnalla tai pintakerroksissa ilman, että missään kohdassa voitiin todeta sen käytävien ulottuneen nilakerrokseen saakka. Juurissa oli huomattavasti kovaa lahoa, mutta toukan esiintymiskohdalla kuori oli täysin terveen näköistä. Ainakin kuorikasoissa eläessään (vrt. Brammanis 1956) myös *Hylobius abietiksen* toukat syövät nilan lisäksi ilmeisesti kaarnaakin, mutta viimeksi kuvatussa tapauksessa lienee kuitenkin kysymyksessä ollut *H. piceus* (vrt. Heqvist 1957). Valitettavasti toukkaa ei otettu talteen.

Pissodes harcyniae Hbst. ja *P. gyllenhali* Gyll. Vain kolmesta analysoidusta puusta tavattiin aikuisia, tavallisimmin pikikärsäkkäät esiintyivät toukkina tai sitten oli kysymyksessä vanha esiintymä, josta kaikki aikuiset jo olivat poistuneet. Kun näitä lajeja ei toukkina ole voitu toisistaan erottaa, koska *P. gyllenhalin* toukka on ollut tähän asti tarkemmin kuvaamatta (Kangas 1935 b: 5, 1938: 30, 1957), on niitä tässä valitettavasti käsiteltävä yhdessä, vaikka tiedossa ei olekaan missä määrin ne kuusen kuivumistekijöinä ovat toisiinsa rinnastettavissa. Edellä mainituissa kolmessa puussa oli kahdessa kysymyksessä *P. harcyniae*, kolmannessa (Kumpu-Kivalossa) *P. gyllenhali*.

Pikikärsäkkäiden aikuissyömää, vanhoja toukkakäytäviä tai eri kehitysasteilla olevia yksilöitä todettiin 48 puusta, joten ne ovat eräitä kaik-

kein yleisimpiä kuivuvissa kuusissa esiintyviä hyönteisiä (vrt. K a n g a s 1945: 50; J u u t i n e n 1955: 80—81). Niitä tavattiin kaikista tutkimuspaikoista, siis myös Laanilasta. Kirjallisuudessa (S a a l a s 1923; K a n g a s 1938) mainitaan maastamme pohjoisimpina löytöpaikkoina Kittilä ja Savukoski.

Pikikärsäkkäät saattavat esiintyä rungon kaikissa osissa, paksujen kuusten tyvestä (vrt. K a n g a s 1938: 32) aina parin sentin vahvuisiin latvaosiin saakka, jopa paksuimmissa oksissakin. Esiintymisrunsaus vaihtelee erittäin paljon. Sangen usein samasta puusta tavattiin vain alle kymmenen toukkaa, mutta joissakin tapauksissa pikikärsäkäs oli koko puussa valtahyönteisenä. Suurin esiintymä todettiin eräästä Kumpu-Kivalossa analysoidusta 16.7 m pitkästä kuusesta, jossa toukkia ja iskeytymisyrityksiä oli n. 1.5 m:n korkeudelta aina 16 m:iin saakka eli yli 8 m^2 laajalla kuorivaipan alalla. Kuten tunnettua myöskin iskeytymiskyky (ainakin *P. harcyniaella)* vaihtelee melkoisesti (vrt. K a n g a s 1946: 104, 1950; J u u t i n e n 1955: 80—81). Käsillä olevassakin aineistossa on lukuisasti sellaisia puita, joissa pikikärsäkkäät olivat esiintyneet täysin sekundaarisina, mutta myös sellaisia — tosin tyvilahon tai mesisienen vaivaamia — kuusia, jotka pikikärsäkkäiden puuhun tullessa olivat vielä olleet suhteellisen hyväkuntoisia. Eräänä osoituksena tästä on näissä tapauksissa ollut iskeytymisyritysten joko täydellinen tai osittainen epäonnistuminen. Epäonnistuneita yrityksiä todettiin kaikkiaan 12 eli keskimäärin joka neljännestä puusta.

Phthorophloeus spinulosus Rey. Sukanilurin vanhoja käytäviä on merkitty muistiin 8 puusta ja lisäksi sellaisia syömäkuvioita, joissa oli imagoja, 4 puusta. Kun tässäkin yhteydessä vielä otetaan huomioon, mitä katkosiipijäärän yleisyyden toteamisesta s. 16 mainittiin, ei laji siis Pohjois-Suomessa ole harvinainen. Sitä tavattiin Pyhäkoskelta Laanilaan saakka, S a a l a s (1923: 482) mainitsee vielä pohjoisempana löytöpaikkana Kyrön Ivalosta. Sukaniluria saattaa tavata kuusen rungostakin (S a a l a s op. c.: 480), mutta yleensä se kuitenkin on erittäin tyypillinen oksien ja nimenomaan alaoksien asukas. Tavallisimmin se esiintyy keskikokoisissa tai kookkaissa kuusissa. Vanhoja syömäkuvioita todettiin kuitenkin Taivalkoskella eräästä rinnankorkeudelta vain 4 cm vahvasta ja 2.8 m pitkästä, tosin sangen vanhasta kuusesta.

Lajin metsätaloudellisesta merkityksestä on oltu eri mieltä, ja esim. L ø v e n d a l i n (kts. S a a l a s 1923: 481) mukaan se saattaa esiintyä aivan tuoreissakin oksissa kuivattaen niitä vähitellen alemmista alkaen. Niistä neljästä kuusesta, joista tuoreita syömäkuvioita tavattiin, tehtyjen havaintojen mukaan sukaniluri on käsillä olevassa aineistossa esiintynyt aivan ilmeisesti jo ennen sen iskeytymistä kuivahtaneissa oksissa. Siinäkin tapauksessa, että emokäytävät olivat vasta aivan alussa, ei kyseisissä oksissa

enää ollut vihreitä neulasia. Myöskin se, että useasta puusta todettiin vanhoja käytäviä, mutta ei sukanilurin esiintyminen eikä oksiston kuivuminen ollut ylöspäin jatkunut, viittaa lajin sekundaarisuuteen (vrt. Pfeffer 1955: 129). Tehdyistä havainnoista voidaan päätellä, että lajilla on lisääntymispaikkansa suhteen ilmeisestikin varsin tarkat vaatimukset, ja iskeytyy se ainoastaan vihreän ja jo kuolleen latvuksen rajalla oleviin aivan äskettäin kuivahtaneisiin oksiin. Tästä johtuen sitä yleensä tavataan puusta hyvin suppealta alalta ja useimmista muista kaarnakuoriaisista poiketen yksilömäärältään vähäisenä. Kuusen kuivumistekijänä ei sukanilurilla edellä esitetyn mukaisesti ole Pohjois-Suomessa merkitystä.

Xylechinus pilosus Ratz. Suomuniluri ei ole harvinainen — tavattiin 7 puusta — ja kuuluu lajeihin, jotka Pohjois-Suomessa ovat yleisempiä kuin maamme eteläosissa (Saalas 1923: 502). Mainitut 7 puuta olivat yhtä lukuun ottamatta rinnankorkeudelta alle 20 cm vahvoja, vaikkakin nimenomaan Pohjois-Suomesta on havaintoja suomunilurin esiintymisestä järeämmissäkin puissa (Saalas op. c.: 499—500). Paksuimmissa kuusissa sen esiintymisalue oli varsin suppea, ja vain kahdessa ohuimmassa puussa, joista toinen oli mesisienen ja toinen ukkonilurin tappama, suomuniluria tavattiin useamman metrin pituiselta alueelta. Ohuimmassa — rinnankorkeudelta vain 10 cm:n mittaisessa kuusessa se oli valtahyönteisenä. Yksi havainto on lajin esiintymisestä oksissa. Kaikissa tapauksissa se esiintyi joko ennestään kuivuneen tai muitten lajien aikaisemmin jo suurimmaksi osaksi valtaaman kuoren alueella. Myös Saalaan (op. c.: 501—502) mukaan suomuniluri on useimmassa tapauksessa jokseenkin sekundaarinen.

Dendroctonus micans Kug. Ukkoniluri on kuusihyönteisistämme tunnetusti kaikkein primaarisimpia (vrt. esim. Saalas 1923: 495; Kangas 1946: 104, 1952: 167; Juutinen 1955: 86). Joskin esiteltävässä aineistossa on sellaisiakin puita, joissa kuivumisprosessi eri tekijäin vaikutuksesta jo ennen ukkonilurin puuhun iskeytymistä oli jokseenkin pitkälle edistynyt, todettiin ukkonilurin kuitenkin eräissä tapauksissa tulleen aivan ensimmäisenä hyönteisenä vielä sangen hyväkuntoiseen puuhun.

Lajia tavattiin 25 puusta ja kaikilta muilta tutkimuspaikoilta paitsi Pyhäkoskelta, josta analyysejä onkin varsin niukasti. Ukkoniluri on siis Pohjois-Suomen kuusimetsäalueella varsin yleinen. Saalaan (1923: 497) mukaan se on maassamme hyvin harvinainen, ja hän mainitseekin omia havaintojaan Pohjois-Suomesta vain kolme — Taivalkoskelta ja Kittilästä. Kun Saalaan havaintoaineisto mitä jo tarkastettujen puiden lukumäärään tulee, on tiettävästi esiteltävänä olevaa tutkimusmateriaalia melkoisesti suurempi, ei voitane tulla muuhun lopputulokseen kuin että ukkoniluri näiden tutkimusten välisenä kolmena vuosikymmenenä on nimenomaan Pohjois-Suomessa selvästikin yleistynyt. Tuskin voitaneen olet-

taa, että jotkut metsänhoidolliset toimenpiteet olisivat tällaiseen yleistymiseen syynä — etenkin kun on kysymys yleensä primaarisena tai »primaarisluontoisena» esiintyvästä kaarnakuoriaisesta — ja lisäksi monet niistä metsiköistä, joissa käsillä olevaa tutkimusta varten puita analysoitiin, olivat edelleenkin täysin tai jokseenkin luonnontilaisia. Eräänä mahdollisesti kysymykseen tulevana tekijänä voitaisiin mainita ilmastossamme kuluvalla vuosisadalla tapahtunut, 1930-luvulla huippunsa saavuttanut lämpeneminen (vrt. Keränen 1955), jolla niin eläimistömme eri ryhmiin (vrt. esim. Siivonen & Kalela 1937; Krogerus 1945; Valle 1946) kuin kasvistoommekin (Erkamo 1956) on ollut tuntuva vaikutus.

Ukkonilurin esiintymistavasta tehtiin joitakin havaintoja, jotka voitaneen tässä yhteydessä mainita. Analysoidut puut, joista ukkoniluria todettiin, jakautuivat eri läpimittaluokkiin (rinnankorkeudelta mitattuna) seuraavasti:

0—10	cm	3 kpl.
11—20	»	9 »
21—30	»	9 »
31—40	»	4 »

Saalas (1923: 495) mainitsee tavanneensa ukkoniluria 14—55 cm:n, enimmäkseen kuitenkin 25—35 cm:n läpimittaisista kuusista. Eräässä Kankaan (1952 b: 155) esittämässä aineistossa sitä ei ollenkaan tavattu alle 20 cm:n paksuisista puista. Pienin Pohjois-Suomessa analysoimistani puista oli 2.8 m pitkä, rinnankorkeudelta 4 ja tyvestä 6 cm paksu — ikää sillä tosin oli jo n. 160 v. — ja todettiin ukkoniluria sen tyvessä enintään 20 cm:n levyisellä vyöhykkeellä. Tosin laji pakon tullen saattaa esiintyä vieläkin pienemmissä puissa (Trägårdh 1923: 212), mutta maastamme esitettyihin havaintoihin verrattuna on ukkoniluri käsillä olevassa aineistossa esiintynyt runsaasti myös ohuemmissa puuluokissa.

Jos tarkastellaan kuinka korkealla puun rungossa ukkoniluria todettiin, saadaan seuraava tulos:

vain juurissa				4	puussa
korkeintaan	25	cm:n	korkeudessa	10	»
»	50	»	»	8	»
»	75	»	»	1	»
»	100	»	»	1	»
»	125	»	»	1	»

Kuten tunnettua ukkoniluri meillä yleensäkin esiintyy etupäässä vain puun tyviosassa (vrt. esim. Saalas 1923: 495; Kangas 1952 b: 155),

mutta kuitenkin sitä Etelä-Suomessa voi silloin tällöin tavata korkeammaltakin puusta, eteläisimmissä osissa varsin ylhäältäkin (vrt. Kangas 1946: piirrokset 4 ja 6, 1952 b: kuva 3). Gøhrn, Henriksen & Petersen (1954: 415) esittävät tilaston, jonka mukaan eräällä tuhoalueella Tanskassa ukkoniluria todettiin useista puista sangen korkealta, jopa yli 17 m:n korkeudelta. Pfefferin (1949: 153) mukaan on ukkonilurin todettu esiintyneen Tshekkoslovakiassa lumivahinkojen jälkeen ensimmäisenä hyönteisenä ja jopa aivan puiden latvoissakin. Myös Glück (1876) mainitsee sen esiintymisestä lumen murtamien puiden latvaosissa, eräissä tapauksissa oli jopa naapuripuiden oksien aiheuttama hankautuma aiheuttanut ukkonilurin iskeytymisen ylös puun runkoon. Vastaavanlaisia havaintoja Pohjois-Suomesta, jossa laajat kuusimetsäalueet kuuluvat kroonisten lumituhojen piiriin, ei tiettävästi ole olemassa, vaan tällaisissa tapauksissa kuten yleensäkin ukkonilurin esiintyminen rajoittuu aivan puun tyveen. Kuten s. 21 olevasta asetelmasta nähdään, lajia todettiin 22 analysoidusta puusta eli 88 %:sta enintään 50 cm:n korkeudelta. Mistä tällainen esiintymistavan erilaisuus johtuu, ei nykyisten vielä vähäisten havaintojen mukaan ole ratkaistavissa. Kuoren paksuudella ei tässä tapauksessa voi olla ratkaisevaa merkitystä. Neljässä paksuimmassa puussa oli kuoren vahvuus 1 m:n korkeudella 10—13 mm, ukkoniluria kuitenkin yhdessä puussa vain juurissa, kahdessa n. 30 cm:n ja yhdessä korkeintaan 50 cm:n korkeudella, sen sijaan niissä kahdessa puussa, joista sitä todettiin vielä 1.0—1.25 m:n korkeudelta, oli kuoren vahvuus 1 m:ssä toisessa 9 ja toisessa vain 6 mm. Mahdotonta ei liene, etteikö ilmastollisilla tekijöillä tässäkin tapauksessa olisi osuutta asiassa.

Hylurgops glabratus Zett. Sekundaarinen laji, joka enimmäkseen esiintyy kaatuneissa puissa (Saalas 1923: 526; Spessivtseff 1928: 223). Vaikkakin se Pohjois-Suomessa on yleinen (Saalas op. c.: 530), sitä luultavimmin juuri edellä mainituista syistä tavattiin vain neljäst[a], analysoidusta puusta. Näistäkin yksi oli tuulen lahosta tyvestä katkaisemaä maassa oleva, rinnankorkeudelta 12 cm:n vahvuinen kuusi, jossa lajia oli, ensimmäisen tyvimetrin pituudelta. Muut puut olivat pystyjä ($D_{1.3}$ = 20—39 cm), ja todettiin niistä *Hylurgops glabratuksen* syömäkuvioita yhdestä kaksi, muista vain yksi kummastakin. Kaikissa tapauksissa kaljuniluri oli esiintynyt joko kirjapainajan, kuusijäärien, harmojäärän tai pikikärsäkkäiden jo varsin huonoon kuntoon saattamassa puussa. Kuusen kuivumistekijänä ei kaljunilurilla ole käytännöllistä merkitystä.

Hylurgops palliatus Gyll. Myöskin vaippaniluri on sekundaarinen (vrt. Saalas 1923: 537; Nuorteva 1956 a: 26—28). Se on maamme eteläosissa hyvin yleinen, mutta käy pohjoiseen päin harvinaisemmaksi (Saalas op. c.: 538; Nuorteva op. c.: 21—22) ja esiintyy pohjoisessa lisäksi useimmin männyssä kuin kuusessa (Nuorteva op. c.: 23).

Analysoiduista puista sitä tavattiin vain neljästä. Näistä yksi oli tuulen kaatama laho kuusi, muut pystyssä olevia, mutta olivat nekin vaippanilurin iskeytyessä olleet jo huonokuntoisia.

Hylastes sp. Niissä tapauksissa, jolloin löydettiin aikuisia, oli kysymyksessä *H. cunicularius* Er. Juurinilureita tavattiin kaikkiaan 11 puusta, tavallisimmin vain juurista, mutta joissakin tapauksissa myös rungon tyvestä, enintään 30 cm:n korkeudesta juurenniskasta lukien. Ne esiintyivät siis aineistossa jokseenkin runsaasti etenkin kun otetaan huomioon, että ne tavallisimmin ovat varsin sekundaarisia (vrt. esim. Saalas 1923: 524). Yleensä niiden todettiin iskeytyneen mesisienen tai erilaisten muiden sienten pahasti vaivaamiin tai tappamiin juuriin. Eräissä tapauksissa juurinilurit kuitenkin olivat tulleet melko vihreälatvuksiseen puuhun, jopa sellaisiinkin juuriin, jotka vielä olivat olleet niin elinvoimaisia, että nilurit olivat iskeytymisyrityksissään epäonnistuneet. Beck (Hess—Beck 1927: 306) on tavannut *H. cunicullariusta* Erzgebirgellä eräästä 30-vuotisesta kuusikosta niin runsaasti, että se todennäköisesti aiheutti usean puun kuivumisen. Escherich (1923: 621) pitää tapausta poikkeuksellisena ja ehkä erikoisista paikallisista olosuhteista johtuneena. Kun Etelä-Suomesta ei tiettävästi ole julkaistu havaintoja juurinilureiden iskeytymisestä niin hyväkuntoisiin puihin, että yritykset olisivat epäonnistuneet, voitaisiin tietysti olettaa, että tässäkin tapauksessa Pohjois-Suomen erikoisilla olosuhteilla olisi osuutensa asiassa. Missään tapauksessa juurinilureita ei kuitenkaan pohjoisessakaan ole pidettävä kuivumisen primaarisina aiheuttajina.

Polygraphus-lajit. Maastamme tavatuista lajeista on *P. poligraphus* L. eteläinen. Sen esiintymisestä on tosin havaintoja tutkimusalueen eteläpuoliskosta (vrt. esim. Saalas 1923: 509; Platonoff 1943: 141; Lindberg & Saris 1952: 59), mutta on se joka tapauksessa Pohjois-Suomessa harvinaisempi kuin maan eteläosissa (Saalas l. c.). Käsillä olevan tutkimuksen yhteydessä sitä ei tavattu mistään tutkimuspaikasta. Muut lajit — *P. punctifrons* Thoms. ja *P. subopacus* Thoms. — sen sijaan ovat enemmän pohjoisia lajeja (Saalas op. c.: 514, 518).

P. punctifronsia, vaikka se onkin Pohjois-Suomessa yleinen, tavattiin vain yhdestä analysoidusta puusta (Kumpu-Kivalosta). Tämä johtunee etupäässä siitä, että se esiintyy melkein yksinomaan kaatuneissa kuusissa (Saalas 1919: 247). Mainittu puu ($D_{1.3}$ = 18.5 cm, ikä n. 150 v.) oli tavallista paksukuorisempi (kuoren vahvuus tyvessä 16 mm). Voimakkaan tyvilahon ja sitä seuranneen *Dendroctonus*-esiintymän vaikutuksesta oli kuori tyvestä kuivunut muodostaen kuivan kuoren alue kolmiomaisen n. 2 m:n korkeudelle ulottuneen kielekkeen. Tämän kielekkeen ylimmässä kärjessä, sangen kapealla, mutta kuitenkin toista metriä pitkällä kaistaleella tavattiin *P. punctifronsia* täysin sekundaarisesti esiintyneenä.

P. subopacusta todettiin 25 puusta. Laji saattaa esiintyä missä osassa runkoa tahansa. Esimerkiksi eräässä rinnankorkeudelta 20 cm:n paksuisessa ja 11.05 m:n pituisessa puussa sitä tavattiin aina 10.9 m:n korkeuteen saakka, kuoren paksuuden ollessa esiintymisalueen äärimmäisillä rajoilla 11 ja 3 mm. Tavallisimmin kuitenkin yli 20 cm:n paksuisissa puissa esiintyminen tyvessä on vähäisempää ja keskittyy 1—2 m:n korkeudelta ylöspäin olevaan rungon osaan (vrt. Juutinen 1955: 90), ohuemmissa kuusissa laji sen sijaan usein on valtahyönteisenä tyvestä lähes ylimpään latvaan saakka. Usein sen tapaa myös paksuista oksista.

Mitä monikirjaajien osuuteen kuusen kuivumisprosessissa tulee, ei *P. punctifronsilla* ole käytännöllistä merkitystä, sen sijaan muut lajit on luettava varteen otettavien kuivumistekijäin joukkoon (vrt. esim. Saalas 1923; Spessivtseff 1930; Kangas 1946), joskin *P. poligraphuksen* vaikutus Pohjois-Suomessa sen harvinaisuuden vuoksi *P. subopacukseen* verrattuna on ilmeisestikin verraten vähäinen.

Cryphalus saltuarius Wse. Vaikkakin laji on Pohjois-Suomessa hyvin yleinen, yleisempi kuin maamme eteläosissa (Saalas 1923: 554), tavattiin sitä analysoiduista puista vain kahdesta. Toisessa, rinnankorkeudelta ainoastaan 10 cm paksussa puussa se esiintyi runsaslukuisena 4 cm:n vahvuudesta katkenneessa ja runkoon kiinni jääneessä latvassa, toisessa ($D_{1.3}$ = 19 cm) vain sellaisissa alaoksissa, jotka olivat juuri kuivuneet ja joista kaikki neulaset olivat jo varisseet. Oksissa, joissa oli vielä vaikka vain muutamiakin vihreitä neulasia jäljellä, ei *Cryphaluksen* — tarkastushetkellä vasta aivan alussa olevia — emokäytäviä ollenkaan tavattu. Saalaan (l. c.) mukaan kätkökaarnurille on ominaista esiintyminen joko aivan ohuissa puissa suurimmassa osassa runkoa, puihin kiinni jääneissä katkenneissa latvuksissa tahi oksissa. Ehkä lajin vähäinen esiintyminen käsiteltävänä olevassa aineistossa suurelta osalta johtuukin siitä, että aineistoon sisältyy melko vähän pienimpien läpimittaluokkien puita, edellä mainittu lumen murtama kuusi, jossa latvus oli jäänyt runkoon kiinni, oli sekin ainoa tällainen tapaus ja lisäksi vanhoja kuolleita alaoksia ei kaikista puista tarkemmin analysoitu.

Edellä esitetyissä tapauksissa kätkökaarnuri oli täysin sekundaarinen. Saalas (l. c.) mainitsee kuitenkin tavanneensa sitä vielä aivan vihreähavuisista oksista, joten laji ilmeisesti joissakin tapauksissa edistää kuivumisprosessin kulkua. Kokonaisuudessaan sen merkitys ei kuitenkaan liene kovinkaan suuri (vrt. Kangas 1946: 22).

Dryocoetes autographus Ratz. Tavattiin ainoastaan kolmesta puusta, mikä lähinnä johtunee sen suuresta sekundaarisuudesta. Kahdessa kuusessa se esiintyi aivan maan rajassa erilaisten lahojen, ukkonilurin, kuusijäärien, pikikärsäkkäiden tai harmojäärän tappamissa puun osissa, kolmannessa

lahoissa kuolleissa juurissa. Kuivumistekijänä tämä laji on täysin merkityksetön (vrt. Saalas 1923: 615).

Trypodendron lineatus Ol. Havupuun tikaskuoriaisesta on havaintoja kolmesta kuusesta, joiden latvus analysoitaessa oli jo täysin kuiva. Kaksi puuta oli kirjanpainajan ja kolmas erilaisten lahojen ja hyönteisten tappama. Kuusen kuivumista edistävänä tekijänä tälläkään lajilla tuskin on merkitystä (vrt. Kangas 1946: 25).

Pityophthorus micrographus L. Kuusen oksakirjaajaa tavattiin 7 puusta, joiden rinnankorkeusläpimitta vaihteli 10:stä peräti 43 cm:iin. Näistä kahdessa laji esiintyi vain oksissa, kaikissa muissa yksinomaan latvassa. Runsaimmin sitä todettiin eräästä 23 cm vahvasta ja 10.3 m pitkästä kuusesta, nimittäin aivan latvasta aina 7 m:n korkeudelle saakka, kohtaan, jossa rungon paksuus oli n. 9 cm. Paksuimmassa puussa syömäkuvioita oli latvan huipussa ainoastaan n. 20 cm:n matkalla. Enimmäkseen se esiintyy vain ohuehkoissa puissa (Saalas 1919: 297), joissakin tapauksissa primaarisenakin (vrt. Kangas 1946: 62). Käsillä olevaa tutkimusta varten suoritettujen analyysien mukaan se saattaa esiintyä ensimmäisenä hyönteisenä latvasta päin kuivuvissa puissa ja siten jossain määrin jouduttaa kuivumisen kulkua, mutta suurena sen merkitystä ei kuitenkaan voitane pitää.

Pityogenes chalcographus L. Kuten tunnettua kuusen tähtikirjaaja esiintyy täysin primaarisenakin (vrt. esim. Saalas 1923: 567; Kangas 1946: 62). Pohjois-Suomessa analysoimissani puissa se oli eräissä hyvin vähälukuisena ja täysin sekundaarisena, useimmiten sen kuitenkin todettiin iskeytyneen aivan ilmeisesti vielä melko hyväkuntoisiin puihin tai puun osiin. Vain kaikkein ohuimmista kuusista sitä tavattiin lähes tyvestä latvaan saakka, paksuimmista ainoastaan latvuksen alueelta, monesti sellaisista puista, joiden tyviosassa oli kirjanpainajaa. Viimeksi mainituissa tapauksissa näiden lajien esiintymisalueiden raja oli monesti hyvin jyrkkä (vrt. Saalas 1923: 564).

Kuusen tähtikirjaaja ei Pohjois-Suomessa ole harvinainen, sitä todettiinkin 11 puusta, myöskin pohjoisimmista tutkimuspaikoista, Pallasjärveltä ja Laanilasta. Saalas (op. c.: 568) mainitsee pohjoisimpina löytöpaikkoina maastamme Muonion ja Kinisjärven.

Pityogenes saalasi Egg. Laji on harvinainen ja esiintyy maassamme yksinomaan pohjoisosissa (Saalas 1923: 574, 1956: 144; Stenius 1936: 18; Platonoff 1943: 142). Käsillä olevan tutkimuksen yhteydessä tavattiin imagoja vain kahdesta analysoidusta puusta ja lisäksi vanhoja syömäkuvioita samoin kahdesta puusta. *P. saalasin* ja *P. chalcographuksen* syömäkuviot eroavat toisistaan tyypillisimmissä tapauksissa useassakin kohdassa, joista tärkein lienee se, että ensiksi mainitun siitoskammio ja emokäytävät sijaitsevat kokonaan kaarnan alla uurtautuen jonkin ver-

ran pintapuuhunkin (Saalas 1923: 572). Kuitenkin milloin *P. chalcographus* oli analysoiduissa puissa esiintynyt kaikkein ohuimmissa osissa, varsinkin oksissa, todettiin asianlaidan olleen saman senkin syömäkuvioissa. Kun mainituissa kahdessa vanhassa esiintymässä ei syömäkuvioiden kohdalla enää ollut kuortakaan jäljellä, on määritystä pidettävä varsin epävarmana.

Saalas (1923: 572) on tavannut lajia 7—30 cm paksuista kuusista, paksuimmista kuitenkin vain 3.5—1.5 cm:n vahvuisista latvaosista ja oksista, pienistä puista myöskin rungoista. Toinen analysoimistani puista, joista *P. saalasi* -imagoja tavattiin, oli 29 cm paksu, 12 m pitkä ja iältään n. 200-vuotias. Se kasvoi kolmen suuren ja viiden pienen kuusen muodostamassa ryhmässä muuten melko aukealla tunturin rinteellä. Saalas (1919: 312) mainitsee tavanneensa lajia kuusista, jotka yleensä kasvoivat verraten aukeilla mäillä. Mainitun puun juuristo oli voimakkaasti lahonnut (»hiililaho»), ja ilmeisesti lahon vaikutuksesta oli kuori tyvessä länsisivua lukuun ottamatta kuivunut aina 2 m:n korkeuteen saakka. Kuivan kuoren alueelta tavattiin vain suhteellisen suppealta alalta vanhoja *Dendroctonus*- ja *Tetropium*-käytäviä. Analysoimisvuotta edeltäneenä kesänä olivat puuhun iskeytyneet kuivan kuoren rajasta lähtien aina 9.5 m:n korkeuteen saakka *Tetropium* sp. ja *Callidium coriaceum* sekä n. 8 m:iin saakka *Polygraphus subopacus*, joka analysoimisvuonna oli jatkanut esiintymisaluettaan 10 m:n korkeuteen saakka. Viimeksi mainittuna vuonna oli puuhun tullut *Polygraphus*-vyöhykkeen ylärajalta aina latvaan saakka *Pityogenes saalasi*, jota tavattiin myös oksistosta. Puu oli monilatvainen, haarautuen kahtia ensiksi 9 m:ssä, kumpikin haara jälleen 10 m:ssä ja näistä neljästä vielä kaksi 11 m:ssä. *P. saalasin* esiintymisalueen alarajalla haarojen vahvuus oli vain n. 4 cm. Puun latvus oli jo kuivunut, neulaset suurimmaksi osaksi jo varisseet, vain latvassa ja oksien kärjissä oli keltaisia tai kellertäviä neulasia jonkin verran jäljellä.

Toinen kuusi oli paksuudeltaan 21 cm, sen pituus 11 m ja ikä n. 300 v. Tyvestä todettiin vähäisessä määrässä lahoa sekä aivan pieni *Dendroctonus*-esiintymä, joilla kummallakaan tässä vaiheessa vielä tuskin oli mainittavaa vaikutusta puun kuntoon. Kuivuminen — luultavimmin fysiologisista syistä johtuva — olikin latvasta tyveen päin etenevää. Kuori oli kuivunut latvasta aina 9 m:n korkeudelle asti, oksat olivat täysin kuivat n. 1 ½ m:n matkalla latvasta lukien ja seuraavienkin kahden metrin pituudelta oli latvus varsin harsu, alempana todettiin vain siellä täällä kuivia oksien päitä. Lukuun ottamatta jo mainittua *Dendroctonus*-esiintymää ei puusta todettu muita hyönteisiä kuin koko kuivan kuoren alueelta latvasta sekä kuivista oksista *Pityogenes saalasita*. Sen esiintymisalueen alarajalla rungon läpimitta oli n. 5 cm.

Kahdesta epävarmasta tapauksesta toisessa tähtikirjaaja oli esiintynyt lumen murron jälkeen kuivuneessa latvassa ja toisessa vain oksistossa. Nämä samoin kuin edellä selostetutkin analyysit ovat kaikki Laanilasta.

Mitä *Pityogenes saalasin* merkitykseen kuivumisprosessissa tulee, oli laji niissä kahdessa tapauksessa, joissa se voitiin varmasti määrittää, esiintynyt sekundaarisena. Kun kuitenkin *P. chalcographuksen*, johon käsiteltävänä olevaa lajia elintapojensa puolesta voitaneen lähinnä verrata, esiintymistapa saattaa melkoisesti vaihdella, ei näistä kahdesta havainnosta jo tämänkään takia voida paljoakaan päätellä. Saalaan (1923: 573) mukaan se lienee vahingollisuudessaankin lähisukulaisiinsa rinnastettavissa. Merkitystä vähentää kuitenkin huomattavasti se, että tähänastisten havaintojen mukaan *P. saalasi* on *P. chalcographusta* melkoisesti harvinaisempi.

Ips typographus L. Kirjanpainajaa todettiin 7 puusta. Lajia tavattaneen kaikkialla tutkimusalueen kuusimetsissä, onpa sitä löydetty kuusirajan pohjoispuoleltakin (Platonoff 1940: 11; Nuorteva 1955 b). Eräissä puissa se oli esiintynyt täysin sekundaarisena usean muun kuivumistekijän jälkeen, mutta aineisto käsittää myös useita sellaisia kuusia, jotka kirjanpainajan iskeytyessä olivat ilmeisesti olleet terveitä. Yleensä sitä tavattiin puitten tyvi- ja keskiosista, eräästä analysoidusta puusta kuitenkin myös latvasta aina 5.5 cm:n vahvuuteen saakka.

Ips typographuksen lähisukuisten lajien *I. duplicatuksen* Sahlb. ja *I. amitinuksen* Eichh. esiintymistä käsillä olevassa aineistossa ei voitu todeta. Saalaan (1923: 603) mukaan *I. duplicatus* on eteläinen laji, mutta on sitä kuitenkin tavattu Suomussalmelta asti pohjoisessa. Maamme faunalle vasta äskettäin uutena ilmoitettu *I. amitinus* on toistaiseksi löydetty vain Etelä-Suomesta (Nuorteva 1955 a, 1956 b), mutta on sen esiintymisen pohjoisraja toistaiseksi vielä tuntematon. Omasta kokoelmastani olen todennut vain Tuusulan Ruotsinkylästä otettuja tähän lajiin kuuluvia yksilöitä. Sen esiintyminen myöskin Pohjois-Suomessa ei ole epätodennäköistä, mutta kun se on todettu täysin sekundaariseksi lajiksi (Nuorteva 1956 b), ei sillä kuusen kuivumisprosessissa ilmeisestikään ole suurtakaan merkitystä.

Symphyta sp. Sahapistiäistoukkia tai -koteloita tavattiin 6 puusta (vrt. Kangas 1946: 23; Juutinen 1955: 91). Kaikki kasvatusyritykset epäonnistuivat, joten lajia (tai lajeja) ei voitu tarkemmin määrittää. Kaikissa tapauksissa toukkien tekemät käytävät olivat suurimmaksi osaksi kaarnassa ja vain paikoitellen saattoivat ulottua pintapuuhun saakka. Viiden puun läpimitta oli 27—33 cm, kuudes oli ohuempi, vain 15 cm:n vahvuinen. Kaikissa tapauksissa oli kysymys varsin vanhoista, 200—300-vuotiaista puista. Toukkia tai koteloita tavattiin yleensä vain tyvestä (maan rajasta lukien 10—80 cm:n korkeudelta), jossa kuoren paksuus oli 9—14 mm, yhdestä puusta vanhoja käytäviä 4 m:n korkeudelta, mutta oli

kuoren vahvuus tässä puussa vielä näinkin ylhäällä 13 mm. Toukat tulevat puuhun ilmeisesti vain koteloitumaan, ja kun käytävät viidessä analysoidussa puussa sijaitsivat täysin kuivuneen kuoren alueella, kuudennessa *Anobium*-toukkien käytävien joukossa yksinomaan kaarnassa, ei lajilla kuusen kuivumisessa ilmeisestikään ole mitään merkitystä. Toukkia tai koteloita tavattiin Laanilassa 3:sta, Rovaniemellä 2:sta ja Taivalkoskella 1 puusta (kustakin vain 1—2 yks.). *Tetropium*-tutkimuksia varten (J u u t i n e n op. c.) Etelä-Suomessa analysoiduista puista havaittiin Pielisjärven Kolilla toukkia 1 puusta, Tuusulan Ruotsinkylässä ei yhdestäkään. Mahdollisesti kysymyksessä näin ollen on jokin laji, joka maan pohjoisosissa on yleisempi kuin etelässä.

Siricidae sp. Puupistiäistoukkien käytäviä tavattiin yhdestä puusta Rovaniemellä. Puupistiäisten merkitys kuusen kuivumisprosessissa lienee vielä vaillinaisesti tunnettu, suuri se ei kuitenkaan voine olla (vrt. K a n g a s 1946: 26).

Camponotus herculeanus L. Myöskin hevosmuurahaista todettiin vain yhdestä puusta, Pyhäkoskella. Kyseinen, vielä lähes täysin vihreälatvuksinen kuusi oli rinnankorkeudelta 21 cm paksu ja n. 100-vuotias. Sen tyvessä oli voimakas laho, kuten näytti täysin tervettä oli kantoleikkauksessa vain 3—4 cm:n levyinen vyöhyke ulointa mantopuuta. Laho ulottui n. 2.5 m:n, muurahaispesä n. 0.75 m:n korkeuteen saakka. Tyveen olivat tikat hakanneet kolme suurenlaista reikää, joista suurin ulottui hyvän matkaa maan pinnan alapuolellekin. Hevosmuurahaisen osuus kuivumisessa lienee lähinnä välillistä laatua (vrt. K a n g a s 1946: 26). Eräs yleinen seuraus sen esiintymisestä on juuri tikkojen vioitusten ilmestyminen puuhun. Kun tikkojen hakkaamat kolot voivat olla varsin suuria, saattaa puun tyvessä kuori huomattavan laajallakin alalla kunnoltaan ainakin jossakin määrin heikentyä, mikä puolestaan houkuttelee muita tekijöitä, ennen kaikkea ukkoniluria ja kuusijääriä, iskeytymään puuhun. Eräässä Kolilla muita tarkoituksia varten analysoidussa puussa näin oli käynytkin.

Microlepidoptera sp. Pikkuperhostoukkia todettiin 4 puusta, joista 2 oli Taivalkoskelta ja 2 Rovaniemeltä. Kolmessa tapauksessa puu oli niin laho, että sen poikkileikkauspinta-alasta kannon korkeudella oli jo 80—90 % tuhoutunut. Perhostoukat esiintyivät täysin kuivuneen kuoren alueella pihkaisissa kohdissa enintään 90 cm:n korkeudella ja merkillistä kyllä vain puiden luoteissivulla. Yhdestä puusta ei todettu muita hyönteisiä, yhdestä ainoastaan *Ernobiusta*, kolmannesta sen sijaan sangen useita lajeja perhostoukkien lisäksi. Neljännessä puussa oli vain yksi kuollut toukka 1.6 m:n päässä latvasta sangen pihkaisessa ja lumen taivutuksen vuoksi useasta kohdasta halkeilleessa paikassa. Kuivumistekijöinä pikkuperhostoukilla ei ole merkitystä.

Edellä selostettiin kaikkien analysoiduista kuusista joko kaarnasta, nilasta tai puusta todettujen, kuusen kuivumistekijöinä mahdollisesti kysymykseen tulevien hyönteislajien esiintymistä ja merkitystä. Näitten lisäksi tunnetaan maastamme suuri joukko kuusessa eläviä lajeja (Saalas 1917, 1923), joista eräillä yleensäkin tai tietyissä erikoisissa olosuhteissa on tässä mielessä todettu olleen merkitystä (Kangas 1946: 23). Tällaisista mainittakoon seuraavat:

Melanophila cyanea F.
M. acuminata De G.
Anobium thomsoni Kr.
Eräät *Leptura*-lajit
Monochamus sutor L.
M. rosenmülleri Cederhj.
Crypturgus-lajit
Cryphalus abietis Ratz.
Orthotomicus suturalis Gyll.
Stephanopachys linearis Kug.
S. substriatus Payk.

Näistä *Melanophila cyanea* on maassamme harvinainen ja tavattu toistaiseksi pohjoisimpana Pohjois-Savosta (Saalas 1923: 162; Hansen etc. 1939: 61). *Melanophila acuminata* samoin kuin *Orthotomicus suturalis* saattavat olla fysiologisesti vahingollisia iskeytyessään kulon vioittamiin puihin (Saalas op. c.: 159, 1919: 348) ja samaa voidaan sanoa myös *Stephanopachys*-lajeista (Saalas 1923: 182—183, 185; Palm 1955). *Leptura inexpectatan* Janss. & Sjöb. on Saalas (op. c.: 369) tavannut kulon vahingoittamasta kuusesta munimassa. Mahdollisesti eräillä muillakin kukkajäärälajeilla voi joissakin tapauksissa olla kuivumista edistävä, joskin vähäinen vaikutus (Kangas 1946: 25). *Monochamus*-toukkia ei tavattu yhdestäkään analysoidusta puusta vaan ainoastaan aurinkoisilla paikoilla olleista kaatuneista kuusista. Paitsi tällaisissa on *Monochamus*-lajeillekin tyypillistä esiintyminen kulon enemmän tai vähemmän vioittamissa puissa (Trägårdh 1918, 1929: 171—172; Saalas 1923: 416; Forsslund 1934; Lekander 1955), jollaisten kuivumisen tutkiminen on jätetty käsillä olevan tutkimuksen ulkopuolelle.

Anobium thomsoni on Saalaan (1923: 222) mukaan luettava fysiologisesti vahingollisten lajien joukkoon, mutta on se tähänastisten havaintojen mukaan (Saalas l. c.; Platonoff 1943: 137) Pohjois-Suomessa harvinainen. *Cryphalus abietis* on tietojemme mukaan vieläkin eteläisempi laji (vrt. Saalas 1923: 553; Hansen etc. 1939: 117), kuitenkin Spessivtseff (1922: 472) mainitsee sitä Ruotsissa tavattavan koko maasta, joten sen esiintyminen meilläkin pohjoisempana voinee olla mahdollista.

Merkillisenä voitaneen pitää sitä, ettei yhdestäkään analysoidusta puusta tavattu kääpiökirjaajia *(Crypturgus)*. Luultavimmin tämä johtuu siitä, että ne yleensä ovat vahvasti sekundaarisia lajeja ja eräät yleisempiä Etelä- kuin Pohjois-Suomessa (Saalas 1919: 256—265). Myöskin on

syytä mainita, että niiden muutamien aineistoon sisältyvien kaarnakuoriaisten tappamien, analysoitaessa jo täysin kuivuneiden kuusien, joissa kääpiökirjaajien esiintyminen olisi ollut varsin mahdollista, tarkastus suoritettiin tavanomaista pintapuolisemmin.

Tulkoon vielä mainituksi, että sekä edellä lueteltujen että täysin sekundaarisiksi todettujen — osaksi hyvin harvinaisten — lajien (*Dryocoetes hectographus* Reitt., *Orthotomicus proximus* Eichh., *Carphoborus rossicus* Sem., *Pityophthorus trägårdhi* Spess. ym.) lisäksi on vielä olemassa koko joukko sellaisia, joiden bionomiasta yleensäkään tai taloudellisesta merkityksestä nimenomaan meikäläisissä oloissa ei paljoakaan tiedetä. Edellisistä otettakoon esimerkiksi monet Pohjois-Suomessa varsin yleiset kukkajäärät, joista suurin osa kylläkin elänee toukkina jokseenkin lahoissa puissa (vrt. Saalas 1948; Kangas 1952 a; Palm 1956). Jälkimmäisistä voitaisiin mainita *Callidium aeneum* De G., jota käsillä olevan tutkimuksen yhteydessä tavattiin yksi imago kuten näytti täysin terveen kuusen rungolta Laanilassa. Jo harvinaisuutensakaan vuoksi ei tällä lajilla kuitenkaan voi olla mainittavaa merkitystä (vrt. myös Saalas 1917: 150; Palmén 1946: 158).

Syytä on myös mainita, että kysymykseen saattavat tulla myöskin eräät neulasia tuhoavat hyönteislajit. Tällaisia on mm. *Lygaeonematus subarcticus* Forssl., jonka aiheuttamia tuhoja Forsslund (1936) on todennut Pohjois-Ruotsista tuhansien hehtaarien alalta. Laji esiintyy meilläkin, mutta ei ole toistaiseksi aiheuttanut Pohjois-Suomessa mainittavampia vahinkoja (Saalas 1949: 425). Pistiäistuhoilla ei toistaiseksi olekaan tiettävästi todettu olleen vaikutusta kuivumisen alkuun pääsyyn Pohjois-Suomen kuusikoissa.

Hyönteistuhoja huomattavasti vakavamman uhkan muodostaa suopursuruoste (*Chrysomyxa ledi* (Alb. et Schw.) Liro) (vrt. Kujala 1949, 1953), joka käsillä olevaa tutkimusta tehtäessäkin esiintyi useana vuonna peräkkäin eräissä tutkimusmetsiköissä. Useamman kerran peräkkäin toistunut esiintyminen saattaa jo sinänsäkin aiheuttaa kuusten kuivumista tai ainakin alentaa puiden kuntoa siinä määrässä, että seuraustuhojakin saattaa esiintyä. Tällaisia tapauksia ei kuitenkaan vielä viimeisenäkään kenttätöiden suorittamisvuotena (1956) voitu todeta.

* * *

Merkityksensä mukaan voidaan kuusen kuivumistekijät useammallakin tavalla ryhmitellä. Kangas (1946: 20) jakaa ne »ensisijaisiin» ja »toissijaisiin». Ensisijaisiin kuuluvat kaikki ne lajit, »jotka voivat (mutta joiden ei aina tarvitse) oleellisesti määrätä kuivumisen kulun suunnan ja

esiintyä kuivumisen alkuun panijoina — ainakin osaksi — sekä siten myös määrätä muiden kuivumistekijöiden esiintymisen, mikä on edellä mainituista suuresti riippuvainen». Sellaisia lajeja, jotka olivat esiintyneet kuivumisen alkuun panijoina, ei käsillä olevan tutkimuksen yhteydessä montakaan voitu todeta, mutta kylläkin useita, joiden todettiin iskeytyneen jokseenkin hyväkuntoisiin puihin tai puun osiin ja joiden esiintymisellä oli ollut kuivumisprosessille suuntaa antava vaikutus. Pohjois-Suomessa kuusen kuivumistekijöinä esiintyvistä hyönteisistä voitaneen ensisijaisten tekijäin joukkoon näin ollen lukea seuraavat (sulkeissa on mainittu kuinka monesta puusta lajia tavattiin):

Tetropium spp.	(40)	*Pityogenes chalcographus*	(11)
Callidium coriaceum	(32)	*Pityogenes saalasi?*	(4?)
Pissodes spp.	(48)	*Ips typographus*	(7)
Dendroctonus micans	(25)	*Pityophthorus micrographus*	(7)
Polygraphus subopacus	(25)		

Näistä on kuitenkin *Pityogenes saalasin* ja jopa *Pityophthorus micrographuksenkin* kuuluminen tähän ryhmään kyseen alaista.

Kun verrataan edellä esitettyä luetteloa K a n k a a n (1946: 21) Etelä-Suomesta mainitsemiin ensisijaisiin kuivumistekijöihin, todetaan, että pohjoissuomalaisesta luettelosta puuttuvat *Melanophila cyanea*, *Polygraphus poligraphus* ja *Ips duplicatus*, mutta sen sijaan siinä on lisänä *Callidium coriaceum* sekä *Pityogenes saalasi*. Ensisijaisina kuivumistekijöinä esiintyvät siis niin pohjois- kuin eteläosissakin maatamme pääasiassa samat hyönteislajit. Tärkeimmät eroavuudet ovat siinä, että Pohjois-Suomessa esiintyy monikirjaajista merkittävänä vain *P. subopacus*, joka siellä lisäksi on erittäin yleinen, ja että eräitätärkeimpiä tekijöitä on *Callidium coriaceum*, jolla Etelä-Suomessa on tuski n mitään merkitystä.

Kuivumistyypit

Edellisessä luvussa tehtiin selkoa puita analysoitaessa tavatuista kuusen kuivumistekijöinä kysymykseen tulevista hyönteisistä sekä esitettiin lopuksi tehtyihin havaintoihin perustuen luettelo niistä lajeista, joiden on katsottava esiintyvän aktiivisina kuivumistekijöinä, ts. joko kuivumisen alkuun panijoina tai ainakin sitä tehokkaasti edistävinä tekijöinä. Vaikkakin viimeksi mainittujen lisäksi eräillä muillakin lajeilla todettiin nimenomaan kuivumisprosessin loppuvaiheessa voivan olla fysiologistakin merkitystä, ovat ns. ensisijaiset kuivumistekijät käytännön kannalta kuitenkin ehdottomasti tärkeimmät ja pyrittäessä selvittämään hyönteisten osuutta kuivumistapahtumassa päähuomio onkin juuri niihin kohdistettava.

Kun kuitenkin jokaisen hyönteislajin merkityksen arvioiminen erikseen esittelemällä saatuja tuloksia analyyseittäin olisi varsin epätarkoituksenmukaista, ja kun kuivuvat puut kuivumistekijäin esiintymisjärjestyksen ja -tavan mukaan tavallisimmin melko helposti voidaan yhdistellä samanlaatuisia tapauksia käsittäviksi ryhmiksi, on tällainen yhdistely sekä aineistoa alustavasti käsiteltäessä että seuraavassa esitettäessä katsottu paikallaan olevaksi. Ryhmitteleminen ns. kuivumistyypeiksi antaa lisäksi mahdollisuuden eräänlaisen, vaikka käsillä olevassa tapauksessa ehkä ylimalkaisenkin yleiskatsauksen saamiseen kuivumistapahtumasta kokonaisuudessaan.

Puuttumatta tässä yhteydessä ulkomailla julkaistuihin kuivumistyyppejä käsitteleviin tutkimuksiin (vrt. K a n g a s 1946: 28—29) on mainittava, että meillä on K a n g a s suorittanut tämänlaatuisia tutkimuksia niin männystä (1934), haavasta (1942 a) ja eräistä muista lehtipuista (1942 b) kuin kuusestakin (1946). Käsillä olevassa tutkimuksessa onkin mahdollisuuksien mukaan pyritty noudattamaan K a n k a a n kuusen eteläsuomalaisten kuivumistyyppien erotteluperusteita, jotta mahdollisimman suuressa määrässä voitaisiin verrata sekä hyönteisten merkitystä kuivumisprosessissa että kuivumisilmiötä sinänsä Etelä-Suomesta saatuihin tuloksiin.

Koottu aineisto voidaan jakaa viiteen ryhmään sen perusteella minkä seuraavista tekijöistä todettiin olleen kuivumisen alkuun panijana:

1) Juuristosta tai rungon tyvestä puuhun tulleet lahottajasienet
2) Ukkoniluri

3) Muut kaarnakuoriaiset
4) Fysiologiset syyt
5) Mekaaniset vioitukset

Näiden lisäksi on useita sellaisia tapauksia, joissa kuivuminen oli lähtenyt etenemään useammasta kohdasta, ts. samassa puussa oli käynnissä useamman tekijän alkuun panemat erilliset kuivumisprosessit. Viimeksi mainittuja tapauksia tuskin voitaneen pitää omina erikoisina tyyppeinä, vaan on niissä kysymys edellä lueteltujen »perustyyppien» erilaisista kombinaatioista. Varsin yleistä on esimerkiksi, että vanhoissa kuusissa, joiden latva lisäksi saattaa olla lumen murtama, kuivuminen etenee toisaalta latvasta tyveen, toisaalta taas lahon pahasti vioittamasta tyvestä latvaan päin. Sekä latvassa että tyvessä saattaa esiintyä runsaastikin hyönteisiä, mutta tavallisimmin ainakin alkuvaiheessa eri osissa aivan eri lajeja.

Seuraavassa esitellään edellä mainitun tyyppijaoittelun perusteella eri tekijäin alkuun panemia kuivumistapauksia ja tehdään kunkin yhteydessä selkoa ensisijaisina kuivumistekijöinä esiintyvien hyönteisten merkityksestä.

Juuristosta tai rungon tyvestä puuhun tulleiden lahottajasienten alkuun panema kuivuminen

Tähän ryhmään on luettu kuuluviksi nekin tapaukset, joissa kuivumisen alkuun panijaksi todettiin mesisieni (*Armillaria mellea* (Vahl) Fr.). Sellaisia olisi tietystikin voitu käsitellä omanakin ryhmänä (vrt. Juutinen 1955: 69), koska mesisieni esiintyy puussa tavallisesti pinnallisesti ja siten poikkeaa useista varsinaisista lahottajasienistä. Kuitenkin se tiettävästi ainakin joissakin tapauksissa aiheuttaa myös sisuslahoa (Falck 1930: 529; Lagerberg 1923: 333, 1935: 251). Kun se lisäksi varsin usein esiintyy yhdessä muiden sienien, ainakin maannousemasienen kanssa (vrt. esim. Nechleba 1915: 391; Falck 1930: 544; Roll-Hansen 1940: 24; Kangas 1952 c: 18, 25—26), jolloin eri sienten merkityksen arviointi monesti on vaikeaa, ja kun puun kuivumiseen vaikuttavien hyönteisten esiintymistapa on yleensä samanlainen kuin varsinaisten sisuslahoa aiheuttavien sienten jälkeen, lienee tällainen yhdistely tässä yhteydessä paikallaan. Lisäksi voitaisiin mainita, että nyt esiteltävässä aineistossa on vain kaksi tapausta, jolloin sen todettiin esiintyneen ensimmäisenä näkyvänä tuhonaiheuttajana, mutta kumpikin näistäkin puista oli jo melko vanha. Mesisientä olen tavannut Etelä-Suomessa analysoiduista kuusista peräti 40 %:sta, Pohjois-Suomessa vastaava määrä on vain 7 %. Se on siis pohjoisessa huomattavasti harvinaisempi kuin etelässä (vrt. Tikka 1935: 215; Kangas 1937: 131, 147; Arnborg 1943: 195), mihin

syynä voi olla ilmaston kylmyys ja maaperän kosteus (vrt. Frömbling 1915: 300).

Mitä kirjallisuudessa Pohjois-Suomesta esitettyihin kuusen lahoja koskeviin tietoihin tulee, on todettava kuten jo aikaisemmin mainittiin, että tutkimuksia tältä alalta on toistaiseksi saatettu julkisuuteen varsin vähän. Eräänä tärkeänä tekijänä mainitaan metsäkirjallisuudessa Pohjois-Suomestakin maannousemasieni *(Polyporus annosus* Fr.) (Lakari 1920: 9; Heikinheimo 1920 b: 120—121; Tikka 1934: 6, 1935: 207—211). Heikinheimon (l. c.) mukaan se esiintyy aina Paatsjoen kankailla saakka Inarissa ja Tikka (1934: 6) mainitsee maannouseman olleen erään pääasiallisimman tyvilahojen aiheuttajan hänen tutkimallaan suurimmaksi osaksi 66:nnen ja 67:nnen leveysasteen välille jäävällä alueella. Kangas (1952 c: 8) toteaa maannouseman levinneen jokseenkin tasaisesti eri osiin maata ainakin Rovaniemen korkeudelle asti. Ruotsissa on Rennerfelt (1946) kairanlastujen perusteella selvitellyt maannouseman levinneisyyttä. Pohjoisin paikkakunta, josta lähetetyistä näytteistä sientä voitiin todeta, oli Vitträsk Jällivaarassa (66°22′ pohj. lev.). Kun Norjastakaan sitä ei ole löydetty pohjoisempaa (Jørstad 1928: 370), pitää Rennerfelt (op. c.: 31) pohjoisimmasta Suomesta esitettyjä tietoja tarkistusta kaipaavina.



Kuva 1. Pahasti lahovikaista vaarakuusikkoa. Kumpu-Kivalo.
Abb. 1. Hochgelegener, schwer fäulnisbefallener Fichtenbestand. Kumpu-Kivalo.

Maannouseman lisäksi mainitaan meikäläisessä kirjallisuudessa useissa tutkimuksissa ns. »hiililaho» eli »kuiva maannousema», jonka aiheuttajaksi ilmoitetaan *Polyporus borealis* Fr. *(Bjerkandera borealis* Karst.) (Heikinheimo 1920 b: 117—120; Tikka 1934: 6, 1935: 211—214). Analysoi-

missani tyvilahoisissa kuusissa oli n. 25 %:ssa tätä suurehkoina tummina kuutiomaisina kappaleina lohkeilevaa lahoa; paikka paikoin se on Pohjois-Suomessa erittäin yleinen. Nykyisten tietojemme mukaan kysymyksessä ei kuitenkaan ole *Polyporus borealis* (vrt. Jørstad 1928: 372; Lagerberg 1935: 249—251; Robak 1936; Jørstad & Juul 1938: 354). Niin Ruotsissa, Englannissa kuin Norjassakin (Lagerberg 1935, 1944; Peace 1938; Jørstad & Juul 1938) on tämänlaatuisen lahon aiheuttajiksi todettu eräät *Coniophora*-lajit.

Kolmantena myöskin puun tyvessä vaikkakin tavallisesti ylempänä rungossa esiintyvänä sienenä mainitaan *Polyporus pini* Pers. (*Trametes pini* Fr.) (Heikinheimo 1920 b: 115—116; Tikka 1935: 214—215), joka saa aikaan ns. »riisilahoa». Analysoimistani käsillä olevaan ryhmään viedyistä kuusista oli n. 30 % riisilahoisia. Tämäkin laho on siis Pohjois-Suomessa yleinen, mutta sen aiheuttajina esiintyy tiettävästi useitakin *Polyporus*-lajeja.

Käsillä olevan tutkimuksen yhteydessä ei analysoiduista puista todettujen lahojen aiheuttajien määrittämiseen ollut mahdollisuuksia, mikä tehtävä yleensäkin on tiettävästi jokseenkin vaikea. Tosin eräistä puista löydettiin kääpiä, joiden perusteella myöskin lahon aiheuttajasta voitiin tehdä päätelmiä, mutta tällaisiakin puita oli jokseenkin vähän. Sen sijaan tehtiin tutkimusalueella eräitä yrityksiä maannousemasienen esiintymisen pohjois-rajan määrittämiseksi Rennerfeltin (1946) käyttämää menetelmää noudattaen. Tätä tarkoitusta varten otettiin tyvilahoisista kuusista kasvukairalla mahdollisimman steriilisti lastu, joka pantiin hiukan agaria sisältävään steriloituun koeputkeen. Koeputket lähetettiin tutkimuspaikalle, jossa lastut sijoitettiin mallasagarmaljoihin ja niistä kasvavat rihmastot tutkittiin. Kesällä 1954 otettiin Laanilasta ja Pallasjärveltä yhteensä 60 kuusesta kairanlastu, joiden tutkimisen suoritin itse Metsäntutkimuslaitoksen Laanilan ja Kivalon koeasemilla. Näistä lastuista ei voitu yhdestäkään todeta maannousemasienen esiintymistä. Tutkiminen osoittautui kuitenkin tällaisissa oloissa jonkin verran hankalaksi ja lisäksi ei täysin luotettavaksikaan. Tästä syystä lähetettiinkin kesällä 1956 kairanlastut Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen Puuteknillisen laboratorion Lahosuojausosastolle tarkemmin tutkittaviksi. Lastuja oli 1956 seuraavilta paikkakunnilta:

1. Posio (Karhujärvi)
2. Pelkosenniemi (Pyhätunturin pohjoiset alarinteet)
3. Sodankylä (Vuotso)
4. Kolari (Kesänkitunturin kaakkoisrinteet)
5. Rovaniemen mlk. (Kivalon kokeilualue, Namalikko-Kivalo).

Lastuja oli Posiolta vain 13:sta, muualta kustakin paikasta 25:stä eli yhteensä siis 113 kuusesta. Namalikko-Kivalossa näytteet otettiin vaarojen lakimetsistä, muualla joko vaarojen tai tunturien alimmilla rinteillä tahi tasaisilla kangasmailla kasvavista kuusikoista.

Näytteistä eristettiin seuraavia sieniä:

Coniophora sp.	10	kertaa	(Posio 1, Pelkosenniemi 3, Sodankylä 5, Kolari 1)
Stereum sanguinolentum	5	»	(Sodankylä 3, Kolari 1, Rovaniemi 1)
Tuntemattomia basidiomyceettejä	7	»	(5 varmaa ja 2 epävarmaa: Posio 3, Pelkosenniemi 2, Kolari 1, Rovaniemi 1)
Alempia tuntemattomia sieniä	45	»	
Sinistäjäsieniä tai tummia homeita	41	»	
Penicillium	13	»	
Bakteereja	31	»	

Polyporus annosusta ei siis voitu todeta yhdestäkään lastusta, mutta on kuitenkin otettava huomioon, että bakteerit ja alemmat sienet ovat voineet estää sen kasvun viljelyskokeissa. Eristetyt *Coniophora*-kannat olivat keskenään samanlaisia, mutta tuskin kuitenkaan Lagerbergin (1944) mainitsemaa *C. fusispora* -lajia.

Voitaneen kuitenkin päätellä, että vaikka maannousemasientä tutkituilla alueilla esiintyisikin, se on joka tapauksessa paljon harvinaisempi kuin Etelä-Suomessa. *Coniophora*-lajien melko runsas esiintyminen aineistossa viittaa siihen, että näillä lajeilla on kuusen lahottajina Pohjois-Suomessakin huomattava merkitys. Näytteissä todettu *Stereum sanguinolentum* on tullut puihin ilmeisesti erilaisten korojen kautta ja vaikka se siis voi esiintyä tyvessäkin, se on kuitenkin yleisempi ns. latvalahona varsinkin lumen murtojen jälkeen (tietysti latvalahokin saattaa edetä puun tyveen saakka). Mitä muihin lahon aiheuttajiin tulee, on eräistä analysoiduista puista tavattu kääpiä, jotka ovat kuuluneet lajeille *Polyporus abietis* (Karst.) ja *P. circinatus* var. *triqueter* Bres.

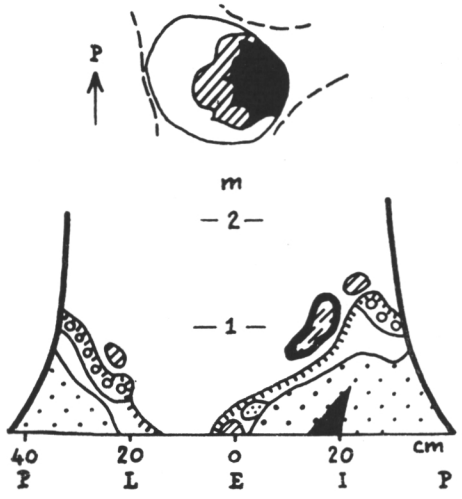
Heikinheimon (1920 b: 122—123), Lakarin (1920: 10) ja Tikan (esim. 1934: 11) esittämien tietojen mukaan ns. tyvilahot ovat Pohjois-Suomen kuusikoissa hyvin yleisiä. Analysoimistani kuusista todettiin kaikkiaan 72:sta — mikä on 76 % koko aineistosta — lahoa joko juurista tai rungon tyviosasta. Käsillä olevaan kuivumistyyppiin näistä on kuitenkin katsottu kuuluvan vain 37 tapausta, joka johtuu siitä, että usein oli

selvästikin joku muu tekijä esiintynyt kuivumisen alkuun panijana, vaikkapa lahottajasieni olisikin ollut ensimmäinen puuhun tullut kuivumistekijä. Monissa, varsinkin sellaisissa tapauksissa, jolloin analysoitava puu oli niin vanha, että tämänkin seikan voitiin hyvällä syyllä olettaa kuivumisen alkuun pääsyyn vaikuttaneen, ratkaisun tekeminen ei ollut helppoa. Kuitenkin tyypin määrittämistä helpotti se, että tavallisimmin silloin kun kuivumisen alkuun panijoina aivan ilmeisesti on pidettävä tyvessä esiintyviä lahottajasieniä, kuivuminen leviää hitaasti mutta selvästi tyvestä latvaan päin, joten tällaisissa tapauksissa viimeiseksi kuivuu ylin latvuksen osa, sen sijaan yli-ikäisyyden aiheuttamissa kuivumistapauksissa prosessin kulku on tavallisesti toisenlainen (vrt. s. 47).

Lahojen fysiologiseen vaikutukseen nähden kokonaan kielteisellä kannalla ovat Mook & Eno (1956), jotka ovat Pohjois-Amerikassa tutkineet erään yli 250-vuotiaan vuoristossa kasvaneen kuusikon kuivumisen syitä ja mainitsevat, että vaikkakin puista yli 60 % oli lahoja, tällä seikalla oli tuskin ollut vaikutusta vaan syynä kuivumiseen oli lähinnä puuston yli-ikäisyys. (Lahoisuuden lisääntymisestä metsikön iän kasvaessa on kirjallisuudessa lukuisasti havaintoja, vrt. esim. Bier, Foster & Salisbury 1946; Pomerleau 1946; Redmond 1952; Nordin 1956.) Käsillä olevan tutkimuksen yhteydessä tavattiin kuitenkin sellaisiakin suhteellisen nuoria (hieman yli 100 v.) kuusia, joissa lahon lisäksi esiintyi vain mitättömässä määrässä muita kuivumistekijöitä ja kuitenkin kuivumisprosessi oli varsin pitkälle kehittyneessä vaiheessa. Joissakin tapauksissa taas, vaikkakin laho saattoi esiintyä tyvessä hyvinkin suppealla alalla, siitä oli ollut seurauksena kuoren kunnon aleneminen tai kuoren kuoleminen lahoa lähinnä olevissa osissa, mikä puolestaan oli houkutellut eräät voimakkaina kuivumistekijöinä esiintyvät hyönteiset tälle alueelle ja kuivuminen oli siten päässyt tehokkaaseen alkuun. Näin ollen onkin pidettävä ilmeisenä, että ns. tyvilahot esiintyvät tutkimusalueella myöskin fysiologisesti vaikuttavina, kuivumista alkuun panevina tekijöinä.

Kuivumisen kulun, lähinnä lahottajasieniä ensiksi seuraavien sekundaaristen tekijäin mukaan tyyppi voitaisiin jakaa useampaankin alatyyppiin, joista enimmät eivät kuitenkaan suurestikaan poikkea toisistaan. Seuraavassa esitetään eräitä esimerkkejä yleisimmiksi todetuista kuivumistekijäin yhdistelmistä.

Lahottajasienten alkuun panema ja myöskin loppuun saattama kuivuminen. Puita analysoitaessa tavattiin sellaisiakin kuivumistilassa olevia kuusia, joista lahon lisäksi ei voitu todeta mitään muita tuhoon aktiivisesti vaikuttaneita tekijöitä. Näissä puissa oli tyvi jo niin pahasti lahonnut, että oli suorastaan merkillistä, etteivät ne jo olleet kaatuneet. Latvus oli jo suurimmaksi osaksi kuivunut, alaosa tavallisesti neulaseton, keskipaikkeilla siellä täällä vihreähköjä



Piirros 1. Analyysi n. 200-vuotiaasta kuusesta (tyviosa). H = 11.7 m, $D_{1.3}$ = 16.5 cm. Kumpu-Kivalo 3. VIII. 1953.

Fig. 1. Analyse einer ca. 200 Jahre alten Fichte (Wurzelende). H = 11.7 m, $D_{1.3}$ = 16.5 cm. Kumpu-Kivalo 3. VIII. 1953.

Analyysipiirroksissa käytetyt merkit — *Texte zu den Figuren:*

Kuorivaippa:
Rindenmantel:

kuiva kuori — *trockene Rinde*
koro — *Wunde*
Armillaria mellea
epäonnistuneita yrityksiä
misslungene Angriffe

Tetropium spp.:
saman vuoden — *diesjährig*
1 v. vanhoja — *1 Jahr alt*
2 v. vanhoja — *2 Jahre alt*
3 v. vanhoja — *3 Jahre alt*

Callidium coriaceum:
2 v. vanhoja — *2 Jahre alt*
3 v. vanhoja — *3 Jahre alt*
vanhoja — *alt*

Pissodes spp.:
1 v. vanhoja — *1 Jahr alt*
2 v. vanhoja — *2 Jahre alt*
vanhoja — *alt*

Xylechinus pilosus:
2 v. vanhoja — *2 Jahre alt*

Dendroctonus micans:
saman vuoden — *diesjährig*
1 v. vanhoja — *1 Jahr alt*
2 v. vanhoja — *2 Jahre alt*
3 v. vanhoja — *3 Jahre alt*
4 v. vanhoja — *4 Jahre alt*
vanhoja — *alt*

Polygraphus subopacus:
saman vuoden — *diesjährig*

Pityophthorus micrographus:
2 v. vanhoja — *2 Jahre alt*

Hylurgops glabratus:
saman vuoden — *diesjährig*

Dryocoetes autographus:
saman vuoden — *diesjährig*

Kantoleikkaus:
Abhiebsschnitt:
irtolaho — *lose Fäule*
pehmeä laho — *weiche Fäule*
kova laho — *harte Fäule*

oksien päitä ja vain latva — n. 1/10—2/10 latvuksen pituudesta — jokseenkin vihreä. Kuivissa oksissa saattoi olla jälkiä sukanilurin tai oksajääriäisen esiintymisestä. Kahdessa puussa oli tyvessä, kuivuneen kuoren alueella pikkuperhostoukkia ja toisessa näistä lisäksi runkokytryä, kuivumisen edistymiseen ei näillä lajeilla kuitenkaan ollut ollut mitään merkitystä.

Tavallisimmin ei puu kuvatunlaisissa tapauksissa ehdi kokonaan kuivua ennen kuin tuuli sen kaataa (kovemmilla myrskyillä kaatuu luonnollisestikin sellaisiakin puita, jotka muuten olisivat pysyneet elossa ehkä vuosikausiakin), ja vielä yleisempää on, että kuivumisen tietyssä vaiheessa puuhun iskeytyy erilaisia hyönteisiä, jotka vaikutukseltaan nopeampina kuin laho puun lopullisesti tappavat.

Lahottajasienten alkuun panema kuivuminen, jossa seuraavana tekijänä esiintyy ukkoniluri. Tunnettua on ukkonilurin tavallinen esiintyminen lahojen, varsinkin maannouseman vioittamissa puissa (vrt. Kangas 1946, 1952 b; Györfi 1948; Francke-Grosmann 1950; Petersen 1952). Esiteltävänä olevassa aineistossakin on 12 sellaista puuta, joissa kuivuminen oli katsottava lahottajasienten alkuun panemaksi, mutta joihin seuraavana tekijänä eli ensimmäisenä hyönteisenä oli ilmeisesti lahon houkuttelemana tullut ukkoniluri. Piirroksissa 1 ja 2 esitetään analyysit kahdesta tällaisesta tapauksesta.

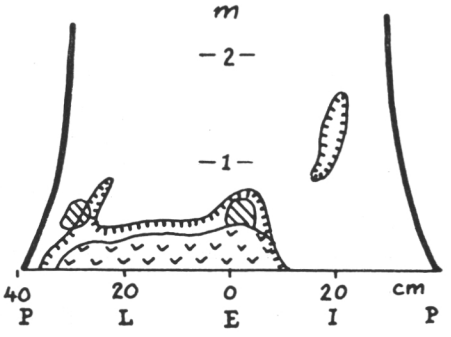
Ensiksi mainitun puun itäkoilliseen suuntautunut juuri oli läpeensä laho, ja kantoleikkauksessakin nähdään hiilimäistä lahoa huomattavan laajalla alalla puun itäsivulla. Poikkileikkauspinta-alasta oli lähes puolet jo turmeltunut, ja itäpuolella oli maanrajasta lähtien lähes puolen metrin korkuinen avoin lahokoro. Latvuksen alapuolisko oli kuivunut, yläpuoliskossa oli sen sijaan vielä n. 9/10 neulasista jäljellä, joskin ne suurimmaksi osaksi olivat väriltään vaalean vihreitä. Kuori oli kuivunut tai kuivumassa melkein ympäri tyven, maan rajassa oli vain 8 cm:n matkalla tuoretta kuorta. Itäsivulla tuore kuori alkoi vasta 1.3 m:n korkeudelta. Puun tyvestä todettiin ukkoniluriesiintymä, josta aikuiset jo olivat poistuneet sekä tämän lisäksi kuivuvan kuoren yläosista suuria sekä aivan pieniä toukkia. Kysymyksessä oli siis ainakin kaksi, ilmeisesti kuitenkin kolmekin ukkonilurisukupolvea. Tämän lisäksi tavattiin puusta vain kolme suurta, vuoden vanhaa *Tetropium*-toukkaa, joista kaksi oli tuoreen kuoren puolella, vaikkakin aivan kuivuvan kuoren rajalla, sekä vuoden vanha *Pissodes*-esiintymä, josta kaikki toukat olivat tuhoutuneet pihkaan.

Jos tarkastelemme ukkonilurin merkitystä edellä esitetyssä tapauksessa, on ensiksi koetettava päätellä millainen oli puun kunto ollut siinä osassa puuta, johon ukkoniluri oli iskeytynyt. Kun se ensimmäisenä vuotena oli esiintynyt pääasiassa avoimen koron läheisyydessä (tosin melko laajalla alalla) ja seuraavana vain korosta viistoon ylöspäin olevissa osissa, oli — kun otetaan huomioon, että lahosta johtuva kuoren kuivuminen ei tavallisesti etene pystysuoraan ylöspäin vaan puusyiden kiertymisestä johtuen

monesti aivan spiraalimaisesti vastapäivään kiertäen — iskeytyminen aivan ilmeisesti tapahtunut sellaiseen puun osaan, jossa lahon vaikutus jo oli ollut tuntuva. Ainakin kolmantena kesänä ukkoniluri oli iskeytynyt jo kuivuvan kuoren alueelle. Lahon merkitykseen viittaa sekin, että 1952 olivat ukkonilurin lisäksi myöskin pikikärsäkkäät ja kuusijäärät munineet sen kohdan yläpuolelle, missä puun tyvessä mantopuukin oli lahoa. Hyönteisten orientoimiskyvyn tarkkuudesta tapaus — kolmen aktiivisina kuivumistekijöinä esiintyvän lajin iskeytyminen samana vuonna suurimmaksi osaksi varsin suppealle alalle — tarjoaa erinomaisen esimerkin.

Piirroksessa 2 esitetyssä puussa oli tyvessä lahoa jo melkoisesti, mutta kantoleikkauksen korkeudella se ei kuitenkaan missään kohdassa ulottunut pintaan saakka, kapeimmassakin kohdassa oli vielä 2—4 cm tervettä mantopuuta. Kuitenkin laho loppui vasta 6 m:n korkeudessa, mikä analysoiduissa puissa oli harvinaista. Puun latvus oli hyvin harsu, kuitenkin jopa latvuksen alaosissakin oli vaalean tai kellertävän vihreitä oksien päitä. Tyvessä oli 40—50 cm:n pituisellä vyöhykkeellä luultavimmin 1953 puuhun tulleena esiintynyt ukkoniluria. Tämän esiintymän yläpuolelta löydettiin kahdesta kohtaa muutamia suuria *Tetropium*-toukkia ja -koteloita. Kuusi-





Piirros 2. Analyysi n. 220-vuotiaasta kuusesta (tyviosa). H = 10.8 m, $D_{1.3}$ = 21.0 × 17.0 cm. Laanila 14. VI. 1956.

Fig. 2. Analyse einer ca. 220 Jahre alten Fichte (Wurzelende). H = 10.8 m, $D_{1.3}$ = 21.0 × 17.0 cm. Laanila 14. VI. 1956.

jäärät olivat siis tulleet puuhun 1954. Kuori oli tyvestä kuivunut jokseenkin leveältä alueelta, kuitenkin melkoiselta osalta vain n. 10 cm ukkoniluriesiintymän yläpuolelle. Poikkeuksen muodostivat kahdessa paikassa lähes 1 m:n korkeudelle ulottuvat kielekkeet, toisessa kohdassa oli lisäksi melko korkealla aivan erillinen kuivunut saareke.

Tarkasteltaessa ukkonilurin merkitystä tässä tapauksessa voidaan ensiksi todeta, että se oli esiintynyt niissä kohdissa, joissa laho puun tyvessä oli lähinnä pintaa, ts. pohjoisessa, luoteessa ja etelässä, sekä näiden kohtien välillä olevalla alueella. Pohjoisessa ja etelässä oli kuorikin kaikkein korkeimmalle kuivunut. Tämä sekä kuivuneiden alueiden muoto viittaa siihen, että kuoren kuivuminen oli ainakin suurimmaksi osaksi lahon aikaan saamaa. Tätä tukee sekin, että kuusijäärät eivät olleet iskeytyneet kaikkialle ukkoniluriesiintymän yläpuolelle, vaan juuri mainittujen kielekkeiden kohdalle, jossa siis kuivumisprosessi ilmeisesti aktiivisimmin jo pelkästään lahon vaikutuksesta oli etenemässä. Vaikkakaan siis laho ei kantoleikkauksen korkeudella missään kohdassa ulottunut (silmin nähden) edes pintaan saakka, sillä kuitenkin oli ollut huomattavakin fysiologinen merkitys.

Edellä selostetuissa analysoiduissa puissa katsottiin siis ukkonilurin vaikuttaneen kuivumisen edistymiseen varsin vähäisessä määrässä, joskin tietysti on otettava huomioon, että nimenomaan ensimmäisessä tapauksessa olisi voinut olla mahdollista vielä yhden sukupolven esiintyminen puussa. Tällaiset tapaukset ovat kuitenkin harvinaisempia. Yleensä ukkoniluri tähän tyyppiin kuuluvissa tapauksissa esiintyy varsin suppealla alalla puun tyvessä iskeytyen ilmeisestikin lahon heikennettyä kuoren kunnon tältä kohtaa tiettyyn pisteeseen. Seuraavina vuosina se ei enää puuhun tule, kuoren kuivuminen leviää tänä aikana usein paljonkin laajemmalle kuin mitä pelkkä ukkonilurin esiintyminen edellyttäisi ja monesti vasta useamman vuoden jälkeen puuhun tulee muita kuivumistekijöitä.

Ukkoniluria seuraavien tekijöiden esiintymisestä saanee selvimmän kuvan seuraavasta asetelmasta, johon on merkitty kuinka monesta prosentista tarkastettuja tähän ryhmään kuuluvia puita, joissa tällaisia tekijöitä jo esiintyi, kutakin lajia tavattiin. Kohdassa 1. on esitetty ne lajit, jotka esiintyivät ensimmäisinä (ei kuitenkaan ehdottomasti ukkonilurin ensimmäistä esiintymistä seuraavana vuotena) ja kohdassa 2. näiden tekijäin esiintymistä seuranneena kesänä puuhun iskeytyneet lajit (eräät toisarvoiset on jätetty pois):

	1.	2.
Tetropium spp.	90	30
Callidium coriaceum	30	—
Pissodes spp.	50	20
Polygraphus subopacus	—	30
Ips typographus	—	10
Pityogenes chalcographus	—	10

Ukkoniluria seuraavista tekijöistä ovat siis kuusijäärät kaikkein yleisimmät. Samanaikaisesti kuusijäärien kanssa oli joka toisessa puussa esiintynyt pikikärsäkkäitä ja noin joka kolmannessa harmojäärää. Seuraavana vuonna olivat kuusijäärät ja pikikärsäkkäät vielä voimakkaasti jatkaneet esiintymistään, mutta lisäksi oli jo alkanut tulla kaarnakuoriaisiakin, tärkeimpänä himmeä monikirjaaja. Kaarnakuoriaisten esiintyminen merkitsee yleensä sitä, että kuivuminen jo on saanut suuremman vauhdin ja voitaneenkin sanoa, että nyt kuvattavassa tyypissä vasta kuusijäärien, osaksi vasta pikikärsäkkäiden esiintyminen aloittaa ns. kuivumisvaiheen. Kuusijäärätkin saattavat näet (kuten piirroksista 1 ja 2 näkyy) alussa esiintyä niin vähälukuisina, ettei niillä kuivumisen kulkuun ole suurtakaan vaikutusta.

Kuten edellä esitetystäkin jo on käynyt ilmi, on kuivumistapahtuma hidas. Ukkonilurin ensimmäisestä esiintymisestä arvioitiin puun kuivumiseen kuluvan yleensä 4—5 vuotta vain harvoin vähemmän.

Lahottajasienten alkuun panema kuivuminen, jossa seuraavina tekijöinä esiintyvät kuusijäärät (tai harmojäärä). Aineistossa on 16 puuta, joissa kuusijäärät olivat esiintyneet lahon jälkeen ensimmäisinä hyönteisinä, näistä yhdessä samanaikaisesti harmojäärän kanssa ja lisäksi yksi tapaus, jossa harmojäärä oli ensimmäisenä hyönteisenä puuhun iskeytynyt. Tämänlaatuiset tapaukset ovat siis yleisiä. Lienee kuitenkin tarpeetonta ryhtyä niitä tässä lähemmin esittelemään, koska kuusijäärätutkimukseni yhteydessä (Juutinen 1955: 61—71) tällaisia kuivumistapauksia on jo laajahkosti — myös useiden Pohjois-Suomesta analysoituja puita esittävien piirrosten perusteella — selostettu. Mainittakoon vain, että kuusijääriä seuraavat tavallisesti pikikärsäkkäät, harmojäärä ja himmeä monikirjaaja ja että kuivumiseen arvioitiin kuluneen kuusijäärien iskeytymisestä 8 tapauksessa 2—4 v., 8 tapauksessa 5 v. tai enemmän. Kuivuminen tapahtuu Pohjois-Suomessa siis tällaisissakin tapauksissa enimmäkseen varsin hitaasti.

Tässä tyypissä esiintyy edellä kuvattujen lisäksi muitakin yhdistelmiä. Niinpä puita analysoitaessa tavattiin lahojen jälkeen ensimmäisinä hyönteisinä yhdestä puusta hevosmuurahainen ja samoin yhdestä pikikärsäkkäät. Tuntuu todennäköiseltä, että saattaa esiintyä sellaisiakin tapauksia, joissa kaarnakuoriaiset iskeytyvät lahon pahasti vaivaamaan puuhun ilman kuusijäärien, ukkonilurin tai pikikärsäkkäiden edeltävää esiintymistäkin. Mainitut tapaukset ovat kuitenkin aivan ilmeisesti niin paljon harvinaisempia kuin edellä esitellyt yhdistelmät, että niiden kuvaamista voitaneen pitää tarpeettomana.

Yleensä lahottajasienten alkuun panema kuivuminen on tyypiltään varsin yhtenäinen. Edellä kuvatut yhdistelmätkin poikkeavat toisistaan niin vähän, ettei niitä voida pitää minään erillisinä tyyppeinä, vaan vain

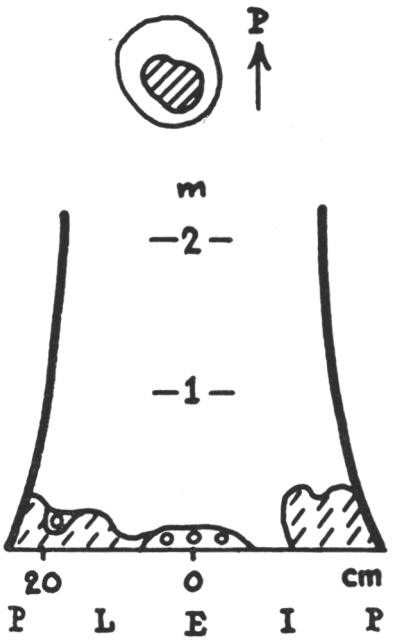
saman tyypin erilaisina muunnelmina. Ulkonaisetkin merkit ovat tässä selvästi alhaalta ylöspäin etenevässä kuivumisessa kaikissa tapauksissa jokseenkin samanlaiset. Tyypillisesti kuivuvat ensimmäiseksi latvuksen alimmat osat, ylempiin osiin alkaa vähitellen ilmestyä kuivia oksia tai oksien päitä, neulaston yleisväri muuttuu kellertäväksi ja yleistä on, että rungossa varsinkin tyvessä esiintyy pihkavuotoa. Joskus saattaa kuitenkin lähes koko latvus melkein samanaikaisesti alkaa harsuuntua, mutta näissäkin tapauksissa ylin latva tavallisesti kuivuu viimeiseksi. Kuivumisprosessin hitaus on tälle tyypille Pohjois-Suomessa varsin luonteenomaista. Hyönteisistä esiintyvät ensimmäisinä yleensä kuusijäärät ja ukkoniluri, ja usein tikkojen kuoreen hakkaamat pienehköt reiät kavaltavat niiden läsnäolon ja ovat siten tämäntyyppisen kuivumisen eräitä varmimpia tuntomerkkejä.

Ukkonilurin alkuun panema kuivuminen

Ukkonilurin alkuun panema kuivuminen olisi voitu käsitellä yhdessä lahottajasienten alkuun paneman kuivumisen kanssa, jolloin olisi muodostunut kaksi kuivumistyyppiä sisältävä tyyppiryhmä (vrt. K a n g a s 1946). Näin siitä syystä, että ukkonilurin esiintyminen liittyy sangen useissa tapauksissa hyvin läheisesti erilaisiin lahoihin, jopa joskus on vaikeata ratkaista kumman tekijän esiintyminen on varsinaisen kuivumisprosessin alkuun pannut. Kun kuitenkin lahojen alkuun panemat kuivumistapaukset ovat ylivoimaisesti runsaslukuisemmat, on ne haluttu pitää erillään, koska ukkonilurin nimen liittäminen ryhmän nimeen voisi antaa aihetta käsitykseen, että se esiintyisi tässä laajassa ryhmässä joskaan ei ehkä lahojen kanssa tasavertaisena niin kumminkin huomattavana primaarisena kuivumisen syynä.

Käsillä olevaan tyyppiin kuuluu aineistosta korkeintaan viisi puuta, kolme näistä oli näet jo niin vanhoja, että puiden ikäkin on jo voinut vaikuttaa kuivumisen alkuun pääsyyn. Yhdessä puussa ei ollut lahoa ollenkaan, muissakin vain hyvin vähän. Esimerkiksi esitettäköön eräs Pallasjärvellä analysoitu pienehkö kuusi (piirros 3).

Puu kasvoi kuusi — koivu-sekametsässä, jossa kuivuvia kuusia oli verraten niukasti. Sen latvuksesta oli alhaaltapäin lähes puolet kuivunut, yläpuolisko oli vain hieman harsu. Kantoleikkauksesta todettiin kyllä jonkinnäköistä epämääräisenä »värivikana» esiintyvää lahoa, mutta ei kuitenkaan voitu olettaa, että tällä vielä olisi ollut vaikutusta puun kuntoon. Tyvessä oli melko laaja ukkoniluriesiintymä, josta aikuiset olivat jo poistuneet. Sitä ei voitu millään tavalla varmasti ajoittaa. Osaksi tämän esiintymän yläpuolelle, osaksi sen viereen aivan puun tyveen oli ukkoniluri iskeytynyt toistamiseen, tällä kertaa 1953. Sen nojalla, että puu ei vielä ollut kovin vanha (n. 150 v.) ja että laho analysoitaessa — useita vuosia ukkonilurin ensimmäisen esiintymisen jälkeenkin — oli jotenkin alkuvaiheessa, katsottiin ukkonilurin kuvatussa tapauksessa olleen kuivumisen alkuun panijana.



Piirros 3. Analyysi n. 150-vuotiaasta kuusesta (tyviosa).
H = 7.6 m, $D_{1.3}$ = 13.0 cm.
Pallasjärvi 15. VII. 1954.

Fig. 3. Analyse einer ca. 150 Jahre alten Fichte (Wurzelende).
H = 7.6 m, $D_{1.3}$ = 13.0 cm.
Pallasjärvi 15. VII. 1954.

Esitetty analyysi on tyypillinen siinä suhteessa, että kysymyksessä on verraten pieni puu. Käsillä olevaan ryhmään kuuluvista kuusista oli näet vain yksi pituudeltaan yli 10 m. Tyypillistä on myös ukkonilurin vain aivan puun tyveen keskittynyt esiintyminen. Usein on esiintyminen lisäksi vielä alaltaan niin vähäistä, että ukkoniluria voidaan pitää kuivumisen alkuun panijana vain siinä mielessä, että se houkuttelee muita aktiivisia tekijöitä puuhun. Sellaisissa tapauksissa kuin piirroksessa 3 esitetty, joissa iskeytyminen — vaikka vähin erinkin — on tapahtunut melkein ympäri tyven, on ukkoniluri tietysti itsekin välittömästi kuivumista aiheuttava tekijä. Tavallisimmin kuitenkin varsinainen kuivumisvaihe alkaa vasta kuusijäärien ja pikikärsäkkäiden puuhun tullessa. Niiden esiintyminen jo sinänsä riittää puun kuivattamaan, joskus kuitenkin loppuvaiheessa esiintyy vielä himmeä monikirjaajakin. Kaikkein pienimmissä puissa saattaa viimeksi mainittu laji — samoin kuin kuusen tähtikirjaajakin — tulla suoraan ukkonilurin jälkeen.

Kuivumisen nopeudesta ei voitu tehdä havaintoja, koska neljässä puussa ensimmäinen ukkoniluriesiintymä oli jo niin vanha, ettei sitä voitu ajoittaa. Voitaneen kuitenkin hyvällä syyllä olettaa kuivumisen olevan jokseenkin hidasta.

Muiden kaarnakuoriaisten alkuun panema kuivuminen

Ukkonilurin lisäksi mainittiin (s. 31) kaarnakuoriaisista ensisijaisiksi kuivumistekijöiksi *Polygraphus subopacus*, *Pityogenes chalcographus*, *Pityogenes saalasi*, *Ips typographus* sekä *Pityophthorus micrographus*. Kirjallisuudessa esitettyjen havaintojen mukaan ei *Pityogenes saalasin* ole tiettävästi koskaan todettu esiintyvän kuivumista alkuun panevana tekijänä. *Pityophthorus micrographuksen* on Saalas (1923: 560) todennut tappaneen ilmeisestikin muuten vahingoittumattomia ja terveitä pikku kuusia. Sen sijaan Kangas (1946: 62) ei Etelä-Suomessa kuusikoiden kuivumista tutkiessaan sellaisia tavannut, eikä niitä käsillä olevan työn yhteydessä Pohjois-Suomestakaan löydetty. Monikirjaaja-tyyppi muodostaa Kankaan (op. c.: 65—67) kuvaamassa kaarnakuoriaisryhmässä erään kuivumistyypin ja erikoisesti mainitaan, että Pohjois-Suomessa suoritetut tutkimukset voisivat mahdollisesti tuoda esille monikirjaaja-tyypin puitteissa Etelä-Suomesta kuvatusta poikkeavia, omiksi tyypeiksi erotettavia kuivumistapauksia. Näin ollen olen monikirjaajien esiintymiseen kiinnittänyt erikoista huomiota ja kuivumisanalyysejä suoritettaessa on monin paikoin etsimällä etsitty sellaisia tapauksia, joissa nämä lajit olisivat olleet kuivumisen alkuun panijoina. Yhtään sellaista puuta ei kuitenkaan onnistuttu löytämään. Mahdollista kuitenkin on, että tällaisiakin tapauksia esiintyy, ei kuitenkaan suuremmissa läpimittaluokissa vaan pienissä ja pienehköissä kuusissa. Lähinnä voinevat kysymykseen tulla tunturien rinteiden matalat, usein tosin jo sangen vanhat kuuset (vrt. Saalas 1919: 251), joten taloudellista merkitystä tällaisilla tapauksilla tuskin on.

Pityogenes chalcographuksenkin alkuun panemia kuivumistapauksia on aineistossa vain yksi. Kyseinen puu oli n. 7 m pitkä, rinnankorkeusläpimitaltaan 12 cm ja n. 110 v. vanha. Sen tyvestä todettiin tosin kovaa lahoa, mutta puun kuntoon sillä tuskin vielä oli ollut ratkaisevaa vaikutusta. Kuusen tähtikirjaaja oli iskeytynyt kaikkialle puuhun niin että vain 25 cm:n levyinen vyöhyke tyvessä, ohuimmat oksat ja ylin latva 10 cm:n pituudelta olivat jääneet käyttämättä. Kuivuminen oli luonnollisestikin tapahtunut saman kasvukauden aikana hyvin nopeasti.

Ips typographuksen alkuun panemia tapauksia todettiin sen sijaan monin paikoin ja voidaankin sanoa, että kirjanpainaja-tyyppi on kerätyn aineiston mukaan tästä ryhmästä ainoa, jolla Pohjois-Suomessa on käytännöllistä

merkitystä. Esimerkkinä mainittakoon eräs tällainen tapaus Alajärveltä Kivalon kokeilualueesta.

Puu (ikä n. 140 v, H = 13.4 m, D1.3 = 21.0 cm) kasvoi pienehkön kumpareen etelärinteellä suohon rajoittuvan kankaan reunassa. Puusto suolla oli melko matalaa mäntyä, varsinkin sektori etelästä länteen oli auringon paisteelle jokseenkin avoin. Metsikkö oli täystiheä, kuusivaltainen, sekapuuna koivua. Sen kunto oli pohjoissuomalaiseksi varsin hyvä, lähiympäristöstä havaittiin vain 5—6 kuivuvaa kuusta. Analysoidun puun juuristo samoin kuin tyvikin kantoleikkauksen korkeudella todettiin täysin terveiksi, lisäksi puu oli suhteellisen nuori, varsinkin kun otetaan huomioon, että kysymyksessä oli päävaltapuihin kuuluva kuusi. Analysoimiskesänä oli kirjanpainaja iskeytynyt puuhun n. 40 cm:n korkeudelta hieman yli 11.5 m:n korkeuteen saakka. Samana kesänä oli puuhun tullut myös kuusen tähtikirjaajaa, jota tavattiin paitsi oksista myöskin rungon latvaosasta 3.5 m:n pituudelta. Tyvessä oli yksi alkuvaiheessa oleva *Hylurgops glabratuksen* syömäkuvio. Kirjanpainajan kuvioista todettiin puun tyvestä enimmäkseen vain toukkia, 4 m:stä ylöspäin melkein yksinomaan koteloita. Neulaset olivat puussa osaksi vielä vihreitä, enimmäkseen kuitenkin ruskeita ja jo varisevia. Analysoidun puun vieressä kasvanut tyvestä siinä kiinni ollut pieni kuusi oli sekin kirjanpainajan tappama.

Kaikissa tämäntyyppisissä analysoiduissa puissa oli latvaosissa kuusen tähtikirjaajaa. Tavallisesti se tullee puuhun samana kesänä kuin kirjanpainajakin. Eräästä puusta, jonka tyvessä kirjanpainajan yritykset ilmeisesti olivat pihkavuodon takia epäonnistuneet, tavattiin oksista samoin kesken jääneitä tähtikirjaajan syömäkuvioita, mutta näytti siltä kuin toukat olisivat kuolleet kuivuuteen. Mikäli näin oli asianlaita, oli tähtikirjaaja ilmeisesti tullut puuhun vuotta myöhemmin kuin kirjanpainaja.

Käsillä olevaan tyyppiin kuuluvia puita analysoitiin vain kolme, mutta pintapuolisemmin sen sijaan lisäksi tarkastettiin kymmenkunta. Runsaimmin tällaisia puita tavattiin Kivalon kokeilualueessa. Namalikko-Kivalossa oli vaaran alarinteillä useampien kymmenien kuusten muodostama äkillisesti kuivunut ryhmä, Rautulammella kämppää ympäröivässä pikkumetsikössä 10-kunta kuusta ja Alajärvellä kahdessakin paikassa kirjanpainajan tappamia kuusia pienehköinä ryhminä. Toisessa metsikössä kuivuneita kuusia oli parikymmentä, kolmesta tarkastetusta vain yhdessä oli vähäinen sydänlaho, toisessa kolmisenkymmentä, joista viidestä samoin vain yhdessä kannonkorkeudella läpimitaltaan 3 cm:n laajuinen laho. Lisäksi tavattiin Vuotsosta yhdestä ryhmästä 3—4 nopeasti kuivunutta kuusta, jotka mahdollisesti nekin olivat kirjanpainajan tappamia, mutta kuivumisen syystä ei kuitenkaan valitettavasti ehditty varmentautua.

Kirjanpainajaa ja tähtikirjaajaa seuraavilla tekijöillä ei kuivumisen kannalta enää ole merkitystä, sillä mainittujen lajien esiintyminen riittää tähän tyyppiin kuuluvissa tapauksissa puun tappamaan. Mikäli kuorivaippaan vielä on jäänyt vapaata tilaa, on eräissä tapauksissa todettu myö-

hään parveilevan himmeän monikirjaajan vielä ennen puun lopullista kuivumista ennättäneen tällaisiin kohtiin iskeytyä. Yleensä ovat kuivumisen alkuun panijoita seuraavat lajit täysin sekundaarisia, kuten *Hylurgops palliatus*, *H. glabratus*, *Trypodendron* jne. Nopeudessaan kuivuminen on kaikista aikaisemmin esitellyistä tyypeistä jyrkästi poikkeava, sillä tyypillisissä tapauksissa se tapahtuu yhden kasvukauden aikana, kuluen kirjanpainajan iskeytymisestä puun lopulliseen kuivumiseen vain 2—3 kuukautta.

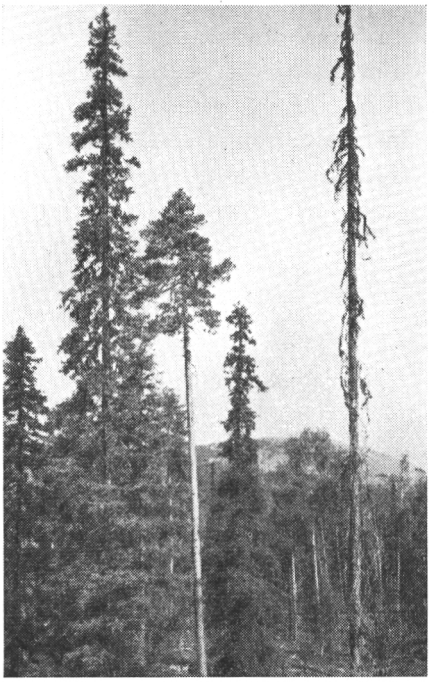
Fysiologisista syistä johtuva kuivuminen

Useammassa yhteydessä on edellä kuvattuja kuivumistyyppejä esiteltäessä viitattu siihen, että jotkut analysoiduista puista olivat jo varsin vanhoja. Tätä on pidetty tarpeellisena erikoisesti korostaa, koska mainitunlaisissa tapauksissa on olemassa mahdollisuus, että puun vastustuskyky on iästä johtuen jo ehkä huomattavastikin alentunut (vrt. Weber 1919: 468; Molisch 1929: 135), joka kunnon aleneminen ei ainoastaan ole tehnyt mahdolliseksi hyönteisten iskeytymistä puuhun, vaan on suorastaan saattanut olla niitä houkuttelevana tekijänä. Paitsi hyönteisten iskeytymiseen tällaisissa tapauksissa alentuneella vastustuskyvyllä on voinut olla vaikutusta myöskin lahottajasienten esiintymiseen. Nimenomaan erilaisten juuristosta puuhun tulevien sienten esiintymisen yhteydessä vain harvoin tämänkaltaisten tai eri ympäristötekijäin vaikutus on niin ilmeinen, että se voidaan vaikeudetta todeta, joten usein ei huomatakaan perussyytä, vaan vasta sekundaarinen tuhonaiheuttaja (vrt. Day 1929: 94—95). Voitaneenkin pitää hyvin todennäköisenä, että Pohjois-Suomen kuusikoissa puuston yli-ikäisyys vaikuttaa paitsi kuntoa heikentävänä myöskin suorastaan kuivumista alkuun panevana tekijänä — kuten on asianlaita yleensäkin pohjoisissa melkoiselta osalta vielä koskemattomissa erämaametsissä (vrt. Iwashkewitsh 1930; Jones 1945; Mook & Eno 1956) — joskaan tätä puita analysoitaessa ei millään tavoin voitu varmasti osoittaa. Tähän vaikutti varsinkin se seikka, ettei ole olemassa mitään tiettyä ikärajaa, jonka yläpuolella vasta voitaisiin puhua yli-ikäisyydestä, vaan on se yksilöllisyydestä ja ympäristötekijöistä riippuvana varsin suhteellista. Kuitenkin nähdäkseni varsinkin vanhimmissa puissa tavattavaa latvasta hitaasti alaspäin etenevää kuivumista, jonka alkuvaiheessa muilla tekijöillä ei ole voitu havaita olevan käytännöllistä merkitystä ja jota edeltää jopa vuosikymmenienkin aikana tapahtuva kasvun vähittäinen pieneneminen ja toipumiskyvyn väheneminen (vrt. Weber 1919: 465—467) esim. lumituhojen jälkeen, on pidettävä yli-ikäisyyden aiheuttamana. Analyysiaineistossa on tällaisia kuusia 20 kpl., joista ensimmäiseen ja toiseen latvusluokkaan kuuluvien keski-ikä on n. 225—235 v., kolmanteen ja neljänteen kuu-



Kuva 2. Vanha latvasta päin kuivuva kuusi. Kuivumisprosessi jokseenkin alkuvaiheessa. Pyhätunturi, Karhunjuomalampi.

Abb. 2. Alte, vom Wipfel her vertrocknende Fichte. Vertrocknungsprozess ziemlich im Anfangsstadium. Pyhätunturi, Karhunjuomalampi.



Kuva 3. Latvasta kuivuvia kuusia, oikealla oleva jo täysin keloutunut. Pyhätunturi.

Abb. 3. Vom Wipfel her vertrocknende Fichten, die rechtsstehende schon vollkommen vertrocknet. Pyhätunturi.

luvien n. 190—200 v. Mainittakoon, että Sirénin (1955: 101) mukaan on Pohjois-Suomen paksusammalkuusikoissa rinnankorkeudelta 0—10 cm paksuisten kuusten luonnollinen poistuma suurin 80—195 vuoden iällä, suuremmat puut alkavat kuolla vasta 200 v. vanhempina.

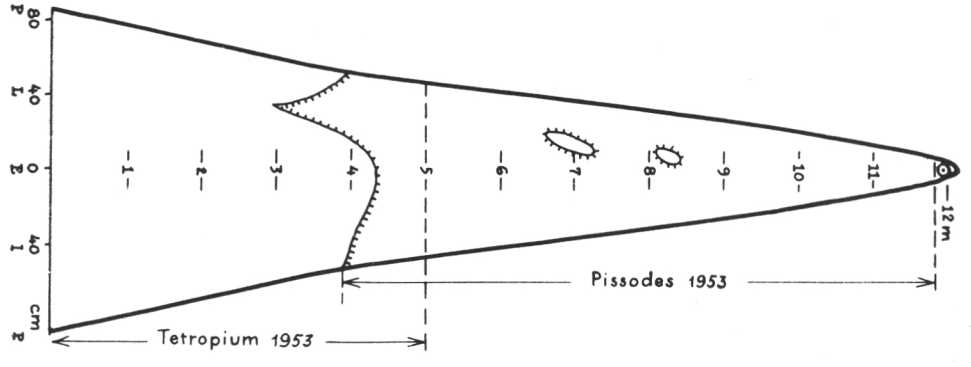
Kuivalatvaiset puut ovat vanhoissa kuusikoissa hyvin yleisiä (vrt. Gehrhardt 1923: 362; Trägårdh 1930: 647; Tikka 1935: 256; Jones 1945: 143). Pohjois-Suomessa tämä ilmiö lienee lähes yksinomaan puiden vanhuudesta johtuvaa, pohjoisimmissa kuusikoissa ja ylimmillä tunturien rinteillä ehkä jossain määrin myös talvisen kuivuuden aiheuttamaa (vrt. Kihlman 1890: 79, 83—84). Laanilasta on tavattu ainakin sellaisia pienehköjä verraten aukeilla tunturin rinteillä kasvavia kuusia, joissa on ollut Kihlmanin (l. c.) kuvaamia kuivuudesta johtuvia oksattomia osia sillä korkeudella, johon hanki talvisaikaan ilmeisesti ulottuu. (Vanhojen puiden kuivalatvaisuudesta, varsinkin tuulen merkityk-

sestä sen syntyyn kts. myös Lundegårdh 1916: 50—59.) Keski-Euroopasta mainitaan useita muitakin joko oletettuja tai selvästi todettuja syitä (vrt. Tubeuf 1903; Möller 1903; Müller 1921). Etelä-Suomessa saattavat kysymykseen tulla myös monikirjaajien alkuun panemat kuivumistapaukset (vrt. Kangas 1946: 65—67), mutta ovat nämä kuitenkin käsillä olevista helposti erotettavissa.

Tässä yhteydessä lienee tarpeellista mainita myös vanhojen kuusten oksissa ja latvoissa yleisestä, usein paksustakin jäkäläpeitteestä (vrt. Arnborg 1943: 188—193), jolla eräiden havainnoitsijain mukaan (Holmerz & Örtenblad 1886; Sernander 1922; Rieben 1940) on kuusen neulasten kasvuun ja elontoimintoihin varsin haitallinen vaikutus. Sekä Holmerz & Örtenblad että Sernander ovat sitä mieltä, että jäkälän voimakkaasta esiintymisestä on seurauksena suorastaan kuusten latvojen kuivuminenkin (vrt. myös Nilsson & Nordling 1895: 13—14). Romell (1922) on koettanut tarkemmin perehtyä kysymykseen, mutta toteaa, että sen tutkiminen on hyvin vaikeaa. Lopputuloksena hän kuitenkin mainitsee, että mikäli jäkälät aiheuttavat oksien kuivumista, tämä tapahtuu vain jo ennestään muista syistä kituvissa puissa. Käsillä olevaa tutkimusta varten analysoiduissa kuusissa oli niissäkin sangen monen oksistossa niin runsaasti jäkälää, että sen haitallinen vaikutus neulaston elontoimintoihin oli mitä todennäköisintä. Kuitenkin kaikissa tapauksissa oli kysymys vanhoista puista, joissa kuivuminen aivan ilmeisesti oli jo yli-ikäisyyden takia alkanut.

Latvasta alkavasta kuivumisesta esitettäköön pari analyysia

Ensimmäinen on Namalikko-Kivalon pohjoisrinteeltä melko korkealta jokseenkin puhtaasta paksusammalkuusikosta, jossa latvakuivia puita oli hyvin runsaasti. Puu



Piirros 4. Analyysi n. 300-vuotiaasta kuusesta. H = 12.0 m, $D_{1.3}$ = 43.0 cm. Laanila15. VI 1954.

Fig 4. Analyse einer ca. 300 Jahre alten Fichte. H = 12.0 m, $D_{1.3}$ = 43.0 cm. Laanila 15. VI. 1954.

(H = 7.8 m, D1.3 = 16.0 cm) kuului kolmanteen latvusluokkaan ja oli iältään vielä alle 200-vuotias. Kantoleikkauksesta todettiin vain aivan mitätön lahotäplä ja samoin vain lounaaseen suuntautuneessa juuressa oli jonkin verran lahoa — tosin siinäkin vain aivan merkityksettömässä määrässä. Puu oli kuitenkin jo alkanut kuivua. Täysin kuivaa oli tosin vain n. 20 cm latvan huipusta, mutta sen lisäksi olivat monien oksien päätkin kuivuneet. Latvan oli lumi katkaissut vuoden 1902 paikkeilla 6.5 m:n korkeudelta. Uusi latva oli kuitenkin syntynyt, eikä murtumasta ollut tullut lahoakaan muuta kuin katkeaman kohdalle n. 4 × 8 mm. Lahon leviäminen oli myös pituussuunnassa pysähtynyt alkuunsa, eikä siis lumen murrolla voida olettaa olleen vaikutusta kuivumisen alkuun pääsyyn.

Piirroksessa 4 esitetyssä tapauksessa kuivuminen oli paljon pitemmälle kehittyneessä vaiheessa. Analysoitu puu kasvoi Laanilassa Kuusipään ylärinteen tunturikoivikossa. Harvakseltaan kasvavista kuusista sangen suuri osa oli kuivuvia. Puun ikä oli n. 300 v., mutta ei juuristosta eikä tyvestä voitu vielä tässäkään vaiheessa todeta lahoa. Kuori oli kuivunut kahta pientä saareketta lukuun ottamatta koko latvuksesta jo rungon puolivälin alapuolelle — länsisivulla aina 3 m:n korkeuteen saakka — samoin latvus oli kuivaa noin puoleenväliin asti, vain joittenkin oksien päissä oli hieman, kylläkin jo täysin kuivia neulasia jäljellä. Ensimmäisenä hyönteisenä oli puuhun tullut *Pityophthorus micrographus*, joka kaksi vuotta ennen analysoimista oli iskeytynyt ylimpään latvaan vain n. 25 cm:n matkalle. Sitä olivat seuranneet vuotta myöhemmin pikikärsäkkäät ja kuusijäärät. Pikikärsäkkäiden esiintymisalueella kuori oli niiden iskeytyessä varmaankin jo suurimmaksi osaksi voimakkaasti kuivumassa. Kuusijäärät esiintyivät sen sijaan kuten näytti vielä jokseenkin terveenkin kuoren alueella, sillä ainakin kaikkein tuoreimmissa osissa toukat olivat ilmeisesti vielä kärsineet puun vastustuskyvyn aiheuttamista reaktioista, koska näillä kohdin ne olivat — vaikkakin kaikki kuuluivat selvästi samaan sukupolveen — huomattavasti pienempiä kuin kuivuvassa kuoressa. Eräistä alaoksista todettiin keskikokoisia *Callidium*-toukkia sekä juurista *Hylastes cunicularius* munimassa. Puu olisi kokonaan kuivunut luultavimmin jo analysoimiskesänä, jolloin varsinainen kuivumisvaihe — lukien *Pityophthoruksen* iskeytymisestä — olisi kestänyt vain 2 vuotta. Eräs tähän ryhmään kuuluva tapaus on esitetty kuusijäärätutkimuksessani (Juutinen 1955: 77, piirros 13). Siinä oli kuivumisvaihe jonkin verran pitempi, luultavasti 4—5 vuotta.

Trägårdh (1930) on Pohjois-Ruotsissa analysoinut tällaisia vanhoja kuivalatvaisia kuusia ja todennut, että kun latva käytännöllisesti katsoen on jo kuollut, siihen tulevat ensimmäisinä hyönteisinä *Pogonochaerus fasciculatus*, *Ernobius explanatus* sekä *Phthorophloeus spinulosus* ja niitä seuraa *Pissodes harcyniae*. Kuivumisprosessin kehittyminen edelleen riippuu oleellisesti puun koosta. Jos puu on pieni, *Pogonochaerus* ja *Pissodes* saattavat kuivumisen loppuun, suuremmissa puissa alaosa voi elää 1—2 vuotta ja siihen tulee ehkä *Ips typographus* ensiksi yläosaan ja seuraavana vuonna alemmaksi, useimmiten kuitenkin *Polygraphus subopacus* on lopullisen kuivumisen aiheuttaja.

Useista analysoimistani latvakuivista puista ei vielä ollenkaan tavattu hyönteisiä. Kolmessa oli ensimmäisenä esiintynyt *Pissodes* sp., kahdessa *Pityophthorus micrographus*, kahdessa *Molorchus minor*, yhdestä tavattiin

epäselviä *Ernobius explanatuksen* jälkiä, yhdestä *Pityogenes saalasin* käytäviä, joiden määritys oli epävarma ja yhdestä *Polygraphus subopacusta*. Ensimmäiset hyönteisesiintymät olivat luonteeltaan yleensä hyvin sekundaarisia. Kuivumisen myöhemmässä vaiheessa on tärkein merkitys pikikärsäkkäillä, joita tavallisesti seuraavat harmojäärä ja kuusijäärät. Harmojäärä iskeytyy tämänkaltaisissa, varsinkin hitaissa kuivumistapauksissa puuhun tavallisimmin ennen kuusijääriä, joskus melko aikaisessakin vaiheessa.

Koko kuivumistapahtuman nopeudesta ei ole tarkkaa tietoa, sillä sitä ei pystytty millään tavalla määrittämään. Useissa analysoiduissa puissa oli melko pitkäkin täysin kuivunut, ylimmissä osissaan jo kuoreton sekä säiden kuluttama ja harmaannuttama latva, jonka alapuolella olleessa vielä kuorellisessa, mutta kuitenkin jo kuolleessa osassa näkyi ikään kuin eri vuosina kuivuneita vyöhykkeitä, mutta nekin olivat niin epämääräisiä, ettei niiden perusteella voitu paljoakaan päätellä. Viimeisten vuosikymmenien lustotkin ovat tavallisesti niin tiuhassa, ettei niistä kuivumisprosessin edistymistä juuri voi seurata. Esimerkkinä mainittakoon erään Pyhätunturilla analysoidun puun sädekasvusta tehtyjä havaintoja. Puu oli toiseen latvusluokkaan kuuluva, 12 m pitkä ja n. 240 v. vanha. Kannon korkeudella oli läpimitta ilman kuorta 19 cm. Aina n. 160 v:n ikään saakka oli kasvu ollut sellaista, että vuosilustot pystyi paljain silmin erottamaan. Sen jälkeen kasvu oli hyvin huomattavasti hidastunut, ja varsinkin 205 ja 240 ikävuoden välillä syntyneet lustot olivat niin kapeita, että niiden laskeminen 10—12-kertaistakin suurennusta käyttäen oli varsin hankalaa. Keskimääräinen sädekasvu oli 80 viimeisenä vuotena 0.3 ja 35 kaatamista edeltäneenä vuotena vain 0.15 mm vuodessa.

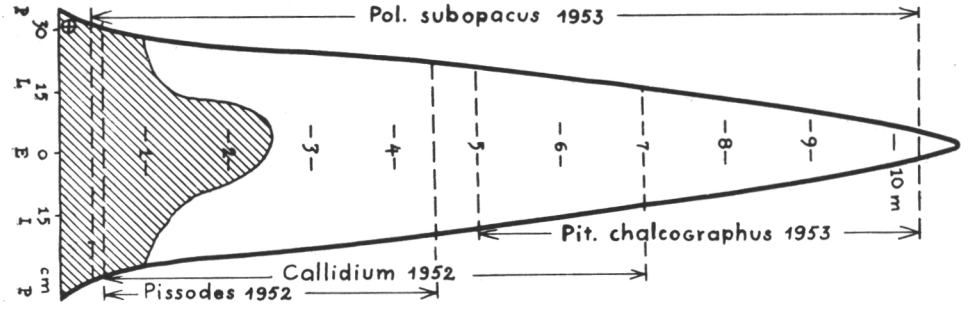
Vaikkakin kuivumisprosessi aivan ilmeisesti on hyvin hidas, vanhan kuusikon kuivuminen — metsikkönä — voi loppuvaiheessa tapahtua yllättävänkin nopeasti, mihin on syynä mm. useiden sekundaaristen tekijäin esiintyminen (esim. tuuli ja hyönteiset) (Gehrhardt 1923: 362; Jones 1945: 143; Sirén 1955: 33, 103—104; Plochmann 1956: 30).

Käsillä olevassa tyypissa on kuivuminen niin selvästi (ainakin ulkonaisesti) latvasta alkavaa, että useissa tapauksissa ensimmäisenä ilmeisestikin kuivuu vain rangan päätesilmu. Eräässä analysoidussa puussa todettiin päätesilmun kuivuttua heti sen alapuolella olleen sivusilmun muodostaneen uuden latvan, mutta ei tämäkään ollut pysynyt elossa kuin kolme vuotta. Eräässä Namalikko-Kivalossa tarkastetussa 230-vuotiaassa kuusessa latvaa oli kuivunut n. 1 m:n pituudelta, mutta kuivuneen osan alapuolelta oli yksi ylimmän vielä elossa olevan oksakiehkuran oksa noussut uudeksi latvaksi. Oksa oli analysoitaessa 20 v. vanha. Kuluu varmaankin useampia vuosia ennen kuin näinkin vanha oksa muodostuu uudeksi latvaksi, joten tästä päätellen kuivuminen oli tapahtunut hyvin hitaasti tai

kuten näytti joksikin aikaa suorastaan pysähtynyt. Harvinaisempaa on, että joku alempana latvuksessa sijaitseva oksa muodostaa uuden latvan kuivumisen jo varsin pitkälle alaspäin edettyä. Tähän on yhtenä syynä jo näiden oksien vanhuuskin (vrt. männyn latvan muodostuminen lumituhojen jälkeen, J u u t i n e n 1953). Kuitenkin Taivalkoskella tavattiin kuusi, jota ei kylläkään tarkemmin analysoitu, mutta jossa latva ulkoisten tuntomerkkien mukaan oli todennäköisesti vanhuuttaan kuivunut jo n. 7—8 m:n pituudelta, mutta kuitenkin eräs alimmista oksista oli muodostanut uuden latvan, joka oli usean metrin pituinen ja täysin elinvoimaisen näköinen.

Edellä selostettujen puiden yli-ikäisyydestä johtuvina pidettyjen kuivumistapausten lisäksi tavattiin analysoitaessa kahdeksan kuusta, joissa niissäkään ei voitu todeta mitään näkyvää kuivumisen alkuun panijaa, mutta jotka tyypiltään oleellisesti erosivat edellä esitellyistä. Näistä neljässä oli kuivuminen selvästi juuristosta latvaan päin etenevää, toiset neljä kuusta olivat kuivumassa samanaikaisesti kauttaaltaan. Esitettäköön aluksi ensiksi mainitusta ryhmästä pari esimerkkiä.

Eräässä pienehkössä kolmanteen latvusluokkaan kuuluvassa puussa Namalikko-Kivalossa todettiin täysin kuivuneita oksia olevan vain latvuksen alimmassa osassa n. 1 m:n matkalla, kuivuneita oksien päitä oli sen sijaan kaikkialla latvuksessa. Neulasista oli noin puolet jäljellä, mutta nekin olivat selvästi kellertäviä. Kun puu (H = 8.2 m, $D_{1.3}$ = 13 cm, ikä n. 190 v.) kaadettiin, ei sen rungosta, oksistosta eikä kantoleikkauksesta voitu todeta mitään kuivumisen aiheuttajaa. Tämän takia oli suoritettava myös juuriston analysoiminen. Tällöin löydettiin runsaasti sellaisia juuria, joissa oli juurinilurien joko epäonnistuneita iskeytymisyrityksiä tai tekeillä olevia vielä keskeneräisiä emokäytäviä. Epäonnistuneet yritykset olivat luultavimmin analysointia edeltäneeltä vuodelta (puu tarkastettiin 27. VII. 1956), mahdollisesti kuitenkin vanhempiakin.



Piirros 5. Analyysi n. 180-vuotiaasta kuusesta. H = 10.8 m, $D_{1.3}$ = 14.5 cm. Kumpu-Kivalo 6. VII. 1953.

Fig. 5. Analyse einer ca. 180 Jahre alten Fichte. H = 10.8 m, $D_{1.3}$ = 14.5 cm. Kumpu-Kivalo 6. VII. 1953.

Toinen käsillä oleviin tapauksiin kuuluva puu (piirros 5) oli sekin alle 200-vuotias. Kuivumisprosessi oli siinä huomattavasti pitemmällä kuin edellä selostetussa. Puu oli naavainen ja juuri kuivahtamaisillaan, sen latvuksessa oli jäljellä vain vähän neulasia ja nekin jo aivan kellanvihreitä. Kantoleikkaus oli täysin terveen näköinen, eikä juuristakaan voitu lahoa todeta, sen sijaan kylläkin kaikista merkkejä hyönteisten esiintymisestä. Merkittävin oli vanha *Hylastes*-esiintymä, josta aikuiset jo olivat poistuneet. Juurinilurit olivat siis tulleet puuhun ainakin 1951. Mahdollisesti osaksi jo samana vuonna kuin juurinilurit (mutta kuitenkin myöhäisempinä parveilijoina niiden jälkeen) oli tyveen iskeytynyt kuusijääriä, joista kuitenkin valtaosa oli vuodelta 1952. Viimeksi mainittuna vuonna oli puuhun tullut myös pikikärsäkkäitä ja harmojäärää, jälkimmäistä aina 7 m:n korkeuteen saakka. Latvuksesta oli kuitenkin osa vielä pysynyt elossa ja rungon tyviosastakin osa kuorivaipasta oli jäänyt käyttämättä, joten vielä seuraavana vuonna (1953) oli puuhun tullut melkein tyvestä latvaan saakka *Polygraphus subopacusta* sekä yläosiin *Pityogenes chalcographusta*.

Viimeksi selostettu tapaus näyttää olevan tyypillinen loppuvaihe tämänlaatuisessa kuivumisessa. Siis ensiksi tulleita juurinilureita seuraavat kuusijäärät, harmojäärä, pikikärsäkkäät ja himmeä monikirjaaja joko kaikki yhtenä vuotena tahi kahden vuoden kuluessa. Loppuvaiheessa voi vielä lisäksi esiintyä kuusen tähtikirjaaja sekä kirjanpainaja.

Tapauksia, joissa juurinilurien todettiin esiintyneen ensimmäisinä hyönteisinä puussa, sisältyy analyysiaineistoon neljä kappaletta, joten kysymyksessä ei ole mikään poikkeuksellinen ilmiö. Kolme näistä puista oli analysoitaessa jo kuivumaisillaan, ja todettiin niissä varsinaisen kuivumisvaiheen (juurinilurin iskeytymisestä lukien) kestäneen vain kaksi vuotta. Tämä on sikäli merkittävää, että viimeinen vaihe on tässä tyypissä näin ollen ollut keskimäärin selvästi lyhyempi kuin muissa, aikaisemmin selostetuissa tyvestä alkavissa kuivumistyypeissä. Kun vain yhdestä puusta todettiin epäonnistuneita yrityksiä ja kun yleensäkin juurinilureita on pidettävä luontumukseltaan selvästi sekundaarisina lajeina, ovat ne näissäkin tapauksissa aivan ilmeisesti iskeytyneet kunnoltaan jostakin syystä heikentyneisiin juuriin. Myöskin useiden kaikissa muissa yhteyksissä sekundaarisiksi todettujen lajien — ennen kaikkea kuusijäärien ja harmojäärän — yhtäaikainen iskeytyminen puun runko-osaan pian juurinilurien ehkä suppeankin esiintymisen jälkeen viittaa siihen, että puun kunto on ollut paitsi juurinilurien esiintymisestä johtuen jo muistakin syistä alentunut.

Täysin mahdottomana ei voitane pitää, että näissäkin tapauksissa olisi kysymyksessä jonkinlainen rappeutumisilmiö, lähinnä nimenomaan puun vanhemmalla iällä yhä enenevä juurten kunnon heikkeneminen ja kuoleminen (vrt. Siré n 1955: 128, 136), mikä sitten puolestaan on houkutellut eräät hyönteiset puuhun iskeytymään.

Kauttaaltaan kuivuvista kuusista kaksi oli jo yli 200-vuotiaita, toiset kaksi sen sijaan verraten nuoria, iältään vain n. 135 ja 105 v.

Vanhemmista puista mainittakoon esimerkkinä Taivalkoskella analysoitu n. 240-vuotias, 13.2 m pitkä kuusi, josta ei löydetty muita hyönteisiä

kuin *Phthorophloeusta* ja *Pogonochaerusta* muutamista alaoksista, eikä juuristakaan tavattu lahoa. Puun latvus oli kuitenkin kauttaaltaan harsu ja vain melko vähäiseltä osalta vihreä. 135-vuotias kuusi analysoitiin Rovaniemen Alajärvellä. Se oli rinnankorkeudelta 27 cm:n vahvuinen, 16.6 m:n pituinen päävaltapuu, jossa neulastoa oli jäljellä vain n. 1/10. Kasvu oli ollut sikäläiseksi varsin hyvä, kunnes se aivan äkillisesti n. 10 vuotta ennen puun kaatamista oli käytännöllisesti katsoen pysähtynyt, sillä kymmenen viimeisen vuosiluston yhteinen leveys oli vain n. 1 mm! (Lisäksi on luultavaa, että ainakin viimeisimpinä vuosina lusto oli jäänyt kokonaan syntymättä.) Nuorin puista (105 v.) on Pyhäkoskelta. Sen latvuksessa oli koko pituudelta kuivuneita oksia, neulasista oli vihreitä arviolta n. 40 %. Puun pituus oli 12.3 m, läpimitta rinnankorkeudelta 11 cm, eikä siinä voitu todeta hyönteisten ja sienten esiintymisestä muita merkkejä kuin joissakin kuivissa alaoksissa vanhoja *Phthorophloeus*-käytäviä. Paksuuskasvu oli huomattavasti — joskaan ei yhtä jyrkästi kuin edellisessä puussa — heikentynyt n. 22 v. ennen analysoimista, ts. kun puu oli ollut 80—85 vuoden ikäinen. Tämän jälkeen oli sädekasvu ollut vuosittain keskimäärin vain alle 0.15 mm.

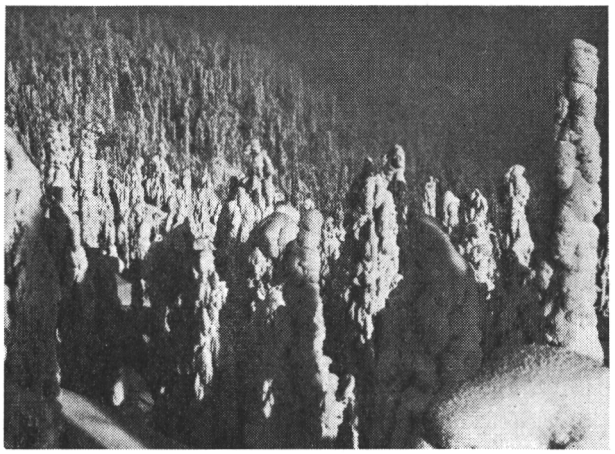
Missä määrin sitten yli-ikäisyyttä näissä tapauksissa voitaisiin pitää kuivumisen syynä on epävarmaa. Kun otetaan huomioon, että viimeksi mainitut puut olivat suhteellisen nuoria ja että niiden paksuuskasvu oli aivan äkillisesti heikentynyt — paljon jyrkemmin kuin missään sellaisessa puussa, jossa yli-ikäisyys oli mitä todennäköisimmin tuhon perussyynä — ei vanhuutta näissä tapauksissa voitane pitä kuivumisen aiheuttajana. Kun ne kuitenkin kasvoivat muuten varsin hyväkuntoisissa metsiköissä, joissa kuivuvia puita oli pohjoissuomalaisiin olosuhteisiin katsoen tavallista vähemmän, eikä lisäksi voitu todeta mitään tuhoon mahdollisesti vaikuttanutta ympäristötekijää, kuten voimakasta hakkuuta, kuivuutta, pohjaveden nousua tms., lienee näissäkin tapauksissa jokin puun sisäinen, fysiologinen tekijä ollut kuivumisen alkuun panija. Vanhimmat puut sen sijaan olivat niin iäkkäitä, ettei tämän seikan vaikutusta kuivumiseen voi pitää epätodennäköisenä. Kun kuitenkin kuivuminen ulkoisesti oli tyypiltään täysin samanlaista kuin nuoremmissakin puissa, on tietysti mahdollista, että niissäkin tuhoutuminen olisi ollut muista syistä johtuvaa, ja näin ollen kaikki nämä tapaukset on viety samaan, vaillinaisesti selvitettynä pidettävään ryhmään.

Mekaanisten vioitusten aiheuttama kuivuminen

Pohjois-Suomen kuusikoissa esiintyy useistakin syistä johtuneita mekaanisia vioituksia (vrt. T i k k a 1935), mutta ehdottomasti tärkeimmät näistä ovat lumen murrot ja erilaiset korot, joita seuraava esitys yksinomaan

koskeekin. Mainitut vioitukset ovat toisistaan siksi paljon poikkeavia, että niitä parhaiten käsitellään erikseen.

Lumen murrot. Heikinheimo (1920 b: 76) jakaa tutkimuksessaan lumen aiheuttamat mekaaniset vahingot murto-, paino-, taivutus- ja karsimisvahinkoihin. Ensiksi mainittuihin kuuluu rungon katkeaminen, painovahinkoihin rungon sekä suurimpien oksien kiertyminen, taivutusvahinkoihin koko rungon taipuminen tavallisesta poikkeaviin asentoihin ja karsimisvahinkoihin sellaiset tapaukset, joissa lumi katkoo oksia joko aivan runkoa myöten tai etempää. Yleisimmiksi ja tyypillisimmiksi mainitaan murtovahingot, joiden esiintymisen perusteella lumituhojen yleisyyttä onkin arvioitu.



Kuva 4. Tavanomaista kevättalven tykkyä vaarakuusikossa. Koli 23. II. 1955.
Abb. 4. Üblicher Schneeanhang des Spätwinters in einem hochgelegenen Fichtenbestand. Koli 23. II. 1955.

Käsillä olevan tutkimuksen yhteydessä ei paino- eikä taivutusvahinkojen mahdollista merkitystä kuusten kuivumiseen ole selvitelty. Tämä johtuu siitä, että viimeksi mainitut rajoittuvat kuusista puheen ollen yleensä varsin pienikokoisiin puihin, ja vaikka niillä samoin kuin painovahingoillakin saattaa hyvinkin olla välillistä vaikutusta kuivumisprosessin alkuun pääsyyn, lumen aiheuttaman tuhon ja kuivumisen ilmenemisen välillä kulunee tavallisesti niin pitkä aika, että analysoitaessa on tällaisissa tapauksissa varsin vaikea enää erotella primaarisia tekijöitä sekundaarisista. Seuraavassa käsitellään siis edellä mainituista ryhmistä vain murto- ja karsimisvahinkoja niitä toisistaan erikoisesti erottelematta.

Heikinheimon (1920 b: 14) lumituhotutkimuksessa mainitaan Pohjois-Suomen varsinaisten tuhoalueiden pinta-alan olleen jonkin verran

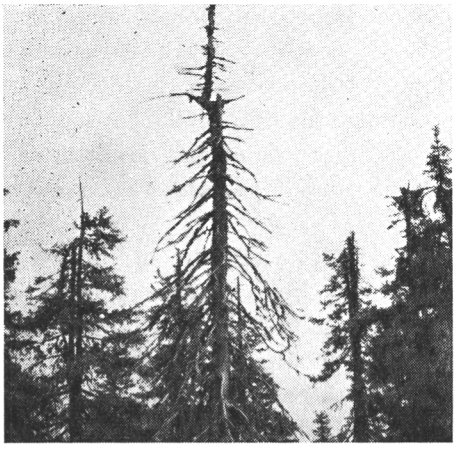
yli 4 000 km², mistä määrästä hieman yli puolet oli sellaisia, joissa lumituhot olivat hyvin yleisiä. Mainituista aloista on kuitenkin sittemmin Neuvostoliitolle luovutettu lähemmäs puolet eli eräät kaikkein laajimmat tuhoalueet. Pahimmat tuhoalueet ovat nykyisinkin Sallassa, Kuusamossa, Taivalkoskella, Pudasjärvellä, Posiolla ja sitten etelämpänä Kainuussa varsinkin Puolangalla ja Sotkamossa.

Eri tuhoalueilla tuhon voimakkuus voi tietenkin huomattavastikin vaihdella. Yleiskuvan saamiseksi suoritti Heikinheimo (op. c.: 17) linja-arvioinnin 12 lumituhoalueella Kuusamossa ja Posiolla sekä niiden eteläpuolella olevissa kunnissa. Tuholta säästyneitä metsiä oli 57.7 %, sellaisia metsiä, joissa pisimmistä puista oli tuhoutunut neljännes tai enemmän, 36.3 % ja sellaisia, joissa puista oli lumen vaurioittamia puolet tai enemmän, 24.3 %. Lumituhojen suuruuteen vaikuttaa paitsi korkeus merenpinnasta, tietyt ilmastolliset olosuhteet, metsikön rakenne jne. myöskin puulaji. Tähän kysymykseen ei tässä yhteydessä ole aihetta tarkemmin syventyä. Mainittakoon vain, että kuten yleisesti on tunnettua kuusi tavallisesti selviytyy samanlaisissa olosuhteissa vähemmillä murroilla kuin mänty tai koivu (vrt. esim. Heikinheimo 1920 b; Kangas 1948; Juutinen 1953). Näin ei kuitenkaan aina ole asianlaita (vrt. Hesselman 1912), ja vaikkakin kuusikoissa yleensä on suhteellisesti vähemmän lumen murtoja, niiden absoluuttinen määrä siitä huolimatta saattaa ainakin pahimmilla tuhoalueilla olla huomattava (vrt. Heikinheimo op. c.: 82).

Kun lumituhot tietyillä alueilla Pohjois-Suomessa ovat myös kuusikoissa varsin merkittäviä, onkin käsillä olevaa tutkimusta varten puita analysoitaessa huomiota kiinnitetty myös lumen murtoja merkitykseen kuivumisprosessissa. Jonkinnäköisen kuvan saamiseksi lumen murtojen yleisyydestä on kahdessa tutkimuspaikassa, Laanilassa ja Namalikko-Kivalossa, tarkastettu muutamia enimmäkseen neljänneshehtaarin suuruisia näytealoja niistä metsiköistä, joissa puita analysoitiin. Tarkastettaessa huomioitiin vain rinnankorkeudelta yli 10 cm paksut kuuset. Sekapuuna oli kaikilla näytealoilla mäntyä vain niukasti, koivua sen sijaan runsaanlaisestikin, varsinkin Laanilassa, jossa se tosin on hyvin mutkarunkoista ja matalahkoa tunturikoivua. Tulokset ilmenevät seuraavasta asetelmasta.

Paikka	Näytealan koko ha	Kuusia yht. kpl.	Lumen murtamia kpl.	Lumen murtamia %
Laanila, Kuusipää	0.25	50	1	2.0
»	0.25	58	5	8.6
»	0.25	57	0	0
»	0.16	48	0	0
»	0.25	42	1	2.4
Namalikko-Kivalo	0.25	119	75	63.0
»	0.25	92	74	80.4

Lumivahinkojen määrä vaihteli siis tutkimusmetsiköissä varsin huomattavasti, ja kuten esitetyistä havainnoista näkyy, ne olivat Namalikko-Kivalossa erittäin yleisiä. Sekä Namalikko- että osittain myös Kumpu-Kivalon lakimetsät olivatkin niistä metsiköistä, joissa tutkimuksia suoritettiin lumen pahimmin runtelemia. Edellisessä arvioitiin eräissä kuusikoissa poikkilatvaisia puita olleen jopa 95 %. Heikinheimokin (1920 b: 11) mainitsee Rovaniemen ja Kemijärven rajalle sijaitsevan Kaihuanvaaran ja Suuaksen kuusikkoalueen olevan tyypillisimpiä hänen luokittelunsa mukaan luokkaan I kuuluvista lumituhoalueista (tuhot hyvin yleisiä), ja Kemijoen eteläpuolella olevan Kivalon alueen sanotaan olevan pääasiallisesti samanlaisen.



Kuva 5. Lumen pahasti runtelemaa lakikuusikkoa. Namalikko-Kivalo.

Abb. 5. Schwer vom Schnee zugerichteter Fichtenbestand in Höhenlage. Namalikko-Kivalo.



Kuva 6. Lumen murtama puuryhmä. Vasemmalla olevasta, piirroksessa 6 esitetystä kuusesta ovat ylimmät oksat kuolleet osaksi lumen osaksi pikikärsäkkäiden vaikutuksesta. Taivalkoski.

Abb. 6. Vom Schnee gebrochene Baumgruppe. An der linksstehenden, in Figur 6 dargestellten Fichte sind die obersten Zweige teils infolge des Schnees, teils infolge der Pissodes abgestorben. Taivalkoski.

Kaikilla tutkimuspaikoilla todettiin tuhoa esiintyneen, mutta useimmissa — kuten esim. Laanilassa — jokseenkin lievänä. Jonkin verran yleisempiä lumivahingot olivat eräissä kuusikoissa Kesänki- ja Pyhätunturilla. Taivalkoskella analysointeja suoritettiin Heikinheimon (l. c.) tutkimuksessa mainitulla tuhoalueella (N:o 30), mutta yksinomaan alueen laitaosissa ja alavilla mailla, eivätkä lumen aiheuttamat vauriot näissä metsiköissä olleet mainittavia.

Mikäli lumi katkaisee puun niin alhaalta, ettei siihen jää ollenkaan tai vain muutamia vihreitä oksia, ei se enää pysty toipumaan, joten eräissä tapauksissa jo lumen murto sinänsä riittää puun tuhoamaan. Reussin (1884: 412) mukaan pidetään Harzissa kolmen oksakiehkuran säilymistä välttämättömänä, jotta kuusi pysyisi elossa; toipumiskyky on kuitenkin riippuvainen monesta tekijästä, ja mm. nuoret hyväkasvuiset puut toipuvat paremmin kuin vanhat. Voidaankin olettaa, että Pohjois-Suomen yleensä varsin vanhoissa kuusikoissa toipumiskyky on huomattavasti heikompi. Kaikkein pahimmin lumen murroista kärsineet kuuset, jotka vain kituliaasti pysyvät elossa, joutuvat lisäksi jokseenkin säännöllisesti kuusijäärien uhriksi (vrt. Juutinen 1955: 73).

Millainen on sitten vähäisempien lumen murtojen vaikutus kuivumisen alkuun pääsyyn? Kun tällaisissa tapauksissa lumen vaurioitus sinänsä — vaikka se ehkä alentaakin puun kuntoa — ei vielä ole tarpeeksi voimakas riittääkseen puun kuivattamaan, riippuu tuhoprosessin kehittyminen oleellisesti seuraustuhojen mahdollisesta esiintymisestä. Tällaisia seuraustuhoja aiheuttavat mm. murtopinnasta puuhun tunkeutuvat lahottajasienet, jotka aikaan saavat ns. »latvalahoa» ja joiden merkitystä on syytä hieman lähemmin tarkastella.

Lumen murroista tulleen lahon yleisyydestä on varsinkin ulkomaisessa kirjallisuudessa julkaistu melko paljon havaintoja, joita tuskin lienee syytä tässä ryhtyä selostamaan. Sen sijaan mainittakoon, että Heikinheimo (1920 b: 107—114) on Pohjois-Suomen lumituhoalueilla tutkinut myös latvalahon esiintymistä ja esittää sen yleisyydestä havaintoja useista metsiköistä. Lopputuloksena hän mainitsee, että lumituhoalueiden yläosien vanhoissa kuusikoissa on latvalahoa melkein jokaisessa murtuneessa puussa, terveitä on usein vain 5—10 %. Näillä alueilla menee suuremmista kuusista latvalahon takia kokonaan hylyiksi n. 25 % puiden luvusta. Käsillä olevan tutkimuksen yhteydessä analysoiduista kuusista oli 17:ssä merkkejä joko yhdestä tai useammankertaisesta lumen vioituksesta. Näistä 13:ssa eli n. 3/4:ssa oli selvästi todettavaa murtokohdista tullutta lahoa. Latvalaho on siis Pohjois-Suomessa lumen murtojen jälkeen varsin yleistä.

Latvalahoa aiheuttaa nykyisten käsitysten mukaan pääasiassa *Stereum sanguinolentum* (A. & S.) Fr. (esim. Lagerberg 1923: 337; Jørstad & Juul 1938: 444; Fabricius 1940: 263). Tämän sienen itöemiä tavattiin analysoiduistakin lumen katkaisemista kuusista.

Lahon etenemisnopeuteen on mm. puun tiiviyden, so. vuosilustojen leveyden todettu vaikuttavan (Lagerberg 1919: 128—129). Yleisesti lienee kuitenkin tärkeimpänä tekijänä pidetty murtumakohdan suuruutta siten, että mitä paksummasta kohdasta puu on katkennut, sitä nopeammin ja pitemmälle laho on levinnyt (vrt. esim. Schotte 1922: 127; Fabricius 1941: 257). Sittemmin on ainakin Barth (1942) osoittanut,

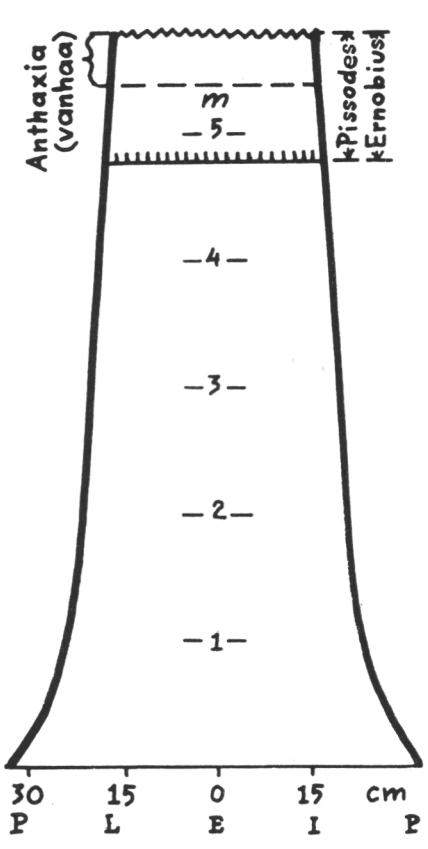
että jäljelle jääneen latvuksen pituudella ja leveydellä on suurempi merkitys lahon etenemiseen kuin murtumakohdan läpimitalla.

Puita analysoitaessa voitiin vain harvoin tehdä jonkinlaisia havaintoja lahon etenemisestä. Tähän oli syynä se, että useassa tapauksessa latva oli lumen murron jälkeen kuivunut, joten murtuman ajankohdan määrittämistä varten tarpeellista kyljestymistä tai uuden latvan muodostumista ei ollut tapahtunut. Pohjois-Suomen vanhoissa kuusikoissa tällainen onkin hyvin yleistä (vrt. Heikinheimo 1920 b: 77; Mikola 1938: 22), ja siitä johtuen lumen tuhot ovat erikoisen selvästi näkyviä. Kun tarkastamissani puissa todettiin kaikkiaan 21 murtumaa (17 puussa), oli näistä vain neljässä tapauksessa murron jälkeen syntynyt uusi latva. Puiden ikä oli tällöin ollut noin 90, 125, 135 ja 165 v. Kahdessa puussa oli lumi vielä myöhemminkin taittanut latvan nimittäin puiden ollessa 200- ja 215-vuotiaita, mutta uutta latvaa ei tällöin enää ollut syntynyt. Niistä puista, joista murtuman ikä voitiin määrittää ja joista todettiin lahoa, saatiin seuraavanlaisia tuloksia lahon leviämisestä. Eräästä 10.6 m pitkästä kuusesta (Namalikko-Kivalo) oli lumi kiskaissut irti yhden oksan 8.5 m:n korkeudesta siten, että runkoon oli tullut n. 40 cm pitkä pahannäköinen repeämä, josta laho oli 35 v:ssa edennyt alaspäin n. 2.5 m ja ylöspäin n. 1 m. Erään 6 m:n pituiseksi katkenneen kuusen (Namalikko-Kivalo) todettiin taittuneen jo aikaisemminkin 3.3 m:n korkeudelta noin vuonna 1844 eli 110 v. ennen puun analysoimista. Vanhemmasta katkeamasta ulottui laho alaspäin aina maahan saakka eli siis 3.3 m. Uusi latva oli aluksi ilmeisesti pysynyt terveenä, mutta sittemmin oli nuoremmasta murrosta jälleen tullut lahoa, ulottuen se hienona täplänä jo vanhempaan katkeamaan saakka. Kesänkitunturilla analysoitiin 22. VII. 1956 pieni kuusi, joka oli katkennut peräti kolme kertaa. Nuorin katkeama oli v:lta 1955, sitä edeltänyt v:lta 1908 eikä näistä kummastakaan ollut tullut lahoa. Vanhimman (2 m:n korkeudessa) ikää ei jostakin syystä voitu määrittää, se oli kuitenkin tapahtunut huomattavasti ennen vuotta 1900. Siitä oli tullut laho, joka ulottui alaspäin n. ½ m:n korkeuteen asti. Laho oli siis edennyt yli 50 v:n aikana vain 1 ½ m. Namalikko-Kivalossa 26. VII. 1956 analysoidun kuusen oli lumi katkaissut n. v. 1916 2.5 m:n korkeudesta, jonka jälkeen puuhun oli syntynyt kaksikin uutta latvaa. Katkeamasta oli kuitenkin tullut laho, joka 40 v:ssa oli levinnyt alaspäin maahan asti ja ylöspäin uusiin latvoihin n. 40 cm.

Lahon eteneminen näyttää siis olleen kovin hidasta. Jos edellä esitetyistä tapauksista lasketaan yksinkertaisia keskiarvoja, todetaan lahon levinneen useimmassa tapauksessa keskimäärin vain n. 1—3, joissakin 6—7 cm vuodessa. Näin on kuitenkaan tuskin asianlaita. Ensiksikin on otettava huomioon, että infektio ei aina tapahdu heti murron jälkeen, joten leviämisnopeutta ei tällä tavoin voida tarkasti määrittää (Lagerberg 1919: 123) ja lisäksi, vaikkakin lahon eteneminen ainakin vielä 6—8

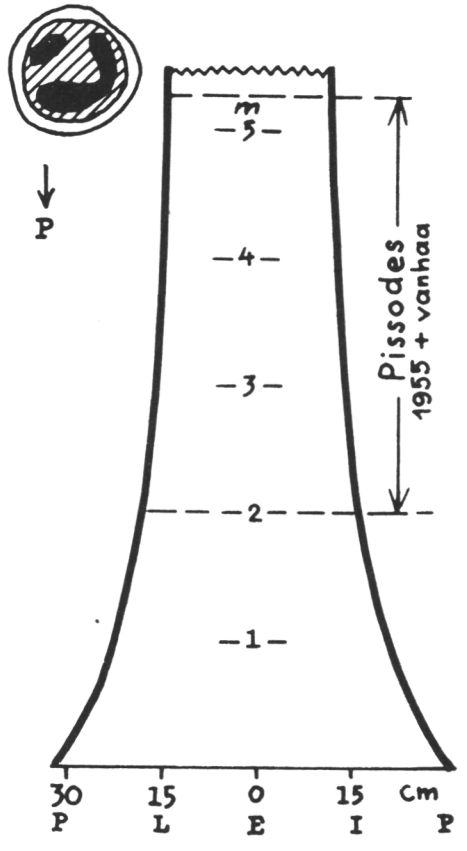
vuotta murron jälkeen saattaa olla merkittävää (Lagerberg 1920: 64; Rummukainen 1955), se kuitenkin vanhemmiten huomattavasti hidastuu, jopa lopulta kokonaan pysähtyykin (Lagerberg 1919: 134; Fabricius 1940: 264; Rummukainen op. c.). Edellä kuvatuissa tapauksissa lienee lahon leviäminen kuitenkin ollut jokseenkin hidasta verrattuna esim. Rummukaisen (op. c.) niinkin pohjoisesta kuin Kolilta esittämiin havaintoihin.

Latvalahon vaikutusta puun kuivumiseen ja eräiden hyönteisten esiintymiseen valaisevat seuraavassa esitettävät kuivumisanalyysit.



Piirros 6. Analyysi n. 100-vuotiaasta, lumen katkaisemasta kuusesta. H = 5.8 m, $D_{1.3}$ = 13.5 cm. Taivalkoski 6. VI. 1956.

Fig. 6. Analyse einer ca. 100 Jahre alten, vom Schnee gebrochenen Fichte. H = 5.8 m, $D_{1.3}$ = 13.5 cm. Taivalkoski 6. VI. 1956.



Piirros 7. Analyysi n. 200-vuotiaasta, lumen katkaisemasta kuusesta. H = 5.5 m, $D_{1.3}$ = 12.0 cm. Pyhätunturi 10. VI. 1956.

Fig. 7. Analyse einer ca. 200 Jahre alten, vom Schnee gebrochenen Fichte. H = 5.5 m, $D_{1.3}$ = 12.0 cm. Pyhätunturi 10. VI. 1956.

Piirroksessa 6 kuvatun Taivalkoskella analysoidun kuusen oli lumi katkaissut hieman alle 6 m:n korkeudelta (kts. myös kuva 6). Ajankohtaa, jolloin vaurio oli sattunut, ei voitu määrittää. Katkeamakohdan läpimitta oli kuoren päältä 8.5 cm. Puu kuului kolmanteen latvusluokkaan ja oli iältään n. 100-vuotias. Jo lumen aiheuttamasta välittömästä vioituksesta johtuen olivat muutamat ylimmistä oksista kuolleet, ja lumen murron jälkeen oli katkeamakohdasta alaspäin n. 1 m:n levyiselle vyöhykkeelle tullut pikikärsäkkäitä, jotka olivat tappaneet tältä alueelta loputkin, osaksi ehkä jo kituvat, mutta osaksi varmaankin vielä melko hyväkuntoisetkin oksat. Viimeksi mainittuun viittaa sekin, että pikikärsäkkäiden toukkien käytävien sekä kotelokehtojen reunat olivat paikoitellen kovin pihkaisia. Sittemmin oli aivan katkeamakohdan läheisyyteen tullut *Anthaxia quadripunctata* ja kaikkein viimeisimmäksi, arvattavasti jo aivan kuivuneeseen latvaan *Ernobius explanatus*. Nelikuoppakauniaisen esiintyminen ei tämänlaatuisissa tapauksissa ole kuitenkaan yleistä kuten jo s. 14 mainittiin. Runkokytryä oli ilmeisesti ollut useampaakin sukupolvea, koska suurten toukkien lisäksi tavattiin aikuisten poistumisreikiäkin. Lumen murrosta johtuva latvalaho ulottui jo kolmisen metriä alaspäin.

Esitetty tapaus on varsin tyypillinen. Useasta puusta todettiin kuinka pikikärsäkkäät tulevat latvaan heti tai melko pian lumen murron jälkeen (vrt. myös S i n g e r 1916: 249) osaksi ehkä jo kuivuvaan osaan, mutta osaksi ne luultavimmin myös aiheuttavat kuivumista ja tappavat muutamia ylimmistä oksista. Pikikärsäkkäitä seuraa ehkä joitakin täysin sekundaarisia lajeja, mutta muutoin näyttää kuivumisprosessi tämän jälkeen pysähtyvän. Kuitenkin lahon eteneminen jatkuu ainakin pahemmin vioittuneissa puissa tyveen päin kuten edellä selostettiin vielä kauan aikaa. Näin ollen on syytä tarkastella tällaisia vanhempiakin tapauksia ja piirroksessa 7 esitetäänkin analyysi puusta, jossa lahoa on jo koko runko-osassa.

Kuvatun kuusen oli lumi katkaissut 5.5 m:n korkeudelta. Murtuman ajankohtaa samoin kuin puun ikääkin oli mahdoton tyydyttävästi määrittää, puu lienee ollut iältään n. 200-vuotias. Vihreätä latvusta oli vain vajaan kahden metrin matkalla, mutta aivan ilmeisesti oksia ei ollut latvasta kuivunut muuta kuin välittömästi lumen murron tapahduttua, vaikkapa latvalaho ulottuikin lähes maan rajaan saakka. Tarkkaa lahon loppumiskohtaa ei voitu saada selville, koska myöskin juuristosta oli tullut voimakas, kantoleikkauksen korkeudella jo suurimman osan poikkileikkauspinta-alasta tuhonnut laho. Todennäköistä kuitenkin oli, ettei tyvilaho voimakkuudestaan huolimatta ollut noussut 0.5 m:ä ylemmäksi. Joissakin juurissa mainitaan ilmeisesti olleen jonkin verran mesisientä. Melkein murtumakohdasta aina 2 m:n korkeuteen saakka tavattiin *Pissodes*-toukkia tai näiden vanhoja käytäviä. Eräissä kuivissa oksissa oli keskikokoisia *Phthorophloeus*-toukkia.

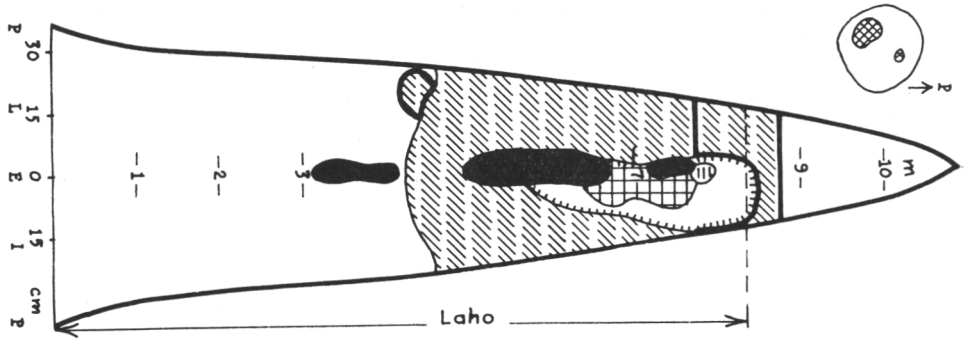
Mahdolliselta tuntuu, että kuivumisprosessin kulku on tässä tapauksessa ollut seuraavanlainen. Pikikärsäkkäät ovat tavanmukaisesti ensiksi iskeytyneet vain murtumakohdan läheisyyteen. Tämän jälkeen on latvalaho vähitellen edennyt aina tyveen saakka ja on tämä sittemmin houkutellut pikikärsäkkäät iskeytymään uudelleen puuhun, sillä mikään puhtaasti

tyvestä päin etenevä kuivuminen ei tässä tapauksessa tyvilahosta huolimatta ole kysymyksessä. Joka tapauksessa on kuitenkin otettava huomioon voimakkaan tyvilahon lisäksi myös puun suhteellisen korkea ikä, varsinkin kun puu katkeamisen jälkeen oli joutunut täysin alistettuun asemaan.

Kaikki ne analysoidut kuuset, joissa latvalaholla oli mahdollisesti ollut edes edellä kuvatussa määrässä fysiologista merkitystä, olivat jokseenkin pienikokoisia, ja voimakkaan latvalahon lisäksi niissä joko oli tyvilahoa tai ne olivat suhteellisen vanhoja. Suuremmissa puissa, joissa latvusta oli lumen murron jälkeen jäänyt jäljelle yli puolet, ei latvalaholla voitu yhdessäkään tapauksessa todeta olleen fysiologista merkitystä siinä määrin, että se olisi esiintynyt kuivumisprosessin suuntaa määräävänä tekijänä. Tosin eräistä tällaisista puista oli latvaa jonkin verran kuivunut, mutta oli tämä mitä todennäköisimmin johtunut ennemminkin puun korkeasta iästä kuin lumen murrosta ja siitä tulleesta eri tapauksissa lisäksi vielä hyvin eri vahvuisena esiintyneestä latvalahosta.

Käsillä olevan tutkimuksen yhteydessä tehtyjen — tosin suhteellisen vähäisten — havaintojen mukaan lumen murroilla on siis merkitystä kuivumisen alkuun pääsyyn vain silloin kun latvusta on kohdannut vakava vaurio, ts. vähintäänkin noin puolet siitä on tuhoutunut. Tällaisissakin tapauksissa on kuitenkin varsinainen kuivumisvaihe alkanut vasta kun murrosta on kulunut varsin pitkä aika, latvalaho on laajalle levinnyt, puu on saavuttanut jo korkean iän tai sen tyvessäkin on esiintynyt voimakasta lahoa. Nopeammin tapahtuu kuivuminen kuitenkin luonnollisesti sellaisissa puissa, joihin on jäänyt vain joitakin oksia.

K o r o t. Tärkeimmät ovat palokorot ja lumen taittamien latvusten pudotessaan sekä kelojen ja lahojen puiden kaatuessaan pystyjen puiden



Piirros 8. Analyysi n. 120-vuotiaasta kuusesta. H = 10.8 m, $D_{1.3}$ = 20.0 cm. Alajärvi 12. VII. 1954.

Fig. 8. Analyse einer ca. 120 Jahre alten Fichte. H = 10.8 m, $D_{1.3}$ = 20.0 cm. Alajärvi 12. VII. 1954.

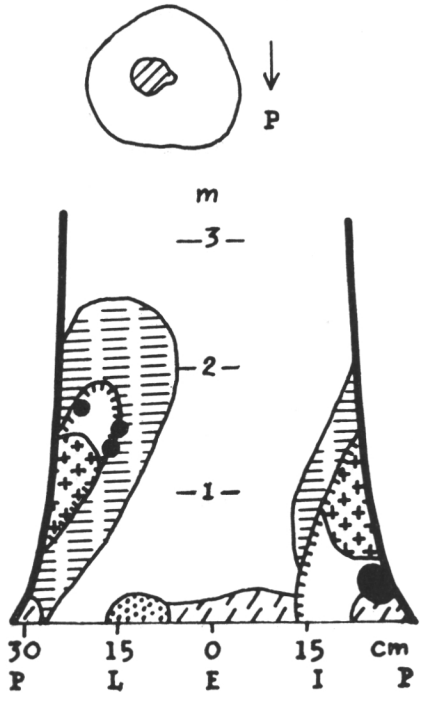
rungon eri osiin aiheuttamat viat. Varsinkin viimeksi mainitut ovat Pohjois-Suomen metsissä hyvin yleisiä. Palokoroista on aineistoa vähän, koska kulojen aiheuttamat vauriot eivät varsinaisesti kuulu tutkimuksen piiriin. Eräs sellainen tapaus on jo aikaisemmin kuusijäärätutkimuksessani (J u u t i n e n 1955: 75) esitetty. Mainitussa puussa ollut n. 1.5 m:n korkuinen ja puolen puun ympäryksen levyinen koro oli vasta välillisesti vaikuttanut kuivumisen alkuun pääsyyn. Korosta oli näet tullut voimakas laho, ja vasta sitä seuranneet kuusijäärät olivat n. 35 vuoden kuluttua palosta aloittaneet varsinaisen kuivumisvaiheen.

Muiden korojen merkityksestä esitettäköön pari esimerkkiä.

Ensimmäisessä piirroksessa (N:o 8) kuvattu puu analysoitiin Alajärvellä Kivalon kokeilualueessa. Kuivia samoin kuin vihreitäkin oksia oli siinä koko latvuksen alueella. Vieressä ollut mäntykelo oli kaatuessaan n. 1924 eli kolmisenkymmentä vuotta ennen puun analysointia aiheuttanut 8 ja 3 m:n välille 3 pahaa koroa, joista suurimman pituus oli lähes pari metriä. Koroista oli tullut laho, joka oli edennyt — vain yhdellä rungon sivulla — alaspäin maahan saakka ja ylimmästä korosta puolisen metriä latvaankin päin. Ilmeisesti melko pian vaurion tapahduttua oli korojen tienoille tullut harmojäärää. Muiden hyönteisten esiintymisestä ei tämän jälkeen ollutkaan mitään merkkejä havaittavissa, ennen kuin vasta varsin myöhään pikikärsäkkäät olivat puuhun iskeytyneet. Ylimmän koron yläpuolella oli pieni esiintymä, josta osa aikuisista jo oli poistunut. Muulla pikikärsäkkäiden esiintymisalueella 8.75 m:n ja 4.25 m:n välillä tavattiin vain toukkia, joten kysymyksessä ilmeisesti oli kaksi sukupolvea. Esiintymisalueen yläreunassa samoin kuin pienellä alalla myöskin sen alareunassa iskeytymisyritykset olivat epäonnistuneet, mikä on selvä osoitus pikikärsäkkäiden aktiivisuudesta. Mahdollisesti ne olisivat munineet puuhun vielä kolmantenakin kesänä, mutta mahdollista on myöskin, että monikirjaajat olisivat tässä vaiheessa, ehkä jo kesällä 1954, iskeytyneet vielä vihreänä olevan latvuksen alueelle ja siten puun lopullisesti kuivattaneet. Joka tapauksessa tuhoprosessi siis oli ollut hyvin hidas, koska koron syntymisestä puun kuivumiseen olisi kulunut yli 30 vuotta.

On peräti poikkeuksellista, jos samaan puuhun syntyy niin useita ja suuria koroja, että puun elossa pysyminen on välittömästi niistä riippuvainen — sellaisia ei ainakaan puita analysoitaessa tavattu. Näin ollen seuraustuhojen esiintyminen määrääkin oleellisesti kuivumisen alkuun pääsyn ja sen myöhemmän kehittymisen. Näistä merkittävin ja ensimmäinen on varsin tavallisesti — kuten edellä esitetyssäkin puussa — koroista puuhun tuleva laho, joka voi olla seurauksena jo suhteellisen pienistäkin vioituksista (vrt. H a u f e 1938: 108—119). Seuraavassa piirroksessa (N:o 9) esitetään kuitenkin tapaus, jossa naapuripuu oli kaatuessaan tehnyt koron aivan tarkastetun puun tyveen, mutta tästä ei ollut tullut lahoa.

Kyseinen kuusi analysoitiin Kesänkitunturilla 23. VII. 1956. Koron syntymisen ajankohtaa ei tarkalleen voitu määrittää, se lienee tapahtunut 15—20 v. sitten. Puu oli jo voimakkaasti kuivumassa, mutta tämä ei kuitenkaan johtunut yksinomaan



Piirros 9. Analyysi n. 225-vuotiaasta kuusesta (tyviosa; kuivunutta kuorta myöskin latvassa 11.5 m:n korkeudesta ylöspäin).
H = 12.7 m, $D_{1.3}$ = 15.0 cm.
Kesänkitunturi 23. VII. 1956.

Fig. 9. Analyse einer ca. 225 Jahre alten Fichte (Wurzelende; vertrocknete Rinde auch am Wipfel von der Höhe v. 11.5 m aufwärts).
H = 12.7 m, $D_{1.3}$ = 15.0 cm.
Kesänkitunturi 23. VII. 1956.

korosta ja sen seurauksista vaan myös puun korkeasta iästä (225 v.). Latvuksesta olikin kuivunut paitsi alaosa aina 5 m:n korkeuteen saakka myöskin ylin osa 4 m:n pituudelta. (Tyvessä esiintyi myös juuristosta tullutta lahoa, mutta varsin vähäisessä määrässä.) Kohta koron syntymisen jälkeen oli ukkoniluri iskeytynyt aivan puun tyveen koron alapuolelle. Mikäli voitiin todeta, tämä oli tapahtunut n. 1941. Kuori oli alkanut kuivua kierteisesti ylöspäin — ehkä se oli jo puun kaatuessa vioittunut varsinaista koroa laajemmaltakin alalta — mutta oli kulunut useita vuosia ennen kuin puuhun taas oli ilmestynyt hyönteisiä. Ukkoniluri oli näet toisen kerran iskeytynyt tyveen kuivuneen kuorialueen viereen vasta n. 1949. (Vanhimpien hyönteisesiintymien iän määrittäminen oli kuitenkin lustojen kapeuden ja varmastikin myös niiden muodostumatta jäämisen takia melkoisen epävarmaa). Kuivuvan tai jo kuivuneen kuoren muodostamaan kielekkeeseen oli tullut *Xylechinus pilosus* luultavimmin 1954, sitä oli kuitenkin edeltänyt vähäinen *Pissodes*-esiintymä. Samana tai

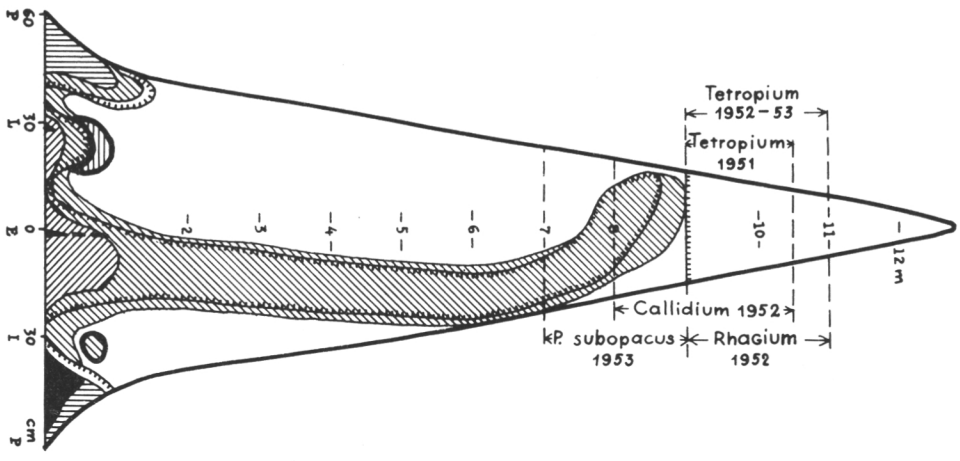
seuraavana vuonna pikikärsäkkäät olivat yrittäneet iskeytyä kuivuvan kuoren ympärillä olevan tuoreen kuoren alueelle, mutta yrityksissään suurimmaksi osaksi epäonnistuneet. Vielä analysoimiskesänä ukkoniluri oli tullut puuhun kolmannen kerran, tällöinkin aivan tyveen edellisen esiintymisalueen viereen. Sen syömäkuvioissa todettiin aikuisten lisäksi vasta munia. Samoin oli asianlaita myös kuivuvan kuoren yläosissa perusteilla olevissa *Polygraphus subopacuksen* syömäkuvioissa.

Viimeksi mainittu tapaus, vaikka se ei annakaan täysin selvää kuvaa tällaisen koron merkityksestä puun kuivumiseen, koska muitakin kuivumiseen vaikuttavia tekijöitä oli puussa jo ennen sen muodostumista esiintynyt, valaisee kuitenkin eräiltä puolilta hyönteisten esiintymistä tämänkaltaisissa tapauksissa. Viimeksi kuvatussa puussa olivat hyönteiset iskeytyneet koron ympärille huomattavasti aikaisemmin kuin piirroksessa 8 esitetyssä siitäkin huolimatta, että koro oli ollut merkittävästi paljon pienempi eikä siitä edes ollut tullut lahoakaan. Voidaan tietysti olettaa puun vanhuudellakin olevan asiassa osuutta, mutta todennäköisesti kuitenkin eroavuus johtuu koron sijainnista. Latvuksen alueella sijaitsevien pienten korojen ympärille voi kohta koron muodostumisen jälkeen tulla pikikärsäkästä hyvin suppealle alalle, mutta monesti ei kuitenkaan mitään kuivumista aiheuttavia hyönteisiä esiinny. Sen sijaan tyveen muodostuvat pienetkin korot saattavat usein houkutella ukkonilurin monenakin vuonna puuhun ja kun sitä tavallisesti seuraavat kuusijäärät, voi kuivuminen näin päästä alkuun. (Näin ei tietenkään aina ole asianlaita, vrt. esim. s. 63 esitettyä palokoroista puuta.) Kuivuminen on kuitenkin kuten piirroksessa 9 esitetyssäkin tapauksessa tavallisimmin varsin hitaasti edistyvää.

Korot eivät siis yleensä välittömästi aiheuta kuivumisen alkuun pääsyä, vaan on niitä seuraavilla tekijöillä tässä suhteessa ratkaiseva merkitys. Seuraustuhojen aiheuttajista ovat tärkeimmät haavapinnoista puuhun tunkeutuvat lahottajasienet. Varsinkin milloin koro on muodostunut puun tyveen, saattavat kuitenkin hyönteiset — ennen kaikkea ukkoniluri ja kuusijäärät — iskeytyä puuhun ilman lahon edeltävää esiintymistäkin. Kuivumisprosessi on kaikissa tapauksissa tyypillisesti varsin hidas.

Useampien kuivumistyyppien yhdistelmät

Kuten s. 33 mainittiin, oli analysoitujen puiden joukossa useita sellaisia, joissa esiintyi yhtä aikaa useammantyyppistä kuivumista, ts. puu saattoi samalla kertaa kuivua sekä tyvestä että latvasta tai saattoi joko tyvessä tai latvassa esiintyä useita kuivumista alkuun panevia tekijöitä. Kun monesti oli mahdoton määrittää sitä ajankohtaa, josta lukien kukin tekijä oli alkanut kuivumisprosessin kulkuun vaikuttaa, ei kuivumisen primaarisesta syystä voitu päästä selvyyteen. Useassa tapauksessa oli kuitenkin

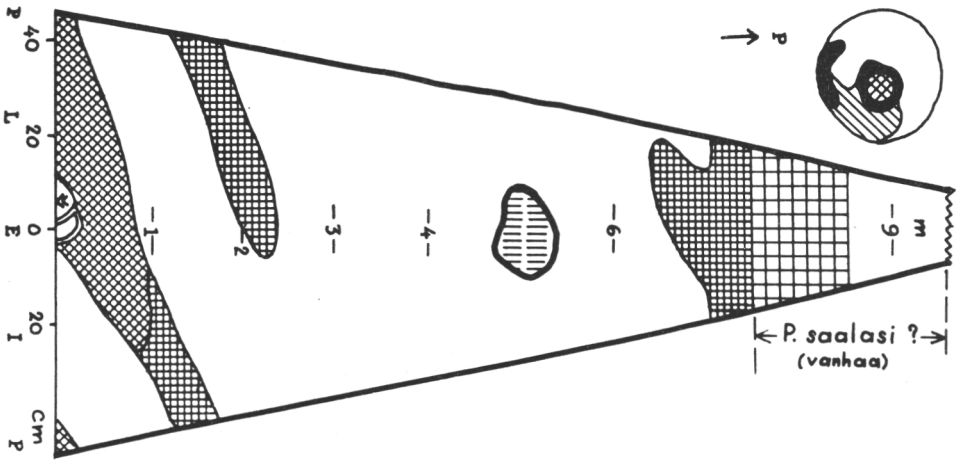


Piirros 10. Analyysi n. 250-vuotiaasta kuusesta. H = 12.7 m, $D_{1.3}$ = 26.5 cm. Laanila 16. VIII. 1953.

Fig 10. Analyse einer ca. 250 Jahre alten Fichte. H = 12.7 m, $D_{1.3}$ = 26.5 cm. Laanila 16. VIII. 1953.

ilmeistä, ettei tällä seikalla kuitenkaan ollut suurtakaan käytännöllistä merkitystä, koska näitten ensimmäisten tekijäin esiintyminen oli mitä todennäköisimmin toisistaan ainakin suurimmaksi osaksi kokonaan riippumaton (vrt. kuitenkin s. 47!). Tällaisista tekijöistä ovat tärkeimmät puiden yli-ikäisyys, joka aiheuttaa kuivumista joko latvasta tai mahdollisesti myös tyvestäkin päin, korot, lumen murrot ja niistä tullut latvalaho sekä erilaiset juuristosta tai tyvestä puuhun tulleet lahot. Hyönteiset esiintyvät nyt puheena olevissa tapauksissa kuivumista alkuun panevina ja siis muitten tekijäin kanssa tasaveroisina vain harvoin. Kysymykseen tuleekin oikeastaan vain ukkoniluri. (Myöhemmin, sekundaarisesti esiintyvinä hyönteiset sen sijaan tietenkin ovat hyvin yleisiä.)

Kun eri alkuun panevien tekijäin välillä ei voitu todeta mitään riippuvuussuhdetta, ei tällaisia tapauksia voitane pitää minään omina erikoisina kuivumistyyppeinä vaan eri »perustyyppien» yhdistelminä. Tällaisista onkin jo edellä piirroksissa 7 ja 9 esitetty kaksi esimerkkiä. Ensiksi mainittu ei ole aivan selvä, joskin siinäkin lumen murron ja latvalahon lisäksi myöskin voimakas tyvilaho on sangen luultavasti ollut kuivumista edistämässä. Viimeksi mainitussa sen sijaan kuivuminen on jokseenkin tasavertaisesti sekä tyvestä että latvasta päin tapahtuvaa, eikä näistä kumpaakaan oikeastaan voida enempää ajallisesti kuin merkityksensäkään puolesta asettaa etusijalle. Kun kuivumista alkuun panevat sekä niitä seuraavat tekijät saattavat esiintyä varsin monimuotoisina yhdistelminä, sallittakoon edellä mainittujen lisäksi seuraavassa vielä esitettävän pari esimerkkiä.



Piirros 11. Analyysi n. 300-vuotiaasta kuusesta. Kuivan kuoren raja, joka yhtyi *Callidium*-esiintymien ylä- ja alarajoihin, on selvyyden vuoksi jätetty merkitsemättä. H = 9.6 m, $D_{1.3}$ = 28.0 cm. Laanila 19. VI. 1954.

Fig. 11. Analyse einer ca. 300 Jahre alten Fichte. Die Grenze der trockenen Rinde, die mit den oberen und unteren Grenzen des Callidium-Auftretens zusammenfiel, ist um der Klarheit willen nicht vermerkt. H = 9.6 m, $D_{1.3}$ = 28.0 cm. Laanila 19. VI. 1954.

Piirroksessa 10 kuvatussa Laanilassa analysoidussa puussa olivat kuivumisen aiheuttajina erittäin voimakas tyvilaho ja yli-ikäisyys. Puun tyvi oli jo niin laho, että kanto puun kaatuessa hajosi kappaleiksi. Laho oli tummaa, säikeistä, suuresti maannousemasienen aiheuttamaa muistuttava, sisus oli ontto. Puu oli hieman kallistunut pohjoiseen päin, mutta lahosta huolimatta sen latvuksessa oli keskikohdan alapuolella tuuheita vihreitä oksia. Latvuksesta oli kuivaa vain kolmisen metriä alhaalta sekä koko latva aina 7.5 m:n korkeudelle saakka. Laho ulottui aivan pintaan saakka laajalla alalla pohjoisen ja idän välillä, etelässä sekä lännessä. Eteläsivulla oli tyvessä lähes 1 m:n korkuinen halkeama, jonka syntyyn lienee lahon lisäksi myös puun kallistuminen vaikuttanut. Kuori oli tyvestä jo useassa kohdassa kuivunut tai kuivumassa, ylimmäksi niistä kohdista, joissa laho ulottui pintaan. Etelässä olleen halkeaman kohdalta ulottui pitkä kuivuvan kuoren kieleke peräti 8.5 m:n korkeuteen saakka. Vielä tässäkään vaiheessa ei tyvessä todettu muita hyönteisiä kuin kuusijääriä. Ensimmäiset olivat iskeytyneet 1950, viimeiset 1953, kaikkiaan todettiin merkkejä neljän perättäisen sukupolven esiintymisestä. Yleensä kuusijäärät olivat iskeytyneet kuivuvan kuoren alueelle tai aivan sen välittömään läheisyyteen. Eräällä hieman kauempana sijaitsevalla pienellä alueella olivat iskeytymisyritykset vielä 1952 epäonnistuneet. Vasta 1953 oli iskeytyminen tapahtunut kokonaisuudessaan tuoreen kuoren alueelle, kuitenkin täysin epäonnistuen.

Latvasta päin kuivuva tai jo kokonaan kuivunut kuori ulottui 9 m:n korkeudelle. Myöskin latvaan olivat kuusijäärät tulleet ensimmäisinä hyönteisinä, mikä on tavallisuudesta poikkeavaa. Ensimmäisen kerran iskeytyminen oli tapahtunut vuotta myöhemmin kuin tyveen eli siis 1951, mutta kuitenkin varsin harvakseltaan, mitä todistaa sekin, että jokseenkin samalle alueelle oli munittu vielä 1952 ja -53. Kuusijääriä olivat seuranneet *Rhagium* (1952) sekä *Callidium* (1952). Myöskään havupuun kantojäärän esiintyminen ei näin latvassa ole erikoisen tavallista.

Vaikkakin puu kuusijäärien jo 1952 katkaistua viimeisenkin yhteyden juuriston ja latvuksen väliltä, luultavimmin olisi jo kesän 1953 loppupuolella aivan äkkiä kuivunut, oli viimeksi mainittuna kesänä siihen iskeytynyt kuusijäärien lisäksi vain himmeä monikirjaaja, ja tämäkin vain parin metrin levyiselle vyöhykkeelle, josta oksat suurimmaksi osaksi jo olivat kuolleet. Vaikkakin käsillä olevan tapauksen voitaisiin tulkita osoittavan puun ehkä juuri Pohjois-Suomen olosuhteille ominaista fysiologista sitkeyttä, ei kuitenkaan — useiden tämänkaltaisten tapausten sisältyessä analyysiaineistoon — myöskään voida olla siitä tekemättä eräitä johtopäätöksiä todennäköisesti juuri pohjoissuomalaisten olosuhteiden tietynlaisesta vaikutuksesta hyönteisten esiintymiseen ja eräisiin ominaisuuksiin. Tästä kuitenkin lyhyesti tuonnempana (s. 74).

Piirroksessa 11 esitetty, Laanilassa analysoitu kuusi oli jo varsin vanha, n. 300-vuotias. Sen latvassa oli vanha lumen murto, jota ei iälleen voitu määrittää. Vaikkakin katkeamakohdan läpimitta oli ollut vain n. 5 cm, oli latva pudotessaan repäissyt lähes 0.5 m:n pituisen sälön, ja tästä oli tullut laho, joka ulottui alaspäin aina 4 m:n korkeudelle saakka. Latvasta olivat oksat kuivuneet n. 4 m:n pituudelta, ja kuorikin oli kuivaa 6—7 m:n korkeuteen asti, kahden metrin matkalta jopa kokonaan jo poissakin. Vaikkakin kuivumiseen on voinut lumen murtokin vaikuttaa, pääasiallisena syynä lienee kuitenkin ollut yli-ikäisyys, jonka takia kuivuminen — etenkin kun kysymyksessä oli kolmanteen latvuskerrokseen kuuluva puu — olisi varmaankin alkanut ilman lumen vioitustakin. Ensimmäisenä hyönteisenä latvassa (ja koko puussa) oli esiintynyt *Pityogenes saalasi*, jonka syömäkuviot kuitenkin olivat jo niin epäselviksi kuluneet, että määritystä on pidettävä epävarmana. Kuorettomassa latvaosassa oli myös vanhoja *Callidium*-käytäviä ja kuivuvan kuoren ylimmissä osissa *Callidium*-aikuisia ja -toukkia kotelokehdoissa.

Tyvessä oli kuori alkanut kantoleikkauksen korkeudella laajahkolla alalla pintaan ulottuvan ja juurissa esiintyvän lahon vaikutuksesta kuivua kapeana, vastapäivään kiertävänä kielekkeenä. Siihen kohtaan, missä pehmeä laho ulottui pintaan saakka, oli ukkoniluri iskeytynyt noin neljä vuotta ennen puun analysoimista, ja tämän alueen viereen oli myöhemmin tullut pienelle alalle valkoista sienirihmastoa — ilmeisestikin mesisientä. Kuori oli ukkonilurin iskeytyessä aivan ilmeisesti jo ollut voimakkaasti kuivumassa, sillä vuotta myöhemmin oli tyveen iskeytynyt harmojäärä, eikä sen esiintymistä ollut, kuten piirroksesta näkyy, määrännyt ukkoniluri vaan lähinnä juuri lahon vaikutus kuoreen. Seuraavanakin vuonna harmojäärä oli iskeytynyt vain lahon johdosta kuivuvan kuoren alueelle.

Kuivumisprosessin myöhemmästä kehityksestä oli analyysissä myöskin jo nähtävissä eräs viite. Viiden metrin korkeuteen olivat pikikärsäkkäät jo yrittäneet iskeytyä, mutta yrityksissään epäonnistuneet. Luultavinta onkin, että kuivuminen olisi edennyt niin tyvestä kuin latvastakin päin edelleenkin varsin hitaasti kunnes pikikärsäkkäät olisivat uudistaneet yrityksensä ja joko yksinään tai yhdessä niitä mahdollisesti seuranneiden monikirjaajien kanssa olisivat vasta puun lopullisesti kuivattaneet. Tähän olisi kuitenkin saattanut kulua useita vuosia.

Tällaisia tapauksia, joissa siis esiintyy useita kuivumista alkuun panevia tekijöitä, mutta mitään niistä ei kuitenkaan voida ehdottomasti asettaa etusijalle, on analyysiaineistossa 11. Tällaiset yhdistelmät eivät siis Pohjois-Suomen kuusimetsissä ole mitään poikkeuksellisia tapauksia vaan päinvastoin varsin yleisiä, jopa tyypillisiäkin. Kuivumistapahtuman yleisestä luonteesta ja varsinkin hyönteisten merkityksestä voidaan niiden perusteella tehdä eräitä päätelmiä, joihin kuitenkin lähemmin palataan tuonnempana.

Tulosten tarkastelu

Kun edellä on tehty selkoa kuivumistekijöinä mahdollisesti kysymykseen tulevista hyönteislajeista sekä erilaisista todetuista kuivumistyypeistä, voitaneen jo näiden esitysten pohjalla koettaa luoda jonkinlaista kokonaiskuvaa eri tekijäin, varsinkin hyönteisten esiintymisestä ja merkityksestä kuusen kuivumisprosessissa Pohjois-Suomessa, vertailla kuivumisilmiötä eteläsuomalaisiin olosuhteisiin ja tarkastella lyhyesti niitä syitä, jotka kuivumistapahtumalle Pohjois-Suomessa antavat sen erikoiset piirteet.

Kuivumista alkuun paneviksi todettiin vain kolme hyönteislajia, nimittäin ukkoniluri, kuusen tähtikirjaaja ja kirjanpainaja. Ukkoniluri osoittautui erikoisen yleiseksi, sitähän tavattiin kaikkiaan 25 puusta, mutta merkittävää on, että vain 5 puussa se määritettiin kuivumisen alkuun panijaksi. Nämäkin puut olivat pienenlaisia — vain yksi pituudeltaan yli 10 m — ja kolme niistä kuuluikin vallittuihin latvuskerroksiin. Lahoa esiintyi joko varsin vähän tai ei ollenkaan, mutta kolme puista oli jo niin vanhaa, että jo tämänkin seikan arvioitiin voineen puun kuntoon vaikuttaa. Kun siis vain kahdessa tapauksessa ei muita tekijöitä esiintynyt siinä määrässä, että ukkonilurin primaarisuutta olisi ollut syytä vakavammin epäillä, ja kun ukkonilurin ensimmäinen esiintyminen tavallisimmin oli rajoittunut varsin suppealle alalle ja tämän jälkeen oli yleensä kulunut useita vuosia ennen kuin puuhun oli tullut muita hyönteisiä tai ukkoniluri uudelleen iskeytynyt, on sen merkitystä kuusen kuivumista alkuun panevana tekijänä Pohjois-Suomessa pidettävä jokseenkin vähäisenä. Kuusen tähtikirjaajankin alkuun panemia tapauksia löydettiin vain yksi, joten sen merkitys on tämän aineiston perusteella edellistäkin vähäisempi. Sen sijaan kirjanpainajan aiheuttamaa kuivumista todettiin useissakin metsiköissä joskin pienehkössä määrässä, mutta kuitenkin nämä tapaukset olivat hyönteisten alkuun panemista runsaslukuisimmat ja samalla selvimmät, ts. kirjanpainajaa oli niissä pidettävä epäilyksettä tuhon alkuun panijana.

Tapauksia, joissa hyönteiset olivat primaarisena kuivumisen syynä, on aineiston 94 analyysistä korkeintaan 9 kpl. — jos näet otetaan huomioon myös epävarmat ukkoniluritapaukset — eli siis lähes 10 %. Kuten jo aikaisemmin huomautettiin, ei aineistolle sen keräystavasta johtuen voi antaa niin suurta painoa, että sen perusteella laskettujen eri tekijäin esiintymisen prosenttisten osuuksien voitaisiin olettaa vastaavan todellisuutta. Äsken

mainitun luvun taustaksi voidaan kuitenkin esittää eräänlainen summittainen laskelma. Kaarnakuoriaisten — poisluettuna ukkoniluri — aiheuttamat kuivumistapaukset ovat ulkonaisesti niin helposti tunnettavissa, että ne muista tässä tutkimuksessa kuvatuista kuivumistyypeistä yleensä selvästi erottuvina ehdottomasti kiinnittävät tutkijan huomiota. Tällaisia äkillisesti kuivuneita puita, olkoon että niiden joukossa saattoi olla joitakin sellaisiakin, joissa kaarnakuoriaiset eivät olisikaan olleet primaarisia tuhon aiheuttajia, tavattiin tutkimusalueelta eräitä satoja, ehkä n. 300—400 (arvioimista helpoittaa niiden keskittyminen muutamiin harvoihin paikkoihin). Sen sijaan, varsinkin kun otetaan huomioon, että eräissä tutkimusmetsiköissä suurin osa kuusista oli jo alkanut kuivua, jouduttiin niissä metsiköissä, joissa töitä suoritettiin, teiden varsilla jne. näkemään tuhansittain muihin kuivumistyyppeihin kuuluvia kuusia. Näistä tietystikin osa oli ukkonilurin alkuun panemia kuivumistapauksia, jollaiset eivät ole määritettävissä ellei puuta täydellisesti analysoida, mutta kuten edellä on käynyt ilmi, näillä havaittiin yleensä olevan suhteellisen vähän merkitystä. Näin ollen voitaneen täydellä syyllä sanoa, että esitetty prosenttimäärä on pikemminkin korkea kuin alhainen, ts. Pohjois-Suomen kuusikoissa todettiin hyönteisten alkuun panemia kuivumistapauksia olleen alle 10 % havaittujen kuivumistapausten koko määrästä.

Onko hyönteisillä sitten kuivumisprosessissa muunlaista merkitystä kuin kuivumista alkuun panevina tekijöinä? Sellaisissa tapauksissa, joissa tuhon primaarisina syinä olivat erilaiset ns. tyvilahot, todettiin eräissä tapauksissa kuivumisen kehittyneen aivan loppuvaiheeseen ilman, että hyönteisiä olisi ollenkaan esiintynyt, mutta useimmassa tapauksessa asianlaita oli kuitenkin toisin. Kuivumisen ehdittyä tiettyyn vaiheeseen olivat puun tyveen ensiksi iskeytyneet ukkoniluri, kuusijäärät tai harmojäärä ja myöhemmin oli ylemmäksi runkoon tullut muitakin lajeja. Korojen ja lumen murtojen jälkeen todettiin varsinkin pikikärsäkkäiden iskeytyneen vioittuneen kohdan läheisyyteen tai jos koro oli syntynyt puun tyveen, se oli houkutellut ukkonilurin ja muut tavallisesti tyvessä esiintyvät lajit puuhun. Tuntemattomista syistä tyvestä päin kuivuvissa puissa todettiin ensimmäisinä hyönteisinä juurinilureita ja niitä seurasivat kuusijäärät, harmojäärä ja pikikärsäkkäät, latvakuivissa yli-ikäisissä kuusissa esiintyivät ensimmäisinä kuusen oksakirjaaja, Saalaan tähtikirjaaja, himmeä monikirjaaja ym. seuralaisinaan pikikärsäkkäät. Kun siis hyönteisiä esiintyi varsin runsaasti ja osaksi sellaisissakin puissa, joiden latvuksissa vielä oli vihreitä oksia, on näin ollen syytä olettaa, että ne esiintymisellään ainakin eräissä tapauksissa jouduttavat kuivumisen kulkua. Kun kuitenkin yleensä oli kysymys varsin hitaasta kuivumisesta eikä ensimmäisen tuhon aiheuttajan, so. kuivumisen alkuun panijan vaikutuksen alkamisen ajankohtaa tavallisesti pystytty määrittämään, on vaikeata täsmälleen sanoa

kuinka merkittävää hyönteisten vaikutus tässä suhteessa on. Niissä tapauksissa, joissa esim. puun murtuminen ja koron syntyminen voitiin ajoittaa, todettiin kuitenkin, että primaarisen kuivumisen syyn ilmestymisestä oli hyönteisten iskeytymiseen kulunut n. 15—35 vuotta, jonka ajan kuluessa puun kunto esim. haavoista tulleen lahon ja enenevän iän ansiosta oli oleellisesti huonontunut. Myöskin vanhuuttaan kuolleiden kuusten todettiin — paksuuskasvun heikkenemisestä tehtyjen havaintojen perusteella — kituneen jopa vuosikymmeniä ennen kuin niihin oli tullut mitään hyönteisiä. Kun lisäksi otetaan huomioon, että huomattava osa puusta saattaa jo ennen hyönteisten iskeytymistä olla kelvottomaksi lahonnut ja että Pohjois-Suomen ekstensiivisissä oloissa hakkuita samoissa metsiköissä suoritetaan pitkin välein, joten on jokseenkin yhdentekevää kuoleeko jokin puu muutamia vuosia ennemmin tai myöhemmin, voitaneenkin olettaa, että hyönteisten merkitys kuivumisprosessissa myöskin sen jouduttajina on melko vähäistä suuruusluokkaa.

Missä määrin sitten eri kuivumistekijäin esiintyminen, kuivumistyypit ja kuivumisen kulku yleensä poikkeavat Etelä-Suomen olosuhteista. Jos ensiksi verrataan K a n k a a n (1946) Etelä-Suomesta esittämiä kuivumistyyppejä niihin, joihin käsillä olevassa tutkimuksessa päädyttiin, saadaan tyyppilajit (tai -tekijät) mainitsemalla seuraavanlainen asetelma:

Etelä-Suomi	Pohjois-Suomi
(Ukkoniluri-ryhmä)	
Kuusensyöpä — ukkoniluri	—
Ukkoniluri	Ukkoniluri
Mesisieni — ukkoniluri	—
(Maannousema — mesisieni-ryhmä)	
Maannousema — mesisieni	Useat lahottajasienet
(Pikikärsäkäs-ryhmä)	
Pikikärsäkäs	—
Pikikärsäkäs — monikirjaajat	—
Pikikärsäkäs — kirjanpainaja	—
(Kaarnakuoriaisryhmä)	
Kirjanpainaja	Kirjanpainaja
Tähtikirjaaja (— oksakirjaaja)	Tähtikirjaaja
Monikirjaajat	—
—	Yli-ikäisyys
—	Mekaaniset vioitukset

Kuten näkyy luettelossa on melkoisia eroavuuksia. K a n k a a n Etelä-Suomesta kuvaaman ukkoniluri-ryhmän kolmea tyyppiä vastaa Pohjois-Suomessa vain yksi. Kuusen syöpää ei näet tavattu yhdestäkään analysoimastani puusta ja mesisienen esiintyminen oli joko aivan suppealle alalle rajoittunut tai sitten todettiin puista voimakasta muiden sienten aiheuttamaa lahoa, jolla kuivumisprosessin kehittymiseen oli ollut ratkaisevampi merkitys, joten — vaikka puissa saattoikin esiintyä ukkoniluria — minkään mesisieni — ukkoniluri-tyypin erottamista ei voitu katsoa perustelluksi. Kaiken kaikkiaan todettiin mesisieni lisäksi vielä huomattavasti harvinaisemmaksi kuin Etelä-Suomessa. Ukkoniluri-tyyppikään ei ole täysin samanlainen. Etelässä ukkoniluri esiintyy sangen usein aivan ilmeisesti täysin primaarisena ja puussa niin runsaslukuisena, että sitä on pidettävä paitsi kuivumista alkuun panevana samalla myös voimakkaasti kuivattavana tekijänä. Pohjois-Suomessa sen sijaan on ensiksikin useimmiten vaikeata todeta, onko sitä pidettävä yleensäkään kuivumisen primaarisena syynä ja toiseksi sillä tavallisesti on välittömästi puun kuivumiseen vain vähän vaikutusta.

Eteläisellä maannousema — mesisieni-tyypillä on vastineensa Pohjois-Suomessa, ja vaikka nämä olennaisesti kylläkin muistuttavat toisiaan, on niissä kuitenkin melko huomattavia ja selviä eroavuuksia. Ilmeisesti suurimmassa osassa Pohjois-Suomea ei ollenkaan tavata maannousemasientä tai joka tapauksessa se on siellä tuntuvasti harvinaisempi kuin etelässä kuten on mesisienenkin laita, mutta sen sijaan useat muut lahonaiheuttajat ovat siellä hyvin yleisiä. Erikoisen tyypillisiä ovat kuutiomaiset hiililahot, joita K a n g a s (1946: 70) ei tavannut yhdestäkään Etelä-Suomesta analysoimastaan puusta. Hyönteistenkin esiintymisessä on eroa sikäli, että K a n k a a n (op. c.: 44—50) mukaan ukkoniluri yleensä puuttuu tästä tyypistä kokonaan ja ehdottomasti tärkein merkitys varsinaisessa kuivumisvaiheessa on pikikärsäkkäillä. Pohjois-Suomessa sen sijaan tavataan ukkoniluria tämäntyyppisissä kuivumistapauksissa hyvin usein ja sen sekä kuusijäärien, harvemmin harmojäärän, esiintyminen joko kunkin erikseen tahi kaikkien yhdessä muodostaa säännönmukaisen välivaiheen kuivumisprosessissa. Niitten esiintyminen sinänsäkin riittää usein jo puun kuivattamaan, mutta tavallisimmin puuhun tulee loppuvaiheessa vielä pikikärsäkkäitä ja himmeää monikirjaajaa. Vain yhdessä puussa todettiin pikikärsäkkäiden iskeytyneen mesisienen ja lahon vaivaamaan puuhun ilman ukkonilurin tai jääräin edeltävää esiintymistä.

Pikikärsäkkäillä on Etelä-Suomessa kuivumistekijöinä erittäin suuri merkitys ja on niiden esiintyminen niin monimuotoista, että K a n g a s on katsonut tarpeelliseksi jakaa pikikärsäkäs-ryhmän kolmeen eri tyyppiin. Pohjois-Suomesta, vaikka pikikärsäkkäät sielläkin saattavat esiintyä varsin aktiivisina kuivumistekijöinä, jota osoittaa tavattujen epäonnistuneiden

iskeytymisyritysten melkoinen määrä (vrt. s. 19), ei kuitenkaan voitu todeta yhtäkään niiden alkuun panemaa kuivumistapausta.

Kaarnakuoriais-ryhmässä on kirjanpainaja-tyyppi luultavimmin samanlainen kummallakin alueella ja samaa voitaneen sanoa myös tähtikirjaajan aiheuttamasta kuivumisesta, vaikka aineistoa Pohjois-Suomesta onkin vähän. Monikirjaajien aiheuttamien kuivumistapausten puuttuminen käsillä olevan tutkimuksen aineistosta on jossain määrin odottamatonta, kuten jo s. 45 kysymystä lähemmin tarkasteltaessa todettiin. Samalla kuitenkin mainittiin, ettei monikirjaaja-tyypin esiintymistä Pohjois-Suomessa voida pitää aivan epätodennäköisenä.

Pohjois-Suomen kuusikoille täysin ominaista on sitten yli-ikäisyyden ja mekaanisten vioitusten aiheuttama kuivuminen. Tietenkin vanhuuttaan kuolevia kuusia saattaa tavata vielä Etelä-Suomestakin, mutta tätä voidaan kuitenkin pitää jo poikkeuksellisena. Lumituhoja ja niiden alkuun panemaa kuivumista esiintyy Etelä-Suomessa vain harvoilla paikoilla säännöllisesti, yleensä ne eivät mitenkään tyypillisinä kuulu varttuneiden kuusikoiden kuvaan, joskin tästä säännöstä tiettyinä vuosina voi tapahtua huomattaviakin poikkeuksia (vrt. K a n g a s 1948, 1956).

Huomattavaa on edelleen, että Pohjois-Suomesta tavattiin runsaasti sellaisia puita, joissa esiintyi samanaikaisesti useammantyyppistä kuivumista. Tällaisia tietysti saattaa esiintyä etelämpänäkin, mutta ne eivät missään tapauksessa ole suorastaan tyypillisiä kuten pohjoisissa kuusikoissa. Ilmeisesti asianlaita on sama monien muidenkin metsätuhojen kohdalla. Pohjoiseen päin mentäessä kuivumisprosessit tulevat yhä komplisoidummiksi ja tavallaan myös vaikeammiksi selvitellä, koska selvästi todettavissa olevat, vaikutukseltaan äkilliset ja voimakkaat tekijät käyvät harvemmiksi ja niiden sijasta tavallisesti esiintyy hitaasti vaikuttavia, usein monia yhteisvoimin tuhoa edistäviä tekijöitä.

Onko sitten kuusten kuivumisprosessin nopeudessa todettavissa eroa Pohjois- ja Etelä-Suomen välillä? K a n g a s (1946: 160—161) esittää tutkimuksensa lopussa taulukon, josta varsin selvästi käy ilmi myös eri kuivumistyyppien kuivumisaika. Taulukosta todetaan, että kuivumisen koko pituus saattaa Etelä-Suomessa olla viisi vuotta tai enemmän kuusensyöpä — ukkoniluri-, ukkoniluri- sekä maannousema — mesisieni-tyypissä, kaikissa muissa se on, useissa jopa huomattavastikin lyhyempi. Käsillä olevan tutkimuksen kuivumistyyppejä esiteltäessä todettiin, että vain kirjanpainajan ja tähtikirjaajan kuivattamissa puissa, joissa kuivuminen oli tapahtunut hyvin nopeasti eli samana kasvukautena jolloin kaarnakuoriaiset olivat puuhun iskeytyneet, voitiin koko kuivumisajan pituus määrittää. Muissa tyypeissä, vaikka niissä varsinaiseen kuivumisvaiheeseen olisikin saattanut kulua vain 2—4 vuotta, alkuvaihe oli kuitenkin ollut niin pitkällinen, ettei sen pituudesta voitu saada selvyyttä. Näin ollen valta-

vasti suurin osa kuivumistapauksista on varsin hitaita ja kuivuminen kokonaisuudessaankin keskimäärin huomattavasti hitaampaa kuin Etelä-Suomessa.

Mistä sitten kuivumistyypeissä ja kuivumistekijäin esiintymisessä havaitut eroavuudet johtuvat?

Yli-ikäisyyden aiheuttama kuivuminen ei tietenkään ole sinänsä mitenkään sidottu maamme pohjoisosiin, vaan sen runsas esiintyminen siellä johtuu asutuksen harvuudesta ja hankalista kuljetusmatkoista riippuvasta puutavaran kysynnän laimeudesta. Lumituhojen yleisyys tietyillä seuduilla johtuu erikoisista ilmastollisista olosuhteista, joita tässä yhteydessä on tarpeetonta ryhtyä selostamaan (kts. Heikinheimo 1920 b). Erilaisten korojen runsas esiintyminen on seuraus pääasiallisesti lumen tuhoista ja puuston lahovikaisuudesta sekä vanhuudesta. Suurin osa koroja näet syntyy lumen murtamien latvusten pudotessa ja lahojen tai vanhuuttaan kuolleiden puiden kaatuessa maahan.

Lahojen runsauteen on varmaan vaikuttamassa useitakin syitä. Heikinheimon (1920 b: 106—107) mukaan lumituhoalueilla yleinen lahovikaisuus johtuu siitä, että ensiksikin tykyn painaessa nuoria kuusia osa niiden juurista murtuu ja tyveen syntyy helposti repeämiä ja pieniä halkeamia, toiseksi lumen maata vasten painamat taimet juurtuvat uusien myöhäisjuurien avulla, jolloin alkuperäiset juuret ja runkokin helposti saavat lahovian ja kolmanneksi kuusen lisääntyessä kasvullisesti oksista uusien taimien irtaantuminen emopuusta tapahtuu siten, että oksa lahoaa poikki, jolloin taimen tyvessä on jo alusta alkaen lahoa. (Kasvullinen uudistuminen onkin eräillä pohjoisilla kuusimetsäalueilla varsin yleistä, vrt. Heikinheimo 1922: 37—38). Myöskin Sirén (1955: 110) mainitsee, että taimistoissa taipumiset ja uudelleen juurtumiset lisäävät huomattavasti lahonalttiutta. Syytä on vielä lisätä, että monet sienet pystyvät kasvamaan vielä verraten alhaisissakin lämpötiloissa. Björkmanin (1946: 134—135) mukaan *Stereum sanguinolentumin* kasvuoptimi on n. 20°C, mutta vielä 5°C:ssa on kasvu huomattavaa. Juuristoissa elävillä sienillä saattavat vieläkin alhaisemmat lämpötilat tulla kysymykseen, niinpä Neger (1917: 67) mainitsee maannousemasienen rihmaston kasvun olevan melkoista vielä 3°C:ssakin.

Lienee syytä tarkastella myöskin hyönteisten esiintymisen ja merkityksen eroavuuksia eräiltä puolilta. Niiden syiden selvittely, joista tällaiset eroavuudet johtuvat, vaatii kuitenkin vielä huomattavasti edeltävää perustutkimusta.

Jos tarkastellaan minkälaisissa olosuhteissa hyönteisten aiheuttamasta tuhosta merkittävintä, kirjanpainajan alkuun panemaa kuivumista Pohjois-Suomesta tavattiin, voidaan sanoa, että kaikissa niissä tapauksissa, joissa kuivumista pienissä tai pienehköissä ryhmissä todettiin, oli lähistöllä

suoritettu hakkuita muodossa tai toisessa. Erikoisesti Namalikko-Kivalossa, jossa kirjanpainajan tappamia kuusia tavattiin runsaimmin, oli kysymyksessä ollut laaja avohakkuu. Kuivuneet kuuset sijaitsivat hakkuualan pohjoisreunassa, eteläreunassa, joka oli huomattavan korkealla vaaran rinteellä lakimetsän alueella, ei voitu havaita mitään merkkejä tavallisuudesta poikkeavasta kaarnakuoriaisten esiintymisestä.

Myös Lakari (1920: 10) mainitsee, että keloutumisvahingot eivät Pohjois-Suomen luonnontilaisissa metsissä ole yleisiä, mutta sitä merkitsevämpiä sellaisissa metsiköissä, joissa on hakkuita suoritettu. Esim. Muurolan hoitoalueesta mainitaan hakkuun jälkeen tavatun laajoilta aloilta kuivuneita ja kuivuvia saha- ja paperipuita. Heikinheimon (1922: 64—65) mukaan myrskyn tuhot ovat tyypillisissä vaarakuusikoissa odottamattoman vähäisiä sellaisissakin metsiköissä, joita on hakkuilla käsitelty. Mitä alemmaksi siirrytään, sitä yleisemmiksi myrskyn tuhot tulevat etenkin hakkuualueilla. Kaatuneita ja pystyyn kuivuneita kuusia tavataan kuitenkin merkittävämmässä määrässä vasta vaarojen liepeiden ja tasankojen kuusikoissa. Hakkuussa jätettyjen kuusten kuivumista edistävät ja jouduttavat tuulen lisäksi myös hyönteistuhot. Tyypillisenä tapauksena mainitaan Ylitornion hoitoalueessa sijaitsevan Kuusilaen metsien kuivuminen. Vaaralta oli hakattu kaikki rinnankorkeudelta vähintään 25 cm täyttävät kuuset ja männyt (edellisiä n. 22 000, jälkimmäisiä n. 7 000 kpl.), ja metsä oli käynyt harvaksi ja aukkoiseksi. Jo pari vuotta hakkuun jälkeen oli pystyihinkin kuusiin ilmestynyt runsaasti kirjanpainajaa, joka vähitellen oli tappanut vaaran itärinteen kuusista n. 80 %, mutta tiheämpipuustoiselta pohjoisrinteeltä vain n. 30 %.

Pohjois-Ruotsistakin on kirjallisuudessa esitetty samankaltaisia havaintoja. Wallmo (1904: 427) mainitsee Norrlannissa nähneensä monta kertaa määrämittahakkuilla käsiteltyjen kuusikoiden kuivumista, ja Hammarstrand (1914: 538) mainitsee kuinka hakkuualalle jätetty harva vanha kuusipuusto voi kuivua jo parin vuoden kuluttua hakkuusta, vaikka se leimausta suoritettaessa vielä oli voinut olla suhteellisen tyydyttävän näköistä. Holmgren (1914: 296—304) käsittelee melko laajastikin Norrlannin kuusikoissa suoritettujen harsintahakkuiden vaikutusta jäljelle jääneeseen puustoon. Useilla harsintahakkuualueilla suoritetuissa tarkastuksissa todettiin pystyyn kuivuneita puita olleen 11.3—31.6 % jäljelle jätetystä puustosta ja tämän lisäksi vielä tuulenkaatoja 1.9—31.0 %. Pohjois-Norrlannissa ei tällaista kuivumista todettu eikä etelämpänäkään tunturimetsissä (vrt. myös Holmgren 1942).

Sirén (1955: 103—104) mainitsee luonnontilaisista metsistä kaksi tapausta, joissa kummassakin kaarnakuoriaiset olivat jo varsin vanhoissa kuusikoissa tappaneet paljon puita.

Luonnontilaisissa kuusikoissa on siis kaarnakuoriaisten aiheuttamaa kuivumista todettu vain harvoin ja mainituissakin tapauksissa on luultavimmin ollut kysymys ehkä jo aukkoiseksi käyneen yli-ikäisen kuusikon kuivumisen loppuvaiheesta, joka kuten jo s. 51 selostettiin saattaa useammankin tekijän yhteisvaikutuksesta tapahtua varsin äkillisestikin. Hakkuiden yhteydessä kuivumistapaukset sen sijaan eivät ilmeisestikään ole harvinaisia ja erikoisesti harsinnanluontoisilla hakkuilla käsiteltyihin vanhoihin kuusikkoihin jäljelle jätetyn puuston kuivumisesta on kirjallisuudessa esitetty melko runsaastikin esimerkkejä. (Kuivumiseen ovat tietysti olleet osaksi syynä muutkin tekijät kuin kaarnakuoriaiset, joita varmasti suurimmassa osassa kuvattujakin tapauksia on pidettävä sekundaarisina tekijöinä.) Tällaisilla hakkuilla luoduista olosuhteista on erikoisesti korostettava sitä, että hakkuutähteiden määrä on pohjoisissa pahasti lahovikaisissa kuusikoissa varsin suuri (vrt. Heikinheimo 1920 b; Aro 1929), mikä määrä yleensä jää sellaisenaan käsitellylle alalle, ja että harvaksi ja aukkoiseksi hakatussa kuusikossa on hakkuusta ensiksi seurauksena jäljelle jätetyn puuston kunnon heikkeneminen (Kangas 1946), jonka yli-ikäisissä kuusikoissa voi olettaa olevan erikoisen suuren. Kuitenkin on merkille pantavaa, ettei tällaisissakaan tapauksissa edullisista edellytyksistä huolimatta ole päässyt syntymään mitään varsinaisia kaarnakuoriaiskalamiteetteja.

Vielä lienee syytä erikoisesti korostaa sitä, että luonnontilaisissa kuusikoissa tavattiin Pohjois-Suomessa mm. sellaisia kuusia, jotka jo olivat niin läpeensä lahoja, etteivät ne missään tapauksessa enää kauan olisi voineet pysyä pystyssä ja joissa latvuksen jo lähes täydellinen kuivuminenkin oli selvänä osoituksena puun kunnon heikkoudesta, mutta kuitenkaan näistä puista ei todettu mitään kuivumista edistäviä hyönteisiä. Edelleen voidaan mainita, että Keski-Euroopassa on lumituhojen jälkeen sangen usein seurauksena kaarnakuoriaisten voimakas lisääntyminen ja seurastuhojen esiintyminen (vrt. Glück 1876; Singer 1916; Galoux 1947; Pfeffer 1949). Vaikkakin lumituhot ovat Pohjois-Suomessa luonteeltaan jossain määrin toisenlaisia, on kuitenkin syytä panna merkille, ettei vastaavanlaista voitu sieltä todeta, vaan että pahoillakin tuhoalueilla puiden kuivumista tapahtuu yleensä vasta kauan lumen murtojen jälkeen hyönteisten esittäessä varsin sekundaarista osaa. Sellaisissakin puissa, joissa samanaikaisesti esiintyi useammantyyppistä kuivumista, saattoi hyönteisten esiintyminen olla silmiin pistävän »varovaista», vaikka puun kunto mitä todennäköisimmin oli jo varsin kehno. Yleisesti voidaankin sanoa, että puita analysoitaviksi etsittäessä voitiin sangen usein todeta jo kaukaa huomiota kiinnittävän kehnolatvuksisia kuusia, jollaisista Etelä-Suomesta oli totuttu löytämään useitakin kaarnan alla lisääntyviä hyönteislajeja, mutta joista Pohjois-Suomessa ei voitu todeta mitään.

Myöskin Franz (1948) on kiinnittänyt huomiota siihen, että Pohjois-Suomen kuusikoissa on kuolevaa ja huonokuntoista puustoa niin runsaasti, että sen luulisi muodostavan hyönteisten lisääntymiselle sopivaa materiaalia siinä määrin, että suoranaisia kalamiteettejakin silloin tällöin sattuisi. Näin ei kuitenkaan ole asianlaita, ja vieläpä hän mainitsee, että Sallassa suoritettiin sota-aikaan sellaisia taistelutoimien vaatimia hakkuita, joissa kaikki puut jätettiin kuorimattomina hakkuualoille, mutta mitään tuhoa ei tästäkään päässyt syntymään.

Kun edellä esitellyn aineiston valossa tarkastellaan hyönteisten esiintymisessä Pohjois- ja Etelä-Suomessa todettuun eroavuuteen vaikuttavia syitä, päädytään siihen, että yhtenä ja ehkä samalla tärkeimpänä tekijänä on se, että pohjoisessa hyönteisten lisääntymistä rajoittavat jotkin erikoisen voimakkaat tekijät. Tällaisista on epäilemättä kuten Franz (op. c.) sanoo merkittävimpiä joko välittömästi tai välillisesti vaikuttavat ilmastolliset olosuhteet. Ilmastotekijäin vaikutukseen viittaa mm. se, että hakkuiden jälkeen on kaarnakuoriaisten aiheuttamaa kuivumista todettu niin kuin edellä mainituista esimerkeistä ilmeni enemmän jonkin vaaran itä- kuin pohjoisrinteellä tai jonkin hakkuualan ympäristössä vain sen huomattavasti alempana sijaitsevassa pohjoisreunassa, eikä ollenkaan lakimetsiin rajoittuvassa eteläreunassa tahi kuten Holmgren (1914) mainitsee Norrlannissa vain etelä- ja keskiosissa, mutta ei pohjoisessa eikä tunturimetsissä. Varmaankin ilmastollisilla tekijöillä on tärkeä osuutensa siinäkin, ettei huonokuntoisissakaan kuusikoissa esiinny kaarnakuoriaisten aiheuttamaa kuivumista ennen kuin metsikkö on voimakkaasti harvennettu tai harventunut. Yleensä voidaan sanoa, että käsillä olevan tutkimuksen yhteydessä tehdyt havainnot tukevat Franzin (op. c.) esittämää käsitystä, että Pohjois-Suomen kuusimetsät kuuluvat jo siihen alueeseen, joka sijaitsee kaarnan alla lisääntyvien hyönteisten varsinaisen kalamiteettirajan pohjoispuolella ja jossa ei lähiaikoina voida olettaa tavanmukaisista ilmastollisista oloista niin poikkeavan edullisia kausia esiintyvän, että kalamiteettien syntyminen olisi pelättävissä.

Onko sitten pohjoisessa myöskin hyönteisten iskeytymiskyky heikompi kuin etelässä? Vaikkakin eräillä lajeilla heikkouden on osoitettu olevan enemmän näennäistä kuin todellista laatua (Juutinen 1955: 85), on nyt esitetyssä aineistossa kuitenkin melko paljon sellaisia tapauksia, joiden esiintyminen tekee tällaisen kysymyksen asettamisen oikeutetuksi. Kysymys vaatii kuitenkin vielä niin paljon lisätutkimuksia, ettei siihen tässä yhteydessä ole aihetta lähemmin kajota. Viitattakoon kuitenkin etenkin ukkonilurin eteläsuomalaisesta poikkeavaan, pääasiassa selvästi sekundaariseen esiintymiseen.

Tarkasteltakoon lopuksi vielä lyhyesti ovatko tästä tutkimuksesta saadut tulokset jollakin tavalla ristiriidassa niiden käsitysten kanssa, jotka

meillä Pohjois-Suomen huonokuntoisten ja yli-ikäisten kuusikoiden käsittelystä ovat vallitsevina. Nykyisten käsitysten mukaan tällaiset kuusikot on hakattava paljaaksi, kulotettava ja keinollisesti uudistettava, jolloin ainakin huonommilla mailla puulaji on samalla muutettava männyksi (Heikinheimo 1922; Sirén 1955).

Varsinkin kun käsillä olevassa tutkimuksessa todettiin hyönteisillä olevan vain vähän merkitystä kuusikoiden kuivumisessa, voidaan kuivumisen syyt todeta sen laatuisiksi, ettei kehnokuntoisten ja lisäksi enimmäkseen yli-ikäisten kuusikoiden terveydentilaa sinänsä käy mitenkään parantaminen. Koska vanhuus, moninaiset lahot ja sekundaarisesti myös hyönteiset jatkuvasti pienentävät tällaisten kuusikoiden arvoa ja monin paikoin kasvu on pienempi kuin kuivuminen (vrt. esim. Järvinen 1951), ei tuollaisia kuusikoita suinkaan voida pitää minään pysyvänä, arvonsa säilyttävänä puuvarastona. Näin ollen onkin pidettävä tavoitteena, että käyttökelpoinen puuaines korjataan mahdollisimman pian talteen ja suoritetaan metsikön uudistaminen. Uudistettaessa voidaan metsätuhonäkökannaltakin avohakkuuta suositella. Avohakkuualojen läheisyydessä todettiin tosin vähäisiä hyönteisvaurioita, mutta ne jäävät joka tapauksessa huomattavasti vähäisemmiksi kuin kirjallisuudessa esitetyt, muunlaisten hakkuutapojen yhteydessä todetut. Kulotuksella voidaan katsoa olevan merkitystä myös hygieeniseltä kannalta, koska tällöin tuhoutuu myös osa hyönteiskannasta ja ehkä myös joku — vaikkakin arvattavasti vähäinen — määrä runsaasti tavattavista tuhosienistä, joiden rihmastot saattavat lahoissa juurissa ja kannoissa säilyä huomattavankin pitkiä aikoja (vrt. Rennerfelt 1946: 79). Kun otetaan huomioon nimenomaan kuusikoiden lahovikaisuus, on uudistettaessa suositeltavaa samalla puulajin vaihtaminen männyksi. Koska paremmilla metsätyypeillä lahojen esiintyminen on vähäisempää (Tikka 1935; Kangas 1952 c), tulee paremmilla mailla näin ollen myöskin kuusi kysymykseen.

Kuten edellä esitetystä on käynyt ilmi, voidaan siis asiaa metsätuhojenkin kannalta tarkasteltaessa täydelleen yhtyä Pohjois-Suomen kuusikoiden metsänhoidollisesta käsittelystä nykyisin vallalla oleviin käsityksiin. Ainoana varjopuolena voidaan pitää yhtenäisten jopa satoja hehtaareja käsittävien mäntykultturien syntymistä, jollaista yleensä ei pidetä suotavana. Hyönteistuhojenkaan esiintyminen tällaisissa taimistoissa ei olisi odottamatonta, sillä päinvastoin kuin kuoren alla lisääntyvät lajit saattavat monet lehtiä tai neulasia ravinnokseen käyttävät hyönteiset aiheuttaa Pohjois-Suomessa todellisia tuhansiakin hehtaareja käsittäviä kalamiteetteja. Näistä tunnetuin on tunturimittari, mutta myöskin kuusikoissa neulastuhoja saattaa esiintyä laajoilla aloilla (kts. s. 30), ja mäntypistiäistoukat syövät sangen usein neulaset esim. Laanilan tuntureiden ylimmistäkin männyn taimistoista.

Problemaattista on sen sijaan edelleenkin vanhojen lahovikaisten kuusikoiden käsittely sellaisilla vaaramailla, joissa lumen murrot ovat yleisiä. Eri puulajien merkityksen arvioiminen tällaisissa metsiköissä ei kuitenkaan ole kuulunut käsillä olevan tutkimuksen puitteisiin. Viitattakoon kuitenkin siihen, että tutkimuksia lumituhoalueilla suorittaessa voitiin todeta miten peräti huonokuntoisia ja lahoja useat kuuset tällaisilla alueilla olivat, ja että näin ollen on kuten Heikinheimo (1939: 139) sanoo puulajia valittaessa otettava huomioon, että lumi särkee mekaanisesti mäntyä suhteellisesti enemmän kuin kuusta, mutta kuitenkin viimeksi mainittu kärsii seuraustuhoista, ennen kaikkea lahoista paljon suuremmassa määrässä kuin mänty. Mäntyä ei siis voidakaan pitää aivan ehdottomasti sopimattomana puulajina kuten usein on tehty.

Puulajikysymyksen selvittelyä lumituhoalueilla ja niiden laiteilla onkin pidettävä varsin suotavana, eikä probleemaa tällöin olisi käsiteltävä yksinomaan metsätuhokysymyksenä puhtaasti biologisessa mielessä, vaan olisi suorastaan tutkittava kuinka paljon ja minkä arvoista käyttökelpoista puutavaraa niin mänty kuin kuusikin toisiinsa verrattuina näillä alueilla pystyvät tuottamaan. (Sanomattakin on selvää, että tämä kysymys liittyy läheisesti myös metsäpuiden rodunjalostuksen piiriin, vrt. esim. Ahola 1955.) Voitaneen kuitenkin sanoa, että Pohjois-Suomessa on vuosikymmeniksi työtä taloudellisesti merkittävämmilläkin metsäalueilla ja lakimetsät voitaisiinkin ainakin toistaiseksi säilyttää suojametsän luontoisina hakkuutoiminnan ulkopuolella (Heikinheimo 1922; Yli-Vakkuri 1953). Havumetsiin liittyvistä metsätuhotutkimuksista, joiden suorittamisen tarpeellisuudesta käsitys esillä olevaa työtä tehtäessä on vahvistunut, lieneekin ajankohtaisimpana ja tärkeimpänä pidettävä kuusikoiden jälkeen keinollisesti syntyneiden mäntytaimistojen ja nuorten männiköiden tuhojen selvittelyä. Siitä, että tällaisia tuhoja varsinkin pohjoisimmissa taimistoissa saattaa esiintyä, on tietoja jo olemassa (Ahola 1950; Mikola 1952).

Yhdistelmä

Käsillä olevassa tutkimuksessa tehdään selkoa pääasiassa kesinä 1953, 1954 ja 1956 koottuun aineistoon perustuen Pohjois-Suomessa kuusen kuivumistekijöiksi todettujen hyönteislajien esiintymisestä ja merkityksestä, hyönteisten ja myöskin muiden tekijäin alkuun panemista kuivumisprosesseista eli kuivumistyypeistä sekä vertaillaan saatuja tuloksia K a n k a a n (1946) Etelä-Suomessa suorittamaan vastaavanlaatuiseen tutkimukseen.

Tutkimusalueen pohjoisrajan muodosti kuusen metsänraja etelärajan kulkiessa suunnilleen 65:nnen leveysasteen tienoilla. Tutkimuksia suoritettiin etupäässä Metsäntutkimuslaitoksen Kivalon ja Laanilan kokeilualueissa, vähäisemmässä määrässä lisäksi Pallasjärven ja Pyhäkosken kokeilualueissa sekä metsähallinnon Pohjois-Taivalkosken, Ylikemin ja Kolarin hoitoalueissa.

Yksinomaisena varsinaisena tutkimustapana käytettiin kuivumisanalyysimenetelmää. Kaikkiaan analysoitiin 94 kuivuvaa tai kuivunutta kuusta. Tämän lisäksi tehtiin eräitä yrityksiä maannousemasienen esiintymisen toteamiseksi suorittamalla lahoiksi todetuista kuusista otetuista kairanlastuista viljelyskokeita. Lastuja otettiin eri puolilta tutkimusaluetta yhteensä 174 kuusesta, mutta maannousemasientä ei voitu yhdestäkään todeta.

Analysoiduissa kuusissa esiintyi sangen useita hyönteislajeja, mutta suurin osa näistä oli kuitenkin aivan sekundaarisia tai kuivumista vain merkityksettömässä määrässä edistäviä. Kuivumiseen tehokkaasti vaikuttaviksi eli ns. ensisijaisiksi kuivumistekijöiksi todettiin yleisyysjärjestyksessä *Pissodes* spp., *Tetropium* spp., *Callidium coriaceum*, *Dendroctonus micans*, *Polygraphus subopacus*, *Pityogenes chalcographus*, *Ips typographus*, *Pityophthorus micrographus* ja *Pityogenes saalasi*. Kahden viimeksi mainitun merkityksestä ei kuitenkaan päästy täyteen selvyyteen.

Hyönteisten — *Dendroctonus micansin*, *Ips typographuksen* ja *Pityogenes chalcographuksen* — alkuun panemia kuivumistapauksia arvioitiin olleen alle 10 % kaikkien havaittujen tapausten määrästä. Yleisimpiä olivat kirjanpainajan kuivattamat puut, joita kuitenkin tavattiin vain hakkuilla käsitellyistä metsiköistä tai niiden läheisyydestä. Ukkoniluri

osoittautui hyvin yleiseksi, ja vaikka sen merkitys oli monesti vaikeasti selvitettävissä, se kuitenkin tavallisimmin esiintyi selvästi sekundaarisena.

Merkitykseltään tärkeimpinä kuivumista aiheuttavina tekijöinä esiintyivät puiden yli-ikäisyys, erilaiset juuristosta tai tyvestä puuhun tulleet lahottajasienet sekä osittain myös mekaaniset vioitukset. Tämän lisäksi tavattiin melko huomattava määrä sellaisia puita, joiden kuivumisen alkuun panijasta ei saatu selvyyttä, sen oletettiin kuitenkin aiheutuneen puun sisäisistä, fysiologisista syistä.

Tapauksissa, jotka luettiin yli-ikäisyyden aiheuttamiksi, kuivuminen oli hyvin selvästi latvasta päin alkavaa ja hyvin hitaasti etenevää. Hyönteisten todettiin tässä tyypissä esiintyvän runsaammin vasta aivan viimeisissä kuivumisvaiheissa. Erilaisia ns. tyvilahoja olivat tavallisesti seuranneet ukkoniluri ja kuusijäärät, harvemmin harmojäärä, jotka sitten olivat kuivumista enemmän tai vähemmän edistäneet. Myös yksinomaan lahottajasienten lähes loppuun saakka kuivattamia kuusia tavattiin. Mekaanisista vioituksista olivat yleisimmät lumen murrot ja erilaiset korot. Ensiksi mainituilla todettiin yleensä olleen varsin vähän vaikutusta puiden kuivumiseen. Jos koro oli muodostunut aivan puun tyveen, saattoi olla, että se jo sinänsä oli houkutellut etenkin ukkonilurin ja kuusijäärät puuhun iskeytymään, mutta tavallisimmin oli koron syntymisen jälkeen kulunut varsin pitkä aika ennen kuin varsinainen kuivumisprosessi oli päässyt alkuun, joten koroilla oli kuivumistapahtumassa ollut pikemminkin vain välillistä vaikutusta.

Kuivumisilmiössä todettiin Etelä- ja Pohjois-Suomen välillä useita eroavuuksia. Pohjoisessa esiintyvät eräinä kaikkein yleisimpinä ensisijaisina kuivumistekijöinä hyönteisistä *Callidium coriaceum* ja *Polygraphus subopacus* sekä merkitykseltään näitä tosin huomattavasti vähäisempänä ja harvinaisempana *Pityogenes saalasi*, joilla ei Etelä-Suomessa ole lähimainkaan vastaavaa merkitystä tai joita etelässä ei ollenkaan tavata. Pohjois-Suomessa on hyönteisten alkuun panemia kuivumistapauksia huomattavasti vähemmän kuin etelämpänä, ja yleensäkin hyönteisten melko »passiivinen» osuus kuivumisprosessissa on siellä huomiota herättävää. Pääasiallisena syynä tähän lienevät ilmastolliset olosuhteet. Pohjois-Suomen kuusimetsille ovat tyypillisiä yli-ikäisyydestä johtuva kuivuminen sekä sellaiset tapaukset, joissa samanaikaisesti esiintyy useammantyyppistä kuivumista. Kummankinlaatuinen kuivuminen on Etelä-Suomessa nykyisin huomattavasti harvinaisempaa. Mitä kuivumisprosessin nopeuteen tulee, on se selvästi hitaampaa maamme pohjois- kuin eteläosissa.

Varsinkin kun hyönteisillä todettiin olevan vain vähän merkitystä kuivumisen alkuun panijoina tai kuivumista nopeuttavina tekijöinä, voitiin kuivumisen syyt todeta sen laatuisiksi, ettei kehnokuntoisten kuusikoiden terveydentilaa sinänsä käy mitenkään parantaminen. Näin ollen tul-

tiinkin siihen tulokseen, että myöskin metsätuhonäkökannalta on suositeltavaa huonokuntoisten kuusikoiden paljaaksi hakkuu, kulottaminen ja keinollinen uudistaminen, jonka yhteydessä on ainakin huonommilla mailla suotavaa puulajin vaihtaminen männyksi.

Kirjallisuusluettelo

Ahola, V. K., 1950 — Metsänviljelyt tuhoutumassa suojametsäalueen rajoilla. Metsämies 41, 1: 14—15.

—»— 1955 — Kapealatvainen mänty Pohjois-Suomen tykkyalueille. Metsälehti N:o 15: 4.

Arnborg, T., 1943 — Granberget. En växtbiologisk undersökning av ett sydlappländskt granskogsområde med särskild hänsyn till skogtyper och föryngring. Norrländskt handbibliotek XIV.

Aro, P., 1929 — Tutkimuksia hakkausmäärän jakaantumisesta käyttöpuun ja tähteitten kesken. Metsätiet. tutkimusl. julk. 14. 3: 1—42.

Barth, A., 1942 — Snøbruddskaden i granskog og den snøbrutte skogs behandling. Tidsskr. f. Skogbruk 50: 85—93, 137—151.

Bier, J. E., Foster, R. E. & Salisbury, P. J. 1946 — Studies in forest pathology. IV. Decay of Sitka Spruce on the Queen Charlotte Islands. Tech. Bull. Dep. Agric. Can. N:o 56 (Forestry Abstracts 9: 238).

Björkman, E., 1946 — Om lagringsröta i massavedgårdar och dess förebyggande. Medd. Stat. Skogsforskningsinst. 35. 1: 1—168.

Brammanis, L., 1956 — Neue Brutstätten des grossen braunen Rüsselkäfers, Hylobius abietis L. Forstw. Centralblatt 75: 105—108.

Day, W. R., 1929 — Environment and Disease. A Discussion on the Parasitism of Armillaria mellea Vahl. Fr. Forestry 3: 94—103.

Erkamo, V., 1956 — Untersuchungen über die pflanzenbiologischen und einige andere Folgeerscheinungen der neuzeitlichen Klimaschwankung in Finnland. Suomal. Eläin- ja Kasvitiet. Seuran Vanamon Kasvitiet. Julk. 28. 3: 1—283.

Escherich, K., 1923 — Die Forstinsekten Mitteleuropas II. Berlin.

Fabricius, L., 1940 — Gipfelbruch und Stammfäule in Fichtenbeständen. Forstw. Centralblatt 62: 262—266.

—»— 1941 — Gefährdet Gipfelbruch in Fichtenbeständen die Gesundheit des Stammholzes? Ibid. 63: 255—260.

Falck, R., 1930 — Neue Mitteilungen über die Rotfäule. Mitt. aus Forstwirtschaft u. Forstwissenschaft 1: 525—566.

Forsslund, K.-H., 1934 — Tallbockens (Monochamus sutor L.) uppträdande på brandfält i norra Sverige sommaren 1933. Sv. Skogsvårdsför. tidskrift 1934: 23—37.

—»— 1936 — Nordliga gransågstekeln (Lygaeonematus subarcticus Forssl.). Medd. Stat. Skogsförsöksanst. 29: 171—185.

Francke-Grosmann, H., 1950 — Die Gefährdung der Sitkafichte durch Rotfäule (Fomes annosus Fr.) und Riesenbastkäfer (Dendroctonus micans Kug.) in Aufforstungsrevieren Schleswigs. Proc. Eighth Int. Congr. of Ent.: 773—780.

Franz, J., 1948 — Über die Zonenbildung der Insektenkalamitäten in Urwäldern. Forstw. Centralblatt 67: 38—48.

Frömbling, C., 1915 — Vom Honigpilz. Ibid. 37: 299—304.

Galoux, A., 1947 — Les multiplications d'insectes après les bris de neige dans les forêts résineuses. Bull. Soc. for. Belg. 54: 433—449. (Forestry Abstracts 10: 255.)
Gehrhardt, 1923 — Ueber Urwaldungen in den Karpathen. Forstl. Wochenschr. Silva 11: 361—363.
Glück, 1876 — Das Auftreten des Hylesinus micans im Königlichen Forstreviere Neupfalz, Regierungsbezirk Coblenz. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen 8: 385—391.
Györfi, J., 1948 — Óriás fenyöhánccsszú (Dendroctonus micans Kug.) Zalában. Erdész. Kisérl. 48: 32—44. (Forestry Abstracts 11: 121.)
Gøhrn, V., Henriksen, H. A. & Petersen, B. Beier, 1954 — Iagttagelser over Hylesinus (Dendroctonus) micans. Det forstl. Forsøgsvaes. Danm. 21: 379—427.
Hammarstrand, E., 1914 — Till frågan om skötseln av enskildes skogar i lappmarken. Skogsvårdsför. tidskr. 12: 536—539.
Hansen, V., Hellén, W., Jansson, A., Munster, Th. & Strand, A., 1939 — Catalogus Coleopterorum Daniae et Fennoscandiae. Helsingforsiae.
Haufe, 1938 — Die verletzte Fichte im Bestand. Thar. forstl. Jb. 89: 100—134.
Heikinheimo, O., 1920 a — Pohjois-Suomen kuusimetsien esiintyminen, laajuus ja puuvarastot. Metsät. koel. julk. 3.2: 1—163.
—»— 1920 b — Suomen lumituhoalueet ja niiden metsät. Ibid. 3.3: 1—134.
—»— 1922 — Pohjois-Suomen kuusimetsien hoito. Ibid. 5.2: 1—123.
—»— 1939 — Kokemuksia paksusammaltyypin metsien käsittelystä. Silva Fennica 52: 121—139.
Heqvist, K.-J., 1957 — Zur Biologie von Hylobius piceus De G. Anz. f. Schädlingskunde 30: 54—56.
Hess — Beck, 1927 — Forstschutz I. 5. Aufl. Neudamm.
Hesselman, H., 1912 — Om snöbrotten i norra Sverige vintern 1910—1911. Medd. Stat. Skogsförsöksanst. 9: 47—74.
Holmerz, C. G. & Örtenblad, Th., 1886 — Om Norrbottens skogar. Bihang till Domänstyrelsens underdån. berättelse rörande skogsväsendet år 1885.
Holmgren, A., 1914 — Blädning och trakthuggning i norrlandsskogar. Norrl. Skogsvårdsförb. tidskr. 1: 266—323.
—»— 1942 — Bidrag till kännedomen om de norrländska gamla råhumusgranskogarna med särskild hänsyn till deras avverkning och föryngring. Ibid. 1942: 127—194.
Ilvessalo, Y., 1956 — Suomen metsät vuosista 1921—24 vuosiin 1951—53. Metsäntutkimusl. julk. 47.1: 1—204.
Iwashkewitsh, B. A., 1930 — Die wichtigsten Eigenarten der Struktur und der Entwicklung der Urwaldbeständen. Verh. d. int. Kongr. forstl. Versuchsanst. 1929: 129—147.
Jones, E. W., 1945 — The structure and reproduction of the virgin forest of the north temperate zone. New Phytologist 44: 130—148.
Juutinen, P., 1953 — Männyn toipuminen Kolilla talven 1947—48 lumituhojen jälkeen. Metsät. tutkimusl. julk. 41.2: 1—35.
—»— 1955 — Zur Biologie und forstlichen Bedeutung der Fichtenböcke (Tetropium Kirby) in Finnland. Acta Ent. Fenn. 11: 1—110.
Järvinen, A. E., 1951 — Perä-Pohjolan metsien tulevaisuus. Metsätiet. Aikakausl. 68: 177—180.
Jørstad, I., 1928 — Nord-Norges skogsykdommer. Tidsskr. f. Skogbruk 36: 365—456.

Jørstad & Juul, J. G., 1938 — Råtesopper på levende nåletraer I. Medd. norske skogforsøksves. 6: 299—496.
Kalliola, R., 1942 — Pyhätunturin kansallispuiston kasvillisuudesta ja kasvistosta. Silva Fennica 59: 1—23.
Kangas, E., 1934 — Tutkimuksia Punkaharjun männiköiden hyönteistuhoista. Metsätiet. tutkimusl. julk. 19.7: 1—59.
—»— 1935 a — Hyönteistuhoja esiintynyt kuusimetsissä Etelä- ja Kaakkois-Suomessa. Metsälehti N:o 46: 1—2.
—»— 1935 b — Zur Kenntnis der Larven der Pissodes-Arten Finnlands. Metsätiet. tutkimusl. julk. 20.3: 1—24.
—»— 1937 — Tutkimuksia mäntytaimistotuhoista ja niiden merkityksestä. Ibid. 24.1: 1—238.
—»— 1938 — Zur Biologie und Verbreitung der Pissodes-Arten (Col., Curculionidae) Finnlands. Suomen Hyönteistiet. Aikakausk. 4: 1—20, 73—98.
—»— 1942 a — Forstentomologische Studien an der Espe. Ibid. 8: 49—71.
—»— 1942 b — Forstentomologische Studien an einigen Laubhölzern. Ibid. 8: 142—163.
—»— 1946 — Kuusikoiden kuivumisesta metsätuho- ja metsänhoidollisena kysymyksenä. Acta Forest. Fennica 52.5: 1—166.
—»— 1948 — Lumituhoalueiden metsistä n. ¼ täydellisesti pilalla. Metsälehti N:o 39: 1,7.
—»— 1950 — Über die Objektwahl des Schadenurhebers bei einigen Walschäden. Suomen Hyönteistiet. Aikakausk. 16: 145—177.
—»— 1952 a — Die Larve von Leptura maculicornis De G. (Col., Cerambycidae), nebst Erörterungen über die Biologie einiger Leptura-Arten. Ibid. 18: 75—80.
—»— 1952 b — Über die Brutstättenwahl von Dendroctonus micans Kug. (Col., Scolytidae) auf Fichten. Ibid. 18: 154—170.
—»— 1952 c — Maannousemasienen (Polyporus annosus Fr.) esiintymisestä, tartunnasta ja tuhoista Suomessa. Metsätiet. tutkimusl. julk. 40.33: 1—32.
—»— 1956 — Lumituhot uhkaavat. Metsälehti N:o 6: 1—2.
—»— 1957 — Über die Larve, Puppe und die Biologie von Pissodes gyllenhali Gyll. (Col., Curculionidae). Zeitschr. f. ang. Ent. 41: 153—158.
Keränen, J., 1955 — Die Temperaturschwankungen in Finnland seit dem Jahre 1830. Meteorol. Abhandl. 2: 25—38.
Kihlman, A. O., 1890 — Pflanzenbiologische Studien aus Russisch Lappland. Acta Soc. pro Fauna et Flora Fenn. 6.3: 1—264.
Krogerus, H., 1945 — Die Veränderungen der Schmetterlingsfauna des Lojo-Gebietes in Südwestfinnland während der letzten Jahrzehnte. Ibid. 65.1: 1—52.
Kujala, V., 1929 — Untersuchungen über Waldtypen in Petsamo und in angrenzenden Teilen von Inari-Lappland. Metsätiet. tutkimusl. julk. 13.9: 1—120.
—»— 1949 — Über die Kleinpilze der Koniferen in Finnland. Ibid. 38.4: 1—121.
—»— 1953. Suopursuruoste raivoaa yhä. Metsälehti N:o 36: 5.
Lagerberg, T., 1919 — Snöbrott och toppröta hos granen. Medd. Stat. Skogsförsöksanst. 16: 115—157.
—»— 1920 — Ytterligare bidrag till kännedomen om topprötorna hos granen. Skogsvårdsför. tidskr. 18: 55—64.
—»— 1923 — Rötornas betydelse för granen och dess avkastning. Ibid. 21: 313—345.
—»— 1935 — Barrträdens vattved. Sv. Skogsvårdsför. tidskr. 33: 177—256.
—»— 1944 — Coniophora fusispora, en rötsvamp i norrländsk tall. Norrl. Skogsvårdsförb. tidskr. 1944: 123—134.

Lakari, O. J., 1920 — Tutkimuksia kuusen ja männyn kasvusuhteista Pohjois-Suomen paksusammaltyypillä. Metsätiet. koel. julk. 2: 1—165.
Lekander, B., 1955 — Skogsinsekternas uppträdande i Sverige under tiden 1946—1950. Medd. Stat. Skogsforskningsinst. 44: 1—41.
Lindberg, H. & Saris, N.-E., 1952 — Insektfaunan i Pisavaara naturpark (Finland, prov. Ob). Acta Soc. pro Fauna et Flora Fenn. 69.2: 1—82.
Lundegårdh, H., 1916 — Physiologische Studien über die Baumarchitektonik. Kgl. Svenska Vetenskapsakad. handlingar 56.3: 1—64.
Mikola, P., 1938 — Kuusen latvus- ja runkomuodosta Maanselän lumituhoalueella. Silva Fennica 47: 1—36.
—»— 1952 — Havumetsien viimeaikaisesta kehityksestä metsänrajaseudulla. Metsäntutkimusl. julk. 40.2: 1—32.
Molisch, H., 1929 — Die Lebensdauer der Pflanze. Jena.
Mook, P. V. & Eno, H. G., 1956 — Relation of heart rots to mortality of Red Spruce in the Green Mountain National Forest. For. Res. Note Ntheast. For. Exp. Sta N:o 59 (Forestry Abstracts 17: 551).
Müller, 1921 — Wipfeldürre als Folge von Fichtenunterwuchs. Forstl. Wochenschr. Silva 1921: 85—86.
Möller, A., 1903 — Die wahre Ursache der angeblich durch elektrische Ausgleichungen hervorgerufenen Gipfeldürre der Fichten. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen 35: 365—368.
Nechleba, 1915 — Der Hallimasch. Forstw. Centralblatt 37: 384—392.
Neger, F. W., 1917 — Beiträge zur Kenntnis des Rotfäulepilzes (Trametes radiciperda Hartig). Naturw. Zeitschr. f. Forst- u. Landw. 15: 52—68.
Nilsson, A. & Nordling, K. G. G., 1895 — Skogsundersökningar i Norrland och Dalarne. Bihang till Domänstyrelsens underdån. berättelse rörande skogsväsendet för år 1894.
Nordin, V. J., 1956 — Heart rots in relation to the management of spruce in Alberta. Forestry Chronicle 32: 79—84.
Nuorteva, M., 1955 a — Fennoskandialle uusi kaarnakuoriaislaji Ips amitinus Eichh. tavattu Suomesta. Suomen Hyönteistiet. Aikakausk. 21: 30—32.
—»— 1955 b — Kirjanpainaja (Ips typographus L.) kuusirajan pohjoispuolella. Ibid. 21: 195—196.
—»— 1956 a — Über den Fichtenstamm-Bastkäfer, Hylurgops palliatus Gyll., und seine Insektenfeinde. Acta Ent. Fenn. 13: 1—116.
—»— 1956 b — Ips amitinus Eichh. kaarnakuoriaisen esiintymisestä Suomessa. Suomen Hyönteistiet. Aikakausk. 22: 168—170.
Palm, T., 1955 — Coleoptera in brandskadad skog vid nedre Dalälven. Ent. Tidskr. 76: 40—45.
—»— 1956 — Zur Kenntnis der Biologie von Acmaeops pratensis Laich. und verwandten Arten (Col., Cerambycidae). Opuscula Ent. 21: 233—245.
Palmén, E., 1946 — Materialien zur Kenntnis der Käferfauna im westlichen Swir-Gebiet (Sowjet-Karelien). Acta Soc. pro Fauna et Flora Fenn. 65.3: 1—198.
Peace, T. R., 1938 — Butt Rot of Conifers in Great Britain. Quart. Journ. of Forestry 32: 81—104.
Petersen, B. Beier, 1952 — Hylesinus micans. Artens udbredelse og en oversigt over dens optraeden i Danmark. Dansk Skovfor. Tidsskr. 37: 299—322.
Pfeffer, A., 1949 — Odumírání smrku v horských ochranných lesích. Lesnická Práce 28: 145—159.
—»— 1955 — Kůrovci — Scolytoidea. Fauna ČSR 6.

Platonoff, S., 1940 — Beobachtungen über windgetriebene Insekten im Petsamofjord an der finnischen Eismeerküste. Notulae Ent. 20: 10—13.
—»— 1942 — Beiträge zur Kenntnis der Käferfauna im südlichen Petsamo (Lps). Ibid. 22: 44—76.
—»— 1943 — Zur Kenntnis der Käferfauna um den See Paanajärvi in Kuusamo, Nordfinnland. Ibid. 23: 76—144.
Plochmann, R., 1956 — Bestockungsaufbau und Baumartenwandel nordischer Urwälder dargestellt an Beispielen aus Nordwestalberta/Kanada. Forstwiss. Forschungen, Beihefte z. Forstw. Centralblatt, Heft 6.
Pohjola, M. V., 1944 — Havaintoja eräistä metsäkuoriaisista. Suomen Hyönteistiet. Aikakausk. 10: 227—229.
Pomerleau, R., 1946 — Relation entre le développement des caries du sapin et le site. Annales de l'ACFAS 12: 79—80. (Forestry Abstracts 11: 112.)
Poppius, B., 1905 — Kola-halföns och Enare Lappmarks Coleoptera. Festschr. f. Palmén, 12: 1—200.
Redmond, D. R., 1952 — Decay in Red Spruce. Bi-m. Progr. Rep. Div. For. Biol. Dep. Agric. Can. 8. (Forestry Abstracts 14: 66.)
Rennerfelt, E., 1946 — Om rotrötan (Polyporus annosus Fr.) i Sverige. Dess utbredning och sätt att uppträda. Medd. Stat. Skogsforskningsinst. 35. 8: 1—85.
Reuss, K., 1884 — Die Harzer Schneebrüche in December 1883. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwes. 16: 409—440.
Rieben, E., 1940 — Un ennemi des forêts de montagne: Usnea barbata. Journ. forest. suisse 91: 62—64.
Robak, H., 1936 — Notes on Norwegian Wood Rots II. The Genus Coniophora D. C. and the »Vaporarius rot» in Conifers. Nytt Mag. f. Naturvidensk. 76: 2—3.
Roll-Hansen, F., 1940 — Undersøkelser over Polyporus annosus Fr., saerlig med henblikk på dens forekomst i Det sønnafjelske Norge. Medd. Norske Skogsforsøksves. 7: 1—100.
Romell, L.-G., 1922 — Hänglavar och tillväxt hos norrländsk gran. Medd. Stat. Skogsförsöksanst. 19: 405—438.
Rummukainen, U., 1955 — Lahon vauhti laantuu nopeasti. Metsälehti N:o 5: 8.
Saalas, U., 1917, 1923 — Die Fichtenkäfer Finnlands I, II. Suomal. tiedeakat. toim., sarja A 8: 1—547 ja 22: 1—746.
—»— 1919 — Kaarnakuoriaisista ja niiden aiheuttamista vahingoista Suomen metsissä. Acta Forest. Fennica 10: 1—376.
—»— 1931 — Über die Verbreitung der Borkenkäfer (Ipidae) in Finnland. Mit besonderer Berücksichtigung ihres Vorkommens in den nördlichen Waldgrenzen. Verh. Deutsch. Ges. ang. Ent. E. V. auf der 8. Mitgl. Versammlung zu Rostock 1930: 65—71.
—»— 1945 — Tetropium aquilonium Plavilstschikov, ein im Staatsgebiet Finnlands bisher unbekannter Bockkäfer (Col. Cerambycidae) in Enontekiö gefunden. Suomen Hyönteistiet. Aikakausk. 11: 147—149.
—»— 1948 — Lahopuussa elävistä kovakuoriaisista ja niiden merkityksestä. Ibid. 14, Suppl.: 189—195.
—»— 1949 — Suomen metsähyönteiset. Suomen tiedettä N:o 5. Porvoo — Helsinki.
—»— 1951 — Einiges über Charakterarten der Käferbestände an Fichten von verschiedener Beschaffenheit. Zeitschr. f. ang. Ent. 33: 12—18.
—»— 1956 — Uusien tuhohyönteisten ilmaantumisesta maahamme. Suomal. Tiedeakat. Esitelmät ja Pöytäkirjat 1956: 139—153.

Sarvas, R., 1956 — Metsänhoidon tekniikka. Metsäkäsikirja I: 498—564.
Schotte, G., 1922 — Om rötans spridningshastighet hos granen efter snöbrott. Skogen 9: 123—127.
Sernander, R., 1922 — Arasjö-fjällen. Skogsvårdsför. tidskr. 20: 237—271.
Siivonen, L. & Kalela, O., 1937 — Über die Veränderungen in der Vogelfauna Finnlands während der letzten Jahrzehnte und die darauf einwirkenden Faktoren. Acta Soc. pro Fauna et Flora Fenn. 60: 606—634.
Singer, J., 1916 — Über Rauhreif- oder Duftbruch im Erzgebirge. Centralblatt ges. Forstwes. 42: 161—177, 247—259.
Sirén, G., 1955 — The development of spruce forest on raw humus sites in northern Finland and its ecology. Acta Forest. Fennica 62.4: 1—363.
Spessivtseff, P., 1922 — Bestämningstabell över svenska barkborrar. Medd. Stat. Skogsförsöksanst. 19: 453—492.
—»— 1928 — Studier över de svenska barkborrarnas biologi särskilt med hänsyn till generationsutvecklingen. Del. I. Hylurgops glabratus Zett., Carphoborus cholodkovskyi Spess., Dryocoetes autographus Ratz. och hectographus Reitt. Ibid. 24: 221—244.
—»— 1930 — Über die Generationsdauer und forstwirtschaftliche Bedeutung der in schwedischen Wäldern verbreiteten Pityophthorus micrographus L., Polygraphus poligraphus L. und Polygraphus subopacus Thoms. Verh. int. Kongr. forstl. Versuchsanst. 1929: 678—682.
Stenius, G., 1936 — Beiträge zur Kenntnis der Coleopterenfauna im Kilpisjärvi-Gebiet. Acta Soc. pro Fauna et Flora Fenn. 58: 1—18.
Teivainen, L., 1952 — Pohjois-Suomen tuoreiden kangasmetsien kasvillisuudesta. Suomal. Eläin- ja Kasvitiet. Seuran Vanamon Kasvitiet. Julk. 25.2: 1—147.
Tikka, P. S., 1934 — Über die Stockfäule der Nadelwälder Nord-Suomis (-Finnlands). Acta Forest. Fennica 40.12: 1—18.
—»— 1935 — Puiden vikanaisuuksista Pohjois-Suomen metsissä. Ibid. 41.1: 1—302.
—»— 1948 — Perä-Pohjolan kuusikoiden laadusta. Ibid. 55.1: 1—59.
Trägårdh, I., 1918 — Tallbocken (Monochamus sutor L.). En viktig teknisk skadegörare bland långhorningar. Medd. Stat. Skogsförsöksanst. 15: 221—232.
—»— 1923 — Mål och medel inom skogsentomologien. Ibid. 20: 209—234.
—»— 1929 — Om tallbockens skadegörelse och bekämpande. Ibid. 25: 171—218.
—»— 1930 — Methods of investigating the Fauna of Dying Trees. Proc. Int. Congr. For. Exp. Stat. 1929: 644—652.
—»— 1939 — Sveriges skogsinsekter. 2. uppl. Stockholm.
Tubeuf, C. von, 1903 — Die Gipfeldürre der Fichten. Naturw. Zeitschr. f. Land- u. Forstw. 1: 1—9.
Valle, K. J., 1946 — Zur Invasion von Libellula depressa L. (Odon., Libellulidae) nach Finnland. Suomen Hyönteistiet. Aikakausk. 12: 45—51.
Wallmo, U., 1904 — Om grantorka. Skogsvårdsför. tidskr. 2: 425—434.
Weber, F., 1919 — Der natürliche Tod der Pflanzen. Naturwiss. Wochenschr. NF 18: 449—457, 465—471.
Yli-Vakkuri, P., 1953 — Piirteitä Kuusamon metsistä ja niiden hoidosta. Metsälehti N:o 35: 6.

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE BEDEUTUNG DER WALDVERHEERUNGEN, INSBESONDERE DER INSEKTENSCHÄDIGUNGEN, IN DEN FICHTENBESTÄNDEN NORDFINNLANDS

Referat

Die vorliegende Untersuchung hat den Zweck, die Ursachen der Vertrocknung der Fichten, vornehmlich die Bedeutung der Insekten für den Vertrocknungsprozess, im Gebiete ungefähr zwischen dem 65. Breitengrad und der nördlichen Waldgrenze der Fichte in Nordfinnland, zu ermitteln, in einem Gebiete, wo die Fichtenbestände zum grossen Teil überjährig sind und sich meistens in einem recht schlechten Zustand befinden.

Das Untersuchungverfahren bestand im wesentlichen in der s. g. Vertrocknungsanalyse (vgl. K a n g a s 1946; J u u t i n e n 1955), und im ganzen wurden 94 Fichten in verschiedenen Phasen der Vertrocknung in den Versuchsgebieten der Forstlichen Forschungsanstalt in Pyhäkoski, Kivalo, Pallasjärvi und Laanila in den Gemeinden Muhos, Rovaniemi, Kittilä und Inari sowie in den Revieren der Forstverwaltung in den Gemeinden Taivalkoski, Pelkosenniemi und Kolari analysiert. Untersuchungen wurden vorgenommen von den höchst gelegenen Wäldern auf Anhöhen und Fjeldern bis zu den Fichtenbeständen im niedrigen Gelände sowohl in Beständen, in denen Hiebe vorgenommen sind, als auch in solchen Beständen, die als im Naturzustand befindlich zu betrachten sind.

In den analysierten Fichten wurden mehrere Insektenarten vorgefunden, und über das Auftreten derjenigen, die als Urheber oder Förderer der Vertrocknung unter Umständen in Betracht kommen, wird auf SS. 14—31 berichtet. Da die Ursache der Vertrocknung sich am besten an Hand solcher Bäume ermitteln lässt, die sich in der Anfangsphase der Vertrocknung befinden und im Material daher nur recht wenige beinahe oder ganz vertrocknete Fichten enthalten sind, wurden einige in Nordfinnland allgemeine, aber ihrem Charakter nach sekundäre Arten wenig oder überhaupt nicht angetroffen.

Am häufigsten kommen im Analysenmaterial die *Pissodes*-Arten, *P. harcyniae* Hbst. und *P. gyllenhali* Gyll., vor, die in 48 analysierten Bäumen vorgefunden wurden (das gegenseitige Häufigkeitsverhältnis der Arten konnte nicht bestimmt werden). Man begegnete ihnen in Fichten verschiedensten Zustandes, angefangen von solchen, die sich im Endstadium der Vertrocknung befanden, bis zu solchen, deren Zustand noch so gut war, dass hier die Larven am Harz eingegangen waren. Am nächsthäufigsten kamen die *Tetropium*-Arten *T. fuscum* F. und *T. castaneum* L. vor, welche beide auch am nördlichsten Untersuchungsort angetroffen wurden. In 32 Bäumen wurde *Callidium coriaceum* Payk. vorgefunden, die den Baum oft in ener verhältnismässig frühen Vertrocknungsphase angereift und eine typisch nordfiniische Art ist.

Den vierten Platz ihrer Häufigkeit nach nahmen *Dendroctonus micans* Kug. und *Polygraphus subopacus* Thoms. ein, welche beide in 25 Bäumen vorgefunden wurden. *Dendroctonus* ist somit in Nordfinnland heute recht allgemein, während sie nach S a a-

las (1923) vor etwa 30—40 Jahren sehr selten war. Sie trat in der Regel ganz am Wurzelende des Baumstammes oder in den Wurzeln selbst auf, meistens deutlich sekundär. Man begegnete ihr recht zahlreich auch in ziemlich dünnen Bäumen; der Brusthöhendurchmesser des kleinsten Baumes betrug nur 4 cm. Genau wie *Callidium coriaceum* ist auch *Polygraphus subopacus* erheblich allgemeiner in Nord- als in Südfinnland, während *P. poligraphus* — die in keinem der analysierten Bäume angetroffen wurde — im Norden selten ist.

Von den allgemeinsten Arten seien ferner *Phthorophloeus spinulosus* Rey, *Molorchus minor* L., *Hylastes* spp., *Pityogenes chalcographus* L., *Ips typographus* L., *Xylechinus pilosus* Ratz. sowie *Pityophthorus micrographus* L. erwähnt. Am bedeutungsvollsten von diesen ist *Ips typographus*, die, wie festgestellt werden konnte, an einigen der südlichsten Untersuchungsplätzen in Fichtenbeständen, wo Hiebe vorgenommen worden waren oder die an solche grenzten, kleinere Baumgruppen vertrocknet hatte.

Unter den ausgesprochen nördlichen Arten sei endlich *Pityogenes saalasi* Egg. hervorgehoben, die bisher in Südfinnland überhaupt nicht angetroffen wurde und auch im Norden verhältnismässig selten ist. Bei der vorliegenden Untersuchung wurde sie nur am nördlichsten Untersuchungsplatz (Laanila), vorgefunden, wo in zwei Bäumen auch Imagines und ausserdem in zwei Bäumen alte Frassbilder angetroffen wurden. Da es wenigstens in gewissen Fällen schwer ist, die Frassbilder der *Pityogenes chalcographus* einerseits und der *P. saalasi* anderseits von einander zu unterscheiden, ist die Bestimmung der letzteren als unsicher zu betrachten. Die Fichten, in denen *P. saalasi* auftrat, wuchsen alle in verhältnismässig lichten Fjeldfichtenbeständen, und das Vorkommen beschränkte sich hier jeweilig auf den Wipfel mit einem Durchmesser unter 5 cm und auf die obersten Zweige.

Auch wenn in den analysierten Bäumen somit recht zahlreiche Insektenarten vorgefunden wurden, waren diese zum grössten Teil solche, die für die Vertrocknungsprozesse praktisch als bedeutungslos anzusehen sind. Als Arten, die den Fortlauf der Vertrocknung aktiv fördern können, kommen daher nur die Folgenden in Frage: *Tetropium* spp., *Callidium coriaceum*, *Pissodes* spp., *Dendroctonus micans*, *Polygraphus subopacus*, *Pityogenes chalcographus* und *Ips typographus* und eventuell auch *Pityogenes saalasi* und *Pityophthorus micrographus*. Eigentliche, die Vertrocknung anregende, d. h. auch in ± gesunden Bäumen vorkommende Faktoren sind auch von den oben Erwähnten lediglich *Ips typographus*, *Dendroctonus micans* (siehe Figur 3) und in geringerem Masse auch *Pityogenes chalcographus*. Nach vorgenommener Schätzung betrugen die von Insekten angereten Vertrocknungsfälle in den untersuchten Beständen unter 10 % von allen beobachteten.

Weit wichtigere Vertrocknungsfaktoren als die Insekten, wie festgestellt werden konnte, waren verschiedene Moderpilze, die aus dem Wurzelwerk und von dem unteren Stammende her den Baum befallen, baumeigene Ursachen und teilweise auch mechanische Verletzungen.

Fäulnis kommt in den nördlichen Fichtenbeständen ausserordentlich häufig vor; so wiesen 76 % der analysierten Bäume entweder in den Wurzeln oder am unteren Stammende Fäulnis auf. Die Bestimmung der Fäulnis erregenden Pilzarten gehört nicht im eigentlichen Sinn in den Rahmen der Untersuchung. Doch konnten in einigen untersuchten Bäumen Baumschwämme festgestellt werden, die zu den Arten *Polyporus abietis* (Karst.) und *P. circinatus* var. *triqueter* Bres. gehörten. Der Honigpilz (*Armillaria mellea* (Vahl) Fr.) trat erheblich seltener als in Südfinnland auf. Ferner wurden einige Versuche zur Bestimmung der nördlichen Grenze des Auftretens des *Polyporus annosus* Fr. unter Anwendung des Verfahrens gemacht, dessen sich Rennerfelt (1946) bedient hat. Im ganzen wurden jedoch nur aus 173 von Fäulnis

befallenen Fichten genommene Bohrspäne untersucht. Der südlichste Bestand, aus dem Proben genommen wurden, lag in der Landgemeinde Rovaniemi (ca. 66°23′ nördl. Breite), der nördlichste in der Gemeinde Inari (ca. 68°23′ nördl. Breite). In keiner der Proben konnte Wurzelschwamm festgestellt werden. Man darf jedoch nicht ungesagt lassen, dass die südlichsten Proben leider einem verhältnismässig hoch gelegenen Bestande entnommen wurden. Aus den entnommenen Proben wurden mehrere andere Pilze kultiviert, von denen *Coniophora* sp. und *Stereum sanguinolentum* (A. & S.) Fr. die wichtigsten waren.

Da viele, auch noch verhältnismässig junge im Vertrocknen begriffene Bäume angetroffen wurden, die am Wurzelende des Stammes eine weit fortgeschrittene Fäulnis aufwiesen, in denen aber sonst keine die Vertrocknung effektiv fördernden Faktoren gefunden werden konnten, wurde daraus die Schlussfolgerung gezogen, dass Fäulnis auch als direkter Urheber der Vertrocknung auftritt. In einigen Fällen war die Vertrocknung sogar sehr weit fortgeschritten, ohne dass irgendwelche anderen Faktoren — z. B. Insekten — überhaupt aufgetreten wären. Meistens aber, nachdem die Fäulnis eine gewiss Phase erreicht hatte, war der Baum von einigen Insekten (zuerst v. a. von *Tetropium* und *Dendroctonus* angegriffen worden, die für ihren Teil den Fortlauf des Vertrocknungsprozesses beschleunigt hatten. Figuren 1 und 2 zeigen ähnliche Fälle.

Zu den baumeigenen (physiologischen) Ursachen, die zur Vertrocknung führen, gehört die Überjährigkeit der Bäume; der direkte Nachweis ihrer Bedeutung ist allerdings schwer, zumal die Überjährigkeit, weil durch individuelle Eigenschaften und Milieufaktoren bedingt, ein sehr relativer Begriff ist. Als durch Überjährigkeit verursacht wird in der vorliegenden Untersuchung die von dem Wipfel nach unten langsam fortlaufende Vertrocknung angesehen, der man in den ältesten Bäumen begegnet (siehe Abb. 2 und 3), in deren Anfangsphase sonstige Faktoren, nach dem, was beobachtet werden konnte, keine praktische Bedeutung gehabt haben, und der eine sogar in Jahrzehnten erfolgende allmähliche Wuchsabnahme und eine Abnahme der Regenerationsfähigkeit (z. B. nach Schneeschäden) vorausgehen. Als Beispiel für die Trägheit der Verkümmerung sei erwähnt, dass in einem untersuchten Baum der durchschnittliche Radialzuwachs in den letzten 80 Jahren 0.3 und in den 35 Jahren vor der Fällung nur 0.15 mm jährlich betragen hatte. Bei Fichten, die vom Wipfel aus vertrocknen, und die in den Fichtenbeständen Nordfinnlands sehr häufig vorkommen, spielen Insekten erst in der Endphase der Vertrocknung eine Rolle (siehe Figur 4).

Über die vorstehend beschriebenen Vertrocknungsfälle hinaus, die der Überjährigkeit zugeschrieben wurden, fand man acht Fichten, in denen man ebenso wenig einen sichtbaren Urheber der Vertrocknung feststellen konnte, die aber ihrem Typ nach sich von den oben besprochenen wesentlich unterschieden. Unter diesen zeigten vier eine deutlich vom Wurzelwerk nach dem Wipfel zu fortschreitende Vertrocknung, während die übrigen vier in eine durchweg gleichmässigen Vertrocknung begriffen waren. Auch diese waren teils schon recht alt, teils aber so jung (ca. 100 Jahre), dass das Eingehen kaum dem Alter zugeschrieben werden konnte. Die Ursache der Vertrocknung blieb also in diesen Fällen unermittelt.

An mechanischen Schäden sind durch Schnee verursachte Brüche (siehe Abb. 4—6) sowie verschiedene Wunden, verursacht durch vom Schnee abgebrochene Baumkronen und stürzende Bäume, die wichtigsten. Die Schneeschäden kommen in Nordfinnland stellenweise häufig vor, wenn auch ihr Umfang stark variiert. In einigen untersuchten Beständen wurden die von Schnee gebrochenen Bäume sogar auf 95 % der Gesamtzahl geschätzt, während dagegen in einigen der nördlichsten untersuchten Fjeldfichtenbestände die Zahl der beschädigten Bäume unter 10 % lag. Eine recht

häufige Folge des durch Schnee verursachten Bruches ist die s. g. Gipfelfäulnis. Die Regenerationsfähigkeit — die Bildung eines neuen Wipfels — ist besonders schwach bei Bäumen, die über 200 Jahre alt sind.

Es wurde festgestellt, dass für den Beginn der Vertrocknung die durch Schnee verursachten Brüche nur in den Fällen von Bedeutung sind, in denen eine schwere Beschädigung die Krone getroffen hat, genauer gesagt, wenigstens die Hälfte der Krone zerstört ist. In solchen Fällen hat jedoch die eigentliche Vertrocknungsphase erst angefangen, nachdem seit dem Bruch eine ziemlich lange Zeit vergangen war, die Gipfelfäulnis weit um sich gegriffen und der Baum bereits ein hohes Alter erreicht hatte oder auch im Wurzelende sich eine starke Fäulnis zeigte (vgl. Figuren 6 und 7). Es wurde ferner festgestellt, dass auch die Wunden für den Beginn der Vertrocknung lediglich einen mittelbaren, vorwiegend geringen Einfluss gehabt hatten (siehe Figuren 8 und 9).

Ausser den oben geschilderten Vertrocknungsfällen wurden recht viele festgestellt, bei denen es sich um eine Kombination mehrerer Vertrocknungstypen handelte (siehe Figuren 10—11), d. h. der Baum konnte unter dem Einfluss mehrerer voneinander unabhängiger Faktoren gleichzeitig z. B. vom Wurzelende und vom Wipfel her vertrocknen.

Im letzten Teil der Untersuchung wird das Auftreten der verschiedenen Vertrocknungsfaktoren und -typen mit den Ergebnissen entsprechender Untersuchungen aus Südfinnland vergleichen, die K a n g a s (1946) veröffentlicht hat. Zwischen den südlichen und nördlichen Teilen des Landes stellt man erhebliche Unterschiede fest, die man zum grössten Teil der Verschiedenheit sowohl der wirtschaftlichen als auch der klimatischen Verhältnisse zuschreibt. Abschliessend werden die Gründe für die Vertrocknung der in schlechtem Zustand befindlichen Fichtenbestände Nordfinnlands als solche beurteilt, dass der Zustand der Fichtenbestände an sich in keiner Weise verbessert werden kann. Auch vom Standpunkt der Waldverheerung wird daher die Abholzung, Abbrennung und künstliche Verjüngung der überjährigen Fichtenbestände empfohlen, wobei es wenigstens in den Gebieten schlechtesten Wuchses angebracht ist, die Fichte durch die Kiefer zu ersetzen.

TUTKIMUKSIA KUUSIOHUTPUUN JA KOIVUPAPERIPUUN KUORIMIS-HÄVIÖSTÄ

PAAVO ARO TAPIO KORPELA
PENTTI NISULA

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN ENTRINDUNGSVERLUST BEI FICHTENDÜNNHOLZ UND BIRKENZELLSTOFFHOLZ

DEUTSCHES REFERAT

HELSINKI 1958

Helsinki 1958. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkulause

Kun viime aikoina on selluloosan raaka-aineeksi ryhdytty käyttämään pyöreätä koivupinotavaraa ja ohutpaperipuuta, ovat näihin puutavaralajeihin kohdistuvat tutkimukset tulleet ajankohtaisiksi. Pienpuualan toimikunta, joka näiden puutavaralajien käyttöä on pyrkinyt edistämään, esitti kevättalvella 1957 Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosastolle toivomuksen, että se ryhtyisi tutkimaan koivupaperipuun ja kuusiohutpuun eri tavoin tapahtuvassa kuorinnassa syntyvän kuorimishäviön suuruutta. Metsäteknologian osaston tehtyä tutkimussuunnitelmat ja kustannusarvion toimikunta myönsi tutkimuksia varten 654 000 mk.

Tutkimuksia suoritettiin Ab. J. W. Enqvist Oy:n Lielahden tehtailla Tampereella ja Rauma-Repola Oy:n selluloosatehtaalla Raumalla sekä Haarlan Selluloosayhtiön kuorintatyömailla Konnevedellä, Kangasniemellä ja Leivonmäellä. Tutkimuksen kohteeksi on joutunut 1-metrisen kuusiohutpuun kuorinta Wilen-kuorimarummulla sekä Jätkä- ja Cambio 21-kuorimakoneilla ja 1-metrisen koivupaperipuun kuorinta käsin ja Veikko I-kuorimakoneella sekä 2-metrisen koivupaperipuun kuorinta käsin.

Kuorimishäviön ohella on jouduttu selvittämään erinäisiä muita tällaisen tutkimuksen yhteydessä esiin tulevia seikkoja, kuten kuoren paksuutta, pölkkyjen kokoa sekä pinojen pinotiheyttä yms.

Tutkimuksien hyväksi saadusta taloudellisesta tuesta lankeaa hyvin ansaittu kiitos paitsi Pienpuualan toimikunnalle myöskin edellä mainituille metsäteollisuusyhtiöille, jotka myötämielisellä suhtautumisellaan ja antamalla työapua aineiston keräyksessä ovat edistäneet tutkimuksen nopeaa valmistumista.

Jokaisesta tutkimuksesta erikseen jätettiin kirjalliset tutkimusselostukset tutkimuksien valmistuttua syksyllä 1957 Pienpuualan toimikunnalle, joka on ne monistettuna esittänyt julkaisujensa numeroissa 28, 29, 30 ja 31. Käsillä olevassa julkaisussa tutkimusselostukset on yhdistetty siten, että tutkimuksille yhteiset tutkimusmenetelmät ja niiden osatutkimukset on käsitelty yhtenäisesti ja tutkimustulokset erillisinä lukuina.

Helsingissä maaliskuun 19 päivänä 1958.

Paavo Aro *Tapio Korpela* *Pentti Nisula*

Sisällys

	Sivu
Johdanto	7
Tutkimusajat ja -paikat sekä tutkimusaineisto	10
Tutkimusmenetelmät	14
Kuorimittaukset	14
Pinomitan määrittäminen	14
Kiintomitan määrittäminen	15
Pinotiheyden määrittäminen	15
Tutkimustulokset	17
Kuusiohutpuun kuorinta	17
Jätkä-kuorimakone	17
Cambio 21-kuorimakone	20
Wilen-kuorimarumpu	20
Koivupaperipuun kuorinta	22
Käsinkuorinta ja Veikko I-kuorimakone	22
Yhdistelmä tutkimusaineistosta ja -tuloksista	24
Kirjallisuutta	26
Referat	27

Johdanto

Puun kuorimishäviöllä tarkoitetaan yleensä sitä osaa kuorellisen puun kuutiomäärästä, joka kuorittaessa menee hukkaan. Kuorimishäviön suuruus riippuu siis kokonaan siitä, kuinka paljon pölkyn pinnasta kulloinkin poistetaan. Käytännössä on yleensä hyvin vaikeata kuoria pölkkyä siten, että siitä poistettaisiin vain kuori. Useimmiten pyrkii nimittäin kuoren mukaan tulemaan jonkin verran itse puuta, toisinaan taas kuorta voi jäädä jonkin verran puun pintaan. Eräissä kuorimisasteissa, kuten puolipuhtaaksi kuorittaessa, kuorimisaste itsessään edellyttääkin, että puun pintaan jätetään joku määrä kuorta. Tällöin kuorimislastu saattaa kuitenkin kuoren ohella sisältää puutakin. Yleensä kaikissa kuorimisasteissa puun pinta pyritään enemmän tai vähemmän paljastamaan. Näin ollen on selvää, että paksukuorisessa puussa kuorimishäviö on suurempi kuin samansuuruisessa ohuempikuorisessa puussa. Tämän takia kaikissa kuorimishäviötä koskevissa tutkimuksissa joudutaan kiinnittämään huomiota puun kuoren paksuuteen. Tämän takia luodaankin seuraavassa lyhyt katsaus tutkimuksiin, jotka selvittelevät kuusen ja koivun kuoren paksuutta.

A r o (1929 s. 27) mainitsee, että käyttöpuuosuuden kuorisadannes vastaa jotakuinkin tarkoin koko puun kuorisadannesta. Jos tämän mukaan koko metsikkö hakattaisiin olisi saatavien tavaralajien kuorisadannes saman suuruinen kuin koko metsikön kuorisadannes. Kun tämän tutkimuksen yhteydessä on ollut tarkastelun kohteena kuusiohutpuu ja koivuselluloosapuu, on varsin mielenkiintoista tarkastella, mitä suuruusluokkaa on tutkimusalueella kasvavien kuusien ja koivujen kuorisadannes. Oheiseen asetelmaan on kerätty eräitä lukuja kuusen ja koivun kuorisadanneksen suuruudesta II valtakunnan metsien arvioinnin mukaan (I l v e s s a l o 1942, taulukko 40). Asetelmasta nähdään, että kuusen kuorisadannes Länsi-Suomessa on ollut n. 15 ja koivun vastaava sadannes Keski-Suomessa n. 16.

Vesistöalue *Gewässergebiet*	Kuorisadannes kuorellisesta kuutiomäärästä *Rindenprozentsatz von der Kubikmasse mit Rinde* Kasvullinen metsämaa *Produktiver Waldboden*	Huonokasvuinen metsämaa *Schlechtwüchsiger Waldboden*	Keskimäärin koko metsämaa *Der gesamte Waldboden im Durchschnitt*
	Kuusi — *Fichte*		
1. Lounaisen rannikon — *Südwestküste*	15.3	19.0	15.5
4. Kokemäenjoen läntinen — *Kokemäenjoki-West*	14.8	20.2	14.9
5. Kokemäenjoen itäinen — *Kokemäenjoki-Ost*	14.5	19.3	14.6
	Koivu — *Birke*		
6. Päijänteen-Kymijoen — *Päijänne-Kymijoki*	16.1	21.9	16.2
7. Päijänteen pohjoinen — *Päijänne-Nord*	15.8	22.2	15.9

Ilvessalon (1927, taulukko 4 a) ja Aron (1935, taulukko 35) tutkimuksien mukaan puiden kuorisadanneksen suuruus nousee nopeasti pienempiin läpimittoihin päin. Aron koivulle saamat lukuarvot näyttävät tosin olevan kaiken kokoisissa puissa saman suuruisia. Wretlindin mukaan (1917 s. 46) kuusen kuori näyttää olevan 20—30 %:n kohdalla puun pituudesta laskettuna pienimmillään, minkä jälkeen se taas alkaa suureta ja saattaa olla latvassa jopa suurempikin kuin tyvessä. Kuusen kuoren paksuussadannekset rungon eri korkeuksilla eroavat kuitenkin niin vähän rinnankorkeuden paksuussadanneksista, että viimeksi mainittuja hyvällä syyllä voidaan käyttää rungon eri osien kuoren paksuussadanneksina. Aro (1929) olettaakin tämän perusteella, että kuusipaperipuiden latvoista tehtyjen pölkkyjen kuorisadannes saattaa olla suurempi kuin alempaa rungoista katkaistujen pölkkyjen. Vastaavanlaisia tietoja koivun kuoren paksuuden vaihteluista rungon eri korkeuksilla ei ole ollut käytettävissä.

Aron tutkimuksien (1935, taulukon 33 ja 34) mukaan kuusen kuoren kaksinkertainen paksuus on kuuden metrin korkeudella jonkin verran suurempi kuin rinnankorkeudella, mutta koivulla sen sijaan kuoren paksuus rinnankorkeudella on suurempi kuin kuuden metrin korkeudella.

Kuusipaperipuun kuoren osuutta on meillä tutkinut Aro (1935). Tulosten mukaan kuorisadannes näyttää hitaasti laskevan pölkkyjen läpimitan kasvaessa. Keskimääräiseksi kuusipaperipuun kuorisadannekseksi on Aro (1929 s. 18) tutkimuksissaan saanut 14.1, joka vastaa suunnilleen rinnankorkeudelta 15 cm paksun kuusen keskimääräistä kuoriprosenttia Ilvessalon (1927) tutkimuksissa.

Aikaisemmin meillä tehdyistä kuorimishäviötutkimuksista on mainittava Aron tutkimus vuodelta 1929 sekä Saaren, Keltikankaan

ja Wuotin tutkimus vuodelta 1939. Näiden perusteella on saatu Etelä-Suomessa kuusi- ja mäntypaperipuulle seuraavan suuruiset kuorimishäviöt:

	Kuorimishäviö *Entrindungsverlust*
kuorellisesta puolipuhtaaksi — *halbgeschält*	10 %
kuorellisesta nilapuhtaaksi — *lohgeschält*	14 »
kuorellisesta täyspuhtaaksi — *weissgeschält*	18 »

Saaren, Keltikankaan ja Wuotin (1939) mukaan saattavat yllämainitut sadannekset olla pienempiä tai suurempia sen mukaan onko kuorittavana ollut ohutkuorista vai tavallista paksumpikuorista puuta. Kuorimishäviösadannes näyttää yleensä nousevan paperipuun läpimitan pienentyessä. Kuorimishäviön ja pölkyn läpimitan välinen riippuvuus näyttää olevan siis samansuuntainen kuin kuorisadanneksen ja pölkyn läpimitan välinen riippuvuuskin.

Kuorimishäviösadannekset ovat kelvollisia laskettaessa kuorimishäviön suuruutta joko pinomittaa tai kiintomittaa lähtökohtana pitäen, sillä kuten Aro mainitsee ei hänen tutkimuksissaan ole voitu saada tukea sille käsitykselle, että kuoripäälliset puut menisivät huonoimmin pinoon kuin kuoritut. Tämä merkitsee, että pinotiheys pysyy muuttumattomana, vaikka pölkyt kuorittaisiinkin (Aro 1931 s. 19). Tähän seikkaan on kuitenkin kuorimishäviötutkimuksissa aina kiinnitettävä huomiota.

Pinotiheyttä tarkastellessaan on Jalava (1929 s. 5 ja 11) tullut teoreettisesti siihen tulokseen, ettei pölkkyjen suuruus oleellisesti vaikuta pinotiheyteen. Koska käytännön mittauksissa on tultu kuitenkin päinvastaisiin tuloksiin, on Jalava tehnyt sen johtopäätöksen, että pölkkyjen pienuus ei sinänsä vaikuta mitään pinotiheyteen, mutta kylläkin eräät muut seikat, jotka seuraavat pieniä pölkkyjä suhteellisesti suuremmassa määrin kuin suuria. Tällaisia seikkoja on esim. ennen kaikkea puiden vääryys ja oksaisuus. Myös ladonta vaikuttaa suuresti pinotiheyteen, mutta sen laatua on vaikea määritellä. Seuraavat Saaren, Keltikankaan ja Wuotin (1939) esittämät pinotiheysluvut antavat mainittujen seikkojen vaikutuksesta 1 ja 2 m kuusipaperipuitten pinotiheyteen kokolailla selvän kuvan.

	1 m	2 m
Suora, pienioksainen, hyvin karsittu, hyvinladottu — *Gerade, dünnästig, wohl entästet, wohl geschichtet*	0.785	0.755
Tavallinen kuusipaperipuu — *Normales Fichtenpapierholz*	0.765	0.730
Kuusipaperipuu joukossa jonkin verran mutkaista, oksikasta tai huonosti karsittua — *Fichtenpapierholz etwas krumm, ästig oder schlecht entästet*	0.750	0.710

Tutkiessaan 1 m kuusipaperipuun pinotiheyttä sai Aro (1931, s. 43 ja 52) pinotiheydeksi 0.76 tiheyshavaintojen vaihdellessa pinoittain 0.72—0.84. Samassa tutkimuksessa sai Aro 2 m pitkien rullapuiden pinotiheydeksi 0.65 ja tiheyden vaihteluväliksi 0.597—0.726. Kuusipaperipuiden keskipaksuus oli 15.5 cm ja rullapuiden 16.5 cm. Ruotsalaisessa tutkimuksessa (Vid virkesmätning . . . 1923 ss. 90—92) saatiin ohuelle n. 7 cm paksuiselle ja 1 m pituiselle halkaisemattomalle polttopuulle seuraavat pinotiheydet:

Suora havuhalko — *Gerades Nadelbrennholz*	0.71
Suoranlainen havuhalko — *Ziemlich gerades Nadelbrennholz*	0.68
Mutkainen havuhalko — *Krummes Nadelbrennholz*	0.63
Suora lehtipuuhalko — *Gerades Laubbrennholz*	0.63
Suoranlainen lehtipuuhalko — *Ziemlich gerades Laubbrennholz*	0.56
Mutkainen lehtipuuhalko — *Krummes Laubbrennholz*	0.52

Tutkimusajat ja -paikat sekä tutkimusaineisto

Kenttätyöt päästiin alkamaan vasta huhtikuun loppupuolella. Tämä oli jonkin verran liian myöhäinen ajankohta, sillä rumpukuorinnan mittaukset ja osa selluloosapuun mittauksista siirtyi kesäkuun puolelle. Tämän takia rummussa kuorittava ohutpuu ehti kuivua jo melkoisesti. Samoin koivuselluloosapuun kuorinta oli tutkimusta aloitettaessa jo niin pitkässä mitassa, että aineisto jäi jonkin verran suunniteltua suppeammaksi sekä samalla työmaat tulivat hyvin hajalleen, ja viimeisten näytteiden kuorinnan pitkittyessä joutuivat muutamat erät olemaan useitakin päiviä kuorittuina kuivassa alkukesän säässä. Tämän kuivumisen aiheuttama puiden kutistuminen on mahdollisesti osaltaan hieman suurentanut kuorimishäviötä.

Kuusiohutpuun kuorintaa tutkittiin kahden metsäteollisuusyhtiön varastoilla. Jätkä-kuorimakoneella kuorittavan 1 metrin pituisen kuusiohutpuun kuorinta suoritettiin 24. 4.—20. 5. 1957 Ab. J. W. Enqvist Oy:n Lielahden tehtailla. Mainittu yhtiö suorittaa siellä ohutpuun kuorintaa täysipuhtaaksi Jätkä-veitsikuorimakoneilla, joita on asennettu toistakymmentä kappaletta metrin korkuiselle kuorintasillalle. Koneiden tekemä kuorilastu putoaa sillan alla olevalle kuljettimelle, joka siirtää lastun tehtaan lämpökeskukseen poltettavaksi. Puiden kuorimista suoritetaan jatkuvasti kolmivuorotyönä. Kuorittava tavara tuodaan rautatievaunussa kuorintasillan vasemmalle puolelle. Vaunun ja kuorintasillan lattiat on sijoitettu samaan tasoon. Kuorintasillan oikealla puolella on kunkin kuorijan kohdalla kapearaide-

vaunu, jossa on rautakehikko kuorittujen puiden pinoamista varten. Nämä kehikot ovat puoli metriä kuorintasillan tasoa alempana. Kuorinnan jälkeen kehikoissa olevat puut mitataan työpalkan määräämistä varten. Normaalioloissa tehtaalla kuoritaan varsinaisen ohutpuun lisäksi järeämpääkin puuta mikäli se on niin kuivunutta, että kuori on jo ehtinyt tarttua lujasti kiinni puun pintaan. Lisäksi kuoritaan varsin runsaasti halkotavaraa, jonka kuorimista on vaikea suorittaa muun tyyppisellä koneella.

Jätkä-kuorimakoneella kuorittiin kuusiohutpuuta 30 erää, joiden koko oli noin 4 p-m^3:iä. Tutkittavat näytteet otettiin valitsematta saapuvista ohutpuulähetyksistä, jotka tulivat tehtaalle osittain rautateitse ja osittain autoilla. Tutkittava puu ladottiin vaunuissa oleviin rautakehikkoihin. Latomisen suorittivat kulloinkin asianomaisen auton apumiehet tai rautatiekuljetusten ollessa kysymyksessä kuorimistyöstä tähän tehtävään määrätyt tehtaan työmiehet. Ladonnan yhteydessä erotettiin tutkittavasta tavarasta kaikki halkaistut pölkyt sekä lisäksi sellaiset pölkyt, jotka silmin nähtävästi olivat latvastaan 8 cm paksumpia. Aineiston pölkkyjen keskeltä mitatuksi keskimääräiseksi läpimitaksi saatiin 7.9 cm, joka kuorittaessa pieneni 6.8 cm:iin. Kuorellisia pölkkyjä sisältyi 145 kpl p-m^3:iin.

Cambio 21-kuorimakoneella kuusiohutpuun kuorinta suoritettiin 26. 6.—29. 6. 1957 Ab. J. W. Enqvist Oy:n tehtailla kuten Jätkä-kuorimakoneellakin. Täällä Cambio 21:tä ei käytetä normaalisti ohutpuiden kuorintaan vaan rummusta tulleitten, huonosti kuoriintuneiden paperipuiden jälkikuorintaan.

Cambio 21:llä yritettiin aluksi kuoria samanlaista kuivuudeltaan vaihtelevan laatuista puuta kuin Jätkälläkin. Kokeen tarkoituksenahan oli vain saada eräitä viitteitä siitä, millä tavoin Cambio 21 kuorii 1 metristä kuusiohutpuuta. Useista yrityksistä huolimatta kaikki nämä kokeet epäonnistuivat, sillä Cambio ei pystynyt tavallisella teräpaineella kuorimaan tyydyttävästi kuivahtamaan päässyttä ohutpuuta. Kun teräpainetta lisättiin lohkoivat terät puusta paksujakin palasia. Myöhemmin saatiin verrattain tuoretta puuta, jonka kuorinta onnistui tyydyttävästi. Tätä järeähköä ohutpuuta, läpimitta keskeltä kuoren päältä keskimäärin 9.4 cm, kuorittiin 17.21 p-m^3:iä viidessä erässä.

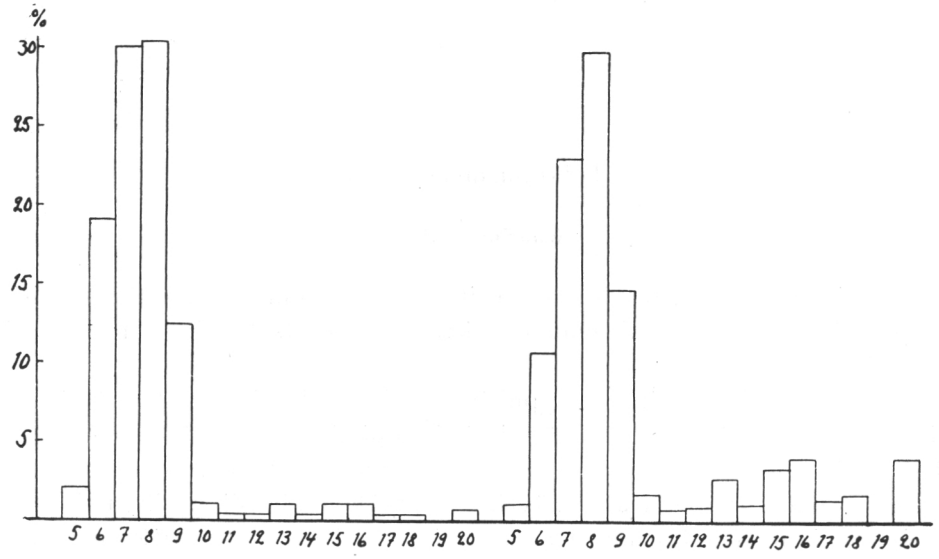
Ohutpuun rumpukuorinta suoritettiin Rauma-Repola Oy:n selluloosatehtaalla Wilen-rummussa. Kuorinta suoritettiin tätä varten tyhjennetyssä rummussa kukin erä erikseen, jotta ei päässyt tapahtumaan sekaantumista eri näytteiden tai niihin kuulumattomien puiden välillä. Kuorinnan jälkeen puut siirrettiin noin 2 m korkeisiin pinoihin tehtaan puukentälle uudelleen mitattavaksi.

Rumpukuorintaa koskeva tutkimus suoritettiin 3. 6.—19. 6. 1957 välisenä aikana. Kuorellisen ohutpuun mittaukset suoritettiin maanteiden varsilla autokuljetusvarastoissa Rauman maalaiskunnassa ja Eurajoella.

Yhtiön metsäosasto oli valinnut mitattavat näyte-erät, jotka vastasivat metsäosaston ilmoituksen mukaan tehtaan käyttämän kuusiohutpuun keskimääräistä laatua. Koko aineisto sisälsi kolme rummullista eli yhteensä 411.46 p-m³ kuorellista puuta. Aineiston pienuuteen on syynä se, että rummun tyhjentäminen on hyvin suuritöinen ja sen takia kallis tehtävä samoin kuin se, että tutkimuksen suoritus esti kuorimon normaalin käynnin. Kun taas toisaalta ei ollut mahdollisuutta ottaa useampia vajaita rumpuja, koska tällöin puut eivät olisi kuoriutuneet rummussa, päädyttiin kolmen näyte-erän ottoon. Näyteaineisto on, kuten jo mainittiin keskinkertaista laatua olevaa ohutpuuta. Erittäin hyvä- tai huonolaatuisia eriä ei esiinny ollenkaan, joten kuhunkin näytteeseen sisältyy likimain saman laatuista puuta. Näin saatiin tulokset jonkin verran varmemmaksi tällaisen puun kohdalta, koska on käytettävissä edes kolmen rummun keskiarvot. Erät sisälsivät kuorisadanneksen määrittämistä varten otettujen koepölkkyjen perusteella kuusen ohella 11 % mäntyä. Sitä ei kuitenkaan erotettu pois, koska männyllä ei liene sanottavaa vaikutusta tutkimustuloksiin, sillä esimerkiksi A r o (1929 s. 24) on saanut kuusi- ja mäntypaperipuille käytännöllisesti katsoen saman kuorisadanneksen ja puolipuhtaaksi kuorittaessa saman kuorimishukan. Puu oli suureksi osaksi varsinaista runkopuuta ja vain vähäisessä määrässä tukkien latvoista saatua tavaraa. Tutkittava puu oli hakattu talvella 1956—1957 ja ajettu rekikelin aikana, joten pinot olivat ehtineet painua jo vähintään kahden kuukauden ajan. Pölkkyjen keskimääräiseksi läpimitaksi saatiin edellä mainituista koepölkyistä keskeltä kuoren päältä 8.7 cm. Näin suuri läpimitta aiheutuu siitä, että aineistoon sisältyy edellä mainittujen koepuiden perusteella 6 % yli 9 cm vahvuisia pölkkyjä, joiden osuus kuutiomäärästä on 21 %. Koepölkkyjen jakaantuminen läpimittaluokkiin ilmenee piirroksesta 1.

Koivupaperipuuta tutkittiin Haarlan Selluloosayhtiön kuorintatyömailla. Käsin kuorittavat näyte-erät mitattiin 25. 4.—29. 5. ja 25. 6.—26. 6. 1957 Konnevedellä ja Kangasniemellä sekä Veikko I-kuorimakoneella kuorittavat näyte-erät 2. 5.—3. 5. ja 17. 5.—18. 5. 1957 Leivonmäellä olevissa tienvarsivarastoissa. Näytteet valittiin yhtiön metsäosaston osoittamilta varastoilta. Niiltä otettiin tutkittavaksi pinoja millään tavoin valikoimatta. Kuitenkaan ei yli 10 m pituisia pinoja otettu mukaan, eikä myöskään sijainniltaan sellaisia pinoja, joissa ei voitu maastoesteiden tai toisten pinojen läheisyyden takia suorittaa kunnolla tutkimukseen liittyviä mittauksia. Käsin kuorittavat puut mitattiin sellaisenaan pinoissa, joihin ne oli talven aikana ajettu. Veikko I:llä kuoritut puut jouduttiin pinoamaan ennen kuorintaa uudelleen, sillä kummallakin varastolla, joilla tutkimuksia suoritettiin ei varaston ahtauden ja pinojen välissä olevan lumen takia ollut mahdollista suorittaa pinojen mittausta riittävän tarkasti ilman uudelleen pinoamista. Näyteaineistoon sisältyy hyvin vähän tyvipölkkyjä, sillä ne oli

Piirros 1.



D $^1/_2$ cm kuoretta. — *D $^1/_2$ cm ohne Rinde.*
Kappaleluvun mukaan — *Nach der Stückzahl* Kuutiomäärän mukaan — *Nach dem Kubikinhalt*

Piirros 1. Rummussa kuorittavien ohutpuupölkkyjen jakaantuminen eri läpimittaluokkiin.
Figur 1. Verteilung der in der Trommel entrindeten Dünnholzblöcke in die Durchmesserklassen.

suurelta osalta erotettu jo hakkuun yhteydessä kuorittavasta tavarasta polttopuuksi. Samoin oli tehty mutkaisille ja huonolaatuisille puille sekä runsasoksaisille latvapölkyille. Käsinkuorittavista puista näytti 2 m pituinen puu olleen laadullisesti parempaa kuin 1 m pituinen puu. Tämä aiheutunee siitä, että huomattava osa 1 metrisestä puusta oli hakattu heikkolaatuisilta kasvupaikoilta. Pinoista otettujen näytepölkkyjen perusteella saatiin pölkkyjen läpimitaksi keskeltä kuoren päältä 1 metriselle käsin kuorittavalle puulle 14.8 cm, 2 metriselle 14.9 cm ja Veikko I:llä kuorittavalle 13.6 cm.

Koivupaperipuun kuorinta suoritettiin puolipuhtaaksi ja ehdottomana vaatimuksena oli, että tuohta ei saanut jäädä pölkkyihin ollenkaan, joten suuri osa kaarnastakin tuli poistetuksi. Kuorijoiden työhön ei puututtu millään tavalla, vaan he saivat suorittaa työnsä kokonaan normaalilla tavalla työnantajaltaan saamiensa ohjeiden mukaan. Tästä näytti olevan seurauksena, että jotkut kuorijat pyrkivät »kasvattamaan» pinoa kuorimispalkan takia keskimääräistä enemmän, jolloin pinotiheys ja pinomitasta laskettu kuorimishäviö tulivat eräillä näytteillä melko pieniksi. Käsinkuorinta suoritettiin vuoluraudalla käyttäen kirvestä apuna. Aineistojen suuruudet nähdään tutkimuksen lopussa olevasta yhdistelmätaulukosta.

Tutkimusmenetelmät

Kuorimittaukset

Kuorimäärän selvittämiseksi suoritettiin kustakin näytteestä otetuista koepölkyistä kuoren paksuuden mittauksia ruotsalaisella Mora-kuorimittarilla.

Jätkä-koneella kuorittavista puista otettiin aluksi jokaisesta näytteestä pinon päältä 30 pölkkyä. Niistä mitattiin läpimitta keskeltä kuoren päältä ristiin sekä kuoren paksuus vastakkaisilta puolilta. Mittaukset suoritettiin tasaavaa millimetriluokitusta käyttäen. Myöhemmin siirryttiin kuitenkin yksinkertaisempaan tapaan ottamalla pinosta sieltä täältä sattumanvaraisesti koepölkkyjä 60—100 kappaletta näytettä kohden ja mittaamalla niistä kuoren paksuus eteen sattuvalta puolelta pölkyn keskeltä. Näytteen kiintokuutiomäärän ja pölkkyjen kappaleluvun perusteella laskettiin näytteen keskipölkky. Näytteen kuorisadannes laskettiin kuoren keskimääräisen paksuuden ja keskipölkyn avulla. Koska kuoren paksuus näytti riippuvan huomattavasti kuoren kuivuusasteesta, jaettiin mitattavat erät silmävaraisesti kahteen osaan, kuiviin ja tuoreisiin, koska tutkittava aineisto sisälsi puuta aina ylivuotisesta kaatotuoreeseen saakka.

Cambio 21:llä kuorittavista puista määritettiin kuorisadannes, kuten Jätkälläkin kuorittavista puista, kuoren keskimääräisen paksuuden ja keskipölkyn avulla.

Rummussa kuorittavasta ohutpuusta ja koivupaperipuusta määritettiin kuorisadannes samalla tavalla kuin tehtiin aluksi Jätkällä kuorittavista puista. Edellisistä otettiin kuitenkin näytteestä 100 koepölkkyä ja jälkimmäisistä keskimäärin 10 koepölkkyä.

Pinomitan määrittäminen

Pinokuutiosisältö määritettiin näytteistä sekä ennen kuorintaa että uudelleen kuorinnan jälkeen. Pinomitta mitattiin puutavaran mittaussäännön mukaisesti paitsi, että pinojen korkeus mitattiin tiheämmin välein ja että kaikki mittaukset suoritettiin senttimetrin tarkkuudella.

Jätkällä ja Cambio 21:llä kuorittavan puun pinomitta mitattiin kapearaidevaunuissa olevissa noin 2.5 m pitkissä rautakehikoissa. Muiden puiden

mittaus suoritettiin tukevilla pää- ja aluspuilla varustetuissa maapinoissa. Rummussa kuorittuja puita lukuun ottamatta suorittivat kuorijat puiden pinoamisen kuorinnan jälkeen suoritettavaa mittausta varten.

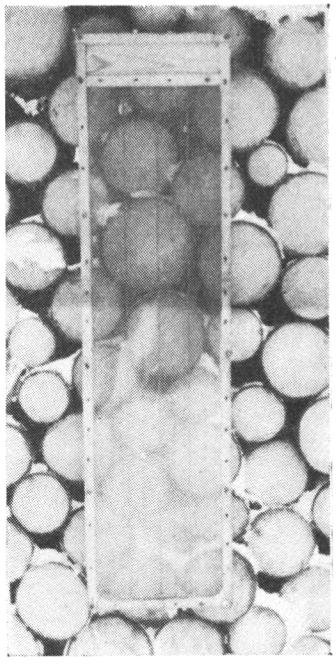
Kiintomitan määrittäminen

Kiintomitta laskettiin yleensä pinokuutiomääristä pinotiheyslukujen avulla. Cambio 21:llä kuorittava puu mitattiin kokonaan ksylometrillä. Kustakin Jätkällä kuoritusta näytteestä mitattiin ksylometrillä 200 pölkyn kiintokuutio, josta laskettua pölkyn keskikuutiota pidettiin näytteen keskipölkyn kuutiona. Koska Jätkällä kuorittujen pölkkyjen muoto on hyvin epäsäännöllinen läpimitankin vaihdellessa melkoisesti eri kohdilla pölkkyä, pidettiin ksylometrimittauksen antamaa 3 %:ia suurempaa kiintokuutiota oikeampana kuin pinotiheysmittarin antamaa, ja on sitä sen tähden käytetty kaikissa tutkimuksen laskelmissa.

Pinotiheyden määrittäminen

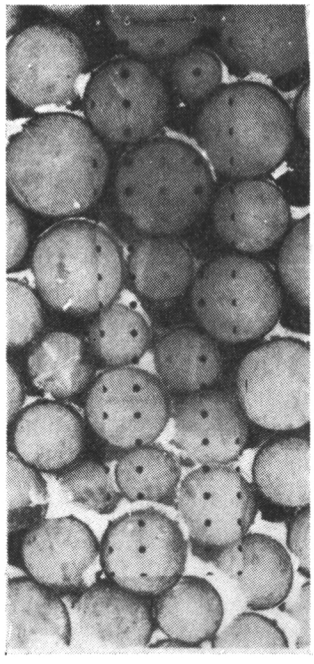
Pinotiheys määritettiin samoin kuin pinomittakin ennen kuorintaa ja kuorinnan jälkeen. Ohutpuun pinotiheyden mittauksessa Cambio 21:llä kuorittavia eriä lukuun ottamatta käytettiin Keltikangas—Ahosen ja koivuselluloosapuun mittauksiin metsäteknikko Heinosen pinotiheysmittaria. Kummankin mittarin käyttö perustuu siihen, että pinojen kylkeen sijoitetaan pisteverkosto ja luetaan montako pisteistä sattuu pölkkyjen päihin ja edellytetään pinotiheys samaksi kuin on pölkkyjen päihin sattuneiden osuus koko pistemäärästä.

Seuraavassa selostetaan tarkemmin näitä mittareita, koska niiden rakenne lienee useille lukijoista tuntematon Kuvassa 1 nähdään Keltikangas—Ahosen pinotiheysmittari. Siinä on puukehykset, joiden väliin on jännitetty toisistaan 2 cm etäisyydellä olevat selluloidilevyt. Niissä kummassakin on samalla kohdalla 492 tähtäysreikää, joiden läpi katsottaessa muodostuu yhdensuuntaisia tähtäysviivoja. Mittaria käytettäessä lasketaan montako täh-



Kuva 1. Keltikangas—Ahosen pinotiheysmittari.

Abb. 1. Festgehaltmesser von Keltikangas—Ahonen.



Kuva 2. Metsäteknikko Heinosen pinotiheysmittari.

Abb. 2. Festgehaltmesser von Forsttechniker Heinonen.

täyksistä sattuu pölkkyjen päihin. Kuvassa 2 nähdään metsäteknikko Heinosen pinotiheysmittari. Sen muodostaa kolmeen osaan taitettava selluloidilevy, johon on maalattu 100 noin 1.5 cm läpimittaista täplää. Pinotiheyden määrittäminen tapahtuu tällä mittarilla siten, että havaintojen tekijä asettuu 4—5 m etäisyydelle pinon kylkeen riippumaan asetetusta mittarista ja laskee kuinka monta täplien kautta kulkevaa tähtäysviivaa sattuu pölkkyjen poikkileikkauspintoihin.

Jätkällä kuorittavista puista mitattiin pinotiheys asettamalla mittari ensin suunnilleen pinon toisen pituuspuoliskon keskelle ja sen jälkeen pinon toisen pituuspuoliskon keskelle, mutta vastakkaiselle puolelle pinoa. Näin tuli näytteen pinotiheys määrätyksi yhdestä kohtaa pinon kummaltakin puolelta. Rummussa kuorittavista puista mitattiin pinotiheys 5 m välein kummaltakin puolelta pinoa. Koivupaperipuun näytepinoista suoritettiin lukeminen kolmesta kohdasta kummaltakin puolelta pinoa eli kuusi lukemaa koko näytteestä.

Tutkimustulokset

Kuusiohutpuun kuorinta

Jätkä-kuorimakone

Pinotiheydeksi kuorelliselle puulle saatiin Keltikangas—Ahosen selluloidilevymittarilla 0.703. Tämä pinotiheysluku näyttää olevan hieman teko- tai ajopinojen pinotiheyslukuja pienempi, koska automiehet latoivat näyte-erät useimmiten suoraan autoista rautatievaunuissa oleviin 2.5 m pitkiin ja 1.6 m korkeisiin rautakehikkoihin. Kun nämä miehet suorittivat ajon urakkapalkalla, oli heidän pyrkimyksenään luonnollisesti saada puut mahdollisimman nopeasti pois autosta, eivätkä he välittäneet siitä, kuinka hyvin puut tulivat ladotuiksi kehikkoihin. Tätä epäkohtaa yritettiin tutkimuksen aikana lieventää siten, että tehtaan puolesta asetettiin mies auttamaan pinoamisessa ja valvomaan työn suorittamista. Kuitenkaan ei ollut mahdollisuutta pitää samaa miestä tässä tehtävässä, sillä ladottavia puita tuli tehtaalle melkein minä vuorokauden aikana tahansa. Silloinkin, kun ladottavat puut saatiin rautatiekuljetuksesta ja tehtaan omat miehet suorittivat latomisen, on syytä saman tapaiseen epäilykseen, koska tehtaan miehet oli vain tilapäisesti sijoitettu pinoamistyöhön. Tutkimuksen aikana hylättiinkin neljä kehikollista puita epätyydyttävän ladonnan takia.

Kuorittuja puita sisältävien pinojen pinotiheydeksi saatiin ksylometrimittausten perusteella 0.769. Kun kuorellisia puita sisältävien pinojen pinotiheys oli 0.703, ovat Jätkällä kuoritut ohutpuut pinossa paljon tiheämmässä kuin kuorimattomat. Tätä voidaankin pitää luonnollisena seurauksena kuorimisen vaikutuksesta pölkyn muotoon. Kuorittaessahan häviävät kaikki oksan tyngät sekä oksapaisumat ja vielä lisäksi huomattava määrä pölkyn pinnan muistakin epätasaisuuksista. Jätkä-kuorimakoneella näyttää kuorimishäviö kuitenkin yleensä olevan suurin pölkyn kummassakin päässä ja keskellä. Tämä vaikuttaa luonnollisesti pinotiheyttä pienentävästi. Tästä huolimatta pinotiheyden lukuarvo kasvoi kuorittaessa melkein seitsemällä sadanneksella. Tässä tapauksessa on luonnollisesti olemassa sellainen mahdollisuus, että ladonta kuorituissa pinoissa olisi ollut parempi kuin kuorellisissa pinoissa. Tähän epäilykseen ei liene kuitenkaan aihetta, sillä

kuorittujenkin puiden pinotiheys saattaa olla pienempi kuin, mitä se olisi, jos puut olisi huolellisesti ladottu kehikkoihin. Tavallisin tapa kuorittuja puita kehikkoon ladottaessa oli, että kuorija heitti puut kapearaiteella olevaan kehikkoon kuorintasillalta, joka on puoli metriä korkeammalla kehikon pohjaa. Tällöin kuoritut puut saattoivat asettua pinossa harvempaan kuin sellaiset puut, jotka nostetaan alemmalta tasolta ylemmässä tasossa olevaan pinoon, jolloin myös latojalla on parempi mahdollisuus kääntää vinoon mennyt pölkky toisten pölkkyjen lomaan. Lisäksi on huomattava, että myös kuorijat olivat urakkapalkalla, joka sinänsä houkuttelee tekemään harvaa pinoa. Joka tapauksessa tutkimus osoittaa, että kuusiohutpuiden pinotiheys Jätkällä kuorimisen jälkeen on suurempi kuin ennen kuorintaa. Kuitenkaan ei tutkimuksen perusteella ole saatu varmuutta, johtuuko pinotiheyden lisäys yksin pölkyn muodossa vaiko lisäksi ladonnan laadussa tapahtuneesta parantumisesta.

Kuorisadannekseksi koko aineistolle saatiin keskimäärin 16.2. Kuten aikaisemmin mainittiin jaettiin aineisto silmävaraisesti kuiviin ja tuoreisiin eriin. Tällöin saatiin kuivien erien kuorimääräksi 12.5 % ja tuoreiden 19.1 %. Jotta näiden ryhmien kuoren paksuudesta saataisiin havainnollisempi kuva esitetään mittauksen antamista tuloksista seuraava asetelma.

	Kuoren paksuus, mm — *Rindenstärke in mm*											Yhteensä
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	*Insgesamt*
Tuoreet puut — *Frisches Holz*													
Pölkkyjä, kpl *Blöcke, St.*		9	44	195	360	272	125	19	1		1	1	1 027
Kuivat puut — *Trockenes Holz*													
Pölkkyjä, kpl *Blöcke, St.*	6	227	397	217	96	41	22	5		1			1 012

Asetelmasta huomataan selvästi, että kuoren paksuus kummassakin ryhmässä on aivan erilainen ja tuoreissa erissä paljon suurempi kuin kuivissa.

Kuorimishäviön suuruudeksi saatiin pinomitasta laskettuna 32.0 % ja kiintomitasta laskettuna 25.9 %. Se, että edellinen on jälkimmäistä suurempi, johtuu pinotiheyden lisääntymisestä kuorituissa pinoissa. Sekä tuoreitten että kuivien näyte-erien kuorimishäviö osottautui käytännöllisesti katsoen saman suuruiseksi. Tämä tulos on ensi silmäyksellä jossain määrin hämmästyttävä. Sille on kuitenkin olemassa luonnollinen selitys. Tutkimuksen aikana koneiden terät oli asennettu tuoreita ja kuivia puita kuo-

rittaessa yhtä paljon »ottaviksi», lastun paksuuden ollessa 1 1/2—2 mm. Koska terät pääsevät uppoamaan samaan syvyyteen kummankin laatuisessa puussa, muodostuu kuorimishäviökin saman suuruiseksi. Tällöin tuoreen puun lastussa on luonnollisesti vähemmän puuta ja enemmän kuorta kuin kuivan puun lastussa.

Kuorimishäviöön 25.9 % sisältyy kuorta 16.2 % ja puuta 9.7 %. Tuoreissa erissä on puun osuus 7.0 % ja kuivissa erissä 13.1 %. Tulos on luonnollinen seuraus paksu- ja ohutkuoristen erien kuorimishäviön samansuuruisuudesta.

Jätkä-kuorimakoneella 1 metristä kuusiohutpuuta kuorittaessa ei kuorimishäviö aina ole sitä suurempi mitä pitemmällä terälaikan pinnasta koneen terät ovat, vaan se riippuu kuorijan työtaidosta. Tottuneen kuorijan koneessa ovat terät yleensä pitemmällä kuin tottumattomalla. Siitä huolimatta hänen kohdallaan kuorimishäviö jää pienemmäksi. Selitys tähän on siinä, että tottunut kuorija osaa pyörittää pölkkyä sellaisella nopeudella, että koneen terät eivät pääse painumaan liian syvälle itse puuaineeseen. Kuorittuja pölkkyjä tarkastelemalla voidaan helposti päätellä, milloin työn on tehnyt tottunut tai tottumaton kuorija. Tottuneen kuorijan pölkyt ovat pyöreitä ja tasapaksuja, kun taas tottumattoman ja aloittelevan pölkyt jäävät monikulmaisiksi terien leikattua puuta jopa pölkyn puoliväliin saakka. Lisäksi tottumattoman kuorijan pölkyt ovat molempiin päihin kapenevia. Kuorintahukan suuruus riippuu paitsi pölkyn pyörittämisnopeudesta ilmeisesti myös suuresti siitä, miten taitavasti kuorija osaa käyttää työntövipua, jolla hän painaa kuorittavaa pölkkyä koneen teriä vasten. Yleensä on tutkimuksen aikana tultu siihen käsitykseen, että kuorimishäviön suuruus johtuu pääasiassa asianomaisen kuorijan työtaidosta. Vaikka tutkimusaineistoa olikin kuorimassa 14 kuorijaa, ei edellä mainittuja johtopäätöksiä voida sen perusteella täysin todistaa, sillä esimerkiksi pinotiheyden määrittämisestä johtuva satunnaisvirhe näyttää olevan niin suuri, että se häiritsevästi peittää sen osan kuorimishäviön vaihtelusta, joka johtuu kuorijan ammattitaidosta. Tästä syystä ei ole myöskään ollut mahdollisuuksia tutkia, onko esimerkiksi pölkyn koolla jotain vaikutusta kuorimishäviön suuruuteen. Vaikka suurien pölkkyjen pyörittäminen on hankalampaa, ei tällä seikalla liene vaikutusta kuorintahäviön suuruuteen, sillä ohutpuun läpimitan vaihtelut ovat varsin pieniä. Sen sijaan on luonnollista, että väärien ja mutkaisten pölkkyjen kuorimishäviö on paljonkin suurempi kuin suorien pölkkyjen. Samaten on ilmeistä, että kuorimishäviö oksaisia puita kuorittaessa on jonkin verran suurempi kuin sileitä ja hyvin karsittuja puita kuorittaessa. Pinomitasta laskettu kuorimishäviö muodostuu huonosti karsituille, oksaisille puille tavallista suuremmaksi lisäksi sen takia, että niiden pinotiheys kuorellisena on paljonkin pienempi kuin hyvin karsittujen.

Cambio 21-kuorimakone

Pinotiheydeksi saatiin kuorelliselle puulle 0.747 ja kuoritulle puulle 0.755. Myös eri näytteiden tuloksissa havaittiin, että kuorittujen puiden pinotiheys oli säännöllisesti vähän kuorellisten puiden pinotiheyttä suurempi, joten pinotiheyden lisäys Cambio 21:llä kuorittaessa näyttää olevan ilmeistä, vaikkakin verrattain pientä.

Kuorisadannekseksi tuli koko aineistolle 13.1. Se vaihteli kuitenkin näytteissä 10.5—16.5.

Kuorimishäviöksi saatiin 12.0 % pinomitasta laskettuna ja 11.1 % kiintomitasta laskettuna. Tämä on kaksi sadannesta pienempi kuin kuorisadannes. Tulos vastaakin täydelleen asiasta saatua silmävaraista kuvaa, sillä Cambio 21 ei kyennyt kuorimaan koepuita täysin puhtaiksi, vaan pölkkyihin jäi sinne tänne kuorta, lähinnä sen takia, että kuori oli jo näissäkin puissa ehtinyt kuivua kiinni puuhun. Tämän takia koneen terät eivät pystyneet sitä täysin irroittamaan. Osaksi kuoren jääminen saattoi johtua siitäkin, että kuorintakokeen jossain vaiheessa oli mennyt yksi koneen kuorintateristä poikki ja tämä huomattiin vasta jälkeen päin. Joihinkin hyvin kovakuorisiin pölkkyihin jäi kuorta melkoisesti. Näitä ei kuorittu kuitenkaan useampaan kertaan, sillä tällöin pölkyistä lähti paikoittain puutakin niin paljon, ettei sitä voitu pitää Cambion normaalisena kuorimisjälkenä. Tämän takia kaikki pölkyt on kuorittu kertaalleen. Todennäköiseltä kuitenkin tuntuu, että kuorittaessa on kulunut jonkin verran puuta vaikkakin tämä määrä on hyvin pieni. Näyttää myös siltä, että kuorettomaan tulokseen päästäessä Cambio 21:n kuorimishäviö on samaa suuruusluokkaa kuin kuorimäärä ja ettei kuusiohutpuuta tällä koneella kuorittaessa tarvitse puun hukkaa ottaa huomioon, sillä sitä alkaa esiintyä vasta kun teräpainetta lisätään ylenmäärin tai kun puu on kovin pehmeää.

Wilen-kuorimarumpu

Pinotiheydeksi saatiin kuorelliselle puulle 0.724. Tämä on lähes neljä sadannesta pienempi saman pituiselle normaalipaperipuulle saatua pinotiheyttä (Aro 1931 s. 43). Etsittäessä tähän eroon syitä on mainittava ensin, että pölkkyjen koko sinänsä ei vaikuta tiheyteen (Jalava 1929 s. 5 ja 11). Ohutpuun läpimittajakautumalla ei myöskään liene suurtakaan vaikutusta. Samoin lienee mutkaisuudenkin laita, koska tavara oli käytännöllisesti katsoen suoraa. Sen sijaan ohutpuun suhteellisesti paljon normaalipaperipuuta heikompaa karsintaa voidaan pitää suurimpana syynä tiheyseroon.

Kuoritun puun tiheydeksi saatiin 0.740. Kuorittujen puiden tiheys oli siis jonkin verran suurempi kuin kuorellisten. Ero on kuitenkin siksi pieni,

ettei voida olla varmoja onko kuorinta yksin aiheuttanut pinotiheyden suurentumisen. Kuitenkin on syytä olettaa rumpukuorinnan vaikuttavan tähän suuntaan, koska siinä oksia ja oksakyhmyjä katkeilee tai kuluu lyhyemmiksi. Puiden pinnan tasoittuminen voi myös vaikuttaa, että pölkyt menevät ladonnassa tiiviimpään. Tässä tapauksessa on kuitenkin pinotiheyseroa pienentävänä seikkana mainittava, että puut eivät ehtineet painua pinoissa ennen tiheyden mittausta, kuten oli tapahtunut kuorellisen puun mittauksessa.

Kuorisadannekseksi saatiin kolmesta 100 pölkyn näytteestä keskimäärin 12.8. Kun laskettiin kuorisadannes erikseen 10 cm vahvuisille ja pienemmille pölkyille, jotka ovat varsinaista ohutpuuta, saatiin kuorisadannekseksi 13.0 sekä näitä suuremmille pölkyille 12.2. Ero on kuitenkin siksi pieni, ettei tällä eikä mahdollisesti muillakaan seikoilla, jotka aiheutuvat näyteaineistoon sisältyvistä »ylipaksuista» puista, liene merkittävämpää vaikutusta kuorimishäviön suuruuteen paitsi, että niiden vaikutuksesta on saattanut katkeilla puita rummussa enemmän kuin jos kaikki pölkyt olisivat olleet varsinaista ohutpuuta. Saatu kuorisadannes 12.8 on jonkin verran pienempi normaalin kuusipaperipuun kuorisadannesta (Aro 1929 s. 18). Koska kysymyksessä olevien ohutpuiden kuori oli ehtinyt jo verrattain paljon kuivua ja sen takia ohentua, on todennäköistä, että tuoreiden ohutpuiden kuorisadannes on jonkin verran suurempi (Vrt. s. 18).

Tarkasteltaessa varsinaista kuorimistulosta voidaan ensiksikin mainita, että puut kuoriutuivat täysin, lukuunottamatta koroja sisältäviä ja joitakin runsasoksaisia pölkkyjä, joihin jäi jonkin verran kuorta.

Kuorittuja puita saatiin 85.4 % kuorellisten puiden pinokuutiomäärästä. Kuorittaessa katkesi suunnilleen 3 % puista. Pätkien määrä vaihteli 1.4—5.0 % näytteiden määrästä. Tämän vaihtelun suuruus johtunee ennen kaikkea läpimittajakautumasta ja rummutusajasta. Pätkiä tuli kaikkiaan 12.32 p-m³:iä. Koska pätkiin sisältyi sälöjä ja haljenneita puita ja koska niiden päät olivat murskautuneet epämääräisiksi, ei voitu käyttää pinotiheysmittaria kiintokuutiomäärän mittaamiseen ja koska tutkimusta suoritettaessa ei ollut käytettävissä ksylometriä, on pätkien pinotiheys arvioitu silmävaraisesti. Tämän arvioinnin perusteella tultiin siihen tulokseen, että pätkistä tehdyn pinon tiheys on suunnilleen 0.700, joten niiden kiintokuutiomäärä olisi 8.62 k-m³.

Kuorimishäviön suuruudeksi saatiin 14.6 % pinomitasta laskettuna ja 12.8 % kiintomitasta laskettuna. Tämän perusteella näyttää siltä, että kuorittaessa rummussa 1 metristä kuusiohutpuuta kuorimishäviö on samaa suuruusluokkaa kuin kuorimäärä, mutta kuitenkin täytynee sen olla hieman kuorimäärää suurempi, sillä kuoren mukana poistuu tietenkin jonkin verran tikkuja ja puun pinnan kulumisaineksia.

Koivupaperipuun kuorinta

Käsinkuorinta ja Veikko I-kuorimakone

Koivupaperipuulle saadut *pinotiheydet* näkyvät seuraavasta asetelmasta.

Tavaralaji ja kuorimistapa *Holzsorte und Entrindungsweise*	Pinotiheys — *Festgehalt* kuorellisena *unentrindet*	 kuorittuna *entrindet*
1 m pituinen, käsin — *1 m lang, mit Handgerät*	0.69	0.70
1 m pituinen, Veikko I:llä — *1 m lang, mit Veikko I*	0.69	0.72
2 m pituinen, käsin — *2 m lang, mit Handgerät*	0.66	0.67

Asetelman mukaan käsinkuorittujen puiden pinotiheys näyttää kasvaneen yhdellä sadanneksella. Pinotiheyden kasvaminen kuorittaessa on voinut aiheutua karsinnan parantumisesta ja oksakyhmyjen vähenemisestä. Toisaalta pinotiheyden lisääntyminen on siksi pieni, että se voi johtua kokonaan satunnaisista seikoista. Sen sijaan Veikko I:llä kuorittaessa pinotiheys kasvoi kolme sadannesta. Tätä voidaan pitää kuorinnasta aiheutuneena jo senkin takia, että Veikko I kuorii puun likimain pinnan mukaisesti siten, että kuorittaessa poistuvat oksantyngät ja oksakyhmyt käytännöllisesti katsoen kokonaan. Lisäksi tapahtuu pölkkyjen suoristumistakin, koska kuorija pyrkii poistamaan koneella kuoren myös mutkien sisäpuolelta ja kolopaikoista, jolloin terä ottaa vastakkaiselta puolelta kuoren lisäksi usein hyvin runsaasti puutakin.

Vertailun vuoksi mainittakoon vielä, että 1 m pituisen kuorellisen puun pinotiheys on yhdestä kolmeen sadannesta pienempi ruotsalaisten tällaiselle tavaralle saamia pinotiheyksiä (Nordquist 1922 s. 773 ja Vid virkesmätning . . . 1923), joskin se on seitsemän sadannesta suurempi ohuen lehtipuuhalon pinotiheyttä (Aro 1931 s. 56). Kuoritun 2 m pituisen puun pinotiheys 0.67 on kaksi sadannesta suurempi kuin Aron (1931 s.53) rullapuille saama tiheys 0.65.

Kuorisadannekseksi saatiin 513 koepölkyn perusteella 12.5. Eri tavaralajien kuorimäärä ilmenee tarkemmin seuraavasta asetelmasta:

Tavaralaji ja kuorimistapa *Holzsorte und Entrindungsweise*	Koepölkkyjä, kpl *Probeblöcke St.*	Läpimitta keskeltä, cm *Durchmesser in der Mitte, cm*	Kuoren paksuus, mm *Rindenstärke, mm*	Kuorisadannes *Rindenprozentsatz*
1 m pituinen, käsin — *1 m lang, mit Handgerät*	198	14.8	5.3	13.7
1 m pituinen, Veikko I:llä — *1 m lang, mit Veikko I*	114	13.6	4.4	12.1
2 m pituinen, käsin — *2 m lang, mit Handgerät*	201	14.9	4.4	11.5

Eri tavaralajien kuorisadannes on siis suurin piirtein saman suuruinen, joskin 1 m pituisen käsin kuorittavan puun kuorimäärä on sadanneksen suurempi ja 2 m pituisen sadannesta pienempi kuin koko aineiston keskimäärä. Tähän lienee syynä, kuten aikaisemmin on mainittu, että 1 m pituinen puu oli hakattu suureksi osaksi heikkolaatuisilta kasvupaikoilta ja että 2 m pituisesta tavarasta oli erotettu lähes kaikki paksukaarnaiset tyvipölkyt.

Kuorimishäviön suuruudeksi saatiin seuraavat arvot:

Tavaralaji ja kuorimistapa *Holzsorte und Entrindungsweise*	Kuorimishäviö — *Entrindungsverlust* pinomitasta *vom Raummass*	 kiintomitasta *vom festen Mass*
1 m pituinen, käsin — *1 m lang, mit Handgerät*	15.2 %	13.0 %
1 m pituinen, Veikko I:llä — *1 m lang, mit Veikko I*	18.4 »	14.4 »
2 m pituinen, käsin — *2 m lang, mit Handgerät*	12.9 »	10.6 »

Verrattaessa tämän asetelman lukuja edellä esitettyihin kuorisadannes-lukuihin havaitaan, että käsin kuoritun koivuselluloosapuun kuorimishäviö on pinomitasta laskettuna suunnilleen kaksi sadannesta suurempi kuin kuorisadannes ja kiintomitasta laskettuna lähes kuorisadanneksen suuruinen. Tämä kiintomitasta laskettu kuorimishäviö osoittaa ensi silmäyksellä, että kuori on poistettu puista käytännöllisesti katsoen kokonaan. Näin ei ole kuitenkaan tapahtunut, vaan voidaan varmuudella sanoa kuorta olevan puissa jäljellä huomattavasti enemmän kuin nämä luvut osoittavat. Tämän ristiriidan selvittämiseksi mainittakoon, että kuorittaessa on vuoltu myös varsinaista puuta ja tällöin on pölkkyihin jäänyt vastaavasti enemmän kuorta. Lisäksi on tietenkin otettava huomioon mittauksien virhemahdollisuudet ja se, että mittausten välillä on tapahtunut pölkkyjen kuivumista, ja siitä aiheutunut niiden kutistumista, joka on tullut kokonaan kuorintahäviöksi.

Veikko I:llä kuorittaessa syntyneestä kuorimishäviöstä on tehtävä samat huomautukset kuin käsin kuorinnankin kohdalla. Lisäksi on mainittava uudelleen, että kuorittaessa lähti puuta melkoisesti. Voipa sanoa silmävaraisesti arvostellen lähteneen puuta enemmän kuin jäi kuorta. Tämä edellyttää suurempaa kuorimishäviötä kuin on kuorimäärä. Tähän tulokseenhan tutkimuksessakin on tultu.

Kuorinnan laadusta mainittakoon käsin kuorittujen puiden kohdalta, että tuohta esiintyi pölkyissä hyvin harvoin ja kuorijat poistivat yleensä karsittavat oksan tyngät huolellisesti. Lisäksi saatiin sellainen vaikutelma, että kuorinnan laatuun ja puun pinnan paljastumisen määrään tuntui

olevan suurempi vaikutus kuorijalla kuin kuorittavan pölkyn laadusta johtuvilla seikoilla. Veikko I:llä kuorittaessa näytti puun pinnasta paljastuneen huomattavasti enemmän kuin käsin kuorittaessa, joten kuorinnan laatua voidaan pitää parempana, joskin samalla kuorimishäviö on käsin kuorintaa suurempi.

Sivuilla 24 ja 25 olevassa taulukossa esitetään tärkeimmät tutkimusaineistoa ja tuloksia koskevat tiedot.

Taulukko 1. Yhdistelmä tutkimusaineistosta ja tuloksista.

Tabelle 1. Zusammenfassung des Untersuchungsmaterials und der Ergebnisse.

	1 m kuusiohutpuu *1 m langes Fichtendünnholz*		
	Jätkä-kuorimakone *Jätkä-Entrindungs-maschine*	Cambio 21-kuorimakone *Cambio 21-Entrindungs-maschine*	Wilen-kuorimarumpu *Wilen-Entrindungs-trommel*
Mitattu näyte-eriä — *Gemessene Probepartien*	30 kpl/*St.*	5 kpl/*St.*	3 kpl/*St.*
Kuorellinen puumäärä — *Unentrindete Holzmenge*	119.19 p-m³/*rm*	17.21 p-m³/*rm*	411.46 p-m³/*rm*
Pinotiheys kuorellisena — *Festgehalt unentrindet*	0.703	0.747	0.724
Kuorittu puumäärä — *Entrindete Holzmenge*	81.07 p-m³/*rm*	15.14 p-m³/*rm*	351.44 p-m³/*rm*
Pinotiheys kuorittuna — *Festgehalt entrindet*	0.769	0.755	0.740
Kuorimishäviö pinomitasta — *Entrindungsverlust vom Raummass*	32.0 %	12.0 %	14.6 %
Kuorimishäviö kiintomitasta — *Entrindungsverlust vom festen Mass*	25.9 »	11.1 »	12.8 »
Kuorisadannes — *Rindenprozentsatz*	16.2	13.1	12.8
Pölkyn läpimitta keskeltä kuoren päältä — *Durchmesser des Blocks in der Mitte, mit Rinde*	7.9 cm	9.4 cm	8.7 cm
Pölkyn läpimitta keskeltä, kuoren alta — *Durchmesser des Blocks in der Mitte, ohne Rinde*	7.2 cm	8.7 cm	8.1 cm
Pölkkyjä kuorellisena p-m³:ssä — *Blöcke unentrindet in rm*	145 kpl/*St.*	108 kpl/*St.*	122 kpl/*St.*
			[1]) 8.0 »
			[1]) 7.4 »

[1]) Vastaava läpimitta varsinaisella ohutpuulla (keskeltä mitattuna kuoren alta 5—9 cm). *Entsprehender Durchmesser des ordentlichen Dünnholzer (Mittendurchmesser ohne Rinde 5—9 cm).*

Taulukko 1. (jatk.)

Tabelle 1. (Forts.)

	Koivupaperipuu — *Birkenzellstoffholz*		
	Käsinkuorinta *Entrinden mit Handgerät*		Veikko I-kuorimakone *Veikko I-Entrindungsmaschine*
	1 m pituinen *1 m lang*	2 m pituinen *2 m lang*	1 m pituinen *1 m lang*
Mitattu näyte-eriä — *Gemessene Probepartien*	22 kpl/*St.*	27 kpl/*St.*	10 kpl/*St.*
Kuorellinen puumäärä — *Unentrindete Holzmenge*	156.51 p-m³/*rm*	475.75 p-m³/*rm*	36.88 p-m³/*rm*
Pinotiheys kuorellisena — *Festgehalt unentrindet*	0.69	0.66	0.69
Kuorittu puumäärä — *Entrindete Holzmenge*	133.07 p-m³/*rm*	413.78 p-m³/*rm*	30.05 p-m³/*rm*
Pinotiheys kuorittuna — *Festgehalt entrindet*	0.70	0.67	0.72
Kuorimishäviö pinomitasta — *Entrindungsverlust vom Raummass*	15.2 %	12.9 %	18.4 %
Kuorimishäviö kiintomitasta — *Entrindungsverlust vom festen Mass*	13.0 %	10.6 %	14.4 %
Kuorisadannes — *Rindenprozentsatz*	13.7	11.5	12.1
Pölkyn läpimitta keskeltä kuoren päältä — *Durchmesser des Blocks in der Mitte, mit Rinde*	14.8 cm	14.9 cm	13.6 cm
Pölkyn läpimitta keskeltä, kuoren alta — *Durchmesser des Blocks in der Mitte, ohne Rinde*	13.7 cm	14.0 cm	12.7 cm
Pölkkyjä kuorellisena p-m³:ssä — *Blöcke unentrindet in rm*	40 kpl/*St.*	19 kpl/*St.*	48 kpl/*St.*

Kirjallisuutta

Aro, Paavo. 1929. Tutkimuksia kuusipaperipuiden ja kaivospölkkyjen kuorimäärästä ja kuorimishukasta. Metsätieteellisen Tutkimuslaitoksen Julkaisuja 14. Helsinki.

—»— 1931. Tavallisimpien suomalaisten pinopuutavarain pinotiheys. Metsätieteellisen Tutkimuslaitoksen Julkaisuja 14. Helsinki.

—»— 1935. Tutkimuksia rinnankorkeus- ja katkaisuläpimitan vaikutuksesta käyttöpuun ja hakkuutähteiden määrään. Metsätieteellisen Tutkimuslaitoksen Julkaisuja 20. Helsinki.

Aro, Paavo ja Korpela, Tapio. 1957. Tutkimuksia ohutpuun kuorintahäviöstä rumpukuorinnassa. Pienpuualan toimikunnan julkaisu N:o 30. Moniste.

Aro, Paavo ja Korpela, Tapio. 1957. Tutkimuksia koivuselluloosapuun kuorintahäviöstä. Pienpuualan toimikunnan julkaisu N:o 31. Moniste.

Aro, Paavo ja Nisula, Pentti. 1957. Tutkimuksia kuusiohutpuun kuorintahäviöstä »Jätkä»-kuorimiskonetta käytettäessä. Pienpuualan toimikunnan julkaisu N:o 28. Moniste.

Aro, Paavo ja Nisula, Pentti. 1957. Kokeiluja kuusiohutpuun kuorintahäviöstä »Cambio»-kuorimiskonetta käytettäessä. Pienpuualan toimikunnan julkaisu N:o 29. Moniste.

Ilvessalo, Yrjö. 1927. Suomen metsät. Tulokset vuosina 1921—1924 suoritetusta valtakunnan metsien arvioimisesta. Metsätieteellisen Koelaitoksen Julkaisuja 11. Helsinki.

—»— 1942. Suomen metsävarat ja metsien tila. II valtakunnan metsien arviointi. Metsätieteellisen Tutkimuslaitoksen Julkaisuja 30. Helsinki.

Jalava, Matti. 1929. Pyöreän pinopuutavaran mittaamisesta. Metsätieteellisen Tutkimuslaitoksen Julkaisuja 13. Helsinki.

Nordqvist, M. 1922. Skogsprodukternas övriga viktigare användningsområden. Handbok i skogsteknologi, ss. 761—898. Stockholm.

Saari, E., Keltikangas, V. ja Wuoti, E. 1939. Kuusi- ja mäntypaperipuitten pinotiheys ja kuorimishukka. Metsätaloudellinen Aikakauslehti, ss. 19—21. Helsinki.

Vid virkesmätning erforderliga relationstal. 1923. Statens offentliga utredningar 1923 : 57. Stockholm.

Wretlind, E. 1917. Om tallens och granens bark. Skogsvårdsföreningens Tidskrift, ss. 22—60. Stockholm.

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN ENTRINDUNGSVERLUST BEI FICHTEN-DÜNNHOLZ UND BIRKENZELLSTOFFHOLZ

Referat

Zweck der Untersuchung

Die Untersuchung hatte den Zweck, den Umfang des Entrindungsverlusts bei Fichtendünnholz und Birkenzellstoffholz zu ermitteln. Zugleich wurden diese Holzsorten auf den Festgehalt, den Blockdurchmesser und die Rindenmenge untersucht, um Vergleichsgründe zwischen diesen und dem normalen Papierholz zu erschaffen. Die Untersuchung wurde aktuell, nachdem das Dünnholz (5—9 cm) und die Birke unter den Rohstoffen der Zellstoffindustrie unseres Landes neben dem normalen Fichten- und Kiefernpapierholz Eingang gefunden hatte.

Untersuchungsmaterial und -methoden

Die Untersuchung wurde im Frühjahr und Vorsommer des Jahres 1957 durchgeführt.

In der Zellstofffabrik von Ab. J. W. Enqvist Oy. wurden mit der Jätkä-Entrindungsmaschine 119.19 rm Fichtendünnholz in 30 Partien und mit der Cambio 21-Entrindungsmaschine 17.21 rm in 5 Partien sowie in der Zellstofffabrik von Rauma-Repola Oy in der Wilén-Entrindungstrommel drei Trommeln, insgesamt 411.46 rm, entrindet. Alles obige Holz war 1 m lang. Birkenzellstoffholz wurde an den an Landstrassen gelegenen Lagerplätzen der Zellstofffabrik von Haarlan Selluloosayhtiö in Konnevesi, Kangasniemi und Leivonmäki halbentrindet. Mit dem Handgerät wurden 475.75 rm 2 m lange Birke in 27 Partien und 36.88 rm 1 m lange Birke in 10 Partien entrindet.

Das Raummass der einzelnen Probepartien wurde vor und nach der Entrindung nach der Holzmessanweisung bestimmt, indem die Messungen jedoch mit der Genauigkeit von 1 cm und die Höhenmessungen mit kürzeren Abständen, als in der Messanweisung vorgesehen, durchgeführt wurden.

Auch der Festgehalt wurde vor und nach der Entrindung bestimmt. Der Festgehalt des mit der Jätkä-Maschine entrindeten Holzes wurde mit dem Festgehaltmesser von K e l t i k a n g a s — A h o n e n und ausserdem nach der Entrindung mit dem Xylometer gemessen, das für das Holz einen um 3 % grösseren Festgehalt ergab als der erstgenannte Messer, weil bei Entrindung mit der Jätkä-Entrindungsmaschine die Form der Blöcke sehr unregelmässig wird. Das mit der Cambio 21-Entrindungsmaschine entrindete Holz wurde durchgehend mit dem Xylometer gemessen, während der Festgehalt des Holzes, das in der Trommel entrindet wurde, mit dem Festgehaltmesser von K e l t i k a n g a s — A h o n e n und die des Birkenzellstoffholzes mit dem Festgehaltmesser von Forsttechniker

Heinonen gemessen wurde. Die Anwendung dieser Messer gründet sich darauf, dass an die Seite des Stosses ein Punktnetz angemacht und gerechnet wird, wieviele der Punkte die Blockenden treffen, wobei vorausgesetzt wird, dass der Festgehalt eines Holzstosses derselbe ist, wie der Anteil der Punkte, die die Blockenden treffen, an der Gesamtzahl der Punkte.

Der Rndenprozentsatz wurde an Hand der aus dem Material entnommenen Probeblöcken bestimmt. Für die Blöcke, die mit den Jätkä- und Cambio 21-Entrindungsmaschinen entrindet werden sollten, wurde er mittels der mittleren Dicke der Rinde und des Blockes mittlerer Grösse errechnet. Für das übrige Holz wurde er mittels des über Kreuz gemessenen Durchmessers der einzelnen Blöcke und der auf entgegengesetzten Seiten gemessenen Rindenstärke errechnet.

Über die obengenannten Messungen hinaus wurden die mit der Jätkä-Entrindungsmaschine entrindeten Proben in frische und trockene Partien geteilt.

Forschunsergebnisse

Die wesentlichen Forschungsergebnisse sind aus der zusammenfassenden Tabellen (Seite 26 und 27) zu ersehen. Bei der Betrachtung der darin angegebenen Zahlen über den Entrindungsverlust ist zu beachten, dass das Holz mit der Jätkä-Entrindungsmaschine vollrein, mit der Wilén-Trommel lohgeschält und mit Handgerät halgeschält wurde, indem jedoch die Birkenrinde ganz entfernt werden musste, während das Holz bei Entrindung mit den Cambio 21- und Veikko I-Entrindungsmaschinen annähernd halbgeschält gelassen wurde, so dass es so gut wie rindenfrei war.

Aus den Aufstellungen auf SS. 3,5 und 6 sind durch frühere Untersuchungen ermittelte Zahlen über den Rindenprozentsatz und die Umrechnungszahlen bei Fichte und Birke, aus der Aufstellung auf Seite 4 frühere Forschungsergebnisse betreffend den Entrindungsverlust ersichtlich, die als Vergleichsgegenstände zwischen früheren Untersuchungen einerseits und der vorliegenden anderseits dienen sollen.

Ferner kann betr. der verschiedenen Entrindungsmethoden als ergänzende und die Ergebnisse erläuternde Einzelheiten folgendes hervorgehoben werden:

Für das mit der Jätkä-Entrindungsmaschine entrindete frische Holz wurde ein Rindenprozentsatz von 19.1, für das trockene Holz 12.5 ermittelt. Diese Zahlen sind von ganz verschiedener Grössenordnung, weil die Fichtenrinde beim Trocknen erheblich zusammenschrumpft. Die Rindenmenge hat jedoch für den Entrindungsverlust keine nennenswerte Bedeutung, denn nach dem Festgehalt errechnet betrug dieser für frisches Holz 26.0 % und für trockenes Holz 25.5 %. Dies ist darauf zurückzuführen, dass Messerentrindungsmaschinen, wie z. B. die Jätkä, einen ungefähr gleich dicken Span, ganz unabhängig von der Rindenstärke, schneiden. Die Voraussetzung natürlich ist, dass die Messer, wie im vorliegenden Fall, so tief schneiden dass das Holz auf einmal entrindet wird. Ferner wurde festgestellt, dass der Holzverlust vornehmlich vom fachlichen Können des Arbeiters abhängt, während die Schneidtiefe der Messer ohne Belang zu sein schien.

Bei der Trommelentrindung wurde der Entrindungsverlust ebenso gross wie die Rindenmenge. Anderseits kann jedoch die Einwendung gemacht werden, dass kleine Messfehler haben vorkommen müssen, weil ja beim Entrinden von den Hölzern etwas Splitter und Schleissstoffe der Holzfläche abgehen, auch wenn sie keine bedeutende Rolle spielen werden. Das Entrindungsergebnis ist jedoch nicht so günstig, wie Tabelle Nr. 1 zeigt, denn hier ist der Anteil der beim Entrinden abgebrochenen Holzstümpfe 3.5 %.

Der mit der Cambio 21-Entrindungsmaschine angestellte Versuch zeigte, dass kein wesentlicher Verlust des Holzstoffes entsteht. Zugleich stellte es sich heraus, dass die Entrindung von trockenen Dünnhölzern mit dieser Maschine nicht einmal befriedigend gelang.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse der Untersuchung betreffend die Birke ist zu beachten, dass von dem zu entrindenden Holz bei der Fällung und zu einem Teil bei der Entrindung Wurzelblöcke mit dicker Rinde sowie krumme und reichästige Zopfblöcke geschieden worden waren. Die Ergebnisse wurden ferner durch den Umstand beeinflusst, dass das mit Handgerät zu entrindende 1 m lange Holz an etwas mehr schlechtwüchsigen Standorten als das übrige gefällt worden war.

HALKOJEN PINO- JA KIINTOMITASTA ENNEN JA JÄLKEEN PILKKOMISEN

TAPIO KORPELA

ÜBER DAS RAUM- UND FESTMASS DES BRENNHOLZES VOR UND NACH DEM ZERKLEINERN

DEUTSCHES REFERAT

HELSINKI 1958

Helsinki 1958. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkulause

Useiden Metsäntutkimuslaitokselle vuosien varrella tehtyjen tiedustelujen takia, joissa on pyydetty lausuntoja halkojen pilkkomisen aiheuttamasta pinomitan vähenemisestä, tuli tämän asian selvittäminen ajankohtaiseksi. Tiedustelut ovat aiheutuneet tavallisesti siitä, että kysyjät olivat ostaneet määrätyn pinokuutiomäärän halkoja pilkottuna ja totesivat kotona suorittamansa pinoamisen jälkeen niitä olevan huomattavasti ostamaansa kokonaisten halkojen pinokuutiomäärää vähemmän. Koska asiaa ei ole juuri ollenkaan aikaisemmin tutkittu, ryhdyttiin Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosastolla selvittämään tätä seikkaa. Asia on vielä senkin takia merkittävä, että ostajalla ei ole tavallisesti minkäänlaista kokemusta ja tietoa puutavaran mittauksesta ja laatuvaatimuksista, eikä puutavaran mittauksesta 4 päivänä marraskuuta 1938 annettu laki koske neljä pinokuutiometriä tai sen alle käsittävän polttopuumäärän mittausta.

Tutkimus on jäänyt melko suppeaksi ja on sen valmistuminen pitkittynyt usealla vuodella, koska työtä on tehty vain silloin, kun osaston henkilökunnalla on ollut aikaa varsinaisten töittensä ohella. Osastolla ei ole ollut vapaata tutkimushenkilökuntaa tähän työhön eikä myöskään varoja tilapäisen tutkijan palkkaamista varten.

Tutkimuksella pyrittiin selvittämään halkotarhoista pienissä erissä myytävien mittakehyksissä mitattavien polttopuiden todellinen määrä, pinotiheys ja pilkkomisen aiheuttama pinomitan kutistuminen sekä niiden vaihtelut. Koska tutkimus oli edellä mainituista syistä jätettävä melko suppeaksi, kerättiin aineistoa ainoastaan koivuhaloista, jotka sahattiin kolmeen osaan ja pilkottiin.

Kaikki halkotarhat, joissa mittauksia suoritettiin, ansaitsevat antamastaan avusta ja myötämielisestä suhtautumisestaan parhaat kiitokset.

Helsingissä huhtikuun 5 päivänä 1958

Tapio Korpela

Sisällysluettelo

	Sivu
Aiemmat tutkimukset	7
Tutkimuksen suorittaminen	8
Tutkimuksen tulokset	8
1 m halot	8
Pilkotut halot	11
Yhdistelmä tutkimuksen tuloksista	12
Kirjallisuutta	14
Referat	15

Aiemmat tutkimukset

Halkojen ja pilkottujen halkojen pinotiheyttä on selvittänyt A r o (1931) pinopuutavarain pinotiheyttä koskevassa tutkimuksessaan. Halkaistun lehtipuuhalon tiheydeksi hän sai 0.69 ladonnan ollessa tiivis, 0.63 ladonnan ollessa keskinkertainen ja 0.54 ladonnan ollessa harva. Tiiviin ja harvan ladonnan tulokset edustanevat käytännössä esiintyvien pinotiheyksien ääriarvoja. Pyöreitten lehtipuuhalkojen pinotiheydeksi saatiin mainitussa tutkimuksessa 0.62 pölkkyjen keskiläpimitan ollessa 8.5 cm. Pilkotuille 33 cm pituisille puille tuli pinotiheydeksi keskimäärin 0.66, joka on siis kolme sadannesta suurempi kuin halkojen keskimääräinen pinotiheys.

Ruotsalaiset (Vid virkesmätning . . ., 1923) ovat saaneet 1 m pituiselle halkaistulle lehtipuulle seuraavia pinotiheyslukuja

Keskiläpimitta, cm	Pinotiheys
10	0.59
14	0.62
18	0.65
22	0.68

N o r d q u i s t (1922) on saanut hyvin pinottujen 30 cm pituisten pilkottujen halkojen pinotiheydeksi 0.64—0.67.

N u m m e n m a a (1933) on tutkinut pinokuutiomäärän muuttumista sahattaessa kolmeen osaan ja pilkottaessa koivuhalkoja. 2 p-m³:stä saatiin keskimäärin pilkottuja puita seuraavasti:

Halkojen läpimitta keskimäärin, cm	Pilkotuista puista saatiin 1m korkuista pinoa, juoksumetriä
10	5.4
15	5.8
22	6.4

Näitä juoksumetrimääriä edustavien kuutiomäärien osuus alkuperäisistä pinokuutiomääristä on vastaavassa järjestyksessä 90, 97 ja 107 %.

Tutkimuksen suorittaminen

Tutkimukseen liittyvät mittaustehtävät suoritettiin vuosien 1950—1954 aikana neljässä Helsingissä sijaitsevassa halkotarhassa.

Aineisto käsitti 51 kappaletta 2 m²:n kehystä koivuhalkoa. Ne jakaantuivat eri halkotarhojen osalle seuraavasti: I 25 kpl, II 16 kpl, III 4 kpl ja IV 6 kpl. Näistä sisältyy kuitenkin ainoastaan 37 näytepinoa pilkottuihin puihin.

Halkotarhan toimesta pinottiin 2 m²:n mittakehys täyteen halkoja. Tämän jälkeen määritettiin kehykseen sisältyvien halkojen pinokuutiomäärä halkotarhan ladonnan mukaan. Tämä, kuten myöhemminkin tehtävät pinokuutiomäärän mittaukset suoritettiin mittaamalla kehyksessä olevan pinon korkeus cm:n tarkkuudella kolmesta kohdasta kummaltakin puolelta pinoa puutavaran mittaussäännön mukaisesti. Kiintokuutiomäärä mitattiin ksylometrillä. Sen jälkeen halot pinottiin MTL:n (Metsäntutkimuslaitoksen) toimesta normaalia huolellisuutta noudattaen uudelleen mittakehykseen pinomitan määrittämistä varten. Samalla luettiin näyte-erään sisältyvien halkaistujen ja pyöreitten halkojen lukumäärä sekä mitattiin niiden läpimitta. Mittaus suoritettiin pölkyn kummastakin päästä. Halkaistujen pölkkyjen läpimitta mitattiin halkaisupinnan suunnassa. Edellä mainittujen mittauksien jälkeen halot sahattiin kolmeen osaan ja pilkottiin. Pilkotuista puista määritettiin pino- ja kiintomitta samalla tavalla kuin kokonaisista haloista. Pilkottuihin halkoihin otettiin myös suurimmat sälöt sekä tuohen ja kaarnan kappaleet.

Tutkimuksen tulokset

1 m halot

Tutkimuksessa on halot ryhmitelty pinokuutiometriin sisältyvän kappaleluvun perusteella viiteen ryhmään, koska tämä on helpoimmin määritettävä halkojen järeyttä kuvaava tunnus ei ainoastaan ammattimiehelle vaan myös muillekin henkilöille. Tässä, samoin kuin muissakin luvuissa, jotka perustuvat pinokuutiomäärään, on käytetty MTL:n pinoamisen perusteella saatuja pinokuutiomääriä. Nämä ryhmät ovat: —70, 71—80, 81—90, 91—100 ja 101— kappaletta halkoja yhdessä pinokuutiometrissä. Ne kuvaavatkin hyvin halkojen keskimääräistä läpimittaa, kuten seuraava asetelma osoittaa:

Kpl/p-m³	Näytepinoja, kpl	Halkojen keskimääräinen läpimitta näytepinoissa, cm
— 70	5	15.8
71— 80	15	13.8
81— 90	13	12.6
91—100	9	12.4
101—	9	11.8

Pinotiheydeksi saatiin keskimäärin 0.618. Tämä on runsaan sadanneksen pienempi kuin Aron (1931) halkaistulle lehtipuuhalolle saama pinotiheys ladonnan ollessa keskinkertainen, joskin hänen mittaamiensa halkojen keskiläpimitta oli 14.4 cm ja tässä tutkimuksessa 13.1 cm. Myöskin ruotsalaisten (Vid virkesmätning . . ., 1923) tämän kokoiselle halolle saamat pinotiheysluvut ovat samaa suuruusluokkaa. Näin ollen voidaan sanoa, että halkojen pinotiheys on mittakehyksissä ollut MTL:n pinoamisen perusteella suunnilleen sama kuin se on normaalipinoissa.

Pinotiheys näyttää kuitenkin riippuvan selvästi pölkkyjen koosta, joka voidaan havaita seuraavasta asetelmasta.

Kpl/p-m³	Pinotiheys keskimäärin näytepinoissa
— 70	0.633
71— 80	0.626
81— 90	0.617
91—100	0.612
101—	0.602

Näin ollen on halkojen käyttäjän kannalta sitä edullisempaa mitä järeämpiä halot ovat, sillä tällöin on myöskin pinotiheys suurempi ja hän saa ostamaansa pinokuutiota kohden suuremman puumäärän kuin halkojen ollessa pieniä. Todellisuudessa ei kuitenkaan puiden koko vaikuta pinotiheyteen, vaan pienien puiden keskimääräistä alhaisempi pinotiheys aiheutuu siitä, että ne ovat tavallisesti mutkaisempia ja sisältävät suhteellisesti enemmän huonosta karsinnasta aiheutuvia oksantynkiä kuin paksut puut. Samoin pinotiheys pieneni pyöreitten pölkkyjen lukumäärän lisääntyessä pinokuutiometriä kohden.

Pyöreitä pölkkyjä kpl/p-m³	Näytepinoja, kpl	Pinotiheys keskimäärin näytepinoissa
— 5	9	0.635
6—10	11	0.623
11—15	10	0.617
16—20	14	0.611
21—	10	0.602

Tätä tulosta voidaan kuitenkin pitää itsestään selvänä, sillä edellinen asetelma osoitti pinotiheyden pienenevän halkojen koon pienentyessä, ja pyöreitä kappaleita on sitä enemmän mitä pienempiä halot ovat, koska pienempiä pölkkyjä ei tavallisesti halkaista vaan aisataan.

Kuluttajan ostaessa halkoja halkotarhasta hänelle pinotaan myyjän toimesta mittakehys halkoja täyteen, jonka jälkeen ne toimitetaan ostajalle joko sellaisenaan tai pilkottuna. Tällöin herää kysymys saako ostaja, joka yleensä tyytyy siihen, mitä myyjä panee mittakehykseen, enemmän vai vähemmän halkoja kuin on kehyksen nimellismitta ja onko latominen laadultaan tyydyttävä vai ei. Tätä asiaa valaisee seuraava asetelma, johon on pantu halkotarhan suorittaman ladonnan tulosten rinnalle MTL:n suorittaman pinoamisen tulokset, joita voitaneen edellä pinotiheydestä tehtyjen huomautusten perusteella pitää keskimääräisinä tuloksina.

2 m²:n kehys sisälsi halkoja	Halkotarhan ladonnan mukaan	MTL:n ladonnan mukaan
2.10 p-m³	— näytepinossa	1 näytepinossa
2.05 »	1 »	3 »
2.00 »	12 »	5 »
1.95 »	25 »	11 »
1.90 »	7 »	13 »
1.85 »	1 »	9 »
1.80 »	— »	4 »

Eri halkotarhojen välillä oli myös selvä ero mittakehykseen sisältyvien pinokuutiomäärien välillä, kuten seuraava asetelma osoittaa:

Halkotarha	Halkoja keskimäärin kehikossa	
	Halkotarhan ladonnan mukaan	MTL:n ladonnan mukaan
I	1.938 p-m³	1.885 p-m³
II	1.946 »	1.917 »
III	2.011 »	2.032 »
IV	2.002 »	2.008 »
Keskimäärin	1.955 »	1.918 »

MTL:n suorittaman pinoamisen perusteella pinomittojen ääriarvot olivat 1.804 ja 2.120 p-m³.

Tarkasteltaessa näitä lukuja havaitaan, että halkotarhoissa, joissa mittakehykset ovat olleet vajaita halkotarhan oman ladonnan mukaan, ne ovat vielä vajaampia MTL:n ladonnan perusteella, ja niissä halkotarhoissa, joiden pinoamisen mukaan on ollut ylimittaa, on sitä ollut MTL:n pinoamisen perusteella vielä enemmän.

Kehyksessä oleva kiintokuutiomäärä, joka on todellinen puiden käyttäjän hyväksi tuleva puumäärä, vaihteli huomattavasti enemmän kuin pinomitta.

2 m²:n kehys sisälsi halkoja

1.40	k-m³	1 näytepinossa
1.35	»	2 »
1.30	»	2 »
1.25	»	3 »
1.20	»	18 »
1.15	»	12 »
1.10	»	7 »
1.05	»	1 »

Kaikkien kehikkojen keskiarvo oli 1.187 k-m³ ja vaihteluväli 1.069—1.397 k-m³. Samoin oli eri halkotarhojen välinen ero kiintomitan kohdalla vielä suurempi kuin pinomitan kohdalla, sillä 2 m²:n mittakehyksen sisältämä kiintokuutiomäärä oli keskimäärin eri halkotarhojen kohdalla seuraava:

Halkotarha	
I	1.169 k-m³
II	1.159 »
III	1.329 »
IV	1.230 »

Asetelmasta havaitaan, että halkotarha III:n mittakehyksissä on ollut keskimäärin 15 % enemmän puuta kuin halkotarha II:n mittakehyksissä ja ääriarvojen ollessa kysymyksessä on suurimmassa ollut 31 % enemmän puuta kuin pienimmässä. Saattaa olla myöskin hyvin todennäköistä, että erot ovat vieläkin suurempia normaaliolosuhteissa.

Pilkotut halot

Sahattaessa ja pilkottaessa halkoja tapahtuu pienessä määrässä puun hukkaa, sillä osa puusta menee sahattaessa sahanpuruksi ja lisäksi pilkottaessa irtoaa tuohen ja kaarnan kappaleita sekä sälöjä ja tikkuja. Näistä seikoista johtuen olikin pilkottujen halkojen kiintokuutiomäärä keskimäärin 2.6 % pienempi kuin halkojen.

Pinomitan kutistuminen oli keskimäärin 6.7 %. Se vaihteli näytteittäin hyvin paljon, sillä yhdessä tapauksessa pinomitta kasvoi 8.2 % ja kutistui yhdessä tapauksessa peräti 22.3 %. Halkojen koolla ja pinotiheyden lisääntymisellä pilkottaessa näyttää olevan selvä riippuvuussuhde niin, että mitä pienempiä halot ovat ja samalla mitä pienempi pinotiheys on sitä suurempi on pinotiheyden lisääntyminen. Tästä taas on seurauksena, että pilkottujen puiden pinotiheys on aina suunnilleen sama riippumatta alkuperäisten halkojen koosta ja pinotiheydestä, sillä pilkottaessa halkojen koosta ja

mutkaisuudesta johtuvat seikat menettävät merkityksensä kuten seuraava asetelma osoittaa. Kun verrataan tämän ja seuraavan asetelman lukuja halkoja koskevien asetelmien lukuihin on otettava huomioon, että näiden luvut perustuvat 51 kehikollisen aineistoon ja pilkottuja puita koskevat luvut 37 kehikollisen aineistoon, josta johtuu pieniä eroja samojakin asioita koskevissa luvuissa.

Kpl/p-m³	Näytepinoja, kpl	Pinotiheys pilkottuna	Pinotiheyden lisääntyminen	Pinomitan kutistuminen, %
— 70	4	0.648	0.012	3.3
71— 80	13	0.652	0.023	5.7
81— 90	9	0.649	0.031	9.4
91—100	5	0.647	0.038	6.3
101—	6	0.641	0.031	7.2
Keskimäärin		0.649	0.027	6.7

Nämä tulokset käyvät täysin yksiin Aron (1931) saamien tulosten kanssa. Kuten edellä on mainittu sai hän pilkottujen puiden tiheydeksi 0.66, joka on kolme sadannesta suurempi kuin halkojen keskimääräinen pinotiheys. Pilkottujen puiden pinotiheydellä ja samalla pinomitan kutistumisella oli huomattavia vaihteluja eri halkotarhojen välillä, kuten seuraavasta ilmenee.

Halkotarha	Pinotiheys pilkottuna	Pinomitan kutistuminen, %
I	0.621	2.6
II	0.649	13.2
III	0.744	13.4
IV	0.710	10.7

Etsittäessä syitä näihin eri halkotarhojen välillä oleviin suuriin eroihin, mainittakoon ainakin kaksi seikkaa, jotka vaikuttavat pilkottujen puiden pinotiheyteen ja joka vaikuttaa taas puolestaan pinomitasta laskettuun kutistumiseen. Ensinnäkin pilkottujen puiden pinotiheyteen tuntui vaikuttavan hyvin herkästi puiden latomistapa, toisin sanoen pantiinko puita yksitellen vai useita kappaleita kerralla pinoon. Ja toiseksi seikka, jolla tuntui olevan suuri vaikutus pinotiheyteen, on puiden pilkkomistapa ja laatu, sillä jos haloissa on vielä kuori lujasti kiinni ja puut pilkotaan niin, että tuohi ei repeä, jää suuri osa puista koneella pilkottaessa kiinni tuoheen yhtenäiseksi »levyksi», ja tällöin tulee niistä ladottu pino melko harvaksi.

Yhdistelmä tutkimuksen tuloksista

1. Ladottaessa 1 m halot normaalia huolellisuutta noudattaen mittakehykseen oli niiden pinotiheys keskimäärin 0.618, joka on suunnilleen sama kuin tavallisessa varastopinossa.

2. Halkojen pinotiheys ja samalla mittakehykseen sisältyvä kiintokuutiomäärä oli sitä suurempi mitä järeämpiä halot ovat.

3. Mittakehykseen sisältyvä halkojen pinokuutiomäärä vaihteli huomattavasti eri halkotarhojen välillä ja oli keskimäärin vain 96 % kehyksen nimellismitasta.

4. Halkojen kiintokuutiomäärä vaihteli 2 m^2:n kehyksessä 1.069—1.397 k-m^3:iin, ollen keskimäärin 1.187 k-m^3.

5. Puunhukka oli sahattaessa ja pilkottaessa keskimäärin 2.6 %.

6. Erot pilkottujen halkojen ja 1 m halkojen pinomittojen välillä vaihtelivat +8.2— —22.3 %, ollen keskimäärin 6.7 %, joten pilkottujen puiden pinokuutiomäärän perusteella ei voida päätellä kovinkaan tarkasti alkuperäisten halkojen pinokuutiomäärää.

7. Pilkottujen puiden pinotiheys oli keskimäärin 0.649 ja pinotiheyden lisääntyminen 0.027 37 kehikollista käsittävän aineiston perusteella.

Kirjallisuutta

Aro, Paavo. 1931. Tavallisimpien suomalaisten pinopuutavarain pinotiheys. Metsätieteellisen Tutkimuslaitoksen Julkaisuja 14. Helsinki.

Nordquist, M. 1922. Skogsprodukternas övriga viktigare användningsområden. Handbok i skogsteknologi, ss. 761—898. Stockholm.

Nummenmaa, Uuno. 1933. Koivuhalkojen lajittelusta »klapi»- eli pilkekauppaa silmälläpitäen. Yksityismetsänhoitajayhdistyksen vuosikirja VI. Helsinki.

Vid virkesmätning erforderliga relationstal. 1923. Statens offentliga utredningar 1923: 57. Stockholm.

ÜBER DAS RAUM- UND FESTMASS DES BRENNHOLZES VOR UND NACH DEM ZERKLEINERN

Referat

Die forsttechnologische Forschungsabteilung der Forstlichen Forschungsanstalt stellte anlässlich der zahlreichen Erkundigungen, die an sie gerichtet worden waren, eine Untersuchung an über das Raum- und Festmass des Brennholzes, das von Holzhöfen verkauft und im Messrahmen vermessen wird, sowie über die Massunterschiede vor und nach dem Zerkleinern. Weil die Abteilung kein Untersuchungspersonal eigens für diese Arbeit frei machen konnte, wurden Messungen in den Jahren 1950—1954 neben anderen Arbeiten vorgenommen. Aus diesem Grunde blieb das Material recht gering. Es umfasste lediglich 51 Messrahmen je 2 m² Birkenbrennholz, das in drei Stücke gesägt und zerkleinert wurde. Die Messungen wurden in vier Holzhöfen in Helsinki durchgeführt.

Die hauptsächlichen Untersuchungsergebnisse sind die folgenden:

1. Beim Schichten von 1 m langem Scheitholz in den Messrahmen unter Einhaltung von normaler Sorgfalt war der Festgehalt ungefähr derselbe, im Mittel 0.618, wie in einem gewöhnlichen Lagerhaufen.

2. Der Festgehalt des im Messrahmen enthaltenen Brennholzes war umso höher, je stärker die Holzscheite waren.

3. Der Raummeterwert des im Messrahmen enthaltenen Scheitholzes zeigte zwischen den einzelnen Holzhöfen erhebliche Unterschiede und betrug durchschnittlich nur 96 % des nominellen Masses des Rahmens.

4. Der Festmeterwert des Scheitholzes variierte im Messrahmen von 2 m² von 1.069 bis 1.397 fm und betrug durchschnittlich 1.187 fm.

5. Der Holzverlust beim Sägen und Zerkleinern betrug durchschnittlich 2.6 %.

6. Die durch Sägen und Zerkleinern erfolgte Raummassänderung variierte von +8.2 bis —22.3 % und betrung durchschnittlich 6.7 %, weshalb sich der Raummeterwert des ursprünglichen Scheitholzes aus dem Raummeterwert des zerkleinerten Holzes bei weitem nicht genau erschliessen lässt.

7. Der Festgehalt des zerkleinerten Holzes betrug durchschnittlich 0.649, die Zunahme des Festgehalts 0.027 nach dem Material von 37 Messrahmen.

HAVAINTOJA LUONNONTILAISTEN JA METSÄOJITETTUJEN SOIDEN PIENELIÖSTÖISTÄ

KIMMO PAARLAHTI JA UNTO VARTIOVAARA

OBSERVATIONS CONCERNING THE MICROBIAL POPULATIONS IN VIRGIN AND DRAINED BOGS

SUMMARY IN ENGLISH

HELSINKI 1958

Helsinki 1958. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkusanat

Tämä tutkimus on tehty metsäntutkimuslaitoksen ja Helsingin yliopiston Mikrobiologian laitoksen yhteistyönä. Tutkimus suoritettiin pääosaltaan kesällä 1955 maastossa, minkä teki mahdolliseksi mainittujen laitosten toimesta varustettu mikrobiologinen kenttälaboratorio. Täten voitiin mittaukset ja laboratoriotutkimukset suorittaa samanaikaisesti ilman näytteiden kuljetuksia.

Tarvittavien välineiden järjestämisestä käyttöömme sekä monista arvokkaista neuvoista ja suurimerkityksisestä avusta haluamme erityisesti kiittää metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston silloista esimiestä, professori O. J. Lukkalaa ja assistenttia, maat. ja metsät. tri Olavi Huikaria sekä Helsingin yliopiston Suometsätieteen laitoksen silloista esimiestä, professori S. E. Multamäkeä.

Valtion luonnontieteellinen toimikunta on tukenut työtämme myöntämällään apurahalla, josta esitämme parhaat kiitoksemme. Samoin kiitämme metsäntutkimuslaitosta tutkimuksemme ottamisesta julkaisusarjaansa.

Helsingissä, huhtikuun 21 päivänä 1958.

Tekijät

Sisällysluettelo

Sivu

Johdanto 7
Tutkimuskohteet 7
Ympäristötekijät 11
Pohjavesi ja kosteus 11
Vesien liikkuvuus 13
Happamuus 13
Hapetus-pelkistyspotentiaalit 15
Lämpötila 16
Näytealojen turpeen kasvinjäännöskoostumus 17
Ravinteet 18
Juuristot 20
Mikrobisto 21
Homesienet 21
Hagem-agarilla kasvavat sienet 21
Selluloosaa hajoittavat sienet 23
Bakteerit 24
Aerobisten bakteerien kokonaismäärät 24
Selluloosaa hajoittavat aerobiset bakteerit 26
Vapaana elävät typpeä sitovat bakteerit 26
Nitrifioivat bakteerit 27
Nitraattia pelkistävät organismit 28
Rikkiä ja tiosulfaattia hapettavat bakteerit 28
Sulfaattia pelkistävät bakteerit 30
Sädesienet 30
Tulosten tarkastelua 31
Kirjallisuusluettelo 34
Summary 36

Johdanto

Luonnontilaisten ja metsän kasvatusta varten ojitettujen soiden mikrobiologiaa selvittelevä tutkimustoiminta on jäänyt maassamme verraten vähäiseksi. Isotalo (1951) on tutkinut eräiden kohosoista eristämiensä selluloosaa hajoittavien bakteerien fysiologiaa ja ekologiaa sekä Huikari (1951 ja 1953 a) tuhkalannoituksen ja ojituksen vaikutusta rimpinevojen ja isovarpuisten rämeiden pieneliöstöihin. Näiden lisäksi ovat Gyllenberg, Hanioja ja Vartiovaara (1954) varsinaisesti kovien metsämaiden pieneliöstöjä koskevien tutkimustensa yhteydessä selvittäneet eräiden mikrobiryhmien esiintymistä tulvaniityllä ja ojitetulla isovarpuisella rämeellä.

Turpeessa tapahtuvien mikrobiologisten prosessien merkitystä turpeen ominaisuuksiin vaikuttavina tekijöinä on korostettu useissa tutkimuksissa, ja turpeen maatuneisuutta pidetään eräänä tärkeimmistä soiden boniteettitunnuksista. Myös ojituksen vaikutuksen on päätelty huomattavalta osaltaan perustuvan maassa tapahtuvaan mikrobitoiminnan elpymiseen.

Monet mikrobiologian piiriin kuuluvat ilmiöt, kuten typen ja rikin kiertokulku, selluloosan hajoitus ym., jotka erityisesti viljellyillä mailla ovat olleet kauan tutkimuksen kohteina ja tulleet seikkaperäisesti selvitetyiksikin, esiintyvät myös viljelemättömillä soilla. Luonnontilaiset ja metsän kasvatusta varten ojitetut suot muodostavat kuitenkin viljelytoimenpiteiden — lannoituksen, muokkauksen ym. — alaisiksi joutuviin soihin verrattuina siksi erilaisen ympäristön mikrobeille, että tämän täytyy vaikuttaa myös mikrobiston koostumukseen ja toimintoihin.

Käsillä olevassa tutkimuksessa on selvitelty eräiden luonnontilaisten ja metsäojitettujen soiden mikrobiston koostumusta lähinnä fysiologisina ryhminä ja samalla on tehty ympäristötekijöihin kohdistuneita mittauksia.

Tutkimuskohteet

Sekä kovilla mailla että soilla on voitu osoittaa kasvipeitteen kuvastavan tietyllä tavalla eri kasvupaikkatekijöiden vaikutusasteita. Tuntuisi näin ollen luonnolliselta pitää käsillä olevan tapaisen tutkimuksen lähtökohtana yritystä selvittää, esiintyykö kasvillisuuden ja maan mikrobio-

logisten ominaisuuksien välillä vastaavanlaista riippuvuussuhdetta sekä millä tavoin pintakasvillisuudessa ja puuston kasvussa ilmenevät kasvupaikkatekijöiden muutokset ovat yhteydessä maan mikrobiston koostumuksen ja aktiivisuuden muutoksiin.

Tutkimuksen kohteiksi otettiin tästä syystä näytealat kolmelta sekä pintakasvillisuudeltaan että puustoltaan erilaiselta suotyypiltä:

saraiselta rimpinevalta (SRiN), [1])
varsinaiselta sararämeeltä (VSR) ja
mustikkakorvesta (MK)

sekä näiden jo varsin voimakkaasti ojituksen vaikutuksesta muuttuneilta ojitustuloksilta:

karhunsammalmuuttumalta (Ksmu),
puolukkaturvekankaalta (Vtk) ja
mustikkaturvekankaalta (Mtk).

Tutkimuksen kohteiksi otetut näytealat ovat Parkanon pitäjässä Aureen hoitoalueen Liesnevalla. Alue on ojitettu v. 1930 hyvin harvalla ojastolla, joten näytealat voitiin ottaa verraten suppealta alueelta siten, että luonnontilaisia suotyyppejä edustavat näytealat otettiin ojien vaikutuspiirin ulkopuolelta ja näitä vastaavia muuttumistuloksia edustavat näytealat samalta alkuperäiseltä suotyyppikuviolta ojien läheisyydestä.

Näytealojen kasvipeitteet on esitetty taulukossa 1.

SRiN:n edustamia rimpisiä suotyyppejä on maassamme jonkin verran ojitettu metsän kasvatusta varten, mutta useimmiten on tuloksena ollut Ksmu-näytealan edustama karhunsammal-jäkälänummi, jonka pintakasvillisuus luonnehtii erittäin karua kasvupaikkaa. Sekä VSR että MK esiintyvät maassamme sangen yleisesti metsäojituksen kohteina. Näihin tyyppeihin kuuluvien soiden ojituksen vaikutuksesta jo sangen voimakkaasti muuttuneita kuivatustuloksia edustavat näytealat Vtk ja Mtk, joiden pintakasvillisuuden muodostavat miltei kokonaan ns. kovien metsämaiden kasvilajit.

Näytealojen puustoa kuvaavat lukusarjat on esitetty taulukossa 2. Luonnontilaiset suotyypit SRiN, VSR ja MK muodostavat puille sangen erilaiset kasvualustat toisiinsa verrattuina, kuten taulukon luvut osoittavat.

Ksmu edustaa sellaista kasvualustaa, joka ei kohtalaisesta kokonaisravinteisuudestaan huolimatta tehokkaastikaan kuivatettuna ole muuttunut puiden kasvulle edullisemmaksi, vaan on yleensä osoittautunut erityi-

[1]) Seuraavassa käytetään näytealoista suluissa esitettyjä lyhennysmerkintöjä.

Taulukko 1. Näytealojen kasvipeite.

Table 1. Vegetation of sample plots.

Kasvilaji *Species*	SRiN	Ksmu	VSR	Vtk	MK	Mtk
	Peittävyys-% — *Coverage per cent*					
Salix myrtilloides	—	—	+	+	+	+
Andromeda Polifolia	+	+	+	—	—	—
Betula nana	+	+	—	—	—	—
Calluna vulgaris	—	—	—	+	—	—
Empetrum nigrum	—	+	+	+	+	+
Ledum palustre	—	—	+	+	—	—
Vaccinium Myrtillus	—	—	—	5	20	50
» *Oxycoccos*	+	+	2	+	—	—
» *uliginosum*	—	—	5	+	—	—
» *Vitis-idaea*	—	—	—	70	20	30
Chamaenerion angustifolium	—	—	—	—	+	—
Melapyrum pratense	—	—	—	—	+	—
Pyrola rotundifolia	—	—	—	—	—	+
Ramischia secunda	—	—	—	—	+	—
Rubus Chamaemorus	—	—	—	—	20	+
Trientalis europea	—	—	—	—	—	+
Equisetum silvaticum	—	—	—	—	30	2
Eriophorum vaginatum	—	20	+	—	—	—
Juncus filiformis	—	—	+	—	—	—
Scirpus caespitosus	30	+	—	—	—	—
Carex fusca	—	—	+	—	—	—
» *globularis*	—	—	+	10	2	+
» *lasiocarpa*	10	—	40	—	—	—
» *pauciflora*	+	—	+	—	—	—
» *rostrata*	20	—	2	—	—	—
Dicranum majus	—	—	—	+	—	+
» *scoparium*	—	—	—	+	—	—
Aulacomnium palustre	—	—	+	—	—	—
Hylocomium splendens	—	—	—	5	+	10
Hylocomium Schreberi	—	—	—	30	+	30
Polytrichum commune	—	+	+	+	10	2
» *strictum*	—	50	—	—	—	—
Sphagnum centrale	—	—	—	—	+	—
» *cuspidatum*	+	—	—	—	—	—
» *fuscum*	+	10	—	—	—	—
» *Girgensohnii*	—	—	—	—	30	+
» *magellanicum*	—	+	+	—	+	—
» *papillosum*	20	+	+	—	—	—
» *parvifolium*	—	—	60	5	5	5
» *riparium*	—	—	—	—	20	+
» *robustum*	—	—	+	—	—	—
» *rubellum*	—	5	—	—	—	—
» *Wulfianum*	—	—	—	—	+	+
Cladonia rangiferina	—	10	—	+	—	—
» *silvatica*	—	10	—	—	—	—
Rimpipintaa — »*Rimpi*»-*surface without vegetation*	20	—	—	—	—	—

Taulukko 2. Näytealojen puusto [1]).

Table 2. Tree stand of sample plots [2]).

Näyteala *Sample plot*	Mänty *Pine*	Kuusi *Spruce*	Koivu *Birch*	Ikä v. *Age yrs.*	Kuutiomäärä k-m³/ha k:tta *Volume m³/hectare*	Vuot. juoks. kasvu k-m³/ha k:tta *Annual growth m³/hectare*
	% kuutiomäärästä — *Volume %*					
SRiN	—	—	100	28	△	△
Ksmu	100	—	△	24	0.2	△
VSR	73	—	27	62	11.5	0.3
Vtk	77	—	23	66	143.4	7.4
MK	25	54	21	96	78.6	3.3
Mtk	21	63	16	81	114.7	5.8

sen vaikeasti metsittyväksi (mm. H u i k a r i 1951, s. 1). Vtk:lla ja Mtk:lla sen sijaan on puiden kasvussa tapahtunut huomattavaa elpymistä ojituksen seurauksena.

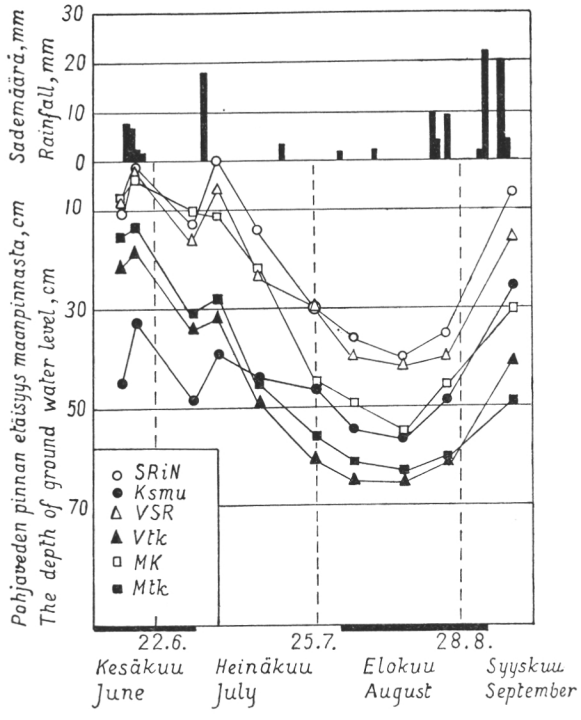
Näytealojen turvekerroksen paksuus ja pohjamaan laatu ilmenevät taulukosta 3. SRiN ja Ksmu sekä MK ja Mtk vastaavat varsin hyvin edustamiensa suotyyppien keskimääräistä turvekerroksen paksuutta (I l v e s s a l o 1956, ss. 56—57); sen sijaan VSR:n ja Vtk:n turvekerros on melkoisesti ohuempi. Koska kuitenkin ohutturpeisia soita, joissa pohjamaa vaikuttaa selvästi pintakasvillisuuden ja puuston kehitykseen, ojitetaan maassamme varsin runsaasti metsän kasvatusta varten, puolustanevat mainitut näytealat paikkaansa tutkimuskohteina.

Taulukko 3. Näytealojen turvekerroksen paksuus ja pohjamaan laatu.

Table 3. Thickness of peat layer in sample plots and kind of subsoil.

Näyteala *Sample plot*	Turvekerroksen paksuus, m *Thickness of peat layer, m*	Pohjamaan laatu *Kind of subsoil*
SRiN	1.7	Moreeni — *Moraine*
Ksmu	1.9	Moreeni — *Moraine*
VSR	0.6	Kivinen moreeni *Stony moraine*
Vtk	0.4	Kivinen moreeni *Stony moraine*
MK	0.7	Moreeni — *Moraine*
Mtk	0.6	Moreeni — *Moraine*

[1]) Mitattu 3 aarin ympyränäytealoilta, kasvu määritetty kairauksien perusteella.
[2]) *Measured from circular sample plots of 300 m², growth determined by boring.*



Kuva 1. Pohjaveden pinnan etäisyys maanpinnasta näytealoilla havaintokauden aikana ja sademäärät.

Fig. 1. Depth of ground water level in various sample plots and rainfall figures during the observational period.

Ympäristötekijät

Kuten useat tutkijat (mm. Müller 1887, Ramann 1890, Hesselman 1926, Waksman 1931 ja 1936) ovat osoittaneet, riippuvat erilaisten humustyyppien syntyminen ja humuksen ominaisuudet hajoitettavana olevan aineksen laadun lisäksi lähinnä niistä ympäristöolosuhteista, missä humuksen mikrobisto joutuu toimimaan. Ympäristöolosuhteet säätelevät mikrobiston koostumusta ja vaikuttavat täten maassa tapahtuvien mikrobiellien prosessien kulkuun.

Seuraavassa tarkastellaan näytealoilla suoritettujen, eräisiin mikrobiston ympäristötekijöihin kohdistuneiden havaintojen tuloksia.

Pohjavesi ja kosteus

Näytealojen kosteussuhteiden selvittämiseksi suoritettiin näytealoilla 11. 6.—6. 9. välisenä aikana pohjavesi- ja sademittauksia, joiden tulokset selviävät kuvasta 1.

Taulukko 4. Turpeen vesipitoisuus.

Table 4. Water content of peat.

Näyteala *Sample plot*	Näytteenotto-syvyys, cm *Depth of sampling, cm*	22. 6.	25. 7.	25. 8.
		Turpeen vesipitoisuus % tuorepainosta *Water content of peat % of fresh weight*		
SRiN	0—5	90.5	85.4	80.8
	30—35	92.8	90.5	88.2
Ksmu	0—5	88.7	79.4	80.3
	30—35	90.6	91.2	91.0
VSR	0—5	96.1	84.7	75.0
	30—35	90.9	80.7	77.2
Vtk	0—5	95.8	53.0	71.2
	30—35	79.6	78.1	70.0
MK	0—5	93.6	86.7	87.2
	30—35	82.7	82.0	82.1
Mtk	0—5	72.4	50.8	68.6
	30—35	83.0	78.6	73.9

Luonnontilaisista näytealoista pohjavesi oli ylimpänä SRiN:lla, hieman alempana VSR:llä ja alimpana MK:lla. Vtk:lla ja Mtk:lla pohjaveden pinta oli jokseenkin samalla syvyydellä, Ksmu:lla alkukesästä jonkin verran näitä alempana, loppukesästä ylempänä. Edelleen pohjaveden pintojen kuvaajat osoittavat, että havaintokauden kuluessa pohjaveden pintojen korkeudessa esiintyi suuria vaihteluja, mikä johtui keskikesän kuivuudesta. Ojituksen aiheuttama pohjaveden pinnan aleneminen voidaan selvästi todeta, ja se oli havaintokauden keskiarvona nevalla (SRiN—Ksmu) 25.4 cm, rämeellä (VSR—Vtk) 22.4 cm ja korvessa (MK—Mtk) 14.6 cm. Edelleen voidaan kuvasta päätellä, että sateet ovat herkästi kohottaneet pohjaveden pintaa.

Näytealojen turvekerroksen pintaosissa tapahtuvien turpeen vesipitoisuuden vaihtelujen selvittämiseksi otettiin näytealoilta viljelmänäytteiden oton yhteydessä (vrt. s. 21) turvenäytteet 0—5 ja 30—35 cm:n syvyyksiltä pinnasta lukien ja näiden kosteuspitoisuus määritettiin paino-%:na tuorepainosta kuivattaen näytteet 105° C:ssa. Saadut tulokset on esitetty taulukossa 4.

Turpeen vesipitoisuudet olivat luonnontilaisilla näytealoilla ja Ksmu:lla eri havaintokerroilla n. 80—90 %, ja erot 0—5 ja 30—35 cm:n kerrosten välillä olivat melko pienet.

Vtk:n ja Mtk:n 30—35 cm:n kerroksessa turpeen vesipitoisuus pysytteli melko tasaisesti n. 70—80 %:n välillä; sen sijaan 0—5 cm:n kerroksessa vaihtelualue oli melkoisesti laajempi, 50—95 %.

Ojitetuilla näytealoilla turpeen vesipitoisuus oli jonkin verran pienempi kuin luonnontilaisilla näytealoilla, joskin vesipitoisuuden aleneminen oli melko vähäistä. Erityisesti on merkillepantavaa, että 30—35 cm:n kerroksessa vesipitoisuuksien erot luonnontilaisten ja vastaavien ojitettujen näytealojen välillä olivat näinkin vähäiset huolimatta siitä, että pohjaveden pinta oli ojituksen vuoksi alentunut keskimäärin juuri tämän kerroksen yläpuolelta sen alapuolelle (vrt. kuva 1 s. 11).

Vesien liikkuvuus

Huikari (1953 b ja 1954) on selvittänyt kirjallisuudessa esitettyjen tietojen ja kokeellisten tutkimusten avulla hapenluovutuskyvyn merkitystä kasvupaikkatekijänä puiden menestymisen kannalta. Tällöin hän on päätynyt siihen, että kasvualustassa olevien vesien liikkuvuus on soilla primäärinen puiden menestymiseen vaikuttava tekijä, jonka kanssa korreloivia puiden menestymiseen vaikuttavia kasvualustatekijöitä on useitakin, mm. hapenluovutuskyky. Vesien liikkuvuuden hän toteaa taasen riippuvan lähinnä maan vedenläpäisykyvystä, joskin myös maanpinnan kaltevuus vaikuttaa vesien liikkuvuuteen. Näin ollen turpeen vedenläpäisevyys pystyy kuvaamaan ainakin vesien liikkumismahdollisuutta ellei liikkuvuuttakin.

Näytealoilla suoritettiin sarja turpeen vedenläpäisevyyden mittauksia sovelletulla, pohjavesikaivossa tapahtuvaan vedenpinnan nousunopeuteen perustuvalla menetelmällä (Bavel and Kirkham 1948, ss. 90—96, Evans, Kirkham and Frevert 1950, ss. 50—54, Huikari 1956). Turpeeseen kairatun, n. 11 cm:n läpimittaisen kaivon pohjaveden pintaa alennettiin 30 cm poistamalla kaivosta vettä, sen ensin asetuttua normaalikorkeuteensa. Tämän jälkeen annettiin vedenpinnan nousta 20 cm ja mitattiin tähän kulunut aika. Saadut tulokset on esitetty taulukossa 5.

Saatujen tulosten mukaan turpeen vedenläpäisevyys ja siis myös vesien liikkumismahdollisuus pienenee voimakkaasti pinnasta syvemmälle mentäessä. Erityisen selvästi tämä näkyy SRiN:lla, Ksmu:lla ja VSR:llä, joiden turve on rakenteeltaan jokseenkin homogeenista. Vtk:lla, MK:lla ja Mtk:lla sen sijaan turve näyttää vielä syvemmälläkin olevan suhteellisen hyvin vettä läpäisevää, mikä johtuu ilmeisesti turpeen sisältämistä puiden ja varpujen juurista ja jäännöksistä.

Happamuus

Näytealojen kasvualustan happamuuden ja sen havaintokauden kuluessa tapahtuvan vaihtelun selvittämiseksi suoritettiin taulukon 6 osoittamina päivinä pH-määritykset *Radiometer PHM 24* potentiometrillä lasi-KCl-elektrodiparia käyttäen 0—5 ja 30—35 cm:n syvyyksiltä. Koska puristenestettä ei voitu kaikista näytteenottokohdista saada, lietettiin näytteet

Taulukko 5. Vedenläpäisykokeissa mitattu vedenpinnan nousunopeus, pohjaveden pinnan etäisyys maanpinnasta, turvelaji ja maatumisaste.
Table 5. Rate of water rise in water permeability experiments, depth of ground water level, peat type and degree of humification.

Näyteala *Sample plot*	Nousunopeus mm/min *Rise, mm/min*	Pohjaveden etäisyys maanpinnasta, cm *Depth of ground water level, cm*	Turvelaji [1]) *Peat type* [2])	Maatumisaste (1—10) *Degree of humification (1—10)*
SRiN	9.0	8	SCt	4
	7.0	10	»	4
	0.3	25	»	5
	0.2	36	Ct	6
Ksmu	1.2	20	SCt	5
	0.2	48	Ct	7
VSR	100.0	1	CSt	2
	10.0	12	»	6
Vtk	6.3	25	SCLt	8
	4.4	45	LCSt	8
MK	5.4	25	SLt	6
	3.3	26	»	7
Mtk	5.9	30	SLt	7
	3.7	60	»	8

tislatulla vedellä ja n. 18—20 tunnin seisottamisen jälkeen suoritettiin määritys (V a h t e r a 1955, ss. 11—12). Saadut tulokset on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Turvelietteestä mitattu happamuusaste.
Table 6. Acidity of peat.

Näyteala *Sample plot*	Näytteenotto-syvyys, cm *Depth of sampling, cm*	22. 6.	25. 7.	25. 8.
		pH		
SRiN	0—5	4.6	4.3	3.7
	30—35	4.6	4.3	3.8
Ksmu	0—5	4.1	4.0	3.4
	30—35	4.4	4.2	3.8
VSR	0—5	4.5	3.9	3.4
	30—35	4.8	4.2	3.8
Vtk	0—5	4.1	3.9	3.4
	30—35	4.4	4.0	3.7
MK	0—5	4.5	4.3	3.6
	30—35	5.1	4.5	4.4
Mtk	0—5	4.3	4.0	3.6
	30—35	4.5	4.1	4.1

[1]) vrt. s. 18.
[2]) *cf. p. 18.*

Luonnontilaisilta näytealoilta 22. 6. ja 25. 7. saadut pH-lukemat vastaavat suunnilleen mm. Kotilaisen (1927) ja Kivisen (1948, ss. 91—93) lähinnä vastaaville suotyypeille esittämiä pH-arvoja; sen sijaan 25. 8. saadut lukemat ovat selvästi alhaisempia. Happamuus väheni yleensä pinnasta syvemmälle mentäessä. Ojitus näytti jonkin verran lisänneen happamuutta. Nämä havainnot ovat yhtäpitäviä mm. Lukkalan (1929, ss. 7—19) esittämien tulosten kanssa.

Kaikilla näytealoilla tapahtui selvä pH:n aleneminen havaintokauden aikana. Aleneminen oli 0—5 cm:n kerroksessa yleensä vähän suurempi kuin 30—35 cm:n kerroksessa ja samoin se oli luonnontilaisilla näytealoilla suurempi kuin ojitetuilla.

Gyllenbergin, Haniojan ja Vartiovaaran (1954, s. 8 ja s. 13) tutkimusten mukaan happamuus on kovissa metsämaissa jonkin verran lisääntynyt kesäkuusta elokuuhun ja tämän jälkeen on lokakuuhun mennessä tapahtunut happamuuden vähentymistä, joka lienee yhteydessä karikesadon ja ehkä myös kosteuden lisääntymisen ja näiden kanssa rinnakkain tapahtuvan mikrobitoiminnan aktiivisuuden nousun kanssa. Mm. Mikolan (1954, ss. 17—20) tutkimusten mukaan pH on noussut karikkeiden hajaantumisen alkuvaiheessa, ja ainakin laboratoriokokeissa se on alkanut laskea n. 3—4 kuukauden kuluttua.

Hapetus-pelkistyspotentiaalit

Hapetus-pelkistyspotentiaalien mittauksia suoritettiin näytealoilla 0—5 ja 30—35 cm:n syvyyksiltä taulukossa 7 esitettyinä päivinä. Mittaukset suoritettiin puristenesteestä *Radiometer PHM 24* potentiometrillä käyttäen platina-KCl-elektrodiparia. Mittauksissa noudatettiin pääasiassa Isotalon (1951 ss. 19—22) esittämää menetelmää ja saadut lukemat oikaistiin pH 5.0:n tasolle käyttäen Isotalon (1951, s. 19) esittämiä kaavoja. Saadut tulokset on esitetty taulukossa 7.

Starkeyn ja Wightin (1945 ss. 47—48) mukaan $E'_{h(5)} > +500$ mV merkitsee turvemailla aerobista, $E'_{h(5)} = +500$ mV — $+300$ mV osittain anaerobista ja $E'_{h(5)} < +300$ mV anaerobista kasvuympäristöä. Tämän mukaan ei mikään saaduista potentiaaliarvoista kuvastaisi selvästi anaerobisia oloja; 30—35 cm:n kerroksessa vallitsivat osittain anaerobiset olosuhteet, ja 0—5 cm:n kerroksessa taas oli kaikilla näytealoilla aerobiset olot. On kuitenkin otettava huomioon, että Starkeyn ja Wightin mittaukset on suoritettu suoraan maasta, mutta tutkimuksemme yhteydessä ei näin voitu tehdä, koska menetelmä edellyttää mittauskohdassa olevan runsaasti vettä. Puristenestettä otettaessa on siihen saattanut liueta vaihtelevia määriä happea, joten lukemia ei voine sellaisinaan verrata Starkeyn ja Wightin tuloksiin.

Taulukko 7. Puristenesteestä mitattu hapetus-pelkistyspotentiaali ja happamuusaste.

Table 7. Oxidation-reduction potentials and pH measured from liquid squeezed out.

Näyteala *Sample plot*	Näytteenotto-syvyys, cm *Depth of sampling, cm*	27. 6.		5. 8.		3. 9.	
		pH	$E'_{h(5)}$mV	pH	$E'_{h(5)}$mV	pH	$E'_{h(5)}$mV
SRiN	0—5	4.4	610	4.3	514	3.5	572
	30—35	4.3	424	4.3	424	3.6	448
Ksmu	0—5	4.3	514	3.9	571	3.3	587
	30—35	4.0	467	4.1	438	3.5	427
VSR	0—5	4.2	619	—	—	3.1	580
	30—35	4.4	460	—	—	4.2	408
Vtk	0—5	3.8	635	—	—	—	—
	30—35	[1]) —	—	—	—	—	—
MK	0—5	4.8	533	—	—	3.5	578
	30—35	4.9	400	—	—	4.0	440
Mtk	0—5	4.3	714	—	—	3.6	608
	30—35	4.5	515	—	—	—	—

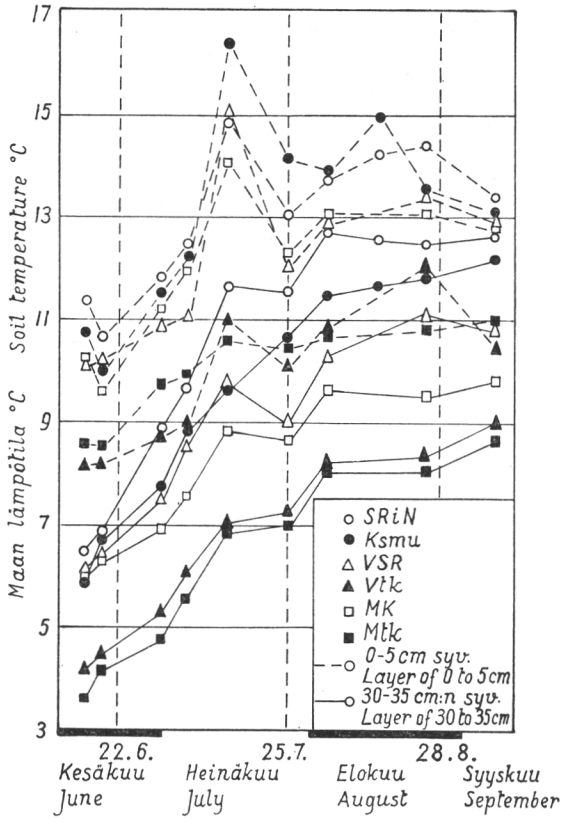
Lämpötila

Näytealojen maan lämpösuhteiden selvittämiseksi suoritettiin lämpötilanmittauksia kultakin näytealalta 0—5 ja 30—35 cm:n syvyyksiltä. Mittaukset suoritettiin paristokäyttöisellä sauvalämpömittarilla. Näytealojen turpeen lämpötilan kehitys havaintokauden aikana eri mittaussyvyyksillä on esitetty kuvassa 2.

0—5 cm:n kerroksen lämpötilat olivat havaintokauden alussa SRiN:lla, VSR:llä, Ksmu:lla ja MK:lla n. 10—11° C, josta ne kohosivat havaintokauden loppuun mennessä n. 13—15° C:een. Vtk:lla ja Mtk:lla 0—5 cm:n kerroksen lämpötilat olivat selvästi alhaisempia; havaintokauden alussa n. 8—9° C, josta ne jokseenkin tasaisesti nousivat ja olivat havaintokauden lopulla n. 10—11° C.

30—35 cm:n kerroksessa olivat SRiN:n, VSR:n, Ksmu:n ja MK:n lämpötilat havaintokauden alussa 6.0—6.5° C, josta VSR:n ja MK:n lämpötilat nousivat havaintokauden loppuun mennessä n. 10—11° C:een, SRiN:n ja Ksmu:n n. 12—13° C:een. Vtk:n ja Mtk:n lämpötilat olivat myös tässä kerroksessa selvästi muita alempia; havaintokauden alussa n. 4° C ja lopussa 8.5—9.0° C.

[1]) Puristenestettä ei voitu saada.
Liquid could not be obtained.



Kuva 2. Maan lämpötila näytealoilla havaintokauden aikana 0—5 ja 30—35 cm:n kerroksissa.

Fig. 2. Soil temperature in various sample plots during the observational period at 0 to 5 and 30 to 35 cm. layers.

Näytealojen turpeen kasvinjäännöskoostumus

Mikrobiston hajoitettavana olevan orgaanisen aineksen laadun selvittämiseksi tehtiin turvelajien määritykset, joista kuvastuu näytteenottokohtien turpeen kasvinjäännöskoostumus. Turvelajien määritykset suoritettiin mikroskooppisesti Heikuraisen ja Huikarin (1952, ss. 7—14) esittämää menetelmää käyttäen. Saadut tulokset on esitetty taulukossa 8.

SRiN:lla ja Ksmu:lla turve on melkein puhdasta saraturvetta, VSR:llä ja Vtk:lla rahka-saraturvetta ja MK:lla ja Mtk:lla puu-rahkaturvetta. Kaikilla ojitetuilla näytealoilla voidaan todeta 0—5 cm:n kerroksessa selvä muutos turpeen kasvinjäännöskoostumuksessa seurauksena ojituksen aiheuttamista kasvillisuuden muutoksista. Ksmu:lla tämä ilmenee karhunsamma-

Taulukko 8. Turpeen kasvinjäännöskoostumus ja maatumisaste.
Table 8. Composition of plant residues and degree of humification of peat.

Näyteala *Sample plot*	Näytteenotto-syvyys, cm *Depth of sampling, cm*	Turvelaji [1]) — *Peat type* [1])	Maatumisaste (1—10) *Degree of humification (1—10)*
SRiN	0—5	$NL_2\ B_2\ S_8\ C_{88}$	5
	30—35	$NL_1\ S_{10}\ C_{89}$	7
Ksmu	0—5	$Er_{10}\ S_5\ Pol_{30}\ C_{55}$	6
	30—35	$Er_2\ S_{20}\ C_{78}$	8
VSR	0—5	$B_2\ NL_5\ S_{40}\ C_{53}$	3
	30—35	$NL_{10}\ S_{40}\ C_{50}$	6
Vtk	0—5	$C_2\ S_5\ B_{12}\ NL_{81}$	7
	30—35	$C_{15}\ NL_{40}\ S_{45}$	8
MK	0—5	$C_5\ Eq_5\ NL_{20}\ S_{70}$	3
	30—35	$C_7\ NL_{28}\ S_{65}$	6
Mtk	0—5	$S_{10}\ B_{10}\ NL_{80}$	5
	30—35	$C_6\ NL_{36}\ S_{58}$	7

lien, Vtk:lla ja Mtk:lla puumaisten jäännösten osuuden lisääntymisenä. Samoin voidaan maatumisasteissa havaita vähäistä nousua ojituksen seurauksena.

Ravinteet

Kemiallisia ravinneanalyysejä varten otettiin näytteet 25. 8. ja näistä tutkittiin taulukossa 9 esitetyt vaihtuvat ravinteet ja kokonaistyppi. [2])

[1]) NL = Puiden, pensaiden ja varpujen jäännöksiä
Residues of trees, bushes and dwarf-shrubs
B = Lehtisammalien *(Bryales)* jäännöksiä
Residues of leaf mosses (Bryales)
S = Rahkasammalien *(Sphagnales)* jäännöksiä
Residues of Sphagnum mosses
C = Sarojen *(Carex)* jäännöksiä
Residues of sedges (Carex)
Pol = Karhunsammalien *(Polytrichum)* jäännöksiä
Residues of hair-cap mosses (Polytrichum)
Er = Niittyvillan *(Eriophorum vaginatum)* jäännöksiä
Residues of cotton grass (Eriophorum vaginatum)
Eq = Kortteiden *(Equisetum)* jäännöksiä
Residues of Equisetum
Alaindeksit osoittavat kunkin turvetekijän prosentuaalisen osuuden.
Index numbers show the percentages of each peat component.

[2]) Vaihtuvien ravinteiden analyysit on tehty metsäntutkimuslaitoksen maantutkimusosastolla käytössä olevien menetelmien (V i r o 1951, s. 9) mukaan, joista mainittakoon vain, että vaihtuva typpi on uutettu 0.5-n KCl-liuoksella, muut NH_4CH_3COO-liuoksella (pH = 4.65). Kokonaistyppi on määritetty Kjeldahl'in menetelmällä.

Taulukko 9. Kokonaistypen ja vaihtuvien ravinteiden pitoisuus.

Table 9. Contents of total nitrogen and exchangeable nutrients.

Näyteala *Sample plot*	Näytteenottosyvyys, cm *Depth of sampling, cm*	Kokonaistyppi, % ilmakuivasta turpeesta *Total nitrogen, % of air-dry peat*	NO_2- + NO_3- N	NH_4- N	CaO	MgO	P_2O_5	K_2O	Na_2O
			mg 100 g:ssa ilmakuivaa turvetta mg per 100 gr of air-dry peat						
SRiN	0—5	2.14	6.7	23.3	170.0	60.9	13.9	39.0	48.0
	30—35	1.43	3.1	32.7	168.7	67.1	2.4	9.0	39.0
Ksmu ...	0—5	1.68	23.0	24.8	159.6	51.0	14.5	24.0	34.8
	30—35	1.28	7.1	57.4	153.7	76.2	3.8	9.9	45.6
VSR	0—5	1.34	9.0	25.3	128.3	64.8	19.1	91.0	48.0
	30—35	1.85	4.5	12.8	139.2	45.1	4.1	13.8	26.4
Vtk	0—5	1.60	9.4	29.2	207.0	83.4	13.3	71.4	26.4
	30—35	1.72	5.1	10.6	47.1	12.3	3.5	6.0	26.4
MK	0—5	1.30	8.9	34.0	351.0	142.2	10.9	94.2	61.2
	30—35	1.66	3.3	18.0	195.7	46.2	2.4	9.0	44.4
Mtk	0—5	1.10	7.9	27.7	308.0	73.2	34.5	71.4	33.0
	30—35	1.46	3.0	16.7	231.5	55.2	3.2	5.4	25.8

Analyysien tuloksissa huomio kiinnittyy erityisesti siihen, että vaihtuvien ravinteiden määrä oli muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta yleensä 0—5 cm:n kerroksessa suurempi kuin 30—35 cm:n kerroksessa. Näyttää siis ilmeiseltä, että 0—5 cm:n kerros muodostaisi ravinteiden puolesta yleensä mikrobeille edullisemman kasvuympäristön kuin 30—35 cm:n kerros, ja myös ravinteiden mobilisaatio tapahtuisi vilkkaammin 0—5 cm:n kerroksessa kuin 30—35 cm:n kerroksessa. Vahteran (1955, ss. 59—64) tulosten mukaan kalkin ja magnesian kokonaispitoisuudet kasvavat yleensä pinnasta syvemmälle mentäessä ja samoin maatumisasteen kasvaessa. Sen sijaan fosforia ja kalia on useimmiten runsaimmin pintakerroksessa. Tämä on mahdollista siitä syystä, että huomattava osa fosforista ja kalista on elävissä kasveissa suhteellisen helposti mobilisoituvassa muodossa ja voi heti kasvien kuoltua vapautua kasveille käyttökelpoiseen muotoon (Waksman 1931, s. 651 ja Vahtera 1955, ss. 69—71), ja siten elävä kasvillisuus pidättää läheisyydessään fosfori- ja kalivarastoja. Myös vaikealiukoisten fosforiyhdisteiden mikrobielli mobilisaatio tapahtunee pääasiassa pintakerroksessa (Vahtera 1955, s. 70). Turpeiden sisältämä kali on yleensä varsin helppoliukoisessa muodossa, joten kasvit voivat käyttää sen hyvin tarkkaan (Kivinen 1948, ss. 122—123).

Taulukko 10. Kasvien juuristojen jakaantuminen syvyyskerroksiin.

Table 10. Distribution of plant root systems into different depths.

Näyteala *Sample plot*	Syvyyskerros, cm *Layer of depth, cm*	Puiden *Trees*	Varpujen *Dwarf-shrubs*	Muiden *Herbs and grasses*	Yhteensä *Total*	%
		juurien määrä m/m² *Total length of roots m/m²*				
	0—10	3	67	2 716	2 786	97.9
SRiN	10—20	—	22	35	57	2.1
	20—30	—	—	—	—	—
	0—10	111	182	30	323	59.0
Ksmu ...	10—20	68	82	54	204	37.3
	20—30	—	—	20	20	3.7
	0—10	179	141	877	1 197	96.3
VSR	10—20	12	23	8	43	3.5
	20—30	—	—	3	3	0.2
	0—10	2 020	265	60	2 345	53.2
Vtk	10—20	1 571	55	40	1 666	37.8
	20—30	395	—	—	395	9.0
	0—10	1 668	332	34	2 034	63.5
MK	10—20	785	185	60	1 030	32.5
	20—30	—	128	—	128	4.0
	0—10	1 756	744	34	2 534	69.6
Mtk	10—20	783	140	21	944	25.9
	20—30	165	—	—	165	4.5

Juuristot

Kasvien ritsosfäärillä on huomattava vaikutus mikrobien, erityisesti bakteerien lukumääriin. Gyllenbergin (1955, ss. 646—651) tutkimusten mukaan on eräiden heinäkasvien ritsosfäärissä bakteerien määrä 11—31 kertaa suurempi kuin ritsosfäärin ulkopuolella olevassa maassa. Tästä syystä otettiin kasvien juuristojen ja siis myös ritsosfäärivaikutuksen jakaantumisen selvittämiseksi turvenäytteet juuristotutkimuksia varten 0—10, 10—20 ja 20—30 cm:n syvyyksiltä. Näytteet otettiin 1 dm³:n suuruisina (Heikurainen 1955, ss. 14—16 ja s. 23) 28. 8. ja niistä tutkittiin juurien määrä eri kerroksissa (Heikurainen 1955, s. 18) luokitellen juuret ryhmiin: puiden juuret, varpujen juuret ja muut juuret. Saadut tulokset on esitetty taulukossa 10.

Tuloksista nähdään, että valtaosa kasvien juurista keskittyi 0—20 cm:n kerrokseen ja tässäkin pääasiassa 0—10 cm:n kerrokseen. SRiN:lla juuria ei ollut lainkaan 20—30 cm:n kerroksessa ja muillakin näytealoilla juurien määrä oli mainitussa kerroksessa varsin vähäinen. Puiden juurien alarajana oli SRiN:lla suunnilleen 10 cm, Ksmu:lla, VSR:llä ja MK:lla 20 cm, Vtk:lla ja Mtk:lla puiden juuria sen sijaan esiintyi vielä 20—30 cm:n kerroksessakin.

Mikrobisto

Näytealojen mikrobistoon kohdistuvien tutkimusten tarkoituksena oli selvittää eräiden fysiologisten mikrobiryhmien lähinnä kvalitatiivista esiintymistä näytealoilla ja samalla saada kokemusta siitä, miten eräät pääasiassa ns. kovilla mailla käytetyt mikrobiston tutkimusmenetelmät soveltuvat suomikrobiston selvittelyyn. Kun suoraan mikroskopointiin perustuvat menetelmät ovat osoittautuneet ilmeisen epävarmoiksi (Gyllenberg, Hanioja ja Vartiovaara 1954, [1]) s. 13) ja tutkimus kohdistettiin lähinnä fysiologisiin ryhmiin, käytettiin ainoastaan viljelymenetelmiä. Vastaavanlaisiin Suomessa suoritettuihin maamikrobiologisiin tutkimuksiin nähden edes metodiikan puolesta vertailukelpoisten tulosten saamiseksi käytettiin pääasiallisesti samoja metodeja kuin Gyllenberg ym. (1954) ovat käyttäneet. Tutkimuksessa käytetyt menetelmät selostetaan myöhemmin asianomaisen mikrobiryhmän käsittelyn yhteydessä.

Viljelytutkimuksia varten otettiin 22. 6., 25. 7. ja 25. 8. kultakin näytealalta 5 × 20 × 20 cm:n suuruiset turvenäytteet, joista sekoittamisen jälkeen otettiin n. 100 g:n suuruinen näyte viljelytutkimuksiin. Näytteet otettiin kultakin näytealalta pinnasta lukien 0—5 cm:n ja 30—35 cm:n kerroksista. Samasta näytteestä erotettiin osa turpeen kosteuspitoisuuden määrittämistä varten (vrt. s. 12). Näitä näytteenottosyvyyksiä käytettiin siitä syystä, että mm. Huikarin (1953 a, ss. 9—15) tutkimukset osoittavat ojituksen vaikutuksen ulottuneen hänen tutkimillaan tyypeillä kapeallakin saralla (35 m) vain 0—10 cm:n kerrokseen ja jo 30 cm:n syvyydellä voidaan mikrobiston katsoa olevan muuttumatonta. Useampia näytteenottosyvyyksiä ei voitu tämän tutkimuksen yhteydessä käyttää, koska tutkittavien näytteiden lukumäärä olisi tällöin noussut kovin suureksi.

Homesienet

Hagem-agarilla kasvavat sienet

Näytealojen sieniflooraan kohdistuvissa tutkimuksissa käytettiin tavallista maljalaimennusmenetelmää ja ns. Chestersin putkimenetelmää (vrt. Gyllenberg ym. 1954, s. 13), joissa kummassakin käytettiin ravintoalustana ns. Hagem-agaria (Mikola 1955, s. 6).

Maaperän sienten viljelyssä varsin yleisesti käytetyllä Hagem-agarilla kasvavat sienet eivät muodosta varsinaisesti mitään tiettyjä kykyjä omaavaa fysiologista ryhmää, ja useat tällä alustalla ehkä runsainakin esiintyvät

[1]) Julkaisusta Gyllenberg, Hanioja ja Vartiovaara (1954) käytämme tästä lähtien lyhennysmerkintää Gyllenberg ym. (1954).

Taulukko 11. Homesienten suhteellinen runsaus ja lajien lukumäärä.
Table 11. Relative abundance of fungi and number of species.

Näyteala *Sample plot*	Näytteenotto-syvyys, cm *Depth of sampling, cm*	22. 6.		25. 7.		25. 8.	
		Runsaus *Abundance*	Lajeja *Number of species*	Runsaus *Abundance*	Lajeja *Number of species*	Runsaus *Abundance*	Lajeja *Number of species*
SRiN	0—5	+	3	+	4	+	3
	30—35	—	0	—	0	—	0
Ksmu	0—5	++	8	+	5	++	5
	30—35	+	2	—	0	—	0
VSR	0—5	+++	7	++	4	++	5
	30—35	+	3	+	1	+	2
Vtk	0—5	++++	9	+++	7	+++	6
	30—35	+	3	+	4	+	4
MK	0—5	+	5	+++	6	+++	5
	30—35	+	3	+	4	+	2
Mtk	0—5	+++	7	+++	4	+++	6
	30—35	++	3	+	4	+	3

lajit saattavat olla varsin vähämerkityksisiä nimenomaan kasvinjäännösten hajoittajina. Tämän tutkimuksen yhteydessä mainittua alustaa käytettiin »yleis»-sieniflooran ja nimenomaan sienten eri syvyyksissä esiintymisen selvittämiseksi.

Vaikka sienten lukumäärän laskeminen maljalaimennusviljelmistä onkin epävarmaa (Vartiovaara 1935, ss. 9—10), on taulukossa 11 jonkinlaisen kuvan saamiseksi sieniflooran runsaussuhteista esitetty sienten suhteellinen runsaus pääkolonioiden mukaan laskettuna ja viljelmissä kullakin kerralla esiintyneiden lajien lukumäärä.

Taulukosta havaitaan, että sienten suhteellinen runsaus ja myös lajien lukumäärä oli kaikilla näytealoilla 0—5 cm:n kerroksessa selvästi suurempi kuin 30—35 cm:n kerroksessa. SRiN:lla ja Ksmu:lla sienet puuttuivat 30—35 cm:n kerroksesta ja VSR:llä ja MK:lla niiden runsaus näytti olevan 30—35 cm:n kerroksessa pienempi kuin vastaavilla ojitetuilla näytealoilla Vtk:lla ja Mtk:lla. Runsaimmin sieniä esiintyi Vtk:n ja Mtk:n ja melkein yhtä paljon VSR:n ja MK:n 0—5 cm:n kerroksessa.

Useimmat esiintyneistä sienilajeista olivat *Penicillium*-, *Mortierella*- ja *Mucor*-lajeja. Tarkasteltaessa eri lajien esiintymistä eri näytealoilla voitiin todeta, että eräät lajit olivat tyypillisiä SRiN:lle, Ksmu:lle ja VSR:lle, toiset taas mm. *Mucor*-lajit olivat tyypillisiä Vtk:lle, MK:lle ja Mtk:lle.

Chestersin putkimenetelmällä, jota pidetään varsin käyttökelpoisena maassa kulloinkin vallitsevina esiintyvien sienten eristämisessä (Gyllen-

Taulukko 12. Selluloosaa hajoittavien sienten suhteellinen runsaus ja lajien lukumäärä.

Table 12. Relative abundance of cellulose-decomposing fungi and number of species.

Näyteala *Sample plot*	Näytteenotto-syvyys, cm *Depth of sampling, cm*	22. 6.		25. 7.		25. 8.	
		Runsaus *Abundance*	Lajeja *Number of species*	Runsaus *Abundance*	Lajeja *Number of species*	Runsaus *Abundance*	Lajeja *Number of species*
SRiN	0—5	++	4	++	4	+	3
	30—35	—	0	+	1	—	0
Ksmu	0—5	++	3	++	2	++	3
	30—35	—	0	+	1	+	1
VSR	0—5	++	2	++	4	++	3
	30—35	++	2	+	1	++	2
Vtk	0—5	++++	5	+++	5	+++	4
	30—35	+++	2	++	3	++	2
MK	0—5	++	4	+++	6	+++	6
	30—35	++	2	+	2	+	2
Mtk	0—5	++++	4	++++	5	+++	5
	30—35	+++	3	+	4	++	3

b e r g ym. 1954, s. 10), saatiin esille juuri samoja *Penicillium*- ja *Mucor*-lajeja, jotka esiintyivät maljalaimennusviljelmissäkin kullakin näytealalla vallitsevina.

S e l l u l o o s a a h a j o i t t a v a t s i e n e t

Selluloosaa hajoittavan sieniflooran tutkimisessa käytettiin C u n n i n g h a m i n (1947, s. 170) esittämää maljaviljelymenetelmää. Esiintyneiden sienilajien selluloosanhajoituskyvyn tarkistaminen suoritettiin selluloosasuikaleilla koeputkissa.

Maljaviljelmille kasvaneiden sienten suhteellinen runsaus pääkolonioiden mukaan laskettuna ja lajien lukumäärä näytealoittain ja eri näytteenottokerroilla on esitetty taulukossa 12.

Sekä lajien lukumäärä että sienten suhteellinen runsaus olivat kaikilla näytealoilla 0—5 cm:n kerroksessa selvästi suuremmat kuin 30—35 cm:n kerroksessa. Runsaimmin sieniä esiintyi Vtk:n, MK:n ja Mtk:n 0—5 cm:n kerroksessa, mutta melko runsaasti myös näiden näytealojen 30—35 cm:n kerroksessa. Vähiten niitä oli SRiN:n ja Ksmu:n 30—35 cm:n kerroksessa.

Selluloosa-alustalla esiintyneet sienet olivat valtaosaltaan samoja lajeja kuin Hagem-agarilla esiintyneet, mutta niiden selluloosanhajoituskyky osoittautui kuitenkin varsin vähäiseksi. Näiden lisäksi esiintyi eräitä *Dematiaceae-*

heimoon kuuluvia lajeja, jotka puhdasviljelmissä osoittautuivat tehokkaimmiksi selluloosan hajoittajiksi.

Kuten jo Hagem-agarilla kasvaneita sieniä käsiteltäessä (s. 22) todettiin, näyttivät SRiN, Ksmu ja VSR ja toisaalta Vtk, MK ja Mtk muodostavan sellaiset suotyyppien ryhmät, joille on ominaista yhteisten lajien esiintyminen. Samanlainen havainto tehtiin myös selluloosaa hajoittavien sienten suhteen.

Edelleen voidaan yhteenvetona homesieniin kohdistuneista tutkimuksista mainita, että näytealoilla oli melko lajirikas sienifloora, joka keskittyi pääasiassa turpeen pintakerrokseen. SRiN:lla ja Ksmu:lla sieniä esiintyi hyvin niukasti 30—35 cm:n kerroksessa, mutta sen sijaan muilla näytealoilla niitä esiintyi jonkin verran tässäkin kerroksessa. Mitään selvää ojituksen aiheuttamaa sienifloran runsauden lisääntymistä ei enää 30—35 cm:n kerroksessa voitu tämän tutkimuksen tulosten perusteella näytealoilla havaita. Samanlaiseen tulokseen on mm. Huikari (1953 a, s. 9) tullut tutkiessaan rimpinevojen ja isovarpuisten rämeiden pieneliöstöjä. Myös Waksmanin (1931, ss. 657—658) mukaan sieniä esiintyy pääasiassa vain suon pintakerroksessa ja niiden määrä alenee jyrkästi jo 30 cm:n syvyydelle mentäessä (vrt. myös Waksman and Purvis 1932, ss. 101—105).

Bakteerit

Aerobisten bakteerien kokonaismäärät

Aerobisten bakteerien kokonaismääriä näytealoilla tutkittiin maljalaimennusmenetelmällä käyttäen alustana maauuteagaria [1]) (Lochhead and Thexton 1952, s. 219). Suksessiivisiin laimennussarjoihin kasvaneiden pesäkkeiden lukumäärien mukaan esiintyi aerobisia bakteereita taulukon 13 osoittamat määrät.

Taulukon lukujen mukaan bakteerien määrät vaihtelivat 1 000—1 900 000 kpl turvegrammaa kohti ja olivat poikkeuksetta 0—5 cm:n kerroksessa huomattavasti suuremmat kuin 30—35 cm:n kerroksessa.

Ensimmäisellä näytteenottokerralla (22. 6.) saadut lukumäärät viittaavat siihen, että runsaspuustoisimmilla näytealoilla VSR:llä, Vtk:lla, Mk:lla ja Mtk:lla esiintyisi bakteereita 0—5 cm:n kerroksessa runsaammin kuin vähäpuustoisilla näytealoilla SRiN:lla ja Ksmu:lla, mutta seuraavilla kerroilla ei sanottavia eroja enää esiintynyt. 30—35 cm:n kerroksessa bakteerien määrissä ei voida vastaavaa todeta, ainoastaan SRiN:lla oli bakteerien määrä tässä kerroksessa huomattavasti alhaisempi kuin muilla näytealoilla.

---

[1]) Maauute valmistettiin autoklavisoimalla 1 kg turvetta 2 l:ssa vettä, lisättiin 0.1 % $CaCO_3$ ja suodatettiin.

Taulukko 13. Aerobisten bakteerien kokonaismäärä.

Table 13. Total numbers of aerobic bacteria.

Näyteala *Sample plot*	Näytteenotto-syvyys, cm *Depth of sampling, cm*	22. 6.	25. 7.	25. 8.
		Bakteeripesäkkeiden lukumäärä 1 g:ssa kuivaa turvetta *Number of bacteria per 1 gr. of dry peat*		
SRiN	0—5	340 000	900 000	700 000
	30—35	6 000	1 000	4 000
Ksmu	0—5	470 000	1 100 000	950 000
	30—35	65 000	55 000	75 000
VSR	0—5	800 000	650 000	750 000
	30—35	145 000	110 000	160 000
Vtk	0—5	700 000	1 250 000	1 400 000
	30—35	23 000	20 000	17 000
MK	0—5	600 000	1 000 000	750 000
	30—35	90 000	50 000	70 000
Mtk	0—5	1 300 000	1 900 000	1 600 000
	30—35	40 000	16 000	23 000

0—5 cm:n kerroksessa bakteerimäärät nousivat jonkin verran 22. 6.—25. 7. välisenä aikana kaikilla muilla näytealoilla paitsi VSR:llä, ja alenivat 25. 7.—25. 8. välisenä aikana muilla paitsi VSR:llä. Bakteerien lukumäärien nousun voitaneen olettaa olleen yhteydessä juuri samaan aikaan tapahtuneen lämpötilojen nousun kanssa (kuva 2, s. 17), ja laskun saattoi aiheuttaa pitkällinen, tällä aikavälillä vallinnut poutakausi (kuva 1, s. 11). Mm. W a k s m a n (1931, ss. 28—29) mainitsee, että pitkäaikaiset kuivat kaudet saattavat huomattavastikin alentaa bakteerien määriä maassa.

30—35 cm:n kerroksessa bakteerien määrät vastaavasti ensin hieman alenivat ja sitten nousivat lukuun ottamatta Vtk:ta, jolla molemmilla kerroilla tapahtui laskua. Erot ovat kuitenkin niin vähäiset, että määrien voidaan katsoa olleen eri kerroilla jokseenkin samansuuruisia.

Verrattaessa bakteerien määriä samanaikaisiin happamuuden muutoksiin (taulukko 6, s. 14) ei korrelaatiota voida osoittaa. G y l l e n b e r g i n ym. (1954, s. 8 ja s. 13) toteaman, elokuusta lokakuuhun mennessä tapahtuneen happamuuden vähentymisen ja samanaikaisen bakteerien määrien nousun tapaista riippuvuutta ei esiinny, mikä johtuu ilmeisesti siitä, että tämä tapahtuu vasta myöhemmin karikesadon maahan tulon yhteydessä.

Verrattaessa keskenään luonnontilaisia ja vastaavia ojitettuja näytealoja voidaan havaita, että ojitetuilta näytealoilta saadut bakteerien määrät ovat 0—5 cm:n kerroksessa yleensä jonkin verran suuremmat kuin luonnontilaisilla; 30—35 cm:n kerroksessa suhde on päinvastainen SRiN:a ja Ksmu:a lukuun ottamatta.

Kuten jo sivulla 20 mainittiin, on bakteerien määrien todettu olevan kasvien ritsosfäärissä huomattavasti suuremman kuin tämän ulkopuolella olevassa maassa (mm. Gyllenberg 1955, ss. 646—648). Verrattaessa tämän tutkimuksen yhteydessä saatuja bakteerien määriä taulukossa 10 (s. 20) esitettyihin juuristomääritysten tuloksiin voidaan havaita, että molempien määrät olivat 0—5 cm:n kerroksessa huomattavasti suuremmat kuin 30—35 cm:n kerroksessa. On tietysti hyvin vaikeata erottaa, minkä verran tässä oli varsinaista ritsosfäärivaikutusta ja minkä verran juuristojen ja aerobisten bakteerien menestymiseen vaikuttavien ympäristötekijöiden syvyyssuunnassa ilmenevän muuttumisen vaikutusta.

Selluloosaa hajoittavat aerobiset bakteerit

Tähän ryhmään kuuluvia bakteereita tutkittiin Cunninghamin (1947, s. 168) esittämällä menetelmällä.

Kuten jo näytealoilla suoritettujen pH-mittausten tulosten perusteella saattoi odottaakin, esiintyi selluloosaa hajoittavia bakteereita varsin niukasti, sillä useimmat aerobisista selluloosaa hajoittavista bakteereista viihtyvät huonosti näin happamessa ympäristössä.

Selluloosaa hajoittavia bakteereita esiintyi SRiN:lla, Ksmu:lla ja VSR:llä vain 0—5 cm:n kerroksessa ja tässäkin hyvin vähän. Vtk:lla, MK:lla ja Mtk:lla niitä esiintyi 0—5 cm:n kerroksessa selvästi runsaammin kuin edellisillä näytealoilla ja jonkin verran myös 30—35 cm:n kerroksessa. Mikroskopoitaessa ne osoittautuivat *limabakteereiksi*.

Gyllenberg ym. (1954, s. 18) ovat havainneet limabakteereita esiintyneen kaikissa tutkimissaan maanäytteissä ja toteavatkin bakteerien suorittaman selluloosan hajoituksen olevan happamissa maissa ilmeisesti pääasiassa laajalla pH-alueella viihtyvien limabakteerien varassa, joiden esiintymisestä kosteissa metsämaissa ja soissa mainitsee myös Waksman (1931, s. 154).

Vapaana elävät typpeä sitovat bakteerit

Koska näytealojen kasvualusta oli varsin hapan (vrt. s. 14), oli syytä olettaa, että atsotobakteereja, jotka esim. Waksmanin (1931, s. 112) mukaan eivät tule toimeen pH 6.0:n alapuolella, ei tavattaisi näytealoilla. Tätä käsitystä tukee myös se, että Gyllenberg ym. (1954, s. 16) eivät tavanneet millään tutkimallaan tyypillä atsotobakteereita.

Käsillä olevassa tutkimuksessa pyrittiin ainoastaan *Clostridium pasteurianumin* esiintymisen selvittämiseen ja tässä käytettiin Winogradskyn (Waksman 1931, s. 103) esittämää ravintoliuosta, johon vielä lisättiin 0.1 % agaria käymiskuplien toteamisen helpottamiseksi. Käymistä

ja kasvua voitiin havaita kaikilla näytteillä siirrostetuissa koepulloissa ja mikroskooppisessa tarkastelussa todettiin kaikissa pulloissa *Clostridium pasteurianumin* tyyppisten (Waksman 1931, s. 105) bakteerien esiintyminen.

Sekä Svinhufvud (1937, s. 37) että Gyllenberg ym. (1954, s. 16) ovat havainneet *Cl. pasteurianumin* esiintyneen kaikilla tutkimillaan tyypeillä, ja sen on muuallakin todettu esiintyvän varsin yleisesti sellaisissa maissa, joiden pH on atsotobakteerien kasvun pH-rajan alapuolella (Waksman 1931, s. 35, ss. 106—107 ja ss. 672—673).

Nitrifioivat bakteerit

Nitrifikaatiota aiheuttavien bakteerien esiintymistä näytteissä tutkittiin käyttäen Meiklejohnin (1950, s. 187) esittämää rikastusviljelmäliuosta.

Nitrifioivia bakteereita ei voitu todeta millään näytealalla ja kasvualustan suuren happamuuden (s. 14) voidaankin olettaa vaikeuttavan suuresti nitrifioivien bakteerien menestymistä (Waksman and Starkey 1950, s. 138).

Waksmanin (1931, ss. 685—689) mukaan nitrifioivia bakteereita esiintyy myös melko happamissa metsämaissa, niiden määrän vaihdellessa kuitenkin monien tekijäin kuten pH:n, ilmanvaihdon, kosteuden, valon, maatyypin, kasvillisuuden, vuodenajan jne. mukaan. Gyllenberg ym. (1954, s. 16) ovat todenneet nitrifioivien bakteerien esiintymistä tutkimistaan tyypeistä ainoastaan tulvaniityllä, jonka pH oli selvästi muita korkeampi, ja he päättelevätkin niiden puuttumisen muilta näytealoilta johtuvan maiden korkeasta vetyionikonsentraatiosta.

Sivulla 19 esitetyt kemiallisten analyysien tulokset osoittavat puolestaan, että tämänkin tutkimuksen näytealoilla oli nitraattityppeä jonkin verran ja poikkeuksetta 0—5 cm:n kerroksessa selvästi enemmän kuin 30—35 cm:n kerroksessa, mikä tulos viittaisi ilmeisesti siihen, että nitraatin muodostusta tapahtuu ja varsinkin turpeen pintakerroksessa. Typen mobilisoituminen tapahtunee kuitenkin happamissa soissa, joissa happamuus rajoittaa nitrifioivien bakteerien toimintaa, enimmäkseen ammoniakkimuotoon pysähtyen (Waksman 1931, Isotalo 1951, s. 42 ja Kivinen 1954) ja tähän viittaavat myös kemiallisten analyysien tulokset tämän tutkimuksen yhteydessä (s. 19).

Kivisen (1954, ss. 37—41) mukaan on eri turvelajeja vertailevissa muhituskokeissa voitu todeta eroja eri turvelajien typen mobilisaatiossa. Kokeiden tulokset osoittavat, että erityisesti happamuudella on nitrifikaatiota rajoittava vaikutus ja varsinkin alkuaan happamien rahkaturpeiden kalkitus on edistänyt nitrifikaatiota.

Nitraattia pelkistävät organismit

Mikrobien nitraatin kulutus voidaan Waksmanin (1931, s. 476) mukaan jakaa kolmeen ryhmään: 1) nitraatin käyttö sellaisenaan typen lähteenä, 2) nitraatin pelkistäminen nitriitiksi ja ammoniaksi nitraatin assimilaation yhteydessä ja 3) nitraatin käyttö hapen lähteenä.

Waksmanin (1931, s. 477) mukaan varsinaiseksi *denitrifikaatioksi* olisi luettava sellaiset nitraatin pelkistysprosessit, joissa muodostuu kaasumaista typpeä ja typen oksideja ja siis tapahtuu typen häviötä; muut nitraattia kuluttavat prosessit olisi luettava *nitraatin assimilaatioon* (»nitrate assimilation») ja *nitraatin pelkistykseen* (»nitrate reduction») kuuluviksi (vrt. myös Waksman and Starkey 1950, ss. 147—150).

Nitraattia pelkistävien organismien esiintymistä näytealoilla tutkittiin käyttäen alustana Giltayn liuosta (Löhnis 1920, s. 120).

Kaikissa näytteissä esiintyi runsaasti nitraattia nitriitiksi ja ammoniakiksi pelkistäviä organismeja. Kaasunmuodostusta ei esiintynyt lainkaan, ja tämä viittaa siihen, että varsinaisen denitrifikaation piiriin luettavia nitraatin pelkistysprosesseja ei olisi tapahtunut. Näytealojen kasvualustan happamuus saattaa rajoittaa myös denitrifioivien bakteerien menestymistä, sillä mm. Waksmanin (1931, s. 485) mukaan jo pH 5.2—5.8 hidastaa suuresti niiden kasvua. Juuri happamissa soissa on voitu todeta typen häviötä denitrifikaation muodossa seurauksena kalkituksesta (Waksman 1931, s. 485 ja s. 660 ja Kivinen 1954, s. 36), joka aiheuttaa lähinnä happamuuden vähentymistä.

Gyllenbergin ym. (1954, s. 8 ja ss. 16—17) tutkimilla tyypeillä on kaikilla esiintynyt nitraattia nitriitiksi pelkistäviä organismeja, mutta kaasunmuodostusta ainoastaan tulvaniityllä, jonka pH on vaihdellut 5.2:sta 6.1:een.

Rikkiä ja tiosulfaattia hapettavat bakteerit

Maassa esiintyy sekä fysiologisilta että morfologisilta ominaisuuksiltaan varsin heterogeeninen ryhmä organismeja, jotka hapettavat sulfideja, elementaarista rikkiä ja tiosulfaattia (Waksman 1931, s. 77). Voimakkaimmin pystyvät rikkiä ja sen mainittuja yhdisteitä hapettamaan autotrofiset rikkibakteerit, mutta näiden lisäksi aiheuttavat hidasta rikin hapetusta myös monet heterotrofiset organismit kuten eräät sienet ja bakteerit, sekä puhtaasti kemialliset hapettumisreaktiot (Waksman 1931, ss. 527—528 ja Waksman and Starkey 1950, s. 171).

Elementaarista rikkiä hapettavien bakteerien esiintymistä tutkittaessa käytettiin Waksmanin (1931, s. 87) esittämää ravintoliuosta.

Taulukko 14. Tiosulfaatin hapetuksen suhteellinen voimakkuus eri näytteillä siirrostetuissa viljelmissä.

Table 14. Relative degree of oxidation of thiosulphate in media inoculated from various samples.

Näyteala *Sample plot*	Näytteenotto-syvyys, cm *Depth of sampling, cm*	22. 6.	25. 7.	25. 8.
		Tiosulfaatin hapetusta *Oxidation of thiosulphate*		
SRiN	0—5	+	++	+++
	30—35	+	—	+
Ksmu	0—5	++	++	+++
	30—35	+	—	±
VSR	0—5	++	+++	++++
	30—35	++	+	+++
Vtk	0—5	++++	++	+++
	30—35	+++	±	+
MK	0—5	+	+	+++
	30—35	+	±	+
Mtk	0—5	+	+	+++
	30—35	+	—	±

Rikin hapetusta viljelmissä tutkittiin määrittämällä loppu-pH ja titraamalla 20 ml liuosta 0.05-n NaOH:lla (Waksman 1931, s. 533).

Selvää elementaarisen rikin hapetusta ei esiintynyt millään näytteellä siirrostetuissa koepulloissa, ainoastaan VSR:n ja MK:n 0—5 cm:n kerroksen näytteillä siirrostetuissa viljelmissä voitiin yhdellä näytteenottokerralla todeta hyvin vähäistä rikin hapetusta.

Gyllenberg ym. (1954, s. 17) ovat todenneet rikin hapetusta tutkimistaan tyypeistä ainoastaan tulvaniityllä ja lisäksi soistuvalla OMT:llä, ja he mainitsevat tuloksen olevan yllättävän sikäli, että rikkiä hapettava *Thiobacillus thiooxidans* on hapanta reaktiota suosiva (Waksman 1931, s. 534) ja päättelevät muidenkin tekijäin kuin vetyionikonsentraation, lähinnä kosteuden ja hapetuspelkistysasteen, vaikuttavan *Th. thiooxidansin* esiintymiseen. Samaan suuntaan viittaisivat myös tämän tutkimuksen tulokset.

Tiosulfaattia hapettavien bakteerien esiintymistä tutkittiin käyttäen Waksmanin (1931, s. 88) esittämää ravintoliuosta. Tiosulfaatin hapetusta viljelmissä tutkittiin määrittämällä loppu-pH ja titraamalla 20 ml liuosta 0.1-n jodiliuoksella (Allen 1949, ss. 37—39). Saadut tulokset on esitetty taulukossa 14.

Taulukosta voidaan todeta, että tiosulfaatin hapetus oli yleensä 0—5 cm:n kerroksen näytteillä siirrostetuissa koepulloissa suurempi kuin 30—35

cm:n kerroksen näytteillä siirrostetuissa. Tämä osoittaa, että tiosulfaattia hapettavia bakteereita esiintyi 0—5 cm:n kerroksessa enemmän kuin 30—35 cm:n kerroksessa, mikä tulos tuntuukin luonnolliselta, koska tiosulfaatin hapetus vaatii runsaasti happea.

Gyllenberg ym. (1954, s. 17) ovat todenneet tiosulfaattia hapettavia organismeja kaikilla tutkimillaan tyypeillä, mutta he mainitsevat neutraalia reaktiota suosivan (Waksman 1931, s. 98) *Th. thioparusin* esiintymisen niinkin happamessa ympäristössä olevan epätodennäköistä, joten tiosulfaatin hapetuksen lienevät suorittaneet muut rikkibakteerit.

Myöskään käsillä olevan tutkimuksen yhteydessä ei selvitetty, mitkä organismit tiosulfaatin hapetusta suorittivat.

Sulfaattia pelkistävät bakteerit

Eräät heterotrofiset bakteerit kykenevät pelkistämään sulfaatteja ja myös eräitä muita happirikkaita epäorgaanisia rikkiyhdisteitä, jolloin mm. sulfaattien, tiosulfaattien ja polytionaattien pelkistyessä on voitu todeta syntyvän rikkivetyä (Waksman 1931, ss. 160—161 ja s. 489). Tämän työn yhteydessä tutkittiin sulfaattia pelkistävien bakteerien esiintymistä 25. 7. ja 25. 8. otetuista näytteistä käyttäen Butlinin, Adamsin ja Thomasin (1949, s. 49) esittämää ravintoliuosta B.

Sulfaatin pelkistystä viljelmissä tutkittiin määrittämällä loppu-pH sekä liukenevien sulfidien määrä titraamalla liuokseen lisätyn 0.1-n jodiliuoksen ylimäärä 0.1-n $Na_2S_2O_3$-liuoksella (Allen 1949, ss. 43—44). H_2S:n muodostuminen todettiin lyijyasetaattipaperilla. Saadut tulokset on esitetty taulukossa 15.

Taulukosta havaitaan sulfaattia pelkistäviä bakteereita esiintyneen kaikissa näytteissä. Niiden selvää keskittymistä jompaan kumpaan kerrokseen ei voida todeta, joskin MK:lla ja Mtk:lla niitä näyttää esiintyneen runsaammin 30—35 kuin 0—5 cm:n kerroksessa.

Gyllenberg ym. (1954, s. 17) ovat todenneet sulfaatin pelkistystä aiheuttavia bakteereita kaikilla tutkimillaan tyypeillä.

Sädesienet

Sädesienten esiintymistä näytealoilla tutkittiin sekä maauuteagarilla aerobisten bakteerien kokonaismäärien tutkimuksen yhteydessä (s. 24) että käyttäen Czapekin agaria (Waksman 1931, s. 226). Näistä osoittautui maauuteagar selvästi paremmaksi sädesienten kasvatusalustana kuin Czapekin agar.

Sädesieniä esiintyi ainoastaan VSR:n, Vtk:n, MK:n ja Mtk:n 0—5 cm:n kerroksessa ja näissäkin varsin niukasti. Mikroskopoitaessa ne osoittautui-

Taulukko 15. Sulfaatin pelkistymistulosten suhteellinen runsaus eri näytteillä siirrostetuissa viljelmissä.

Table 15. Occurrence of sulphate reduction products in media inoculated from various samples.

Näyteala *Sample plot*	Näytteenotto-syvyys, cm *Depth of sampling, cm*	25. 7.		25. 8.	
		Sulfideja *Sulfides*	H_2S	Sulfideja *Sulfides*	H_2S
SRiN	0—5	++	++	+	++
	30—35	±	±	+	+
Ksmu	0—5	+	+	±	±
	30—35	+	++	+	±
VSR	0—5	+	+	+	+
	30—35	++	+	+	+
Vtk	0—5	+++	++	++	++
	30—35	++	++	++	++
MK	0—5	+	+	±	±
	30—35	+++	++	++	++
Mtk	0—5	—	—	+	±
	30—35	+++	++	++	++

vat *Streptomyces*-sukuun kuuluviksi. Mainittavia eroja sädesienten määrissä ei näiden näytealojen välillä voitu havaita.

Gyllenberg ym. (1954, ss. 19—20) ovat todenneet melko runsaasti *Streptomyces*-sukuun kuuluvia sädesieniä esiintyneen kaikilla tutkimillaan tyypeillä. He mainitsevatkin tuloksen olevan sikäli mielenkiintoisen, että sädesieniä voitiin todeta niinkin happamissa maissa, vaikka niiden happamuusoptimina on yleensä totuttu pitämään neutraalia ympäristöä, ja rajoittavana reaktiona pH 4.8—5.0 (Waksman 1931, s. 288). Myös mm. Waksmanin (1931, ss. 288—289) mukaan eräät lajit esiintyvät ympäristössä, jonka pH on 3.0—4.0. Edelleen Waksman (1931, ss. 658—661) mainitsee, että happamista soista (»Highmoor») puuttuvat sädesienet, mutta niitä tavataan paremmissa ja vähemmän happamissa soissa (»Lowmoor») melko lähellä pintaa ja että soiden kuivatuksen ja viljelyn on havaittu kohottavan sädesienten määrää.

Tulosten tarkastelua

Edellä selostetun tutkimuksen tarkoituksena oli selvitellä alustavasti eräiden luonnontilaisten suotyyppien ja niiden muuttumistulosten mikrobiston koostumusta ja kasvuympäristötekijöitä, sekä saada kokemusta erilaisten metodien käytöstä ja soveltuvuudesta soilla suoritettavissa mikrobiologisissa tutkimuksissa.

Tutkimuksen aineisto on melko vähäinen ja erityisesti mikrobistoon kohdistuneet tutkimukset pääasiassa kvalitatiivisia, joten tuloksista ei ole mahdollista tehdä kovinkaan pitkälle meneviä vertailuja eri näytealojen välillä eikä myöskään ole mahdollista yleistää saatuja tuloksia.

Selvimmin tuloksista ilmenee se, että aktiivisimman kerroksen niin hyvin luonnontilaisilla kuin ojitetuillakin näytealoilla näytti muodostavan varsin ohut pintakerros, johon aerobinen mikrobisto, pääosa vaihtuvista ravinteista ja kasvien juuristot keskittyivät. Edelleen voidaan tuloksista päätellä, että ojituksen vaikutus tuntui vain verraten ohuessa pintakerroksessa, sillä 30—35 cm:n kerroksessa ei enää sanottavasti todettu ojituksen aiheuttamia muutoksia tehokkaastikaan kuivuneilla näytealoilla.

Saatujen tulosten mukaan näyttävät ainakin pohjaveden pinnan etäisyys maanpinnasta, turpeen pintakerroksen vedenläpäisevyys, puiden juuristojen syvyys, puuston kasvu, aerobisen mikrobiston määrä ja varsinkin sen esiintyminen syvemmissä turvekerroksissa olevan riippuvuussuhteessa keskenään.

Ympäristötekijöihin kohdistuneita mittauksia tehtäessä kävi ilmi, että kentällä voidaan verraten helposti seurata tärkeimpiä ympäristötekijöitä ja niiden kehitystä, joskin mm. maan vesipitoisuuden ja hapetus-pelkistyspotentiaalien mittauksissa käytetyt menetelmät olivat tarvittavien kojeiden puutteen vuoksi epätäydellisiä. Varsinkin luotettavien hapetus-pelkistyspotentiaalilukemien saaminen on vaikeata, koska mittaus on tehtävä nesteestä ja sitä on useinkin vaikeata saada varsinkin suon kuivemmasta pintakerroksesta, johon tutkimus kuitenkin usein ensi sijassa kohdistuu. Menetelmän rinnalla olisikin syytä käyttää jotakin muuta saman tekijän selvittämiseen soveltuvaa menetelmää esim. kasvualustan sisältämän hapen määritystä.

Viljelymenetelmät tarjoavat ilmeisesti käyttökelpoisia keinoja varsinkin erilaisten fysiologisten suomikrobiryhmien tutkimiseen, joskin eräiden, juuri soille tyypillisten ryhmien, kuten esim. anaerobisten bakteerien viljely saattaa aiheuttaa melkoisesti vaikeuksia. Saatujen negatiivisten tulosten kohdalla on muistettava, että saatu tulos saattaa aiheutua myös käytetyn menetelmän soveltumattomuudesta. Kirjallisuudesta on löydettävissä erittäin runsaslukuinen joukko erilaisia viljelymenetelmiä, joiden soveltuvuuden analysointi ja tarkistus olisi suoritettava ennen tutkimukseen ryhtymistä, mutta niiden suuri määrä ja monesti suuritöisyys asettaa tässä suhteessa rajoituksia, varsinkin kun työvoimaa on useimmiten rajoitetusti käytettävissä.

Viljelymenetelmillä saatuihin tuloksiin näytti vaikuttavan erityisen selvästi näytteiden homogenisoiminen. Erittäin käyttökelpoiseksi on sittemmin osoittautunut mekaaninen maseraattori, jota tosin ei ollut vielä käsillä olevaa tutkimusta suoritettaessa käytettävissä. Huolellisella näyt-

teen ravistelulla on mahdollisuus päästä lähes yhtä hyviin tuloksiin kuin maseraattorilla. Tehokas sekoittaminen vaikuttaa selvästi sekä mikrobien määriin että suksessiivisten laimennussarjojen kerrannaissuhteiden paranemiseen ja myös rinnakkaismaljojen antamien tulosten tasoittumiseen.

Edelleen on ilmeistä, että saadut tulokset on useimmiten käsitettävä suhteellisiksi ja monesti vain saman tutkimuksen tulokset ovat keskenään sellaisenaan vertailukelpoisia, sillä samaakin menetelmää käytettäessä saattaa esiintyä joissakin tekijöissä sen verran eroavuutta eri tutkijoiden suorittamissa töissä, että tulosten vertailua absoluuttisina ei ole mahdollista suorittaa.

Saatujen kokemusten mukaan on ilmeistä, että tämäntapaisen mikrobiologisen tutkimuksen tulosten luotettavuuden kannalta on ratkaiseva merkitys sillä, että näytteet saadaan käsittelyn alaisiksi mahdollisimman pian niiden oton jälkeen. Näytteiden kuljetus ja säilyttäminen ja tänä aikana mahdollisesti tapahtuva näytteiden lämpiäminen ja kuivuminen sekä hapen tunkeutuminen näytteisiin saattaa aiheuttaa suuriakin virheitä erityisesti suon syvemmistä kerroksista otetuista näytteistä saatuihin tuloksiin. Tämän vuoksi osoittautui tutkittavien kohteiden läheisyyteen sijoitettu kenttälaboratorio erityisen käyttökelpoiseksi, kun tutkittavat kohteet sijaitsivat näinkin etäällä kiinteistä laboratorioista. Lisäksi on kenttälaboratorion käytöstä etua siinä, että kentällä suoritettavat mittaukset voidaan tällöin suorittaa mikrobiologisia tutkimuksia varten tarvittavien näytteiden ottamisen kanssa samanaikaisesti.

Edelleen tulokset osoittavat, että tämäntapaisia tutkimuksia suoritettaessa on mittauksia ja tutkimuksia tehtävä pitempinä jaksoina — vähintään yhden kasvukauden ajan — sopivin aikavälein, sillä kasvukauden aikana tapahtuu eri tekijöiden ja ilmiöiden kohdalla niin suuria vaihteluja, että ainakaan yhden havaintokerran perusteella ei voida saada riittävän edustavia tuloksia.

Kirjallisuusluettelo

Allen, O. N. 1949. Experiments in Soil Bacteriology. — Minneapolis.

Bavel, C. H. M. and Kirkham, D. 1948. Field measurement of soil permeability using auger holes. — Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 13: 90—96.

Butlin, K. R., Adams, M. E. and Thomas, M. 1949. The Isolation and Cultivation of Sulphate-Reducing Bacteria. — J. Gen. Microbiol. 3: 46—59.

Evans, D. D., Kirkham, D. and Frevert, R. K. 1950. Infiltration and permeability in soil overlying on impermeable layer. — Soil. Sci. Soc. Amer. Proc. 15: 50—54.

Cunningham, Andrew. 1947. Practical Bacteriology. — Edinburgh.

Gyllenberg, Helge. 1955. The »Rhizosphere Effect» of Graminaceous Plants in Virgin Soils. — Physiologia Plantarum 8: 644—652.

Gyllenberg, Helge, Hanioja, Pauli ja Vartiovaara, Unto. 1954. Havaintoja eräiden viljelemättömien maatyyppien mikrobiston koostumuksesta. *Summary:* Observations on the composition of microbial population in some virgin soils. — Acta forest. fenn. 62: 2.

Heikurainen, Leo. 1955. Rämemännikön juuriston rakenne ja kuivatuksen vaikutus siihen. *Referat:* Der Wurzelaufbau der Kieferbestände auf Reisermoorböden und seine Beeinflussung durch die Entwässerung. — Acta forest. fenn. 65: 3.

Heikurainen, Leo ja Huikari, Olavi. 1952. Turvelajin mikroskooppinen määrittäminen. *Summary:* The microscopic determination of peat types. — Comm. inst. forest. Fenn. 40: 5.

Hesselman, H. 1926. Studier över barrskogens humustäcke, dess egenskaper och beroende av skogsvården. *Referat:* Studien über die Humusdecke des Nadelwaldes, ihre Eigenschaften und deren Abhängigkeit vom Waldbau. — Medd. fr. stat. skogsförsöksanst. 22: 169—522.

Huikari, Olavi. 1951. Havaintoja ojitettujen rimpinevojen taimettumista ehkäisevistä tekijöistä. — Suo 1: 1—4.

—»— 1952. Suotyypin määritys maa- ja metsätaloudellista käyttöarvoa silmällä pitäen. *Summary:* On the determination of mire types, especially considering their drainage value for agriculture and forestry. — Silva fennica 75.

—»— 1953 a. Tutkimuksia ojituksen ja tuhkalannoituksen vaikutuksesta eräiden soiden pieneliöstöön. *Summary:* Studies on the effect of drainage and ash fertilization upon the microbes of some swamps. — Comm. inst. forest. Fenn. 42: 2.

—»— 1953 b. Puiden kasvua ehkäisevistä tekijöistä luonnontilaisilla soilla. — Metsätal. Aikakausl. 7: 226—230.

—»— 1956. Kenttämittaustuloksia turpeiden vedenläpäisevyydestä. — Esitelmä Suoseuran kokouksessa 1956. Julkaisematon.

Ilvessalo, Yrjö. 1956. Suomen metsät vuosista 1921—24 vuosiin 1951—53. Kolmeen valtakunnan metsien inventointiin perustuva tutkimus. *Summary:*

The forests of Finland from 1921—24 to 1951—53. A survey based on three national forest inventories. — Comm. inst. forest. Fenn. 47: 1.

Isotalo, Aimo. 1951. Studies on the ecology and physiology of cellulose-decomposing bacteria in raised bogs. — Acta Agralia Fennica 74.

Kivinen, Erkki. 1948. Suotiede. — Porvoo.

—»— 1954. Turpeiden typen mobilisaatiosta. — Suo 4—5: 35—41.

Kotilainen, Mauno J. 1927. Untersuchungen über die Beziehungen zwischen der Pflanzendecke der Moore und der Beschaffenheit, besonders der Reaktion des Torfbodens. — S. suovilj. yhd. vuosik., tiet. julk. 7.

Lochhead, A. G. and Thexton, R. H. 1952. Qualitative studies of soil microorganisms. — Jour. Bact. 63: 219—226.

Lukkala, O. J. 1929. Über den Aziditätsgrad der Moore und die Wirkung der Entwässerung auf denselben. *Selostus:* Soiden happamuusasteesta ja ojituksen vaikutuksesta siihen. — Comm. inst. forest. Fenn. 13.

Löhnis, F. 1920. Landwirtschaftlich-bakteriologisches Praktikum. — Berlin.

Meiklejohn, J. 1950. The isolation of Nitrosomonas europaea in pure culture. — J. Gen. Microbiolog. 4: 185—191.

Mikola, Peitsa. 1954. Kokeellisia tutkimuksia metsäkarikkeiden hajaantumisnopeudesta. *Summary:* Experiments on the rate of decomposition of forest litter. — Comm. inst. forest. Fenn. 43: 1.

—»— 1955. Metsämaan kantasienten puhdasviljely. *Summary:* Growing forest soil Basidiomycetes in pure culture. — Karstenia III: 5—16.

Müller, P. E. 1887. Studien über die Natürlichen Humusformen und deren Einwirkung auf Vegetation und Boden. — Berlin.

Ramann, E. 1890. Die Waldstreu und ihre Bedeutung für Boden und Wald. — Berlin.

Starkey, R. L. and Wight, K. M. 1945. Anaerobic Corrosion of iron in soil. Final report of the American Gas Association Iron Corrosion Research Fellowship. — New York.

Svinhufvud, V. E. 1937. Untersuchungen über den bodenmikrobiologischen Unterschiede der Cajander'schen Waldtypen. *Selostus:* Tutkimuksia metsätyyppien maamikrobiologisista eroavaisuuksista. — Helsinki.

Vahtera, Erkki. 1955. Metsänkasvatusta varten ojitettujen soitten ravinnepitoisuuksista. *Referat:* Über die Nährstoffgehalte der für Walderziehung entwässerten Moore. — Comm. inst. forest. Fenn. 45: 4.

Vartiovaara, Unto. 1935. Maaperän sienten aineenvaihduntaa koskevia tutkimuksia. *Summary:* Studies on the metabolism of soil fungi. — Acta Agralia Fennica 32.

Viro, P. J. 1951. Nutrient status and fertility of forest soil I. Pine stands. *Selostus:* Metsämaan ravinnesuhteet ja viljavuus I. Männiköt. — Comm. inst. forest. Fenn. 39: 4.

Waksman, Selman A. 1931. Principles of soil microbiology. — London.

—»— 1936. Humus. Origin, chemical composition and importance in nature. — Baltimore.

Waksman, Selman A. and Purvis, E. R. 1932. The microbiological population of peat. — Soil Sci. 34: 95—113.

Waksman, Selman A. and Starkey, Robert L. 1950. The soil and the microbe. — New York.

OBSERVATIONS CONCERNING THE MICROBIAL POPULATIONS IN VIRGIN AND DRAINED BOGS

Summary

Object of the Investigation

The present investigation was carried out in 1955 and it was directed to the microbial populations and certain environmental factors prevailing in some virgin peat bog types and in similar bogs drained for forest cultivation in 1930. The virgin bog types were represented by a mesotrophic, water-logged, treeless bog with *Carex* vegetation and with bare patches, »rimpis» (SRiN), a pine bog with *Carex* vegetation (VSR), and a wet spruce-birch bog with *Myrtillus* vegetation (MK) (cf. Huikari 1952 pp. 20—21). The drained variants of these bog types, respectively, were a hair-cap moss *(Polytrichum)* variant (Ksmu), a stand of *Vaccinium* type on peat soil (Vtk), and a stand of *Myrtillus* type on peat soil (Mtk). Observations concerning microorganisms and the conditions prevailing in their environment were made on every sample plot from two depths, viz. from 0 to 5 cm. and 30 to 35 cm.

A microbiological field laboratory which was located in the immediate vicinity of the sample plots proved to be very useful. Thus the measurements on field and the microbiological investigations could be carried out at the same time or, at any rate, without delay.

The description of the vegetation on sample plots is given in Table 1 (p. 9), the tree stand in Table 2 (p. 10), and the thickness of peat layer and the kind of subsoil in Table 3 (p. 10).

Environmental Factors

1. The *ground-water level* differed considerably in the sample plots (Fig. 1, p. 11). In the virgin plots it was highest in SRiN, slightly lower in VSR, and lowest in MK. The sinking of the water table caused by drainage gave the following averages from several observations: SRiN to Ksmu, 25.4 cm.; VSR to Vtk, 22.4 cm.; and MK to Mtk, 14.6 cm. The *water content* of peat (Table 4, p. 12) varied in the virgin plots and in Ksmu between 80 and 90 %, and differences between the surface (0 to 5 cm.) and deeper (30 to 35 cm.) layers were rather small. The water content of the deep layers in Vtk and Mtk remained about 70 to 80 %, whereas the range was wider near the surface, from 50 to 95 %.

2. *The permeability* (Table 5, p. 14) of peat was shown to decrease sharply with increasing depth in SRiN and Ksmu, while in Vtk, MK, and Mtk the peat remained, even at greater depth, rather permeable to water. Evidently the actual mobility of water is greatest in the surface layer, but it may decrease sharply with depth.

3. The peat was very acid and the *values of pH* (Table 6, p. 14) fell considerably in the course of the growing season. It could also be shown that the pH values were higher in the deeper layers and that drainage had lowered them to some extent.

4. Measurements of *oxidation-reduction potentials* (Table 7, p. 16) showed that in the surface layer (0 to 5 cm.) aerobic conditions were prevalent, and even in the layer of 30 to 35 cm. the values of electrode potentials remained on a comparatively high, just slightly anaerobic level.

5. *Temperature* measurements (Fig. 2, p. 17) showed that the soil in the sample plots remained rather cold throughout the observational period (July to September). The soil of drained plots was colder than that of virgin plots except the 0 to 5 cm. layer of SRiN and Ksmu.

6. *The peat type* (Table 8, p. 18) in SRiN and Ksmu was almost solely sedge peat, in VSR and Vtk *Sphagnum*-sedge peat, and in MK and Mtk wood-*Sphagnum* peat. In the 0 to 5 cm. layer there appeared clear changes in the botanical composition of the peat as a result of changes in vegetation caused by drainage. It was also observed that the degree of humification of peat was somewhat higher in the drained areas.

7. From the results of *chemical analyses* (Table 9, p. 19), it may be concluded that some correlation existed between the growth of the tree stand (Table 2, p. 10) and the content of NH_4-N, as well as the content of exchangeable Ca, Mg, and K in the peat. Results further showed that the exchangeable nutrients were concentrated mainly in the surface layer of peat.

8. Measurements of *root systems* (Table 10, p. 20) showed that the major part of the roots was concentrated in the 0 to 10 cm. layer, and that drainage had to some extent caused a deepening of the root systems.

Microorganisms

1. Counts of microscopic *fungi* (moulds) (Tables 11, p. 22 and 12, p. 23) on H a g e m agar plates and in tubes, according to C h e s t e r s, showed that organisms of this group were frequently present in peat samples. The majority of the strains isolated belonged to the genera *Mucor*, *Mortierella*, and *Penicillium*. The moulds growing on cellulose agar were mostly *Penicillia* and species containing dark pigments, the latter being the most active decomposers of cellulose. Moulds were most abundant in the surface layer (0 to 5 cm.), but a few were also met at the depth of 30 to 35 cm. Drainage seemed to have increased the numbers of fungi, particularly in the surface layer, but a slight increase was also found in samples from the 30 to 35 cm. depth.

2. Total numbers of *aerobic bacteria* (Table 13, p. 25) varied between 1 000 and 1 900 000 per gram of peat, calculated for dry matter (105°C). The counts from surface samples were distinctly higher than those from deep layers. No definite differences in the total numbers of bacteria could be observed among the three virgin bog types. Drainage seemed to have increased the numbers of aerobic bacteria in the surface layer, but generally not at the depth of 30 to 35 cm.

3. *Cellulose-decomposing bacteria*, which evidently belonged to *Myxobacteriales*, appeared very sparsely in SRiN, Ksmu, and VSR and only in the surface layer, somewhat more abundantly in Vtk, MK, and Mtk, here also at 30 to 35 cm.

4. *Nitrogen-fixing Clostridia* appeared in all sample plots. There was no incidence of *nitrifying bacteria*. *Nitrate-reducing* organisms could be frequently found in all samples, but actual *denitrifying bacteria* were observed in none.

5. *Oxidizers of elementary sulphur* appeared only in VSR and MK in the surface layer. On the other hand, *oxidizers of thiosulphate* (Table 14, p. 29) were found in all

sample plots, in the surface layer noticeably more than at 30 to 35 cm. *Sulphate reducers* (Table 15, p. 31) were present in almost all samples, but greater differences in the numbers at either depth could only be found in MK and Mtk, more abundantly at 30 to 35 cm. than at 0 to 5 cm.

6. *Actinomycetes* were met only in VSR, Vtk, MK, and Mtk in the surface layer and in very small numbers. They proved to be species of the genus *Streptomyces*.

The conclusion to be drawn most clearly from these results was that the important biological activities, both in virgin and drained peat bogs, seemed to be limited to the rather thin surface layer, where the aerobic microorganisms, most of the exchangeable nutrients, and the living roots were concentrated. It could further be established that the influence of drainage was felt almost exclusively in this surface layer, since in the 30 to 35 cm. layer no greater changes, or causative agents of these, were recorded in sample plots which had been efficiently drained for 25 years.

From results obtained, differences or changes concerning the following phenomena, at least, appeared to be interdependent: the permeability of the surface layers of peat, the content of exchangeable plant nutrients, the depth of the root systems of trees, the growth of trees, the numbers of aerobic microorganisms and especially their appearance and activity in the deeper peat layers.

METSÄOJITUKSEN KONEELLISTAMISESTA

OLAVI HUIKARI

ÜBER DIE MECHANISIERUNG DER WALDENTWÄSSERUNG

DEUTSCHES REFERAT

HELSINKI 1958

Helsinki 1958. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkusanat

Tässä julkaisussa esitellään sitä tutkimus- ja koetoimintaa, jota suoritettiin Vientimaksurahaston metsäojituksen työmenetelmien kehittämistä varten myöntämien varojen turvin, käsitellen samalla myöskin siihen liittyvää sekä sitä edeltävää että sen jälkeen jatkunutta työtä. Tutkimuksia ohjasi ja valvoi ns. »Metsäojituksen koneellistamistoimikunta», johon virastojen määräämänä edustajina kuuluivat seuraavat henkilöt: puheenjohtajana Metsähallituksesta metsäneuvos Paavo B. Mansner sekä muina jäseninä, Metsäntutkimuslaitoksesta maat. ja metsät. tri Olavi Huikari, Keskusmetsäseura Tapiosta tarkastaja, metsänhoitaja Paavo Järvenpää ja Centralskogssällskapet Skogskulturista päämetsänhoitaja Götz Schütt. Sihteerinä toimi maat. ja metsät. tri Olavi Huikari.

Työ tapahtui siten, että toimikunta suoritti työkohteen laajuuden ja laadun analysoinnin sekä myöskin teki päätelmiä siitä, mitä jo olemassa olevia koneita mahdollisesti voitaisiin käyttää tai kehittää edelleen. Työ keskittyi tältä pohjalta alun pitäen oja-aura periaatteen edelleen kehittämiseen. Kokeiltavista rakenteista laadittiin periaatepiirustukset yhteisesti hyväksytyltä pohjalta. Ehdotettujen rakenteiden mitoitus ja varsinaisten rakennuspiirustusten teko jätettiin valmistavan konepajan suunnitteluhenkilökunnan tehtäväksi. Rakennuspiirustukset tarkastettiin toimikunnassa ja hyväksyttiin valmistettavaksi. Toimikunta järjesti kehitettyjen rakenteiden kokeilut, valiten mm. kulloinkin tarkoitukseen parhaiten sopivan kokeilumaaston. Kokeita seurattiin yhdessä konepajan edustajien kanssa. Tällöin suoritettiin jokaisessa tapauksessa yksityiskohtainen työtuloksiin ja työn laatuun vaikuttavien rakenne- ym. seikkojen analysointi. Näin saatiin kehittymään hedelmällinen yhteistyö työkohteen asettamia vaatimuksia hallitsevien ammattimiesten ja toisaalta suunnittelu- sekä konepajateknillisiä kysymyksiä hallitsevien ammattimiesten välille. Periaatepiirustusten laadinnan ja toimikunnan kirjalliset työt, kokeiden ja työnäytöksien järjestelyt sekä erillistutkimusten teon on hoitanut toimikunnan sihteeri. Metsäojituksen koneellistamistoimikunta piti 64 kokousta, joista pöytäkirjat ovat Metsäojitussäätiön arkistossa.

Toimintaa ja koneellisen ojituksen yleistä kehitystä tehtiin tunnetuksi järjestämällä kaksi työnäytöstä ja ottamalla osaa Työtehoseuran suurnäyttelyyn. Työnäytöksiin kutsuttiin mukaan myöskin muut aurojen kehittäjät ja korvattiin heille näytöksiin osallistumisesta aiheutuneet kulut. Koneellisen ojituksen kehityksestä annettiin sanomalehtihaastatteluja. Aurojen työskentelystä tehtiin kaitafilmejä, joita on esitetty useissa eri tilaisuuksissa. Filmit säilytetään Metsäntutkimuslaitoksessa.

Useat eri yrittäjät ovat suorittaneet maassamme Metsäojituksen koneellistamistoimikunnan lisäksi metsäoja-aurojen ja muiden kaivuvälineiden kehittämisessä tarvittavaa tutkimus- ja koetoimintaa. Mm. Pellonraivaus Oy, Kajaani Oy, Limingan Oja-aura Oy, Pajulahti Oy Kauhajoella, Sepänliike Hämäläinen Rovaniemellä ja monet muut ovat tehneet arvokasta työtä ja kehittäneet itsenäisiäkin ratkaisuja. Niistä aivan erikoisen maininnan ansaitsee Kajaani Oy:ssä kehitetty Kajaani-aura. Kun Metsäojituksen koneellistamistoimikunnan ulkopuolella tapahtuneesta työstä ei ole käytettävissä tarpeellisia tietoja, jää niiden selostaminen tässä yhteydessä vain mainintojen varaan. Olisikin toivottavaa, että asianomaiset itse selostaisivat suoritetut rakenteiden kokeilut.

Metsäojituksen koneellistamistoimikunnan suorittaman koe- ja tutkimustoiminnan tuloksena kehitetyn metsäoja-auran patentoimis- ja yksinvalmistusoikeus luovutettiin Lokomo Oy:lle sopimuksella, että yhtiö maksaa toimikunnan työtä jatkamaan perustetulle Metsäojitussäätiölle määrätyn suuruisen provision valmistettavien aurojen myyntihinnasta. Kehitettyä oja-auraa valmistettiin v. 1955 40 kpl ja v. 1956 10 kpl. Se on ollut selvästi yleisimmin käytetty oja-auratyyppi maassamme ja sillä on aurattu n. 80 % kaikista konekaivuna tehdyistä metsäojista. Auraa on viety 1 kpl Norjaan, ja mm. Neuvostoliiton ja USA:n oja-aura-asiantuntijat ovat olleet kiinnostuneita aurojen ostamisesta. Kehitetty Lokomo-metsäoja-aura sai v. 1955 Suomen Messujen kultamitalin.

Metsäojituksen koneellistamistoimikunnan työtä helpotti suorastaan ratkaisevasti se harvinaisen aulis apu, mitä niin monelta taholta saatiin. Erikoisesti on siitä tässä yhteydessä miellyttävä velvollisuus kiittää Pellonraivaus Oy:tä ja Lokomo Oy:tä sekä näiden yhtiöiden johtohenkilöitä.

Niistä monista henkilöistä, jotka aktiivisesti tukivat toimikunnan työtä, haluamme erikoisesti kiitollisuudella mainita professori O. J. Lukkalan, pääjohtaja N. A. Osaran ja metsäneuvos Antti Kaivolan, sekä niistä, jotka välittömästi osallistuivat koe- ja tutkimustoimintaan, agronomi Lars Grönlundin, metsänhoitaja Olavi Klemelän, dipl. ins. V. Kostiaisen, insinööri Eero Siikanivan ja insinööri L. Turpeisen.

Juuri kun koetoiminnan tuloksena kehittynyt metsäoja-aura saatiin sarjavalmistuskelpoiseksi, kohtasi äkillinen kuolema insinööri Turpeista.

Hänen suunnittelytyönsä osuus näkyy merkittävällä tavalla auran ominaisuuksissa.

Vuoden 1955 lopussa lopetettiin Metsäojituksen koneellistamistoimikunnan toiminta ja sen työtä jatkamaan perustettiin Metsäojitussäätiö.

Helsingissä, lokakuun 30 päivänä 1957.

Metsäojituksen koneellistamistoimikunta

Paavo B. Mansner *Paavo Järvenpää*

Götz Schütt *Olavi Huikari*

Sisällysluettelo

Sivu

1. Johdanto 9
2. Maamme metsäojitustoiminta työkohteena 14
   21. Työkohteen laajuus 14
      211. Suot 14
      212. Metsäojitettujen soiden määrä 16
      213. Metsäojituskelpoisten soiden määrä 16
      214. Muut metsäojituskohteet 16
   22. Käytetyt ojamallit ja koot 16
   23. Käytetyt työtavat 17
   24. Työkohteen laatu ja vaihtelu 18
   25. Työkoneilta vaadittavat erikoisominaisuudet 19
3. Katsaus ojitustöissä käytettyjen koneiden periaateratkaisuihin 20
   31. Kaivinkoneet 20
   32. Jyrsinlaitteet ja niiden sovellutukset 20
   33. Oja-aurat 23
   34. Yhteenveto 25
4. Suoritettu tutkimus- ja koetoiminta 26
   41. Metsäoja-auralle asetettavat perusvaatimukset ja koetoiminnan hahmottelu 26
   42. Vetokone 30
      421. Vetokoneen koko ja tyyppi 30
      422. Vetokoneen maastokelpoisuus 35
   43. Oja-aura 40
      431. Auran koko 40
      432. Auran siiven rakenne 43
         4321. Periaate 43
         4322. Siiven muoto 44
         4323. Siiven pituus 49
         4324. Ojamaiden levityssiivet 51
      433. Auran lisälaitteet 53
         4331. Leikkurit 53
         4332. Säätö- ja käsittelylaitteet 55
   44. Salaojien kaivun koneellistaminen 57
      441. Periaate 57
      442. Salaoja-aura 59
      443. Salaojajyrsimet 62
   45. Ojien perkauksen koneellistaminen 63
      451. Periaate 63

Sivu

452. Perkausaura 63
453. Perkausjyrsin 64
46. Ojitussuunnitelmatöiden menetelmien kehittäminen 65
5. Metsäojitustöiden koneellistamisesta maassamme 69
51. Metsäojien aurauksen yleistyminen 69
52. Metsäojien aurauksessa saavutetut työtulokset 70
53. Metsäojien aurausten kustannukset 71
54. Ajan käytön jakaantuminen metsäojien aurauksessa 75
6. Yhteenveto 77
7. Kirjallisuusluettelo 79
8. Referat 81

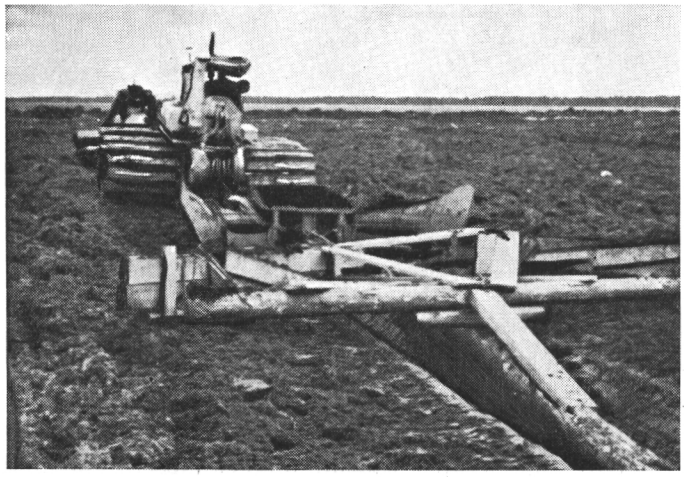
1. Johdanto

Ensimmäiset yritykset ojien kaivutyön koneellistamiseksi tehtiin jo runsaat sata vuotta sitten. Tiedetään mm., että vuonna 1850 kokeili J o h n F o w l e r Englannissa ojien tekoa suurella oja-auralla, jota vedettiin vinturin ja köyden avulla. Voima saatiin höyrykoneesta, joka ankkuroitiin paikalleen auran vetoajaksi. F o w l e r i n yritys raukesi kuitenkin ennen kaikkea siihen, että silloin ei vielä ollut käytettävissä teräsköysiä eikä liikkumiskykyisiä vetokoneita.

Ensimmäisen maailmansodan jälkeen yleistyi varsinkin Yhdysvalloissa ja Kanadassa telaketjutraktoreiden käyttö. Niinpä niitä ryhdyttiin vähitellen käyttämään mm. puutavaran kuljetuksissa. Käytön lisääntyessä kehitettiin telaketjutraktoreiden maastokelpoisuutta jatkuvasti.

Maassamme suoritettiin metsätaloudessa ensimmäiset telaketjutraktoreiden käyttökokeet puutavaran kuljetuksessa 1910-luvulla. Mutta vasta toisen maailmansodan jälkeen on maahamme hankittu huomattavassa määrässä telaketjutraktoreita. Niiden hankinta tapahtui ensi sijassa uusien peltojen raivaustöitä varten. Suoritettujen töiden yhteydessä ovat kokemukset maastokelpoisuudesta lisääntyneet ja osoittaneet mm., että tarpeeksi leveillä teloilla varustettuna telaketjutraktorit pystyvät liikkumaan ja työskentelemään erittäin pehmeilläkin mailla, jopa mm. meillä niin yleisillä paksuturpeisilla soilla. Sitä mukaa kun tämä tosiasia on todettu, on tätä pehmeillä mailla liikkumiskykyistä voimakonetta myöskin käytetty hyväksi. Niinpä alettiin vähitellen pohtia telaketjutraktoreiden käyttömahdollisuuksia myös metsäojien kaivussa. Esim. P u t k i s t o (1948) oli jo v. 1948 selvästi sillä kannalla, että telaketjutraktoreista pitäisi olla apua soiden metsäojitustöissä. K i v i n e n (1949) korosti v. 1949, että »vain koneellista ojitusta käyttämällä voidaan meidän suorikkaassa maassamme suorittaa metsäojitusta ja ojien kunnossa pitoa siinä laajuudessa, että sillä olisi oleellista merkitystä».

Ensimmäiset, meillä metsäojituksenkin kannalta lupaaviin tuloksiin johtaneista kokeiluista lienevät Helsingin yliopiston maatalous-metsätieteellisen tiedekunnan maanviljelystaloudellisen laitoksen (P i h k a l a 1949) suorittamat. Niissä todettiin mm., että riittävän pitkällä ja leveällä tela-



Kuva 1. Hirvinevalla käytetty oja-aura työssä. Auraa vedetään suoralla vedolla kahdella telaketjutraktorilla. Auran takana puiset ojamaiden levityssiivet, joiden asentoa vakavoittaa ojaa pitkin laahaava ohjausparru. Liminka. Valok. 29. 6. 51 Olavi Huikari.

Abb. 1. In Hirvineva verwendeter Grabenpflug bei der Arbeit. Der Pflug wird im geraden Zug von zwei Raubenschleppern gezogen. Hinter dem Pflug hölzerne Bodenverteilschare, deren Stellung ein den Graben entlang schleifender Führungsbalken stabilisiert. Liminka. Aufn. 29. 6. 51 Olavi Huikari.

ketjulla varustettu traktori pystyy liikkumaan vetelimmilläkin soilla. Traktorin todettiin pystyvän tehokkaasti poistamaan kantoja ja kiviä ojalinjalta. Myös todettiin, että auralla vedettävä oja on saatava kertavedolla valmiiksi, sillä toiseen kertaan ajettaessa traktori uppoaa helposti suohon. P i h k a l a (1949) korostaa suoritettujen kokeiden merkitystä erikoisesti metsäojituksen kannalta ja näkee metsäojituksen koneellistamisessa mahdollisuuden laajamittaisen metsäojituksen aikaansaamiseen.

Vuonna 1951 oli useilla metsäojitusmiehillä tilaisuus tutustua Limingassa Hirvinevalla suoritettuihin viljelysojien aurauksiin raivaamattomalla suolla telaketjutraktorivetoisilla auroilla (K a i t e r a 1951). Hirvinevankin ojitukset antoivat selvästi viitteitä siitä, että myös metsäojituksessa on ko. työmenetelmällä huomattavia mahdollisuuksia (kuva 1). Hirvinevalla saatuja kokemuksia ovatkin liminkalaiset yrittäjät sittemmin käyttäneet hyväksi suunnittelemalla ja rakentamalla v. 1955 omintakeisesti kevyehkörakenteisen oja-auran, jota on käytetty hyvällä menestyksellä myös metsäojituksessa.

Vuonna 1951 anoi metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosasto erikoismäärärahaa metsäojitukseen sopivien oja-aurojen ja kaivinlaitteiden sekä metsäsalaojien kaivinlaitteiden kehittämiseen, mutta varoja ei saatu. Vaikka käytännöllisen koetoiminnan välttämättömyys hyvin nähtiin, oli toistunei-

den yritysten jälkeen kuitenkin pakko todeta, että tarpeellisten varojen saanti tuotti ylivoimaisia vaikeuksia (H u i k a r i 1951).

Ensimmäisistä käytännön metsäojitustoiminnan yhteydessä suoritetuista kokeista mainittakoon, että Keskusmetsäseura Tapio käytti vuonna 1951 15/6—4/7 välisenä aikana yhteistoiminnassa Pellonraivaus Oy:n kanssa erikoisolosuhteissa koneellista ojankaivumenetelmää. Työmaa sijaitsi Loimaan pitäjässä. Ohutturpeisella savikolla puskettiin ensin kannot ja pintaturve pois työntöpuskurilla ja vedettiin näin puhdistettuun käytävään oja maanviljelysojitusta varten kehitetyllä oja-auralla. Tällä työmaalla on oma merkittävä sijansa koneellisen metsäojituksen kehityksessä. Se on todennäköisesti maamme ensimmäinen kokonaisuudessaan konekaivuna toteutettu metsäojitus. Työmenetelmää on Keskusmetsäseura Tapion työmailla käytetty sellaisenaan näihin päiviin saakka ohutturpeisten savikoiden ojituksessa.



Kuva 2. Telaketjutraktorin työntöpuskurin nurkalla rinnemaalle v. 1951 tehtyä metsäojaa. Meltosjärvi, Sompasenvaara. Valok. 8. 8. 52 Olavi Huikari.

Abb. 2. Mit der Ecke einer Schubramme eines Raupenschleppers in einen Hang im Jahre 1951 gemachter Waldgraben. Meltosjärvi, Sompasenvaara. Aufn. 8. 8. 52 Olavi Huikari.

Samana vuonna kokeili suonkuivausmetsänhoitaja U. M e t s ä n h e i m o Ylitornion kunnassa metsähallituksen Sompasenvaaran työmaalla metsäojien kaivua telaketjutraktorin avulla puskettamalla työntöpuskurin nurkalla jyrkästi viettäville maille loivaluiskaista metsäojitussuunnitelmaan kuuluvaa ojaa n. 2 km (kuva 2). Menetelmällä on ollut merkitystä paitsi tärkeänä metsäojituskokeiluna myös tieojituksen ja tierungon muotoilun kehittämisessä metsäautoteiden rakennustöissä.

Voimakkaan sysäyksen metsäojitukseen sopivien oja-aurojen kehittämisen tarpeellisuuden ymmärtämiselle antoi maamme johtavien metsäojitusammattimiesten vuonna 1952 kesällä Ruotsiin suorittama matka. Ruotsissa olivat Svenska Cellulosa Ab:n alaiset yhtiöt ryhtyneet kehittämään metsäojitukseen sopivia auroja ja saivat jo v. 1952 hyviä tuloksia ns. »Kramfors»-auralla (kuva 3), sekä Skotlannista ostetulla Cuthbertson-merkkisellä auralla.



Kuva 3. Ruotsalainen »Kramfors»-aura. Valok. 10. 8. 52 G. Schütt.
Abb. 3. Schwedischer »Kramfors»-Pflug. Aufn. 10. 8. 52 G. Schütt.

Lokomo Oy oli suunnitellut v. 1951 raivaustraktorin etupuskurin tilalle metsäojitukseen tarkoitetun aurarakenteen (Lokomo Oy:n kirjelmä tekijälle 6. 10. 52), jonka rakentamisesta Lokomo Oy luopui tekijän antaman lausunnon pohjalta ja siirtyi raivaustraktorin perässä vedettävien aurojen suunnittelemiseen, jatkaen sitä kiinteässä yhteistyössä vuoden 1953 syksystä lähtien Metsäojituksen koneellistamistoimikunnan kanssa.

Metsäneuvos Mansnerin aloitteesta pääsi maassamme järjestelmällinen kokeilutyö käyntiin 30. 10. 1952 Metsähallituksen ja Pellonraivaus Oy:n yhteistoiminnassa Kurussa järjestämässä kenttäkokeessa. Se antoi varsinaiseen metsäoja-aurojen kehittelyyn koetuloksia, joiden pohjalta Hämeenlinnassa 31. 10. 1952 käydyissä neuvotteluissa sovittiin ensimmäisten metsäoja-aurojen rakentamisesta Pellonraivaus Oy:n keskuskorjaamolla Hämeenlinnassa. Kun aurat valmistuivat kesäkuussa 1953, jatkettiin koetoimintaa kiinteästi heti keväästä alkaen.

Kajaani Oy:ssä oli ryhdytty metsäneuvos Ebelingin aloitteesta myöskin tarmokkaasti kehittämään oja-auraa ja metsänhoitaja Toivolan suunnittelema ensimmäinen Kajaani-aura (kuva 4) valmistui Lahden Rautateollisuus Oy:ssä syyskuussa 1953 (vrt. Toivola 1953).

Kun Vientimaksurahasto ilmoitti vuoden 1952 lopulla jakavansa avustuksia metsätaloutta edistäviin tarkoituksiin, tarjoutui julkisen sektorin tutkimus- ja työviranomaisille tilaisuus ojituskoneiden kehittämisessä välttämättömien varojen saantiin. Tällöin ryhdyttiin toimenpiteisiin erikois-



Kuva 4. Kajaani-aura kuljetusasennossa. Kontiomäki. Valok. 10. 9. 53 G. Schütt.
Abb. 4. Kajaani-Pflug in Zugstellung. Kontiomäki. Aufn. 10. 9. 53 G. Schütt.

määrärahan anomiseksi. Metsäntutkimuslaitoksen aloitteesta Keskusmetsäseura Tapiossa suoritetun neuvottelun, johon osallistuivat metsäneuvos Mansner, metsäneuvos Kaivola, metsänhoitaja Järvenpää ja tekijä, pohjalta Metsähallitus anoi Vientimaksurahastolta 15 miljoonaa markkaa käytettäväksi metsäojien kaivuun sopivien avo- ja salaoja-aurojen sekä muiden koneellisten työvälineiden rakentamiseen ja kokeiluun sekä ojien kaivussa käytettävien työvälineiden tutkimiseen. Anomuksessa edellytettiin muodostettavaksi Metsäntutkimuslaitoksen, Metsähallituksen ja Keskusmetsäseurojen edustajista yhteiselin, joka ohjaisi ja valvoisi koetoimintaa. Vientimaksurahasto myönsi tarkoitusta varten 10 miljoonaa markkaa.

Seuraavassa esitellään suoritettua tutkimus- ja koetoimintaa käsitellen vain tärkeimpiä kokeita sekä koeohjelman hahmotteluun vaikuttaneita perustekijöitä. Työkohteen analysointi on otettu suppeana tärkeimmiltä osiltaan mukaan sitä silmällä pitäen, että niillä, jotka ovat kiinnostuneita metsäojituksen työmenetelmien kehittämisestä, olisi mahdollisuus perehtyä työkohteen erikoisluonteeseen ja täten välttää ainakin täysin sopimattomien rakenteiden kokeilua. Tässä yhteydessä ei ole mahdollisuutta julkaista kaikkia aurojen tai muiden kokeiltujen työvälineiden piirustuksia. Ne ovat Metsäojitussäätiön arkistossa.

2. Maamme metsäojitustoiminta työkohteena

21. Työkohteen laajuus

211. *Suot*

Suurimman ryhmän niistä metsämaista, joilla tarvitaan vesitalousjärjestelyjä eli siis ojituksen luontoisia perusparannustöitä, muodostavat suot.

Valtakunnan metsien III inventoinnin tulokset (Ilvessalo 1957) osoittavat, että Suomessa on soita yhteensä n. 9.7 milj. ha eli 31.9 % koko maapinta-alasta (37.0 % metsä- ja joutomaa-alasta). Maan pohjoispuoliskossa (rajana Pyhäjoki—Kalajoki vedenjakaja) on soita 40.8 % maapinta-alasta eli 5 896 000 ha ja eteläpuoliskossa 23.9 % maapinta-alasta eli 3 846 000 ha. Soista oli inventointia suoritettaessa yksityisten omistuksessa 5 266 000 ha, valtion omistuksessa 3 563 000 ha ja yhtiöiden omistuksessa 611 000 ha. Yksityisten mailla oli soistuneisuussadannes (koko maa-alasta) 28.5, valtion mailla 37.3 ja yhtiöiden mailla 35.9.

Taulukossa 1 on esitetty tiedot soiden määristä metsänhoitolautakuntien toiminta-alueittain.

Soiden hyväksikäyttö jakaantuu maassamme kolmeen pääryhmään. Nämä ovat suoviljelys, metsänkasvatus ja turveteollisuus. Näiden lisäksi voidaan mainita laajuudeltaan vähäisempinä sellaiset kuin luonnonsuojelu, tontit, voimanjohtolinjat, säännöstelyaltaat yms.

Metsäojitustoiminnan avulla pyritään soista saattamaan taloudellisesti tuottaviksi ne liiallisen veden vaivaamat vajaatuottoiset maat, joita ei ole kannattavaa eikä välttämätöntä ottaa muiden käyttömuotojen haltuun.

Maassamme on suoviljelyksiä n. 700 000 hehtaaria. Etelä-Suomessa näyttää viljelysraivauksen tarve olevan toistaiseksi suurin piirtein tyydytetty, mutta Pohjois-Suomessa sitä toimintaa tultaneen edelleenkin jatkamaan. Viljelykseen raivaus kohdistuu tällöin ennen muuta ravinnerikkaisiin puuttomiin soihin, jotka ovat luontaisesti metsäojitukseen vähemmän sopivia.

Turveteollisuuden käytössä on soita n. 6 000 ha. Turveteollisuuden laajeneminen ehkä kymmenkertaiseksi nykyisestään on näköpiirissä. Jyrsinturvemenetelmien kehittämisen ansiosta se saattaa suuntautua pienteollisuutena pienialaisillekin soille, jolloin sen osuus soiden hyväksikäytössä kasvaa huomattavasti.

Taulukko 1. Soiden pinta-alat ja laatu v. 1953 metsänhoitolautakuntien toiminta-alueittain (vrt. Ilvessalo 1957 ss. 7, 26 ja 28).

Tabelle 1. Flächeninhalte und Art der Moore im Jahre 1953 eingeteilt nach Arbeitsgebieten der Forstbetriebsausschüsse (vgl. Ilvessalo 1957, SS. 7, 26, 28).

Metsänhoitolautakunta *Forstbetriebsausschuss*	Soiden pinta-ala *Flächeninhalt der Moore*					Jakaantuminen suotyyppiryhmiin *Einteilung in Moortypen*				
	maa-alasta % *% von der Gesamtfläche*	metsä- ja joutomaa-alasta % *% von der Wald- und Ödlandfläche*	kaikkiaan 1 000 ha *insgesamt 1 000 ha*	ojittamatonta 1 000 ha *nicht entwässerte 1 000 ha*	metsäojituskelpoisia 1 000 ha *waldentwässerungsfähige 1 000 ha*	korpia *Bruchmoor*	rämeitä *Reisermoor*	nevoja *Weissmoor*	lettoja *Braunmoor*	ojitettuja *entwässert*
						Soiden pinta-alasta % *% der Moorflächen*				
1. Ahvenanmaan	4.7	5.8	7	6	6	40.8	31.0	10.8	4.0	13.4
2. Helsingin	9.7	13.2	60	42	37	27.9	28.1	14.6	—	29.4
3. Lounais-Suomen	11.3	19.5	105	82	66	26.1	38.5	13.5	0.1	21.8
4. Satakunnan	25.3	35.4	260	203	140	17.8	44.5	15.5	—	22.2
4.[1]) Satakunnan yksit.	23.0	32.9	223	171	—	20.1	42.6	14.1	—	23.2
5. Uudenmaan-Hämeen	12.6	18.6	103	81	71	39.5	34.4	4.9	—	21.2
6. Pohjois-Hämeen	15.8	20.9	167	125	100	31.1	33.2	10.5	·	25.2
6.[1]) Pohjois-Hämeen yksit.	13.6	18.5	133	100	—	35.4	31.0	8.7	—	24.9
7. Itä-Hämeen	9.3	12.6	76	57	51	39.8	25.5	9.4	—	25.3
8. Etelä-Savon	19.5	23.6	192	146	126	34.0	34.6	7.5	—	23.9
9. Etelä-Karjalan	16.6	21.5	139	116	93	27.0	38.0	18.4	0.1	16.5
10. Itä-Savon	13.5	15.9	84	66	60	40.5	30.3	7.4	0.1	21.7
11. Pohjois-Karjalan	31.5	35.9	555	490	310	22.8	48.8	16.6	·	11.8
11.[1]) Pohjois-Karjalan yksit.	28.0	32.9	401	342	—	24.3	48.1	13.0	·	14.6
12. Pohjois-Savon	25.6	31.4	429	344	259	37.8	32.1	10.4	·	19.7
13. Keski-Suomen	25.9	30.4	397	316	240	30.1	40.4	9.2	—	23.0
13.[1]) Keski-Suomen yksit.	24.2	28.7	344	275	—	32.2	39.7	8.1	—	20.0
14. Etelä-Pohjanmaan	38.5	52.0	558	455	285	15.6	48.7	17.1	0.1	18.5
15. Vaasan	27.4	38.1	185	163	143	31.7	42.5	14.0	—	11.8
16. Keski-Pohjanmaan	48.3	59.5	529	473	343	15.6	53.5	20.4	·	10.5
16.[1]) Keski-Pohjanmaan yksit.	45.8	58.5	432	386	—	17.5	54.0	17.9	·	10.6
17. Kainuun	43.0	45.6	928	875	518	20.6	50.0	22.6	1.5	5.3
17.[1]) Kainuun yksit.	41.2	45.5	513	475	—	23.3	48.2	19.5	1.6	7.4
18. Pohjois-Pohjanmaan	55.4	62.3	1 342	1 225	755	13.3	50.6	28.1	0.6	7.4
18.[1]) Pohjois-Pohjanmaan yksit.	54.3	64.2	936	853	—	14.8	50.7	25.0	0.6	8.9
19. Koillis-Suomen	40.2	41.3	1 031	1 004	210	16.3	44.4	29.8	6.8	2.7
19.[1]) Koillis-Suomen yksit.	45.1	47.8	485	463	—	15.3	45.4	26.5	8.2	4.6
20. Lapin	35.5	36.3	2 595	2 553	600	19.1	32.8	38.6	7.3	2.2
20.[1]) Lapin yksit.	46.4	50.4	826	790	—	27.9	36.2	25.5	6.1	4.3
Koko maa yhteensä *Das ganze Land zusammen*	31.9	37.0	9 742	8 825	4 413	20.9	41.7	25.1	2.9	9.4

[1]) Niille metsänhoitolautakuntien toiminta-alueille, joissa on valtion (metsähallituksen ja metsäntutkimuslaitoksen hallinnassa yhteensä) metsämaita enemmän kuin n. 5—6 %, esitetään 1) kohdalla erikseen yksityismetsälain piiriin kuuluviin maihin kohdistuvat luvut.

[1]) *Für die Arbeitsgebiete der Forstbetriebsausschüsse, in denen staatliche Wälder (im Besitz der Forstverwaltung plus denen im Besitz der Forstforschungsanstalt) mehr als ca. 5—6 % sind, werden unter Punkt 1) gesondert die Zahlen angegeben, die zu den Lendereien der Privatwaldkreise gehören.*

212. *Metsäojitettujen soiden määrä*

Koko maan suoalasta oli vuoteen 1953 mennessä kuivatettu ja metsänkasvussa 9.4 % eli 917 000 ha (taulukko 1). Etelä-Suomessa oli kuivatettujen soiden määrä 618 000 ha eli 17.7 % suoalasta. Pohjois-Suomessa oli kuivatettuja soita 4.0 % eli 236 000 ha. Nämä luvut käsittävät varsinaisen suunnitelmallisen metsäojituksen lisäksi myös maanteiden ja rautateiden varsien ojien ja niistä johdettujen viemäreiden sekä vesien laskujen ja peltojen reunojen vaikutuksesta kuivuneet suot. Suunnitelmallisella metsäojituksella oli maassamme vuoden 1953 loppuun mennessä kuivatettu soita n. 700 000 ha. Kun hehtaarin metsäojitukseen on näissä vanhemmissa ojituksissa käytetty ojaa n. 150 jm, oli vuoden 1953 loppuun mennessä maassamme metsäojia kaikkiaan n. 110 000 km. Vuoden 1953 jälkeen on metsäojia kaivettu vuoden 1957 loppuun mennessä n. 40 000 km. Kaikkiaan oli maassamme vuoden 1957 lopussa metsäojia noin 150 000 km ja suunnitelmallisella metsäojituksella kuivatettua alaa lähes 1 milj. ha.

213. *Metsäojituskelpoisten soiden määrä*

Suon metsäojituskelpoisuus on riippuvainen monista tekijöistä, joita on yksityiskohtaisesti selvitetty alan kirjallisuudessa (vrt. mm. Lukkala 1947 ja Lukkala — Kotilainen 1951). Tässä yhteydessä riittänee, jos lyhyesti todetaan, että tärkeimmät suon metsäojitusarvoon vaikuttavista yleistekijöistä ovat kasvualustan laatu ja maantieteellinen sijainti. Paikallisesti saattavat muodostua ratkaiseviksi mm. sellaiset kuin puutavaran menekkiolot ja erikoiset kuivatusvaikeudet.

Taulukossa 1 esitetään metsäojituskelpoisten soiden määrä eri metsänhoitolautakuntien toiminta-alueilla. Vuoden 1953 jälkeen on metsäojitettu noin 250 000 hehtaaria, joten metsäojituskelpoisia soita on nyt n. 4.16 milj. ha. Luku käsittää sellaiset suot, jotka ovat suoritettujen tutkimusten mukaan laadultaan niin hyviä ja sijaitsevat sellaisissa ilmastollisissa oloissa, että niiden puuntuotolla pystytään saamaan riittävä korko ojituksessa investoidulle pääomalle.

214. *Muut metsäojituskohteet*

Varsinaisten soiden lisäksi on maassamme n. 1.7 milj. ha lievästi soistuneita kangasmaita. On aivan ilmeistä, että niistäkin huomattavalla osalla voidaan puuston kasvua kohottaa ojituksen avulla.

22. Käytetyt ojamallit ja koot

Metsäojituksen tarkoitus on kohottaa puuntuottoa tai tehdä mahdolliseksi puuntuoton kohottaminen sellaisilla mailla, joilla puuston kasvu on pieni kasvualustan epäedullisen vesitalouden takia. Kaivamalla ojia tällai-

sille maille siten, että ne vähentävät kasvualustassa olevaa vettä ja saattavat ojitusalueilla olevat sekä sinne valuvat tai sateena tulevat vedet nopeammin ja täydellisemmin liikkumaan, vaikutetaan puiden menestymismahdollisuuksia parantavasti. Metsäojituksessa tarvittavista ojista käytetään tavallisesti nimityksiä valtaoja, sarkaoja ja niskaoja.

Kun metsäojituksessa ei ole tulvimisesta haittaa läheskään siinä määrin kuin maanviljelysojituksessa, ei metsäojituksessa valtaojille tarvitse asettaa yhtä suuria vaatimuksia kuin maanviljelystä varten suoritettavassa ojituksessa. Valtaojia kuitenkin tarvitaan metsäojituksessakin. Metsäojitusten valtaojien tarvetta lisää erikoisesti se, että yksityismailla joudutaan ojitusalueiden vedet usein viemään viljelysalueiden läpi ennen kuin päästään sellaiseen luonnon vesiuomaan tai valtaojaan, ettei vesistä ole haittaa alaasujien maille.

Metsäojituksessa käytettävien valtaojien koko vaihtelee 1 m^3/jm—3 m^3/jm ja on tavallisimmin n. 1.5 m^3/jm.

Sarkaojat ja niskaojat kaivetaan metsäojituksessa sitä silmällä pitäen, että ne pystyvät kokoamaan ojitusalueelta liialliset vedet ja johtamaan ne valtaojiin sekä pitämään vedet liikkeellä. Suoritetut tutkimukset (vrt. Huikari 1953 a ja 1953 b sekä Heikurainen 1955) osoittavat, että ojituksen vaikutus ulottuu yleensä ojien syvyydestä riippumattomasti rämeillä ja nevoilla vain alle 30 cm:n paksuiseen suon pintakerrokseen. Tältä pohjalta lähtien riittäisi metsäojituksessa 0.5 m:n syvyiset ojat, jos niitä olisi tiheässä. Tällainen biologisesti optimi-ojitus on metsäisillä soilla vaikea toteuttaa ja toistaiseksi sitä ei voida käyttää esim. siitä syystä, ettei ole olemassa tarpeellisia tutkimuksellisia ja kokemusperäisiä tietoja niiden kuivatusvaikutuksesta eikä niiden kunnossapysymisestä. Tästä johtuen on ojat tehty 50—80 cm syviksi, luiskan ollessa yleisimmin 1/0.7 ja pohjaleveyden noin 20 cm.

Viime aikoina on metsäojituksissa ryhdytty käyttämään avo-ojituksen lisäksi myös salaojitusta. Metsämaiden salaojitus poikkeaa viljelysmaiden salaojituksesta monessa suhteessa samoin kuin avo-ojituskin viljelysmaiden avo-ojituksesta. Suoritetut tutkimukset ovat osoittaneet, että on edullisinta käyttää ns. latvussalaojaa (Huikari 1953 b), jonka syvyyden ei tarvitse olla yli 90 cm. Kaivettava oja tehdään pystyluiskaiseksi ja noin 25—30 cm:n levyiseksi.

23. Käytetyt työtavat

Metsäojitustyöt suoritettiin toiseen maailmansotaan saakka lapiotyönä. Sodan jälkeinen työmiesten vaikea saanti raskaaseen ja useimmiten syrjäisillä seuduilla tapahtuvaan metsäojitustyöhön sekä työpalkkojen noususta aiheutunut kustannusten voimakas kohoaminen pakottivat kuitenkin

yhä enenevässä määrässä kokeilemaan ja ottamaan käytäntöön uusia työmenetelmiä. Laajimman käytön niistä saavutti ojien aukaiseminen räjäyttämällä erikoista ojitusdynamiittia käyttäen. Tällä menetelmällä voitiin ihmistyövoiman tarvetta vähentää huomattavasti entisestään. Menetelmän avulla aikaansaadusta kustannusten säästöstä antaa kuvan oheinen asetelma (vrt. Huikari 1953 c), jossa on esitetty ojitusdynamiittityön kustannuskertoimet v. 1953 verrattuna vuoden 1939 lapiokaivukustannuksiin. Vuoden 1953 lapiokaivujen vastaava kustannuskerroin on n. 23.

Kaivuvaikeusluokka	Kustannuskerroin
IV	18—25
V	15—18
VI	11—16
VII	11—13
VIII	13—14

Siitä selviää, että ojitusdynamiitinkin avulla on ennen muuta päästy käsiksi kohtuullisilla kustannuksilla VII:n ja VIII:n kaivuvaikeusluokan ohutturpeisiin ja kivisiin ojituskohteisiin, jotka lapiokaivussa tuottavat jo ylivoimaisia kustannuksia.

Ojitusdynamiitinkin huomioon ottaen osoittautui tosiasiaksi, että kuivatustoiminta tulee tyrehtymään, ellei pystytä kehittämään kustannuksia voimakkaasti alentavia työmenetelmiä.

24. Työkohteen laatu ja vaihtelu

Metsäojitusalueet ovat raivaamattomia metsämaita. Kun aukeita soita pidetään metsäojitukseen yleensä huonosti sopivina, ovat metsäojitusalueet jokseenkin säännöllisesti puita kasvavia tai puita kasvaneita maita. Kantoja, juuria ja kaatuneita, turpeen sisässä olevia puita saattaa olla runsaastikin.

Ohutturpeisten maiden ollessa jokseenkin yleisesti metsäojitukseen sopivia ja paksuturpeisten maiden usein sopimattomia, ulottuvat ojat yleensä osittain mineraalimaahan, joka saattaa olla hyvinkin kivistä.

Vain harvoin tavataan ominaisuuksiltaan samanlaisena pysyvää laajaa aluetta. Vaikkakin esimerkiksi turvekerros on yleensä ohut, saattaa jo sadan metrin matkalla tulla eteen useampiakin painanteita, joissa turvetta on yli metrin paksuudelta. Puiden, kantojen ja kivien runsaus vaihtelee huomattavasti pienilläkin alueilla. Pohjanmaan ja Perä-Pohjolan tasankoalueilla sekä eräillä Etelä-Suomen savikoilla maaston vaihtelevuus on vähäisempää. Sielläkin voidaan kuitenkin vain poikkeustapauksissa pyrkiä erikoisratkaisuun (vrt. Huikari 1953 a).

25. Työkoneilta vaadittavat erikoisominaisuudet

Työkohteen suuri laajuus aiheuttaa sen, että mikäli metsäojitusta pyritään toteuttamaan työkohteen laajuuden edellyttämässä mitassa, on kehitettävä laajamittaiseen työhön soveltuva perusratkaisu, joka alentaa kustannukset riittävän pieniksi.

Työkohteen vaikeusasteen tiheä vaihtelu aiheuttaa sen, että metsäojituksen teknillisen suorituksen toteuttamiseen todella merkittävän pienillä kustannuksilla tähtäävällä ratkaisulla on parhaat edellytykset laajamittaiseen työhön silloin, kun se on käyttökelpoinen kaikkein vaikeimmissakin olosuhteissa.

Osaratkaisujen kehittämisellä erilaisia työoloja varten ei voida päästä vaadittavaan tavoitteeseen. Niitä voidaan käyttää hyväksi perusratkaisun täydentäjinä ja sellaisina niillä on tärkeä merkitys.

3. Katsaus ojitustöissä käytettyjen koneiden periaateratkaisuihin

Maanviljelyksen ojitustöitä varten on jo kauan ollut käytettävissä runsaasti erilaisiin periaatteellisiin ratkaisuihin nojautuvia työkoneita. Ne voidaan työtapansa puolesta jaotella mm. seuraavasti:

1. Kaivinkoneet
2. Jyrsinlaitteet ja niiden sovellutukset
3. Oja-aurat

Arvioitaessa näiden mahdollisuuksia metsäojien kaivussa voidaan todeta seuraavaa.

31. Kaivinkoneet

Kaivinkoneet on suunniteltu ensi sijassa sellaisia maansiirtotöitä varten, joissa työskentely tapahtuu pitemmän aikaa jokseenkin paikallaan pysyen. Niiden työ jakaantuu useihin erilaisiin työvaiheisiin, joita ei voida suorittaa yhtäaikaisesti koneen etenemisen kanssa. Tästä johtuu, että kaivinkoneita käyttäen on mahdollisuus alentaa kustannuksia lapiokaivun kustannuksista käytännössä merkitsevällä tavalla vain suurikokoisilla valtaojilla. Varsinaisten kaivinkoneiden käyttö on yleensä vain yli 3 m^3/jm kokoisilla ojilla lapiokaivua merkittävästi halvempaa, alle 3 m^3/jm kokoisilla ojilla ovat erilaiset maatalous- ja raivaustraktoreihin lisälaitteiksi konstruoidut kaivinlaitteet (kuva 5) yleensä varsinaisia kaivinkoneita kannattavampia ja eräät mallit hyvinkin työskentelykykyisiä. Ne eivät kuitenkaan pysty varsinkaan 1 m^3/jm pienemmissä ojissa saamaan aikaan ratkaisevaa kustannusten säästöä lapiokaivuun verrattuna.

32. Jyrsinlaitteet ja niiden sovellutukset

Ojien kaivuun soveltuvat jyrsinlaitteet voidaan työtapansa puolesta jaotella esim. seuraavasti:

1. Ratasjyrsimet
2. Kierukkajyrsimet
3. Ketjujyrsimet

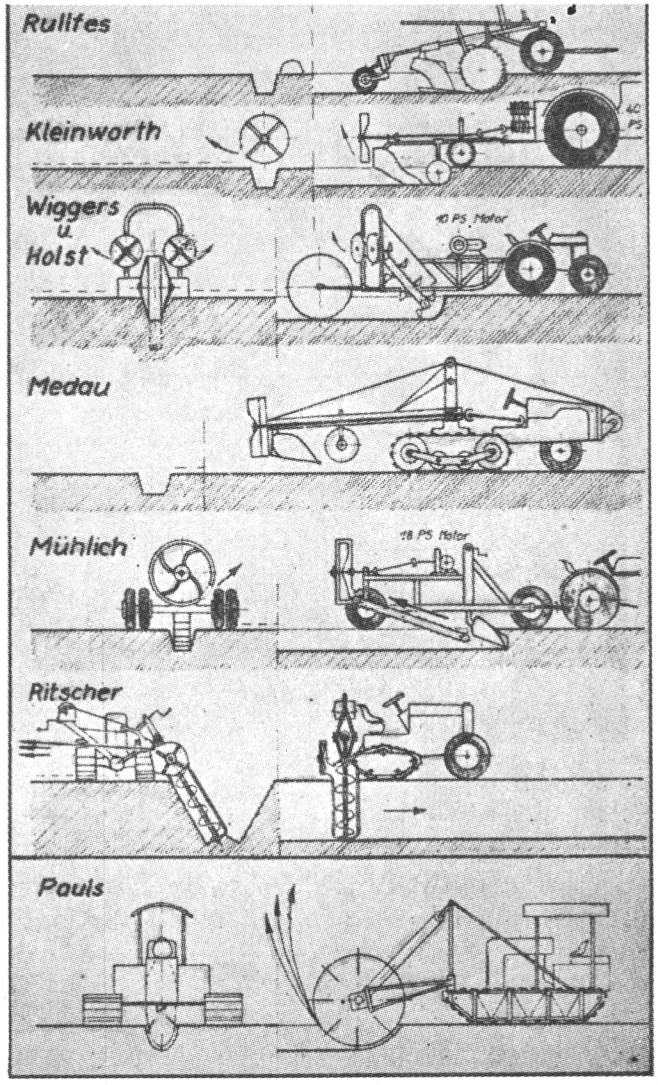


Kuva 5. Kotimaista valmistetta oleva Temmes-kaivuri.
Abb. 5. Temmes-Bagger, ein inländisches Erzeugnis.

4. Maata murtavan terän ja jyrsinten yhdistelmät
5. Jyrsimen ja irroitettua maata nostavan tai ohjaavan siiven yhdistelmät
6. Salaojajyrsimet

Varsinkin Saksassa on tällaisia laitteita rakennettu ja käytetty runsaasti. Niille kaikille on yhteistä se, että ne on tehty kivettömiä ja vähäpuisia maita varten.

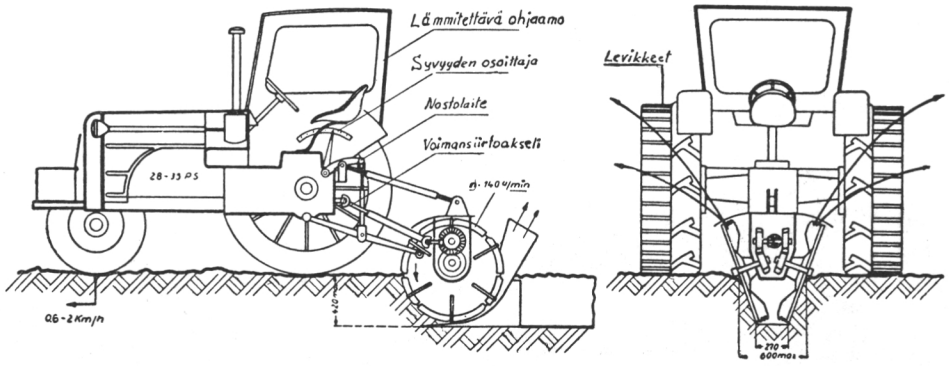
Ratasjyrsimistä mainittakoon ns. Pauls'in jyrsinlaite, jossa on kuvan 6 mukaisesti voimakoneen eteen kytketty leikkaavilla ja maata heittävillä terillä varustettu kiekko, joka kulkusuuntaan nähden vinoon asentoon asennettuna jyrsii poikkileikkaukseltaan ellipsin muotoista, alle kiekon säteen (60 cm) syvyistä ojaa. Laite on tehokas sekä uuden ojan kaivussa että vanhojen ojien perkauksessa. Se käy kohtalaisen puisessakin maassa, mutta ei kivisessä. Kuvassa 6 esitetty Ritscher'in ojanpuhdistuskone on tarkoitettu erikoisesti ojien puhdistustöihin. Siinä toimii työskentelevänä teränä pyörivän liikkeen avulla terävällä reunallaan irroittava ja lappeellaan nostava ruuvi-



Kuva 6. Eräiden saksalaisten, ojien kaivu- ja perkaustöissä käytettävien koneiden työskentelyperiaatepiirroksia.

Abb. 6. Arbeitsprinzipzeichnungen einiger deutscher, bei Bagger- und Räumungsarbeiten von Gräben verwendeter Maschinen.

kierukka. Sen toimintaa rajoittaa maan puisuus ja kivisyys. Ruotsissa metsäojitusta varten kehitetyssä ojajyrsimessä on Ritscher'in mukaisesti asennetulle akselille laitettu leikkaavat terät. Laite selviytyy erikoisen järeytensä ansiosta puistakin kohtalaisesti, mutta on luonnollisesti arka kiville. Wiggers-Holst-ojankaivukoneissa (kuva 6) maan irroittavat ja nostavat ylös kauhat, jotka on kiinnitetty peräkkäin hihnaan tai ketjuun. Niistä putoavan maan



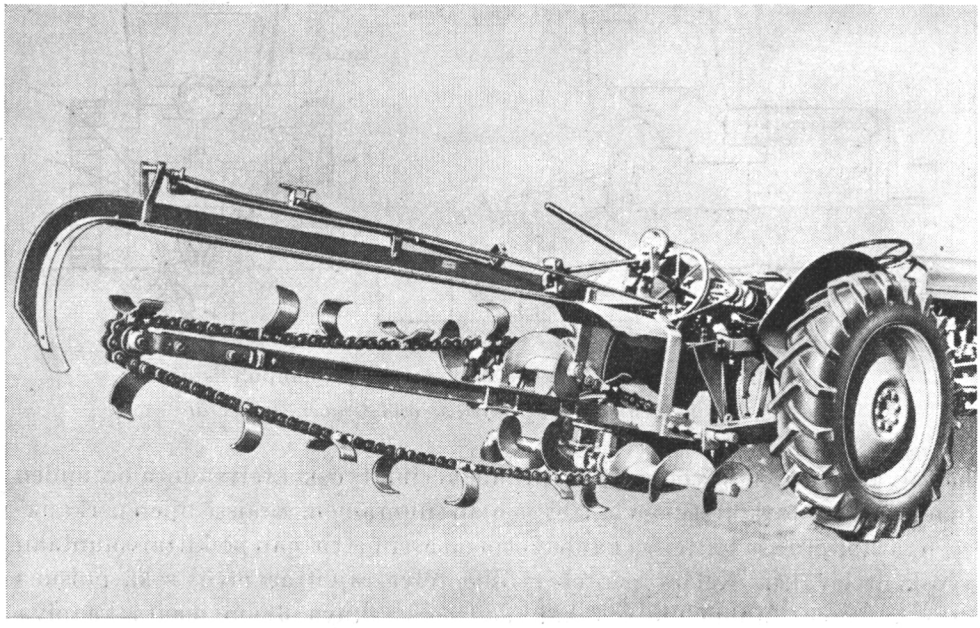
Kuva 7. Völkenrode-pintavesivakojyrsin ja ojanpuhdistaja.
Abb. 7. Völkenrode-Grüppenfräse und Grabenräumgerät.

heittävät pyörivät siivet syrjään. Kauhaketjun työskentelysuunta on uuden ojan kaivuun tarkoitetuissa laitteissa ojan suuntainen. Eräissä ojien perkaukseen tarkoitetuissa laitteissa kauhaketju on asennettu ojan poikittaissuuntaan työskenteleväksi. Ketjujyrsinten työskentelyä rajoittaa myös sekä puisuus että kivisyys. Mühlich'in ojankaivulaitteessa (kuva 6) on maata kaapiva terä. Terän päältä maat putoavat siirtohihnalle ja kulkevat sen avulla ylemmäs, josta puolestaan suurikehäinen siipilaite heittää ne ojan sivuun. Tällä periaatteella työskentelevät koneet ovat hyvin herkkiä puille ja kiville. Kleinworth-Rullfers- laitteessa (kuva 6) on edessä yksi tai useampia sirkkelin terän tapaisia kiekkoja, jotka leikkaavat maan irti ja näin irroitetun maan nostaa perässä tuleva auran siipi ylös. Jos sirkkelin terä on asennettu pyörimisliikkeellä leikkaavaksi, on laite ymmärrettävästi hyvin herkkä kiville ja myös runsas puisuus on työskentelyä rajoittava tekijä. Völkenrode-ojanpuhdistaja (kuva 7) edustaa maata murtavan jyrsinterän ja terän pyörimisliikkeen voimasta lentävää irroitettua maata ohjaavan siipirakennelman yhdistelmää. Sillä pystytään koetulosten mukaan ajamaan ojaa n. 1 km tunnissa. Jyrsinterien kierrosluku on silloin n. 140 kierr./min. Ojan mitat ovat seuraavat: pohjaleveys 27 cm, syvyys 42 cm ja pintaleveys 60 cm. Kivettömässä ja puuttomassa maassa laite on ilmeisesti kohtalaisen käyttökelpoinen.

Salaojien kaivuun tarkoitetuista jyrsinlaitteista mainittakoon suuret kauhapyöräjyrsimet ja maataloustraktoreihin lisälaitteena kytkettävä salaojankaivinlaite, jossa työskentely tapahtuu kauhaketjun avulla (kuva 8).

33. Oja-aurat

Oja-auroja on käytetty jo vuosisatoja eri kokoisten ojien tekoon. Auraaminen on metsäojien kaivussa muita työmenetelmiä edullisempi lähinnä sen takia, että se on työskentelyperiaatteeltaan ojan kaivussa selvästi



Kuva 8. Kotimaista valmistetta oleva maataloustraktoriin lisälaitteeksi kytkettävä salaojajyrsin.

Abb. 8. Im Inland hergestellte Dränfräse, die als Anbaugerät an einen Landwirtschaftstraktor gehängt wird.

muita menetelmiä nopeampi työtapa. Kaivinkoneiden ja jyrsinlaitteiden työsaavutuksia ojankaivussa pienentää (etenemistä hidastaa) etenemisen kanssa eri suuntaan tapahtuva osatyöskentely. Aurauksessa merkitsee kaikki etenevä liike myös samalla ojankaivun muiden työvaiheiden tapahtumista. Oja-auroissa voidaan erotella erilaisia periaatteellisia muotoja esim. seuraavasti:

1. Kaksisiipiset oja-aurat
2. Yksisiipiset oja-aurat
3. Myyräoja-aurat
4. Salaoja-aurat

Kaksisiipisiä oja-auroja on rakennettu monia eri kokoja pienistä hevosvetoisista aina useita tuhansia kiloja painaviin saakka. Metsäojitusolosuhteisiin lähinnä soveltuvia ovat skotlantilaisen Cuthbertson-yhtymän järeätekoiset oja-aurat. Ne ovat lujarakenteisia ja mekaanisilla säätölaitteilla varustettuja. Ruotsissa suoritetut kokeet Cuthbertson-auralla ovat osoittaneet, että sen tekemän ojan syvyys jää epätasaisessa metsäojitusmaastossa n. 40 cm:iin, syvempään ojaan pyrittäessä aura tukkeutuu helposti ja työjälki tulee heikkoa. Cuthbertson-yhtiön auroissa esiintyy myöskin yksisiipisiä malleja.

Oman erikoisen rakennesarjan muodostavat amerikkalaisen E. V. Briscoe & Son yhtiön Briscoe-oja-aurat. Ne ovat hyvin pitkälle ja monipuolisesti hydraulisilla säätölaitteilla varustettuja. Briscoe-aurat on suunniteltu samoin kuin muutkin ulkomaiset ja kotimaiset aurat lähinnä viljelysmaiksi raivattujen tai muuten puuttomien ja kivettömien maiden ojitukseen. Briscoe-auroja on 5 eri kokoa (painot 2 250—5 250 kg), joilla pystytään auraamaan ojia, joiden pintaleveys vaihtelee 2—5 m ja syvyys 90—150 cm. Niillä työskentely tapahtuu siten, että oja aurataan useaan kertaan ja jokaisella kerralla kaavitaan ojaan n. 20—40 cm lisää syvyyttä sekä vastaavasti leveyttä.

Kotimaisista kaksisiipisistä viljelysmaiden oja-auroista mainittakoon esim. merkit Härmä, Voima, Sopu, Liitso, Paavo ja Aarne sekä yksisiipisistä merkit Härmä, Voima, Vako, Veto, La-me, Pika, Vakola ja Paavonpoika. Ne edustavat viljelysmaiden (puuttomien ja vähäkivisten maiden) ojitukseen hyvin soveltuvia ja paljon käytettyjä auratyyppejä.

Englantilaiset ovat jo yli kahdensadan vuoden ajan käyttäneet maanviljelyksen kuivatustöissä apuvälineenä ns. myyräoja-auraa. Myyräojitus soveltuu mineraalimaista vain savi- ja liejumaille. Turvemaita on myöskin myyräojitettu. Myyräojituksessa tehdään maahan noin 40 cm:n syvyyteen halkaisijaltaan 5—15 cm:n suuruinen reikä auran sukkulamaisen teräosan avulla. Myyräsalaoja-aurojen työskentelyä rajoittaa paitsi maan rakenne, myös sen puisuus ja kivisyys. Cuthbertson-yhtiön laajassa aurakokoelmassa on myös salaojien kaivuun tarkoitettu aura, joka osoittaa, että salaojien kaivu voidaan ratkaista aurankin avulla.

34. Yhteenveto

Yhteenvetona edellä esitetystä suppeasta katsauksesta kehitettyihin ojankaivukoneisiin ja niiden ominaisuuksiin voidaan metsäojituksen koneellistamisen perusratkaisua etsittäessä esittää seuraavaa.

1. Oja-auroja ja aurauksen työmenetelmiä kehittämällä päästään lähimmäksi metsäojituksen koneellistamisen perusratkaisua.

Tämän ei tarvitse merkitä sitä, etteikö myös muita työmuotoja kannattaisi kehittää ja kokeilla, sillä varsinkin maatilataloudessa saattaa pieniin voimakoneisiin perustuvilla työmenetelmillä olla voimakoneiden puolesta parhaat kannattavuus- ja yleistymisedellytykset. Ne on kuitenkin käsitettävä perusratkaisun kehittämisen tärkeyteen verrattuina vasta sen toteuttamisen jälkeen ajankohtaisiksi tuleviksi.

2. Kaivinkoneet ovat kilpailukykyisiä vain erittäin suurilla ojilla. Pieniä kaivinlaitteita voidaan käyttää soveltuvissa tapauksissa apukoneina.

3. Jyrsinlaitteet sopivat vain jokseenkin puuttomille sekä kivettömille maille ja ovat siellä pieniin voimakoneisiin perustuvina tehokkaita ja tarkoituksenmukaisia työkoneita.

4. Suoritettu tutkimus- ja koetoiminta

41. Metsäoja-auralle asetettavat perusvaatimukset ja koetoiminnan hahmoittelu

Oja-aurojen työskentelymahdollisuuksista erilaisissa maalajeissa oli vielä muutama vuosi sitten laajimmalle levinnyt sellainen käsitys, että aurat ovat työkykyisiä vain mikäli työkohteena on kivetön, puuton ja märkä maa (vrt. Iso Tietosanakirja 1935 s. 580). Tämä sekä viljelysraivauskohteiden suhteellinen helppous lienevät aiheuttaneet sen, että vaikeita maita (puisia ja kivisiä sekä kuivia) varten ei ole kehitetty erikoista auraa, vaan on valmistettu erilaisia aputyövälineitä, joilla on raivattu ojan paikalta ensin pois aurausta haittaavat kannot, kivet ja maapuut sekä sitten ajettu oja lähinnä jotakin maatalousoja-auraa muistuttavalla auralla.

Metsäojituksen koneellistamistoimikunta asetti oja-auran kehitystyön erääksi peruspäämääräksi auran selviytymisen ojituskohteen esteistä mahdollisimman itsenäisesti siten, että auraa tarvitsee vain harvoin auttaa esiraivauksella vetokoneen taholta. Työtulos muodostuu tällöin vetokoneen maksimisaavutuksista riippuvaiseksi.

Tämä oli varsin tärkeä periaatteellinen kannanotto. Erikoisen selvästi käy sen merkitys selville, jos verrataan toimikunnan työn tuloksena kehittyneen auratyypin työtehoa niihin ulkomaisiin oja-auroihin ja työmenetelmiin, jotka olivat ainoita olemassa olevia esikuvia tai vertailukohtia silloin, kun toimikunta aloitti työnsä.

Peruskokeiluna myöhemmin Metsäojituksen koneellistamistoimikunnan johdolla ja varoilla tapahtuneelle koetoiminnalle on pidettävä metsäneuvos M a n s n e r i n yhteistoiminnassa Pellonraivaus Oy:n kanssa (30. 10. 1952) Kurussa järjestämää kenttäkoetta, jossa Pellonraivaus Oy:tä edusti agronomi L. G r ö n l u n d ja kirjoittaja metsäntutkimuslaitosta. Kokeessa oli voimakoneena Mc Cormic TD 14-telaketjutraktori, jolla vedettiin uudisraivausvälttiä, kannonrepimiskoukkua ja erästä amerikkalaista valmistetta olevaa oja-auraa (kuva 9). Kokeessa todettiin, että: 1) Vetokoneen eteen ei voitane sijoittaa metsäojitusoloissa työskentelykelpoista auraa. 2) Metsäoja-auran ojaksen on oltava korkealle kaartuva sitkeiden pintamaiden ja maapuiden tukkeavan vaikutuksen ehkäisemiseksi. 3) Oja on saatava



Kuva 9. Metsäojan aurauskokeilua Kurussa. Aura on amerikkalainen »viininviljelys»-aura ja vetokoneena on n. 14 tonnin telaketjutraktori. Valok. 30. 10. 52 Olavi Huikari.

Abb. 9. Pflugversuch eines Waldgrabens in Kuru. Der Pflug ist ein amerikanischer «Weinbau»-pflug und die Zugmaschine ein ca. 14 Tonnen Raupenschlepper. Aufn. 30. 10. 52 Olavi Huikari.

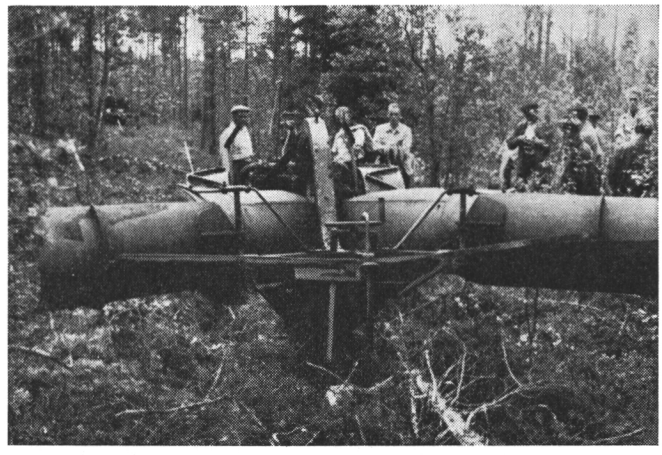
kertavedolla valmiiksi, sillä vetokone uppoaa, jos sen on turvemaalla palattava aukirevitylle kohdalle uudelleen. 4) Vintturiveto on ilmeisesti edullisin vetotapa. 5) Uudisraivausvältin siipimalli tekee hyvän työjäljen puisessakin turpeessa.

Kokeen jälkeen Hämeenlinnassa yhdessä Pellonraivaus Oy:n edustajien kanssa pidetyssä neuvottelussa sovittiin, että Pellonraivaus Oy rakentaa kevääseen mennessä kaksi auraa, joista toinen on suoraan vetokoneeseen kytketty ja toinen omilla pyörillä varustettu (amerikkalaisen auran pyörät ja mekaaninen säätölaite) vintturivetoinen.

Aurat valmistuivat siten, että niitä päästiin kokeilemaan Hämeenlinnan läheisyydessä 27. 6. 1953. Siellä todettiin, että:

1. Suoraan vetokoneeseen (Caterpillar D 6) kytketty hydraulisesti säädettävä yksisiipinen aura tekee nopeasti ja vaivattomasti matalaa, n. 30 cm syvää vakoa mineraalimaahan ja toiseen kertaan vedettynä saadaan syntymään hyvä, n. 50 cm:n syvyinen oja. Paksuturpeisilla paikoilla vetokone ei pystynyt vetämään auraa, vaan tapahtui pahoja uppoamisia. Lisäksi kävi selväksi, että suoralla vedolla ei voida ainakaan paksuturpeisella maalla vetää edullisissakaan oloissa syvempää kuin 50 cm:n syvyistä ojaa käyttäen silloin suurimmaksi käyttökelpoiseksi vetokoneeksi laskettua n. 10 tonnin telaketjutraktoria.

Suoritetuissa aikatutkimuksissa selvisi, että suoralla vedolla toimiva aura pystyy vetämään kivettömässä, mutta kantoisessa hiekkamaassa n.



Kuva 10. Pellonraivaus Oy:n valmistama MKT-1 oja-aura Hämeenlinnan lähimaastossa suoritetuissa aurauskokeissa, joita oli seuraamassa runsaasti Metsäojituksen koneellistamistoimikunnan kutsumia ojituskoneiden kehittämisestä kiinnostuneita henkilöitä. Valok. 27. 6. 53 Olavi Huikari.

Abb. 10. Von der Fa. Pellonraivaus Oy hergestellter MKT-1 Grabenpflug bei Pflugversuchen in der Nähe von Hämeenlinna, denen viele an der Entwicklung von Grabenziehgeräten interessierte Personen auf Einladung des Ausschusses zur Mechanisierung der Waldentwässerung beiwohnten. Aufn. 27. 6. 53 Olavi Huikari.

40 cm syvää vakoa n. 2 000 m tehollisessa tunnissa, jos osa ajetaan kahteen kertaan, pienenee työsaavutus n. 700 m:iin tunnissa ja ojan koko suurenee n. 50 cm syväksi. Paksuturpeisessa ja puisessa maastossa ei työskentely vastannut ollenkaan tarkoitustaan. Aura tukkeutui ehtimiseen ja vetokone upposi telojen rikkoessa jatkuvassa vedossa pehmeän suonpinnan.

Suoralla vedolla toimivalla vetokoneeseen kytketyllä auralla on suuri kulkunopeus. Tämä on hyvin tärkeä etu. Lisäksi suorassa vedossa säästytään monista niistä kuluista ja haitoista, mitä vintturilla vedettäessä esiintyy. Tämän takia vetokoneeseen suoraan kytkettyjä auroja on jatkuvasti ollut toiminnassa metsäojitustöissäkin mm. Ruotsissa. Siellä voidaan tällaista auraa käyttää, kun putoukset ovat yleensä erittäin hyvät, jolloin ojien pienestä koosta ei muodostu ratkaisevaa tekijää.

2. Vintturivetoinen kaksisiipinen oja-aura osoittautui työskentelyperiaatteeltaan oikeampaan osuneeksi. Aura pystyi työskentelemään myös paksuturpeisessa ojituskohteessa (kuvat 10 ja 11). Kun Kurussa suoritetussa kokeessa vedettävänä olleet aurat tukkeutuivat noin viiden metrin välein, tapahtui nyt ojaksen korottamisen jälkeen tukkeutumista vain keskimäärin 100 m:n välein, vaikka ojalinjat olivat puisia ja kohtalaisen kivisiäkin.

Kaksisiipisen vintturivetoisen auran työskentelystä todettiin, että se pystyy vetämään n. 60 cm syvää ojaa (edullisissa oloissa 90 cm syvääkin), kohtalaisen puisessa, mutta jokseenkin kivettömässä maassa n. 200 m tunnissa. Tästä ajasta kului auran tukkeutumisten selvittämiseen n. 40 % ja muihin työvaiheisiin n. 60 %. Aura todettiin rakenteeltaan niin heikoksi, että sitä ei voida pitempää aikaa käyttää kivisessä maastossa. Tämä havainto koski erikoisesti auran pyöräakselia. Sitä päätettiin vahvistaa ja sovittiin Pellonraivaus Oy:n edustajan kanssa, että aura siirretään käytännön mittakaavassa tapahtuvaan työhön Rastunsuon viljelysraivausalueelle Rautalammin pitäjään.



Kuva 11. MKT-1 auralla sararämeen puiseen turpeeseen Hämeenlinnan lähimaastossa tehtyä ojaa. Vetokoneena n. 12 tonnin painoinen telaketjutraktori. Valok. 27. 6. 53 Olavi Huikari.

Abb. 11. Mit einem MKT-1 Pflug in den holzigen Torfboden eines Riedmoores gezogener Graben in der Nähe von Hämeenlinna. Als Zugmaschine ein ca. 12 Tonnen schwerer Raupenschlepper. Aufn. 27. 6. 53 Olavi Huikari.

Edellä esitetyissä kokeissa oli selvinnyt, että metsäoja-auran perusratkaisua on etsittävä omilla pyörillä varustetun vintturivetoisen auran linjalta. Tämän ratkaisun hahmotuttua laajeni selvitettävien kysymysten joukko huomattavasti. Vaikkakin oli jo olemassa aura, joka vahvistettuna pystyisi käytännöllisessä mittakaavassa tapahtuvaan metsäojitustyöskentelyyn, oli kuitenkin olemassa suuri joukko selvittämättömiä kysymyksiä analysoitaessa metsäoja-auran työskentelytehoon ja käyttökelpoisuuteen sekä käyttöön ottoon vaikuttavia tekijöitä. Näitä kysymyksiä ryhmiteltiin seuraavasti:

1. Mikä on edullisin vetotapa?
2. Mikä on edullisin vetokoneen koko ja tyyppi?
3. Mikä on edullisin auran koko?
4. Mikä on edullisin siipimuoto ja auran rakenne?
5. Mitä lisälaitetta aurassa tarvitaan?
6. Mitä vaikutuksia auran käytäntöön otolla on metsäojitusten suunnittelutöihin ym. metsäojituksen totunnaisiin työvaiheisiin ja järjestelyihin?

Tämäntapaisten peruskysymysten systemaattinen selvittely katsottiin tarpeelliseksi sen takia, että oli odotettavissa jo lähivuosina kaivettavien metsäojien määrän kohoavan huomattavasti entisestään, ehkä kymmeneen tuhanteen kilometriin vuosittain. Tällöin merkitsisi markan säästö ojametrin kaivukustannuksissa vuosittain 10 miljoonan markan säästöä kokonaisinvestoinnissa. Tavoitteeksi ei voitu asettaa auraa, jolla pystytään alentamaan työkustannuksia jonkin verran ja vain määrätynlaisissa työkohteissa. Päämääräksi asetettiin auran rakenneominaisuuksien tutkiminen niin pitkälle, että voidaan valmistaa aura, jolla päästään mahdollisimman lähelle vetokoneesta ja vetomenetelmästä riippuvaa teoreettista maksimitulosta kaikissa olosuhteissa auran työjäljen ollessa sellaisen, että lapiotyönä tapahtuvaa jälkisiivoustyötä jää mahdollisimman vähän. Oli myös ajoissa varauduttava uuden työmenetelmän käytäntöön oton aiheuttamien muutosten selvittelyyn.

Kun metsäojitusmaaston vaikeustekijöitä on vaikea jäljitellä, suoritettiin pienoismallikokeita vain teoreettisissa ideaaliolosuhteissa. Kaikki tärkeimmät peruskokeilut toistettiin luonnolliseen kokoon rakennetuilla koekappaleilla maastossa. Koko koetoiminnan ajan keskitettiin päähuomio oja-aurakokeisiin, muut kokeet sekä tutkimukset tehtiin niiden yhteydessä.

Seuraavassa siirrytään kysymysten asettelun mukaiseen probleemain selvittelyyn suoritettujen tutkimusten seuraamisen helpottamiseksi. Kun koekappaleiden rakentamisessa ja kokeilussa kului paljon aikaa, täytyi toimikunnan aloittaa samanaikaisesti eräitä sellaisiakin kokeita, joista olisi voitu peräkkäisissä kokeissa ainakin osittain välttyäkin. Toisaalta osoittautui tarpeelliseksi suorittaa eräitä rakenteiden kokeiluja, jotka voitiin katsoa osittain selvitetyiksi, lähinnä siitä syystä, että yleensä kaikissa niissä paljastui uusia puolia toistenkin laitteiden työskentelystä ja yhdistelymahdollisuuksista.

42. Vetokone

421. *Vetokoneen koko ja tyyppi*

Ojan aurauksessa käytettävän vetokoneen koko on riippuvainen monista tekijöistä. Niistä, jotka rajoittavat kysymystä, ovat tärkeimmät tarvittavan vetovoiman suuruus — millä on pystyttävä vetämään, maaston kulkuvaikeudet ja nopeus — jolla on pystyttävä etenemään.

Jos käytetään samanaikaisesti useita vetokoneita, saadaan luonnollisesti pienemmistäkin koneista irti sama vetovoima kuin yhdestä isommasta. Samoin voidaan vetokoneen työskentelyä tehostaa vetämällä vintturilla ja edelleen verustamalla vetokone vintturivedossa erilaisilla ankkurilaitteilla. Olipa vetotapa mikä tahansa, on vedossa käytettävien koneiden oltava

sellaisia, että ne pystyvät vaivattomasti etenemään ojitusmaastossa. Kuten s. 23 on esitetty, luovuttiin ensimmäisten kokeiden antamien tulosten perusteella auran suorasta kytkennästä vetokoneeseen ja otettiin perusvetotavaksi vintturiveto. Erilaisten vetotapojen edullisuudesta toisiinsa verrattuna on myöhemmin suoritettu erillistutkimuksia, jotka on selostettu lähemmin toisessa yhteydessä (vrt. H u i k a r i 1957).

Sopivimman vetokonekoon määrityksessä on luonnollisesti tärkeä merkitys sillä, että tunnetaan auran vetovastus erilaisissa olosuhteissa. Auran vetovastukseen vaikuttavat paitsi auran muoto ja muut ominaisuudet, ennen muuta sen maan laatu ja rakenne, johon ojia on tehtävä. Kun kokeilujen alussa ei ollut tietoja vetovastuksen kannalta edullisimmasta auran muodosta eikä tutkimuksiin pohjautuvia tietoja erilaisten maiden eroista toisiinsa verrattuina, lähdettiin asiaa erittelemään alustavissa kokeissa tehtyjen havaintojen sekä Pellonraivaus Oy:n edustajien lausuntojen pohjalta. Pellonraivaus Oy:n edustajat pitivät edullisimpana lähteä vetokoneissa n. 10 tonnin telaketjutraktorin koosta. Ensimmäisissä kokeissa tehdyt havainnot moottorin rasituksista aurojen vedossa erilaisissa tilanteissa osoittivat, että vetovastus saattaa nousta useinkin jopa 10 000 kp (= kilopondi), mutta yleisimmin aura liikkui niin helpon tuntuisesti, että oletettiin vetovastuksen olevan noin 5 000 kp:n suuruusluokkaa. Jouduttiin tällöin harkitsemaan, onko n. 10 tonnin painoisen traktorin pitäminen vetokoneena turhan suuri pääomansijoitus aurauskalustoon, kun 5 tonnin painoisen traktorin vintturi pystyy vetämään 10 000 kp:n vetovoimalla ainakin taljaa apuna käyttäen. Oli myös pidettävä todennäköisenä, että mitä kevyemmillä vetokoneilla voidaan toimia, sen helpommin on ratkaistavissa vetokoneiden uppoamiskysymys pehmeillä soilla. Vetoa voitiin pitää täysin mahdollisena kevyemmilläkin koneilla, mikäli ne saadaan ankkuroitua vedon ajaksi siten, että ne eivät ala luistaa kun veto nousee kitkan määräämää rajaa suuremmaksi.

Päätettiin selvittää, mitä mahdollisuuksia on vetää oja-auroja metsäojitusoloissa:

1. Raskailla pyörätraktoreilla
2. Alle 10 tonnin painoluokkaa olevilla telaketjutraktoreilla
3. Noin 10 tonnin painoisilla ja sitä raskaammilla telaketjutraktoreilla

Tykän tilalla Sippolassa tehdyt havainnot osoittivat, että erikoisrakenteisella ankkurilaitteella, jonka T y k ä n veljekset olivat kehittäneet, varustettuna Fordson Major-traktori pystyy vintturin avulla vetämään jopa n. 5 000 kp:n vetovoimalla ja pysyy hyvin paikallaan. Oja-auran on kuitenkin oltava kevytrakenteinen. T y k ä n maanviljelijä-veljekset osoittivat, että tällä ratkaisulla on mahdollista perata jokseenkin umpeutunutta vanhaa ojaa metsäojituskohteisiin verrattuna helpoissa oloissa jopa 80 cm:n

syvyiseksi. Mineraalimailla on ilmeisesti mahdollista tehdä tämän ratkaisun avulla useampaan kertaan ajettaessa uusiakin metsäojia, jos maa ei ole kovin kantoista ja kivistä.

Oy Ford Ab:n kanssa yhteistoiminnassa suoritettu raskaan pyörätraktorin maastokelpoisuuskoe osoitti, että puoliteloilla varustettuna pystyy takapyörävetoinen normaali maataloustraktori liikkumaan jokseenkin vaivatta upottavillakin soilla. Oli todettavissa, että helpoissa ojituskohteissa kannattaa raskaiden pyörätraktoreiden omistajien ainakin pieniä ojamääriä ja matalia ojia »kaivettaessa» käyttää hyväkseen omistamansa vetokoneen tarjoamia edellä esitetyn tapaisia käyttömahdollisuuksia.

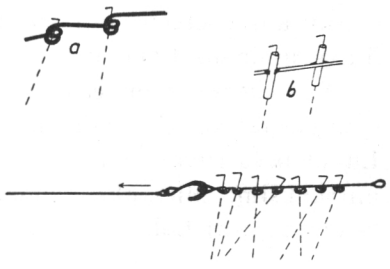
Vasta vuoden 1956 kesäkuussa Metsäojituksen koneellistamistoimikunnan jo lopetettua toimintansa tarjoutui tilaisuus tutkia nelipyörävetoisen pyörätraktorin maastokelpoisuutta ja vetokykyä Enso-Gutzeit Oy:n, Rajavartiolaitoksen ja Laakerikeskus Oy:n järjestämän Nordtrak-Stier-merkkisten traktoreiden maasto- ja työkokeen yhteydessä. Tällöin tutkittiin Nordtrak-Stier 45-traktorin liikkumis- ja vetokykyä metsäojitusmaastossa. Nordtrak-Stier 45-traktori on nelipyörävetoinen ja siinä on nelitahtinen 42 hevosvoiman nestejäähdytetty dieselmoottori, sen kaikki pyörät ovat samankokoisia ns. suuria pyöriä. Traktorissa oli kokeen aikana lisävarusteina vintturi ns. maatukineen ja takana paripyörät, jolloin sen kokonaispaino oli 4 100 kg. Maastokokeessa voitiin todeta, että kokeessa käytetynlainen pyörätraktori pystyy liikkumaan vaivattomasti upottavissakin metsäojituskohteissa. Kun renkaiden painetta voidaan pienentää, eivät kumit puhkea kantoisessakaan maastossa. Vetokykykokeet suoritettiin sararämeellä, jossa turvekerroksen paksuus oli 1.3 m. Traktori pystyi vetämään suoralla vedolla 2 000—4 000 kp:n vetovoimalla ja vintturin avulla, ilman maatuella ankkurointia 1 800—3 000 kp:n sekä vintturin avulla, maatuella ankkuroituna, 2 500—7 100 kp:n vetovoimalla.

Koe osoitti, että käytetyn tyyppisen raskaan nelipyörävetoisen pyörätraktorin maastokelpoisuus on erittäin hyvä ja vetokykykin suuri. Tuntuu todennäköiseltä, että mainitunlaisia traktoreita voidaan käyttää jopa pienikokoisten aurojenkin vetokoneina sekä varsinkin erilaisten jyrsinlaitteiden voimakoneina.

Ruotsissa on ensimmäisissä metsäojien aurausratkaisuissa käytetty vetokoneena n. 6 tonnin painoista telaketjutraktoria, joka on varustettu erikoisrakenteisella koneen ankkurointiin ja ojalinjan raivaukseen tarkoitetulla hydraulissäätöisellä piikkipuskurilla. Ajetut ojat jäävät kuitenkin keskimäärin noin 40 cm:n syvyisiksi ja ne vaativat jokseenkin runsaasti lapiotyönä tapahtuvaa jälkisiivousta, joka luonnollisesti nostaa kustannuksia. Ajateltiin, että vetokoneen vetokykyä voitaisiin tehokkaammin käyttää hyväksi, jos rakennettaisiin mainittuun traktorikokoon sopiva ankkurilaite. Siitä laadittiin piirustukset ja päätettiin sellaisen rakentamisesta sekä ko-

keilusta rakennettavaksi jo suunnitellun pienempikokoisen auran kokeilujen yhteydessä.

Mainitun telkilaitteen rakentamisen kestäessä kehittyivät kuitenkin käsitykset kertyneen kokemuksen ja suoritettujen vetovastustutkimusten ansiosta raskaampia voimakoneita suosivalle suunnalle ja telkilaitteen kokeilut jätettiin myöhäisempään vaiheeseen. Tarpeellisten varojen puuttumisen vuoksi niitä ei ole voitu vieläkään jatkaa.



Kuva 12. Ruotsalaisten metsäojittajien kehittämä ankkurilaite. a ja b osoittavat erilaisia rakennemahdollisuuksia.

Abb. 12. Von schwedischen Waldentwässerern entwickeltes Ankergerät. a und b zeigen verschiedene Baumöglichkeiten.

On kuitenkin pidettävä selvänä jo pyörätraktoreista saatuihin koetuloksiin, Limingan Ojitus Oy:n ja ruotsalaisten sekä norjalaisten käytännön kokemuksiin viitaten, että ainakin helpoissa ja helpohkoissakin metsäojituskohteissa on mahdollista aurata metsäojia myös n. 6 tonnin painoista vetokonetta käyttäen.

Traktorin paikallaan pysymistä voidaan auttaa painamalla traktorin erikoispuskuri maahan, traktorin perään rakennetun tukilaitteen avulla tai ankkuroimalla pahimmissa paikoissa oheisen piirroksen (kuva 12) mukaisella ruotsalaisten metsäojittajien kehittämällä yksinkertaisella ankkurilaitteella.

Koetoiminnan edistyessä alettiin suorittaa mittauksia siitä, minkä suuruisella voimalla oja-auraa on erilaisissa kohteissa vedettävä, jotta aura saadaan liikkeelle ja määrätyn suuruinen oja syntymään. Mittausten suoritusta vaikeutti aluksi se, ettei ollut käytettävissä tarpeeksi järeitä vetovastusmittareita. Vasta kun Lokomo Oy valmisti erikoisesti näitä mittauksia varten 16 000 kp:n vetovoimaan saakka näyttävän mittarin, saatiin aineistoa enemmän. Kun käytetty mittari painoi n. 30 kg, oli sen liikuttelu maastossa hankalaa ja lisäksi vastuslukemien luku vaarallista, sillä mittaus piti suorittaa välittömästi auran edessä.

Yhteenvetona aurauskokeiden yhteydessä ja myöhemmin auraustyömailla suoritetuista vetovastusmittauksista voidaan lyhyesti esittää seuraavaa. Maassa olevat kivet aiheuttavat suurimmat vetovastushuiput. Suuret kivet liikkuvat luonnollisesti vain mikäli auran kärki tai siiven laita pääsee sopivasti niiden alle. Ne aiheuttavat vetovastuksen kohoamisen koneen vetokyvyn ylärajaan eli tavallisimmin n. 14 000 kp:iin. Kivien koon pienentyessä vetovastuksen huiput myös pienentyvät. Maan sisässä olevat puut ja 0.2 m^3:n kivet aiheuttavat vetovastukseen 2 000—3 000 kp:n nousuja. Vaikutus on luonnollisesti sitä voimakkaampi, mitä syvemmällä este on. Kookas, tuore kanto aiheuttaa n. 2 000 kp:n nousun, jos sellainen

sattuu auran eteen. Jos auran pyörä nousee kannon yli, on vetovastuksen lisäys usein n. 1 000 kp.

Taulukossa 2 on esitetty keskiarvoiset vetovastusluvut erilaisille ojasyvyyksille ja eri maalajeille turvekerroksen paksuuden ollessa n. 30 cm. Luvut perustuvat K l e m e l ä n (1956) ja tekijän kesällä 1955 suorittamiin mittauksiin. Mittaukset suoritettiin kouruluiskaisen (luiska 1/0.7 ja pohjaleveys 22 cm) Lokomo-auran työstä (malli 1955).

Taulukko 2. Keskimääräiset metsäoja-auran vetovastukset erilaisilla pohjamaalajeilla ojituskohteissa, joissa turvekerroksen paksuus on n. 30 cm sekä paksuturpeisissa ojituskohteissa.

Tabelle 2. Die durchschnittlichen Zugwiderstände des Grabenpfluges an Entwässerungspunkten mit verschiedenen Untergrundarten, an denen die Dicke der Torfschicht ca. 30 cm ist sowie an dicktorfigen Entwässerungspunkten.

Ojan syvyys cm *Grabentiefe cm*	Hiesusavi *Schlufflehm*	Hieta *Feinsand*	Hiekka *Grobsand*	Moreeni *Moräne*	Sora *Kies*	Turve *Torf*
	Vetovastus, tonnia *Zugwiderstand, Tonner*					
45				4— 6		
55				5— 7		3—4
65	6	5—6	5	6— 7	5—6	4
75	6— 7	6	6	6— 8	6	4—5
85	7— 8		6—7	7— 8	6—7	5—6
95	9—10		7—8	8— 9	7—8	6—7
105	10—14			9—11		7—8

Jo alustavat vetovastustutkimukset osoittivat, että vetovastus saattaa kivisessä ojituskohteessa nousta suurimpien kivien kohdalla usein toistuvasti yli 10 000 kp:n. Samalla havaittiin myös, että jatkuvassa työskentelyssä eivät alle 7/8″:n teräsvaijerit kestä, ja todettiin jopa eräissä kokeissa käytetyillä 15 tonnin painoisilla telaketjutraktoreillakin lievia vaikeuksia joustavasti sujuvan auran vedon suhteen. Nämä tekijät pakottivat jättämään kevyempien voimakoneiden kokeilun toistaiseksi pois työohjelmasta tärkeämmäksi katsottavien muiden kokeiden jouduttamiseksi.

Taulukossa 3 on esitetty metsäojitustöissä yleisimmin käytettyjen telaketjutraktoreiden ominaisuudet.

Käytännössä todettiin 12 tonnin painoisten telaketjutraktoreiden vetokyky riittäväksi keskinkertaisen vaikeissakin ojituskohteissa. Niiden vetokyky pyrki kuitenkin jäämään liian heikoksi, jos auran edessä oli iso kanto, paksu maapuu tai iso kivi. Traktorin paino ei tällöin riittänyt pitämään sitä paikallaan, vaan se lähti luistamaan auraa kohti. Tätä luisumista voitiin tehokkaasti estää painamalla edessä oleva työntöpuskuri ennen vedon aloittamista maahan. Eräät traktorin kuljettajat tehostavat traktorin veto-

kykyä siten, että he ennen vedon aloittamista upottavat telat maan sisään n. 20 cm:n syvyyteen vedättämällä suoralla vedolla vintturin jarrun ollessa lukittuna, jolloin telat »syövät» itsensä läpi kantavasta ja liukkaasta pintamaasta. Tällöin on luonnollisesti pidettävä huoli siitä, ettei vedetä auraa liian lähelle konetta, koska kone on useimmiten vedettävä sitten vuorostaan auraa ankkurina pitäen syntyneestä kolosta pois. Se käy hyvin päinsä, kun samanaikaisesti vedätetään sekä vintturilla aurasta että teloilla taaksepäin ajaen. Kestävälle pohjalle päästyään ajaa kone rikotun kohdan sivusta seuraavaan vetopaikkaan.

Eräs vetokoneen koon ja tyypin edullisuuteen vaikuttava tekijä on se, mitenkä helposti kone on kuljetettavissa.

Telaketjutraktorit eivät saa liikkua omilla teloillaan yleisillä teillä ilman tieviranomaisten lupaa. Tämän sekä liikkumisen hitauden ja telojen nopean kulumisen takia traktori on siirrettävä pitkillä maantiematkoilla joko kuorma-autolla tai kuljetusalustalla. Raskailla kuorma-autoilla voidaan siirtää koneita, joiden paino ei ylitä 12 tonnia. Suurempien siirrossa on jo pakko käyttää kuljetusalustaa. Kun kuljetusalustalla siirto tulee yleensä huomattavasti kalliimmaksi kuin kuorma-autolla siirto eikä kuljetusalustoja ole aina tarvittaessa saatavissa, on luonnollista, että vain kuljetuskysymykset huomioon ottaen olisi sitä edullisempaa, mitä pienemmillä koneilla työtä voitaisiin suorittaa. Pyörätraktorit pystyvät itse siirtymään ojituskohteesta toiseen ja ovat tässä suhteessa erikoisen edullisia pienten työmaiden vetokoneiksi. Toistaiseksi niitä ei kuitenkaan ole pystytty käytännöllisessä mitassa käyttämään metsäojituksen vetokoneina.

422. *Vetokoneen maastokelpoisuus*

Metsäojitusmaaston ominaisuuksien tiheän vaihtelun takia on syytä lähteä siitä, että jokainen metsäojitusta suorittava kone joutuu työssään liikkumaan ohutturpeisten ja kovapohjaisten maiden lisäksi myös paksuturpeisilla ja upottavilla soilla. Tarkoituksenmukainen ja tehokas työskentely vaatii koneen vaivatonta selviämistä upottavimmistakin kohteista. Tähän perustuen pyrittiin selvittämään ne ominaisuudet, mitä käytännössä mahdollisimman maastokelpoisilta vetokoneilta vaaditaan.

Mitä kevyempi vetokone on, sitä paremmin sen todennäköisesti pitäisi selvitä upottavista kohteista, mutta saman koneen pitäisi kyetä etenemään myös kantoisessa ja epätasaisessa maastossa sekä olla riittävän voimakas ja riittävän painava pystyäkseen vetämään auraa.

Metsäojien aurauskokeiden alkaessa tiedettiin vain telaketjutraktoreiden täyttävän nämä vaatimukset. Telaketjutraktoreiden liikkumiskyvystä metsäojitusmaastossa oli varsinkin Pellonraivaus Oy:llä paljon arvokasta kokemusta ja tietoa. P i h k a l a n (vrt. s. 10) ja K a i t e r a n (vrt.

Taulukko 3. Tietoja eräiden metsäojitustöissä käyttö-

Tabelle 3. Angaben über die Eigenschaften einiger Raupen-

Traktorin ominaisuuksia *Eigenschaften des Schleppers*	Allis Chalmers		
	HD-6	HD-11 suotraktori	HD-16 turb. kytk.
Paino suoralla puskurilla ja vintturilla kg — *Druck mit gerader Ramme und Winde kg*	8 100	14 600	19 500
Vetoteho hv. — *Zugleistung PS*	52	90.5	150
Moottorin nettoteho hv.— *Nettoleistung des Motors PS*	66.5	111.0	—
Raideleveys tuumaa — *Spurbreite Zoll*	60	74	74
Pituus (ilman pusk.) cm — *Länge (ohne Ramme) cm*	320	390	450
Leveys (ilman pusk.) cm — *Breite (ohne Ramme) cm*	200	280	250
Korkeus (ilman pakop.) cm — *Höhe (ohne Schutzdach) cm*	170	210	230
Vaihteet eteen — *Vorwärtsgänge*			
I kg — *kg*	7 000	9 950	27 200
km/t — *km/St.*	2.4	2.3	0—4.0
II kg — *kg*	4 250	6 600	21 300
km/t — *km/St.*	3.9	3.4	0—6.9
III kg — *kg*	3 100	4 700	11 800
km/t — *km/St.*	5.3	4.7	0—11.5
IV kg — *kg*	2 550	3 550	—
km/t — *km/St.*	6.4	6.1	—
V kg — *kg*	1 350	3 000	—
km/t — *km/St.*	8.8	7.1	—
VI kg — *kg*	—	2 200	—
km/t — *km/St.*	—	9.2	—
Vaihteet taakse — *Rückwärtsgänge*			
I km/t — *km/St.*	3.2	2.6	0—5.1
II » — »	—	5.6	0—8.8
III » — »	—	7.1	—
Sylinterien lukumäärä — *Zylinderanzahl*	4	6	6
Tahtien lukumäärä — *Taktanzahl*	4	4	4
Normaali RPM — *Normal UPM*	1 800	1 800	1 800
Telan kosk. pituus cm — *Walzenberührungslänge cm*	170	270	245
Kantopinta cm^2 — *Tragende Fläche cm^2*	15 500	41 400	27 300
Telaketjun leveys tuumaa — *Breite der Raupenkette Zoll*	13—22	18—30	18—26 (30)
Telaketjun normaalileveys tuumaa — *Normalbreite der Raupenkette Zoll*	18	30	22
Pintapaino kg/cm^2 (traktori, puskuri ja vintturi) normaalitelalla — *Flächendruck kg/cm^2 (Schlepper, Ramme und Winde) mit Normalwalze*	0.520	0.350	0.710
Leveimmällä telalla — *mit der breitesten Walze*	0.42	0.35	0.60
Maavara cm — *Bodenhöhe cm*	29	34	37
Vintturin vetonopeus yläk. m/min.—*Zuggeschwindigkeit der Winde m/Min.*	23.5—41.7	21.2—44.1	0—104.0
Vintturin vetokyky tonnia — *Zukraft, Tonnen*	12.3— 6.9	18.3— 8.8	45.3—0

s. 10) suorittamat kokeet olivat osoittaneet telaketjutraktorin selviävän upottavimmistakin kohteista, mikäli traktorilla on tarpeeksi leveät telat. Pellonraivaus Oy varusti vuoden 1953 kesällä suoritetuissa aurauksissa käytetyn n. 12 tonnin painoisen vetokoneen (Caterpillar D 6) telat puulevikkeillä. Vaikka ojista ajettiin n. 30 km rimpinevalle, ei tapahtunut pahempia uppoamisia.

kelpoisten telaketjutraktoreiden ominaisuuksista.

schlepper, die zu Waldentwässerungsarbeiten geeignet sind.

Caterpillar			International		
D-4	D-6 suotraktori	D-7	TD-14	TD-18	TD-24
7 918	12 710	16 290	12 270	16 980	25 900
50	75	102	78.5	103	161
63	93	128	90	117	190
60	74	74	74	74	80
306	375	426	482	495	595
203	264	247	292	314	344
175	191	206	188	200	227
4 330	7 710	11 760	7 450	11 000	16 900
3.1	2.7	2.4	2.78	2.58	2.57
3 140	4 950	8 050	5 600	8 300	12 900
4.3	4.2	3.5	3.6	3.38	3.22
2 420	3 420	5 430	4 200	6 600	10 700
5.5	5.8	5.1	4.8	4.18	4.00
1 860	2 340	3 430	3 200	4 930	8 250
6.8	8.0	7.4	5.9	5.46	5.15
1 180	1 640	2 400	2 300	3 600	5 950
9.8	10.6	9.5	7.7	7.24	6.70
—	—	—	1 650	2 760	4 400
—	—	—	10.0	8.85	8.50
3.5	3.2	2.9	2.8	2.58	2.57
—	5.1	4.2	6.0	5.46	3.22
—	7.2	6.1	—	—	4.00
4	6	4	4	6	6
4	4	4	4	4	4
1 600	1 600	1 200	1 650	1 450	1 400
181	264	240	224	240	300
18 390	40 200	26 800	22 800	26 800	36 600
18—20	18—30	18—22	16—24	18—26	22—30
20	30	22	20	22	24
0.432	0.316	0.610	0.538	0.635	0.708
0.43	0.32	0.61	0.49	0.54	0.57
29	32	40	30	35	35
29.5—61	32—57	30—50	28—45	24—38	25—40
8.7—4.2	12.2—6.9	19.4—16.7	11.1—7.0	20.0—12.0	33.0—23.0

Koneiden kiinni tarttumisista aiheutuneista työseisauksista tehtiin jatkuvasti havaintoja koetyömaiden yhteydessä. Vuonna 1955 jaettiin työkauden alussa kaikille työmaille vetokoneesta johtuvia työseisauksia selvittävä kyselylomake. Vastauksia saatiin todennäköisesti vain pienestä osasta sattuneita työseisauksia. Ne varmistivat kuitenkin havaintojen perusteella muodostunutta käsitystä maastokelpoisuuteen vaikuttavista

koneen ominaisuuksista. Todettiin, että suurin osa työseisauksista aiheutuu koneen molempien telaketjujen tai vain toisen painumisesta niin syvään, että kone jää alustastaan kannatukselle eikä pääse nousemaan ehjälle suon pinnalle. Tällaisten tapausten poistamiseksi koneessa olisi oltava niin leveät telaketjut, että ne eivät painu pintamaan läpi ja myös maavaran tulisi olla mahdollisimman suuri.

Maahamme hankitut telaketjutraktorit on suunniteltu ensi sijassa työntöpuskurin avulla tapahtuvia raivaus- ja maansiirtotöitä varten. Niissä on tämän takia yleensä kapeat telaketjut painoonsa nähden ja lisäksi niiden maavara on matala. Koneet tarttuvat pehmeässä ja epätasaisessa maastossa liikkuessaan helposti kiinni. Kone jää tällöin tavallisimmin kiinni siten, että se lepää alustansa keskiosan alla olevan maan, kannon tai kiven varassa. Kapeatelainen kone tavallisimmin luistaa pohjapanssarin varassa pitkin suon pintaa ja tällöin on tietenkin tärkeää, että panssarin muoto on tähän sopiva. Jos koneeseen on alunperin hankittu metsäojitustöitä varten liian kapeat telat, on niitä eräissä tapauksissa koetettu levittää joko puisilla tai metallisilla levikkeillä, sillä uusien leveämpien telakenkien ostaminen on tavallisesti katsottu liian kalliiksi. Puulevikkeistä on saatu hyviä kokemuksia kannottomassa ja kivettömässä maastossa, mutta kantoisessa maastossa ne katkeilevat helposti ja niitä joudutaan uusimaan. Enso-Gutzeit Oy on päässyt hyviin tuloksiin metallisten telalevikkeiden avulla.

Tilapäiset metallilevikkeet valmistetaan telakenkien päälle sopivan levyisestä U-teräspalkista. Halutun pituiseksi katkaistuun palkkiin laitetaan reiät telapulttien kantojen kohdalle, jotta levike imeytyy tiiviisti telakenkiin kiinni. Palkin särmät vahvistetaan kaksinkertaisiksi, jolloin levikkeet eivät taivu liian herkästi kivikossa ja kannokossa ajettaessa. Levikkeet kiinnitetään telakenkiin alkuperäisillä telapulteilla. Levikkeistä aiheutuu ylimääräisiä kuluja, mutta toisaalta kokemus on osoittanut, että kulut saadaan paremmilla työsaavutuksilla korvattua.

Yhteenvetona vetokoneen maastokelpoisuusvaatimuksista voidaan todeta, että jos koneessa ei ole rakenteellisia heikkouksia ja jos sen koko on 8 tonnista ylöspäin sekä maavara normaali, on ratkaiseva ominaisuus koneen painon suhde maata koskettavaan telapinta-alaan. Mikäli paino ei ylitä maata vastaan koskettavan telapinta-alan neliösenttimetrillä 300 g (pintapaino 300 g/cm^2), on kone erittäin hyvin metsäojitusauran vetokoneeksi sopiva. Jos pintapaino on 300—400 g/cm^2 välillä, on konetta pidettävä hyvin sopivana. Jos pintapaino on 400—600 g/cm^2, on kone hyvin sopiva vetokoneeksi sellaiseen ojituskohteeseen, jossa on yleensä vain ohutturpeisia soita. Maaston aiheuttamaa hankaluutta voidaan metsäojituksessakin vähentää ajoreitin oikealla valinnalla. Kokemusperäisesti kuljettaja oppii näkemään ajettavan maaston kantavuuden. Kasvipeite antaa

arvioinnin suorittamiseen perusteita, joista esitetään seuraavassa tärkeimmät.

Erilaisten suotyyppien kantavuudesta on säännöllisesti voitu havaita, että mm. saraiset suot ovat poikkeuksetta paremmin kantavia kuin sellaiset, joilla ei ole saroja. Suon kantavuus riippuu lähinnä siitä, miten tehokkaasti pintakasvillisuuden juuret ovat muodostaneet suon pintaan sitkeän maton, joka ei murru telojen alla. Luonnollisesti on myöskin suo, jonka turpeessa on runsaasti puita, kantavampi kuin sellainen, jonka turpeessa on vähemmän puita. Turpeen paksuudella on merkitystä sikäli, että jos turve on alle 50 cm paksua ja alla kantava mineraalimaa, selviää vetokone uppoamisista helposti ainakin käytettäessä auraa ankkurina.

Yleensä voidaan lähteä siitä, että korvet kantavat hyvin. Rämeet ovat hyvyysluokituksen yläpäästä lähtien aina saraisiin tyyppeihin saakka (ne mukaan luettuina) hyvin ojituskalustoa kantavia. Nevoista ovat sellaiset tyypit, joilla on runsaasti saroja tai sarojen ohella esim. vaivaiskoivua, kohtalaisen hyvin kantavia, saraisuudessa on tällöin otettava pallosara mukaan saraisuuden tunnuksiin. Saraisia huonommista rämeistä ovat puisimmat tupasvillarämeet ja isovarpuiset rämeet jopa hyvinkin kantavia. Puuttomat rahkasammaleiset kohdat, joissa ei ole saroja ja tupasvillakin kasvaa selvästi erillisinä mättäinä, ovat erittäin upottavia. Niistä voidaan mennä yli vain leveätelaisilla keveillä koneilla tai puittamalla. Kaikkein upottavimpia ovat luonnollisesti lähteiset, silmäkkeiset ja rimpiset kohdat. Erikoisen varovainen on oltava myös heikosti metsittyneillä vanhoilla ojitusalueilla.

On olemassa useita tekijöitä, jotka vaikuttavat suon kantavuuteen edellä kuvattujen pintakasvillisuudesta tunnettavien ominaisuuksien lisäksi. Tällaisia ovat mm. suon pinnan märkyys, routa ja lumi. Suon pinta saattaa runsaiden sateiden vaikutuksesta tulla niin vetiseksi, että sen kantavuus muuttuu tuntuvasti huonommaksi. Erikoisen runsaat yhtämittaiset sateet saattavat myöhään syksyllä nostattaa nevoilla pintaturpeen irti alla olevasta maatuneemmasta turpeesta, jolloin pintaturve kelluu melkein pelkän veden päällä. Ilmiöstä on haittaa suon pinnan jäätymisen jälkeenkin, sillä vaikka auraus olisikin mahdollista, jää oja pieneksi suon kuivuttua ellei käytetä erikoisrakenteista auraa. Routa vaikuttaa luonnollisesti suon kantavuutta parantavasti. Jo kohtalaisen vähäiselläkin sammalten latvojen jäätymisellä on selvä vaikutus. Viiden senttimetrin roudalla kestävät upottavatkin suot jo kohtalaisen hyvin. Kovettunut lumikerros auttaa huomattavasti, vaikka se olisi sulan suon päällä. Myös pehmeästä lumesta on apua jos sitä on paksulti, vaikka suo lumen alla olisi jokseenkin sulakin.

Kuljettavan maaston ja vetokoneen ominaisuuksien lisäksi on ajotavalla ja ajoreitin valinnalla hyvin tärkeä merkitys. Upottavilla paikoilla ei saa tehdä koneella mutkia. Ne paikat, joissa koneella on pakko kääntyä, on

vahvistettava riu'uilla. Noin 2 m:n välein ajoreitille poikittain asetetut karsimattomat puut useimmiten riittävät varmistamaan ylipääsyn rimpisistäkin kohdista.

Jos vetokone uppoaa, voidaan sen nostamisessa käyttää useita eri menetelmiä. Tavallisesti kone saadaan ylös taaksepäin vintturilla vedättäen. Tämän takia on tärkeää, ettei auraa vedetä aivan kiinni vetokoneeseen, vaan se jätetään vähintään 10 m:n päähän, jos on olemassa mahdollisuus koneen kiinni tarttumiseen. Vintturin lisäksi vedätetään koneen telaketjuilla. Jos kone on uponnut syvälle tai niin pehmeään paikkaan, ettei telojen takapää nouse maanpinnan päälle, on telojen taakse asetettava yksi tai useampia vahvoja hirsiä, jotka kiinnitetään teloihin vaijerilla tai erikoislenkeillä. Puut vedätetään teloilla koneen alle ja kone nousee tällöin melkein poikkeuksetta suosta. Toisella koneella veto on tarpeen vain poikkeustapauksissa esimerkiksi silloin, kun koneesta lähtee upoksissa ollessa tela pois päältä tai sen moottori pysähtyy eikä sitä saada enää käyntiin.

43. Oja-aura

431. *Auran koko*

Laajamittaisessa metsäojituksessa käyttökelpoisen oja-auran kokoa rajoittavat ja määräävät lähinnä seuraavat tekijät.

1. Auran on pystyttävä tekemään kertavedolla valmiiksi metsäojituksen kuivatusojille normaalitapauksessa maksimikooksi katsottava n. 80 cm:n syvyinen 1/0.7 luiskainen oja.

2. Oja-auran on oltava työskentelykykyinen kaikkein vaikeimmissakin ojituskohteissa. Sen on pystyttävä mahdollisimman vähäisellä esiraivauksella selviämään ojalinjalla olevista esteistä.

3. Auran on oltava lujarakenteinen.

4. Auran koko ei saa olla sen joustavaa ja nopeaa siirtelyä maastossa haittaava. Auran leveys kuljetusasennossa ei saa ylittää kuljetuksesta annettuja rajamittoja.

Erikoisolosuhteita varten voidaan luonnollisesti suunnitella ja rakentaa auroja myös toisilla periaatteilla.

Tärkein peruslähtökohta on se, että metsäoja-aura on suunniteltava vaikeinta ojituskohdetta varten. Samalla auralla on silloin mahdollista kaivaa koko suunnitelma. Jos auralle asetettavista vaatimuksista tingitään, joudutaan käytännön ojitustöissä jokseenkin poikkeuksetta vaikeuksiin, sillä helpoissakin ojitussuunnitelmissa on myös vaikeita kohtia. Auran työskentelyä haittaavista vaikeustekijöistä tärkeimmät ovat kantoisuus, puinen turve, sitkeä, juurinen pintakasvusto ja kivisyys.

Jo ensimmäisissä kokeissa selvisi niinkuin aikaisemmin on esitetty, että auran ojaksen on oltava korkealle kaartuva sitkeän pintaturpeen sekä puiden ja kantojen tukkeavan vaikutuksen ehkäisemiseksi. Kun ensimmäisissä

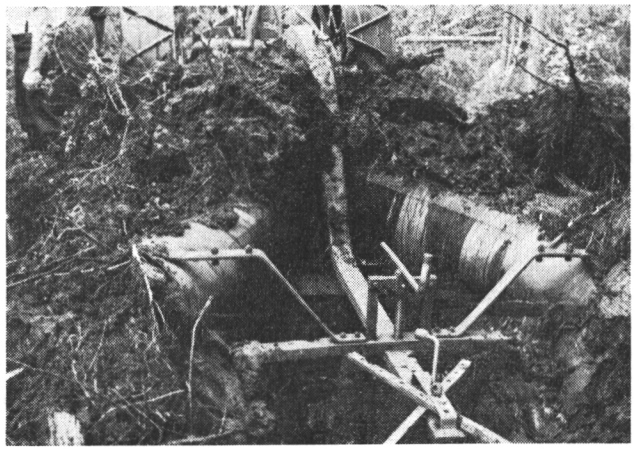
kokeissa (29. 11. 1952) käytettävänä olleissa auroissa ojaksen alasyrjän etäisyys auran vannaksen kärjestä oli n. 60 cm (ojan maksimisyvyys n. 40 cm), päätettiin se rakennettavassa uudessa aurassa suurentaa 120 cm:ksi. Tämä ojaksen korotus merkitsi n. 90 cm:n syvyistä ojaa ajettaessa n. 30 cm:n vapaata tilaa auran »kurkussa».

Kun luultiin, että sopivan mallisella leikkurilla tai jollakin muulla lisälaitteella voitaisiin halkaista sitkeä pintamaa ojan keskiviivalta siten, että se ei pääse aiheuttamaan tukkeutumista, ei aluksi menty suurempaan ojaksen korotukseen.

Ojaksen korotuksesta aiheutunut korkea kaari ojaksen muodossa vaikutti samalla siten, että ojaksen lujuutta oli huomattavasti lisättävä. Ojas oli amerikkalaisessa aurassa n. 1″ × 4″ umpinainen teräspalkki. Ensimmäisessä koekappaleessa rakennettiin ojas laatikkomaisena rakenteena hitsaamalla teräslevyistä, joiden paksuus oli 10 mm siten, että ojaksen poikkileikkauksen ulkoläpimitat olivat 10 cm × 15 cm.

Ensimmäisissä kokeissa tapahtui auran tukkeutumista ojaksen korotuksesta huolimatta (kuva 13). Todettiin, että ojasta on vieläkin korotettava. Kun samalla oli todettu, että auran rakenne kokonaisuudessaan on heikko, vahvistettiin sitä useissa korjauksissa.

Suonenjoella 1—10. 10. 1953 tehdyissä muutostöissä vahvistettiin auran ojasta siten, että sen poikkileikkaus oli korkeimmalta kohdalta 15 cm × 25 cm, ja korotettiin ojasta 10 cm (kuva 14). Tällä muunnetulla koekappaleella suoritetut kokeet osoittivat, että ojasta on vieläkin korotettava, samalla kun pyörien kiinnityskohtaa ojakseen on siirrettävä eteenpäin.



Kuva 13. Sitkeät pintamaat tukkeavat auran helposti, joten auran ojaksen on oltava hyvin korkealle kaartuva. Valok. 27. 6. 53 Olavi Huikari.

Abb. 13. Ein zäher Boden hemmt den Pflug leicht, sodass der Pflugbaum sehr hoch nach oben gebogen sein muss. Aufn. 27. 6. 53 Olavi Huikari.

Kokeissa havaittiin, että auran selviytyminen tukkeutumista on ratkaisevin auran työskentelynopeutta määräävistä tekijöistä. Edelleen todettiin, että auran tukkeutumiseen vaikuttavat ojaksen alle jäävän vapaan tilan lisäksi muutkin auran rakenneominaisuudet. Kun haluttiin myös kokeellisesti selvittää auran koon vaikutus auran liikuteltavuuteen, päätettiin rakentaa seuraavaa koemallia kaksi kappaletta. Toinen niistä suunniteltiin ja rakennettiin todennäköisestä optimikoosta pienennettynä siten, että sen mitat olivat 0.7 kertaiset isomman auran mittoihin verraten. Ojaksen alasyrjän ja vannaksen kärjen välinen vapaa tila jätettiin kuitenkin pienemmässäkin aurassa 150 cm:ksi. Tällä auralla oli tarkoitus kokeilla myös pienempiä vetokoneita. Isompi koeaura valmistettiin Pellonraivaus Oy:n Hämeenlinnan keskuskorjaamolla ja siitä käytettiin merkkiä MKT-2 (kuva 15). Pienemmän valmistus annettiin Lokomo Oy:n tehtäväksi ja siitä käytettiin merkkiä MKT-3. MKT-2 koekappaleessa kokeiltiin kourun, kantavan siiven ominaisuuksia auran kokoa koskevien kokeiden ohella.

MKT-3 koeauralla suoritetut käytännön ojitustyöt osoittivat vakuuttavasti, että auran kokoa ei ole syytä pienentää siitä, mihinkä oli päästy ensimmäisen kappaleen muutoskokeiluissa. Suoritetuissa aikatutkimuksissa todettiin, että MKT-3 auran työajasta kului noin 40 % tukkeutumisien selvittämiseen. Auran tukkeutumista aiheutti kantojen kiilautuminen ojaksen alareunan ja ojasta nousevan maan väliin. Todettiin, että vapaata tilaa vannaksen kärjen ja ojaksen alapinnan välillä on oltava enemmän kuin 150 cm. Huomattiin myös, että jos ojaksen alapinta on tasainen ja leveä, tapahtuu tukkeutumista useammin kuin jos se on pyöristetty. Auran pyörien pieni koko aiheutti työseisauksia. Pienisäteiset pyörät lakkasivat helposti pyörimästä ja alkoivat kasata eteensä turvetta. Pyörien kiinnityspankon pieni etäisyys siipirakenteesta oli yksi tukkeutumisten aiheuttaja. Pitkät puut ja isot kannot eivät päässeet kääntymään siiven edessä, kun pyörien kiinnityspankko oli niiden tiellä.

Aurauskokemusten lisääntyessä vuoden 1954 aikana havaittiin, että auran omalla koolla ei ole työnopeuden kannalta merkittävää vaikutusta auran vetovastukseen. Suoritetut vetovastusmittaukset osoittivat, että maan laadusta ja ojien koosta johtuvat vetovastuksen vaihtelut ovat niin suuria, että esim. tuhannen kilon painonlisäyksestä aiheutuva n. 500 kp:n vetovastuksen lisäys ei vaikuta työskentelynopeuteen. Oli siis havaittavissa, että auran kokoa voidaan suurentaa jokseenkin vapaasti niin suureksi, että se ei tukkeudu. Tällä havainnolla oli tärkeä merkitys muidenkin auran rakenneosien suhteen, sillä ne voitiin nyt kaikki mitoittaa riittävän suuriksi vaikeimpia olosuhteita varten. Auran koolla on vaikutusta sen kuljetusketteryyteen. Suoritetut aikatutkimukset osoittivat, että ison auran kuljetukseen ei mene enempää aikaa kuin pienenkään kuljetukseen, jos aura on varustettu nopeilla ojasta ylösnosto- ja ojaan asettelulaitteilla.

432. *Auran siiven rakenne*

4321. Periaate

Kuten aikaisemmin on todettu, on metsäoja-auran pystyttävä tekemään kertavedolla valmiiksi noin 90 cm:n syvyinen oja kaikkein vaikeimmissakin ojituskohteissa. Tähän tehtävään pystyvän auran siipirakenteella on oltava monia erikoisominaisuuksia, joiden selvittäminen vaatii runsaasti teoreettista kysymysten pohdintaa sekä koetoimintaa pienoismalleilla ja luonnolliseen kokoon rakennetuilla koemalleilla.

Ojien aurauksessa on käytetty sekä yksi- että kaksisiipisiä oja-auroja. Hämeenlinnan lähimaastossa 27. 6. 1953 suoritetussa kokeessa oli metsäojitusoloissa tilaisuus verrata näitä molempia periaatteita. Tällöin voitiin todeta, että yksisiipistä rakennetta käyttäen on ilmeisesti hyvin vaikea tehdä tarpeeksi suuria ojia. Kun ojasta nousevat maat on yksisiipisessä aurassa siirrettävä kaikki samalle puolelle ojaa, aiheuttaa maiden siirto huomattavan paineen ojan vastakkaista luiskaa vastaan. Pehmeällä turvemaalla pitäisi tämän vastasivun olla suurempi kuin itse auran siipi, jotta ei tapahtuisi sivuttain siirtymistä ja turpeen tilapäistä puristumista siten, että se myöhemmin palautuu takaisin. Suoritettujen salaoja-aurakokeiden (vrt. kuva 24) yhteydessä tehtiin yksipuolisen siiven toiminnasta perusteellisia havaintoja, joissa todettiin mm., että yksipuolisella siipirakenteella päästään ojan syvyydessä vain noin 60 %:iin samankokoisen kaksisiipisen auran työsyvyydestä. Toisaalta todettiin, että yksisiipisellä rakenteella on eräitä etujakin kaksisiipiseen rakenteeseen verrattuna.

Ruotsissa on käytännössä Vaplan-merkkinen yksisiipinen oja-aura, joka on siipiosan rakenteeltaan ja toimintakyvyltään ilmeisesti yksisiipisistä isoista oja-auroista pisimmälle kehitetty. Sen toimintaa seuratessa samoin kuin salaoja-aurakokeissakin havaittiin, että yksipuolinen siipirakenne ei aiheuta tukkeutumia yhtä herkästi kuin kaksipuolinen siipirakenne. Tämä johtuu siitä, että ojasta nousevat maat liikkuvat ojaksen kohdalla vinosti sivuttain eikä suoraan ylöspäin. Tällöin ne luistavat ojaksen ohi, eivätkä kiilaudu ojaksen ja suoraan sen alta tulevien uusien maiden väliin kuten ojaksen keskeltä jakaantuvassa normaalissa kaksisiipisessä aurassa. Yksisiipisessä aurassa ei tämän takia tarvitse tehdä ojaksen kaarta yhtä korkeaksi kuin kaksisiipisessä aurassa, jolloin se myös saa olla lujuudeltaan heikompi. Ojamaiden nousemisesta vain toiselle puolelle ojaa on myös etua varsinkin tieojituksessa. Kun kuitenkin voitiin toisaalta todeta, että kaksisiipisellä auralla on mahdollisuus tehdä yli 50 cm syviä ojia vaikeissakin oloissa, jätettiin yksisiipisen auran kokeilut siihen, mitä salaoja-auran kehittämisen yhteydessä suoritettiin. Metsäoja-auran perusratkaisua päätettiin kehittää kaksipuolista siipirakennetta käyttäen.

4322. Siiven muoto

Oja-auran maata nostava osa on pyrittävä muotoilemaan sellaiseksi, että se vähimmällä mahdollisella vetovoiman käytöllä pystyy tekemään vaadittavan kokoisen ja muotoisen ojan.

Vetovastuksen suuruuteen vaikuttaa kuten aikaisemmin on esitetty, sen maan rakenne ja laatu mihinkä ojaa tehdään sekä auran muoto. Seuraavassa tarkastellaan ensin auran muodon vaikutusta tasarakenteisessa maalajissa teoreettisen pohjan selventämiseksi.

Oja-aura tekee ojan nostamalla maata ylös ojasta ja siirtämällä sen myös sivullepäin. Normaalirakenteisessa aurassa nämä työvaiheet tapahtuvat samanaikaisesti siihen saakka, kunnes maat ovat nousseet maanpinnan tason yläpuolelle.

Jotta auran siipirakenne saataisiin mahdollisimman lyhyeksi olisi löydettävä se suurin mahdollinen kulma, mitä voidaan käyttää ilman, että kitka tulee lepokitkan 0 arvoa suuremmaksi maan siirtyessä siiven pintaa myöten ylöspäin. Jos merkitään kahden aineen välistä kitkakerrointa I:llä ja pinnan terävää kulmaa vaakasuoraan tasoon nähden C:llä, vallitsee näiden välillä seuraava riippuvaisuussuhde (vrt. Albjakov ja Elpatjevskij 1952).

$$I = \operatorname{tg} C$$

Kun tiedetään, että mineraalimaan ja teräksen välinen kitkakerroin on n. 0.5, saadaan edellä olevasta yhtälöstä sen kulman suuruudeksi, jossa painovoiman pinnan suuntainen momentti korvaa rautapinnalla olevan mineraalimaan lepokitkan, n. 26°. Auran siiven niiden pintojen, joita myöten maa



Kuva 14. MKT-1 aura hydraulisilla säätölaitteilla varustettuna Rastunsuon viljelysraivausalueella. Valok. 10. 9. 53 G. Schütt.

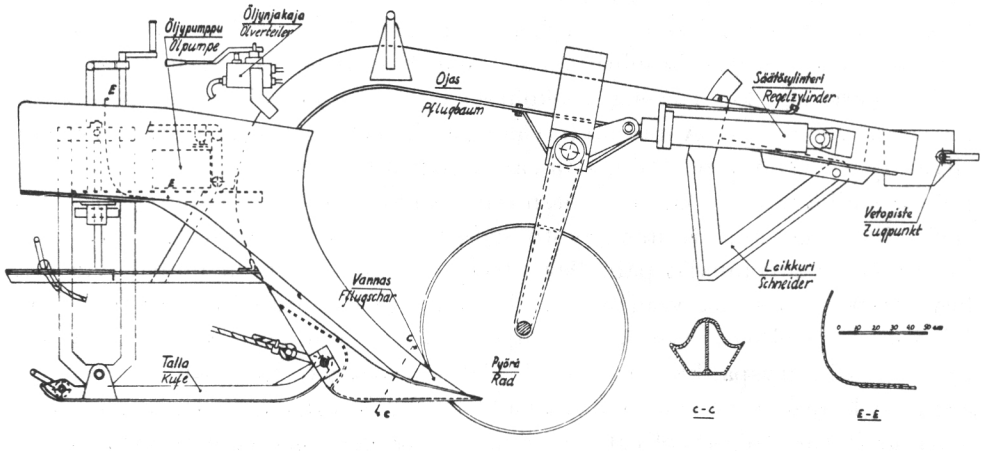
Abb. 14. MKT-1 Pflug, mit hydraulischen Reglern versehen, in dem Ackerrodungsgebiet von Rastunsuo. Aufn. 10. 9. 53 G. Schütt.

nousee ylöspäin, vinouskulmat eivät tämän mukaan saisi olla mineraalimaita aurattaessa suurempia kuin 26°.

Yhteistoiminnassa Pellonraivaus Oy:n kanssa toteutettu ensimmäinen koemalli rakennettiin maanviljelysojituksessa käytetyistä oja- ja uudisraivausaurojen siipikulmista otettujen periaateratkaisujen pohjalta. Auran siiven nousukulma oli n. 25°. Siipi ei ollut »kantava», vaan se oli myös sivusuuntaan noin puoliväliin ojan syvyyttä n. 25°:n vinouskulmassa. Siiven ulkoreunassa oli n. 5 cm leveä leikkuuterä, joka oli asennettu siten, että se leikkasi auran kulkusuunnassa n. 25°:n kulmalla.

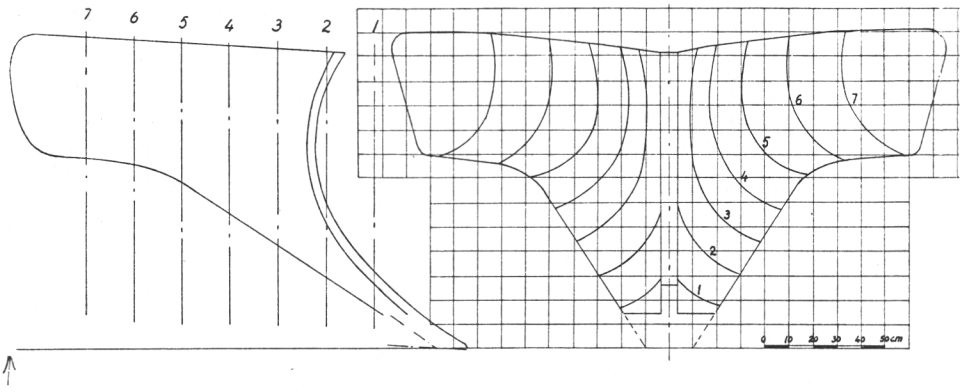
Suonenjoella tehdyissä korjauksissa muutettiin siipeä yläosastaan enemmän kouruksi ja »kantavaksi» siten, että leikkuuterää työnnettiin enemmän eteenpäin (kuva 14). Tällöin todettiin, että näin syntynyt kouru muoto auttaa ojasta ylösnousseiden maiden täydellisempää siirtymistä edemmäs ojasta. Kun ajateltiin, että ojamaat mahdollisesti siirtyvät vähimmällä vetovoiman tarpeella riittävän kauas ojasta, jos siiven loppupää on hyvin kouru ja alaosastaan eteen työntyvä, jolloin maat liukuisivat ojasta nousevien maiden pakottamina pitkin tätä teräspintaa, lisättiin levityssiipenä toimivan siiven osan alareunaa eteenpäin siten, että siinä oli n. 30 cm leveä, tasainen kantava pinta.

Suoritetut kokeet osoittivat, että kourusiipi tekee puuttomassa ja vähäpuisessa turvemaassa sekä mineraalimaassa kauniin ojan. Puisessa turpeessa oli työjälki heikompaa. Puuttomassa turpeessa ja hiekkamaassa siirtyivät ojamaatkin kohtalaisen hyvin, mutta puisessa turpeessa, hieta-, hiesu- ja savimaassa alhaalta nousevien maiden työntövoima ei jaksanut pitää maita liikkeellä koko siiven mitalla. Ojasta nousevat maat putosivat



Kuva 15. Rakennepiirustus MKT-2 koeaurasta.

Abb. 15. Konstruktionzeichnung von den MKT-2 Versuchspflug.



Kuva 16. MKT-3 koeauran siiven muoto.
Abb. 16. Flankenform des MKT-3 Versuchspfluges.

pois siiven päältä melkein heti ojan reunaviivan kohdalla. Pellonraivaus Oy ajoi koekappaleella samana syksynä Rastunsuon viljelysraivausalueella ojia 75 325 jm.

Auran siiven muodon, pituuden ja siiven työskentelyä helpottavien lisälaitteiden tarkempaa selvittämistä varten hahmoteltiin koeohjelma. Seuraavissa rakennettavissa koekappaleissa päätettiin muiden kokeiden ohella selvittää, kuinka paljon on mahdollista lyhentää auran siipeä suurentamalla sen nousukulmaa ja sivullesiirtokulmaa. MKT-2 auraan rakennettiin lyhyt, voimakkaasti päällään kantava kouru siipi (kuva 15) ja MKT-3 auraan lyhyt, alaosastaan päällään kantava ja levityssiipiosaltaan jokseenkin pysty siipi (kuva 16).

MKT-2 auran siipien ulkosyrjiin oli toimikunnan ohjeesta poiketen laitettu leikkurit. Lopella 30. 5.—1. 6. 1954 suoritetuissa kokeissa todettiin, että paksuturpeisella isovarpuisella rämeellä aura tukkeutuu herkästi. Tukkeutumisen todettiin johtuvan ensi sijaisesti siipiin asennetuista leikkuuteristä (vrt. s. 53). Toisena koekohteena oli ohutturpeinen savipohjainen niitty ja ruohokorpi. Aura teki hyvää ojaa (kuva 17). Tarkasteltaessa auran siiven työskentelyä todettiin, että savi tarttuu herkästi kiinni kourun siiven pohjalle eikä auran siipeä myöten ylös nousevan maan paine pysty sitä sieltä irroittamaan. Kouru muoto menettää tällöin merkityksensä. Tutkittaessa siiven pinnalla paikallaan pysyvän maakerroksen pinnan muotoa havaittiin, että se on vain hiukan kouru. MKT-2 aura lähetettiin tämän jälkeen Nurmekseen perusteellisempia kokeita varten, mutta siellä sen pyörien kiinnityspankko rikkoutui hitsaussaumojen heikkouden takia ja aura oli kuljetettava pois työmaalta. MKT-3 auralla melkein samanaikaisesti aloitetut kokeet olivat jo siihen mennessä osoittaneet, että lyhyt, lievästi kouru siipi on työkykyisempi kuin MKT-2 auran voimakkaasti kouru, lyhyt siipi. Tästä syystä luovuttiin MKT-2 auran kokeiden jatka-

misesta päätyen tulokseen, että mikäli auran siiven nostokulmaa ja sivullesiirtokulmaa suurennetaan, on sen kantavuutta ja kouruutta vähennettävä ellei nousukulman jyrkentämisen aiheuttamaa haittaa pystytä muuten vähentämään.

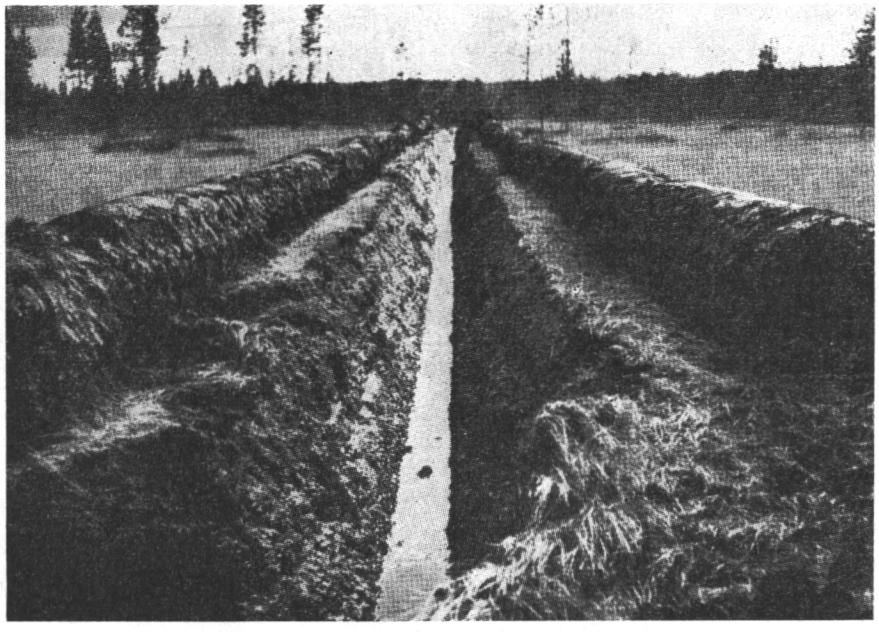
MKT-3 auran todettiin tekevän kaunista työjälkeä (kuva 18). Kun siinä käytetty kouru »ruuvisiipi» on kallis rakentaa, päätettiin kokeilla sellaista siipeä, joka on siipikulmiensa arvoilta MKT-3:n kaltainen, mutta koottu vain yhteen suuntaan taivutetuista tasoista, joita voidaan valmistaa halvalla. Näillä perusteilla valmistettiin MKT-5:n siipi (kuva 19). Se osoittautui suoritetuissa kokeissa hyvin toimivaksi. Se päätettiin ottaa sarjavalmistuksessa valmistettavan siiven perusmuodoksi.



Kuva 17. MKT-2 auran työjälkeä ohutturpeisessa savimaassa.
Loppi. Valok. 1. 6. 54 Olavi Huikari.
Abb. 17. Arbeitsspur des MKT-2 Pfluges in dünntorfigem Lehmboden.
Loppi. Aufn. 1. 6. 54 Olavi Huikari.

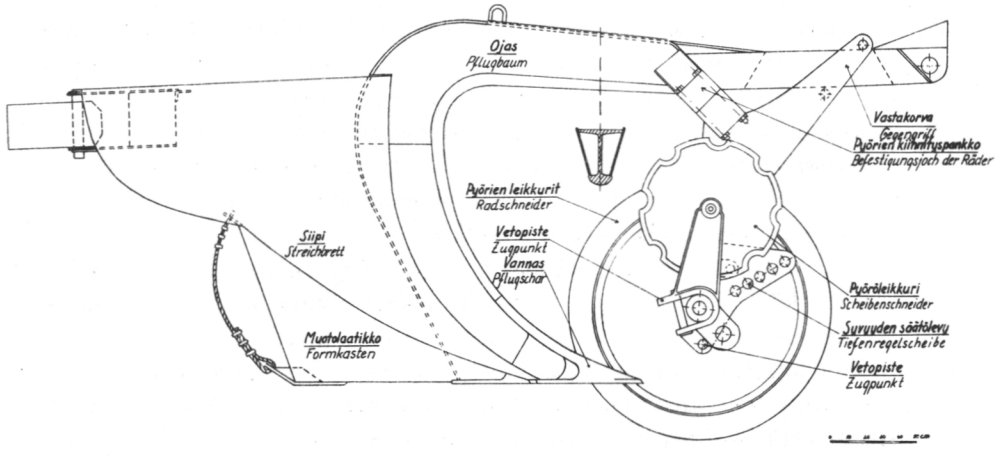
Edullisimmasta metsäojien muodosta on tehty useita tutkimuksia (vrt. mm. Lukkala 1948, Multamäki 1934 ja Saarinen 1936). Näiden tutkimusten sekä käytännön kokemusten pohjalta on metsäojituksessa käytetty eniten ns. 1/0.7 luiskaista poikkileikkausta. Ojan kunnossa pysymisen kannalta on ns. kouruluiska todettu edulliseksi (Saarinen 1936). Kourussa luiskassa on luiskan kaltevuus ojan alaosassa loivempi kuin yläosassa. Aurauksessa saadaan ojan luiskan kohtuullinen kouruus aikaan niin vähäisellä vetovastuksen lisäyksellä, että sillä ei ole työnopeutta hidastavaa vaikutusta. Kourusta luiskasta on myös etua jopa aurankin työskentelyn kannalta. Kivisessä maassa nousee pystyluiskaista ojaa tekevä lyhyt siipi herkästi ylös maasta, mutta kun siipi muutetaan kouruluiskaista jälkeä tekeväksi, siis lisätään alaosan nostavan pinnan leveyttä, painaa lisääntyvä maamäärä auraa alaspäin ja aura pysyy paremmin maassa. Siiven alaosan nostavan pinnan levennys suorasta 1/0.7 luiskasta vaikuttaa myös siten, että maiden puristumista sivullepäin ei tapahdu haitallisessa määrässä.

Sarjavalmistusauran (malli 1956) siipi tehtiin 1/0.7 luiskalle siten levennettynä, että levennys oli suurimmillaan 1/3 kohdalla luiskan korkeudesta alhaalta lukien ja siinä 5 cm.



Kuva 18. MKT-3 auran työjälkeä puuttomassa turpeessa.
Nurmes. Valok. 15. 8. 55 Olavi Huikari.

Abb. 18. Arbeitsspur des MKT-3 Pfluges in holzfreiem Torf. Nurmes. Aufn. 15. 8. 55 Olavi Huikari.



Kuva 19. MKT-5 aurasta kehitetty ensimmäinen sarjavalmistusmalli.
Lokomo-metsäoja-aura m. 55.

Abb. 19. Das erste, aus dem MKT-5 Pflug entwickelte Serienmodell. Lokomo-Waldgrabenpflug M. 55.

4323. Siiven pituus

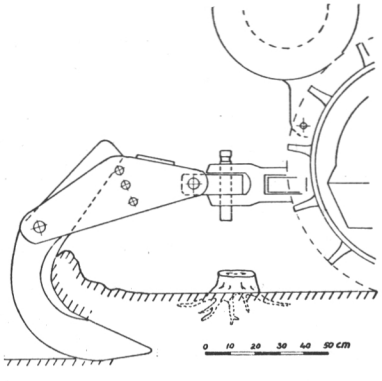
Jos siipikulmassa pyritään pienimpään mahdolliseen kitkaan, joudutaan samalla pitkään siipeen. Tämä pidentää auran kokonaispituutta ja se puolestaan hankaloittaa auran käsittelyä. Tämän takia on yleensä jouduttu tinkimään kitkasta ja valmistettu aurojen siivet ideaalikulmaa jyrkemmällä nostokulmalla. Turvemailla maan kiinteys, paino ja kitka ovat huomattavasti pienemmät kuin mineraalimailla, joten auran siiven ideaalinostokulmankin tulee olla suurempi. Tämän takia jyrkällä nousukulmalla varustetun auran vetovastus saattaa turvemaalla olla kohtuullinen, mutta suurenee nopeasti mineraalimaan osuuden lisääntyessä nostettavissa maissa.

Vuoden 1954 keväällä aloitetuissa salaoja-aurakokeissa havaittiin, että salaoja-auran palkkimainen etusyrjä murtaa maan rikki suunnilleen avo-ojan poikkileikkausta vastaavasti. Samaan ilmiöön viittasivat myös traktorin perään kytketyllä pintamaan repimiskoukulla (kuva 20) suoritetut kokeet (vrt. s. 54). Näiden havaintojen paikkansapitävyyttä ja merkitystä tutkittiin pienoismallikokeilla. Ins. Turpeisen ja ins. Siikanivan suorittamat pienoismallikokeet osoittivat, että oja-auran siiven työskentely voidaan jakaa kahteen osaan, jos siipien yhtymäkohtaa vedetään eteenpäin.

Siipipintojen vaikutusalueelta riittävän kaukana edessä kulkeva, maata murtava, kapea, alhaalta eteenpäin työntyvä ojas murtaa mineraalimaan kuvan 21 mukaisesti. Murtumisrajan sijainti voidaan luonnollisesti laskeakin, mutta sen tarkalla määrittämisellä ei ole suurtakaan merkitystä, sillä tasarakenteista maata on sangen harvoin auran edessä. Tätä murtumisominaisuutta hyväksi käyttäen tarjoutui mahdollisuus päästä lyhyeen siipeen, jonka vetovastus ei olisi mineraalimaassakaan pitkää siipeä suurempi.

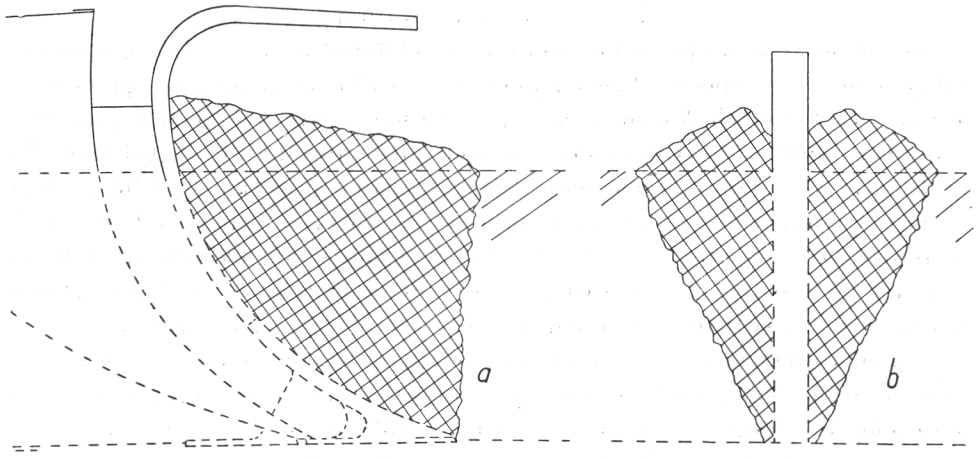
Koekappaleen MKT-5 siipi valmistettiin nämä näkökohdat huomioon ottaen. Siivet kiinnitettiin ojaksen takasyrjään ja ojaksen etureuna peitettiin kuperalla levyllä. Kokeet osoittivat, että rakenteesta on monia etuja. Rakenne hyväksyttiin sarjavalmistuksessa sovellettavaksi.

Sarjavalmistusauran (kuva 19) mukaisella eteen vedetyllä ojaksella saadaan lepotilassa oleva tiukkaan pakkautunut maa irroitettua, joten sen nostamista eivät enää erilaiset kiinne- ja lepotilavoimat vastusta. Ojas kapenee heti etusyrjän takaa, tämä ns. päästö lisää vielä maiden löystymismahdollisuuksia ennen kuin ne joutuvat varsinaisten siipien vaikutuspiiriin. Siipien



Kuva 20. Pintamaan repimiskoukku.

Abb. 20. Oberflächen-Aufreisshaken.



Kuva 21. Kaaviokuva auran vannaksen aiheuttamasta maan liikkumisesta auran edessä, a sivulta, b edestä.

Abb. 21. Schemabild der von der Pflugschar verursachten Erdbewegung vor dem Pflug, a von der Seite, b von vorne.

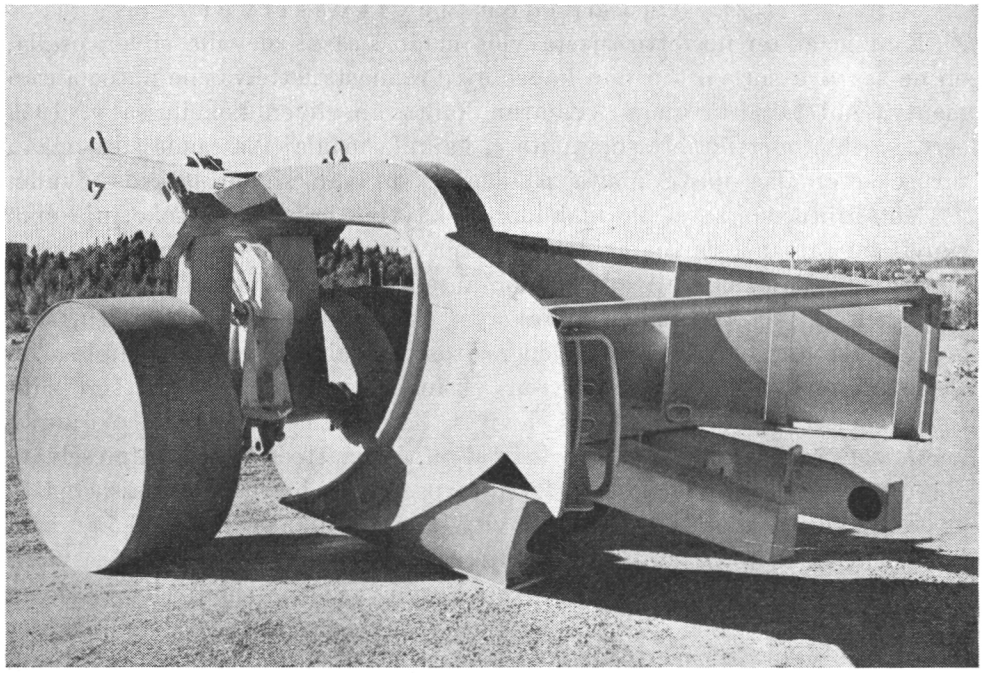
nostovoima kohdistuu tähän irronneeseen maahan ja paine siiven pintaa vasten muodostuu huomattavasti pienemmäksi kuin mitä se olisi, jos kysymyksessä olisi lepotilassa oleva maa. Tällöin siipien ja maan välinen kitkakin on pienempi ja voidaan käyttää vastaavasti suurempaa nostokulmaa, jolloin siipi voidaan lyhentää auran käsittelyn kannalta sopivan pituiseksi vetovastuksen silti pysyessä mineraalimaassakin kohtuullisena. Maan irroituksessa suorittaa päätyön kauas siipien eteen työntyvä auran vannas. Se tunkeutuu terävän kiilan tavoin ojan pohjan tasolla maan sisään ja tällöin pakottaa yläpuolella olevat maat irtautumaan ja nousemaan ylöspäin. Samalla repeää pintamaa auki vannaksen kärjen yläpuolelta. Maan nousevaa liikettä tehostaa auran eteenpäin mennessä auran vannaksesta jatkuva ojaksen etusyrjän nousukulma. Auran vannaksen kärjen eteenvedossakin on kuitenkin oltava varovainen, sillä aura ei kulje ohutturpeisissa ja kivisissä ojituskohteissa läheskään aina täydessä auraussyvyydessä. Auran peräosa nousee kivien tai kallion takia ylös ja aura kulkee vannaksen kärjen sekä pyöriensä varassa. Siiven työleveys tulee tällöin sitä herkemmin kapeammaksi, mitä pitemmälle eteenpäin työntyvä auran vannaksen kärki on. Aura tekee mainitun ilmiön takia laskettua jyrkempiluiskaista ojaa. Maanpinnan tasossa olevalla ojaksen etusyrjän eteenvedolla saavutetaan se tärkeä etu, että sitkeä pintakuntta ja kannot sekä puut pääsevät pyörähtämään ojaksen etureunan ympäri ja aloittamaan luisumisen pois ojaksen yläkaaren alta ennenkuin siivet alkavat kohottaa niitä ylöspäin. Ojaksen kaari voidaan tämän takia tehdä matalammaksi kuin muuten olisi mahdollista.

4324. Ojamaiden levityssiivet

Kun maat on nostettu ojasta ylös maan sisässä olevalla siiven osalla, on ne saatava siirtymään niin kauas ojan reunasta, etteivät ne putoa auran mentyä ohi takaisin ojaan. Kourun kantavan siiven kokeilussa v. 1953 (vrt. s. 45) todettiin, että ojamaita ei kaikilla maalajeilla saada siirtymään tarpeeksi etäälle ojasta maita päällään kantavan siiven jatkeen avulla.

Metsäojitusoloissa ei ole mahdollista käyttää erilaisia siirtoketjuja eikä ruuvi- tai ratasmaisia ojamaiden heittäjiä maiden liekoisuuden ja kivisyyden takia. Vaikka mm. Cuthbertson-aurassa olisi todennäköisesti käyttökelpoinen itsesäätävä levikesiipirakenne, ei sen sopivuutta kokeiltu, sillä levikesiivet joutuvat niin ankarien rasitusten alaisiksi, että rakenteissa on pyrittävä mahdollisimman suureen yksinkertaisuuteen. Lähdettiin siitä toteamuksesta, että ojamaiden levitys hoidetaan jatkamalla oja-auran varsinaista siipirakennetta tarpeeksi paljon. Periaatteen ollessa täten selvän, ei seuraavissa koekappaleissa katsottu tarpeelliseksi häiritä varsinaisia ojasta nostavan siiven rakenteen kokeita levityssiipikokeilla. Vasta MKT-5 aurassa jatkettiin siipiä niin paljon kuin kuljetusleveys salli. Kun ojamaiden vierimistä kuitenkin tapahtui, ajateltiin, että kysymys voidaan hoitaa levityssiiven yläosaan laitettavalla sisään kääntyvällä erikoisjatkeella, ns. vallinkaatajalla (kuva 19). Talvella 1954—55 suoritetuissa kokeissa vallinkaataja toimi hyvin. Se päätettiinkin hyväksyä sarjavalmistusauran levikeratkaisuksi.

Auran työsyvyydestä käydyissä neuvotteluissa vaativat eräät ojittajat auran normaalisyvyydeksi 90 cm. Tällöin oli levityssiipien alareuna asennettava 90 cm:n korkeudelle. Kun sitten kesäaikana ryhdyttiin töihin vallinkaatajalla varustetulla auralla, todettiin paksuturpeisilla mailla ojamaiden levitys moitteettomaksi, mutta ohutturpeisissa kohteissa, joissa ei ollut tarkoituksenmukaista pyrkiä syviin ojiin, ojamaiden levitys jäi heikoksi. Käytännön töissä tehtiin oja-auralla valtaosalta ojia ohutturpeisille kivisille maille, joilla tyydyttiin vain 50—70 cm:n syvyisiin ojiin. Tällöin levityssiipi jäi koholle maasta ja se itse, sekä sen jatke tehottomaksi. Myöhemmin suoritetut tutkimukset ovatkin osoittaneet, että auran on pystyttävä täyteen levitystehoon jo 70 cm:n ojasyvyydellä ja levityssiiven alareuna on asennettava normaalityösyvyyttä silmällä pitäen vaakasuoraan tasoon. Kun auran siipirakenne nousee kivisessä maastossa usein koholle normaalityösyvyydestä, kohoavat kauimpana takana olevat osat eniten. Tällöin myös levityssiipien teho vähenee sitä enemmän, mitä kauempana auran vannaksesta olevasta kohdasta on kysymys. Tämä onkin tarkoituksenmukaista, sillä mitä kauemmaksi ojasta siirrytään, sitä paksummalti saa ojamaita jäädä eivätkä ne silti putoa takaisin ojaan. Samalla vältytään turhalta vetovastuksen suurenemiselta ojalinjalta sivussa olevien kantojen kohdalla. Mikäli levityssiiven asennus on sellainen, että alareuna on vaakasuora, ei tehon menetys muodostu levityssiiven uloimmissakaan päissä liian



Kuva 22. Lokomo-metsäoja-aura, m 56.
Abb. 22. Lokomo-Waldgrabenpflug, M. 56.

suureksi. Monet oja-aurojen käyttäjät lisäsivät oma-alotteisesti levitysiiven alareunaan levyä 20 cm ja alensivat vallinkaatajaa n. 30 cm, jolloin ohutturpeisilla mailla ilmennyt haitta korjautui.

Kun auralla on kokoojaojia ajettaessa pystyttävä tekemään 90—100 cm syvää ojaa ainakin paksuturpeisille soille ja sarkaojille riittää matalampi ojasyvyys, rakennettiin ns. lamellisiipi. Koekappaleessa oli 20 cm:n lamelleja kaksi, joten auralla voitiin ajaa 90 cm:n, 70 cm:n ja 50 cm:n ojia. Sarjavalmistuskappaleista (malli 1956, kuva 22) jätettiin alin lamelli pois sen takia, että sitä olisi kuitenkin käytetty sangen harvoin.

Kun leveistä metallisista siivistä on haittaa kuljetuksessa ja ne nostavat valmistuskustannuksia, ryhdyttiin kokeilemaan puisten siiven jatkeiden kestävyyttä. Ratkaisu osoittautui käytännössä hyväksi. Ojamaiden levityskysymys onkin vuodesta 1956 alkaen hoidettu Lokomo-aurassa puulevikkeillä. Puulevikkeet kestävät yleensä koko työmaan ajan, mutta ne antavat kuitenkin periksi, jos on erittäin paha paikka, eikä aura tällöin rikkoudu muualta. Niiden pituus voidaan laittaa jokaisella työmaalla olosuhteita parhaiten vastaavaksi. Ne ovat halvat ja ne voidaan helposti poistaa kuljetuksen ajaksi. Leveällä alapinnallaan ne kannattavat auraa ja estävät uppoamista ojasyvyyttä paksummilla vetisillä turpeilla.

433. *Auran lisälaitteet*

Maatalouden kyntö- ja oja-aurat osoittavat, että maata nostavan ja siirtävän siiven työskentelyä voidaan tehostaa erilaisilla leikkureilla. Mitä raskaammista auroista on kysymys, sitä tavallisempaa on, että auran työskentelysyvyyttä voidaan säätää samoin kuin nostaa aura ylös maasta erikoiseen kuljetusasentoon näitä liikkeitä varten suunniteltujen lisälaitteiden avulla.

4331. Leikkurit

Nykyään on jo maatalousauroissa hyvin yleisesti siirrytty kiekkoleikkureihin aikaisempien puukkoleikkureiden sijasta. Leikkureiden tarkoituksena on leikata sitkeä, vaikeasti repeävä maa määrätystä paikasta, jolloin yleensä päästään pienemmällä vetovastuksella kuin ilman leikkuria ja työjäljestä tulee halutun muotoinen.

Tavallisimmin on auroissa käytetty leikkureita ojalinjan keskellä halkaisemaan pintamaa kahtia ja molemmilla sivuilla leikkaamaan ojamaat irti luiskan mukaisesti. Erilaisia leikkurityyppejä ja asetelmia on runsaasti käytännössä. Ehkä juuri tästä syystä on syntynyt sellainen yleiskäsitys, että aura ei voi toimia, ellei siinä ole maita leikkaavia teriä.

Pellonraivaus Oy:n kanssa yhteistoiminnassa rakennetuissa ensimmäisissä auroissa oli puukkoleikkuri, jonka piti halkaista pintamaa ojalinjan keskeltä ja auran siipien reunassa leikkurit, joiden piti leikata ojan luiska kauniisti ja vähällä vetovastuksella. Jo ensimmäisessä kokeessa 27. 6. 1953 havaittiin, että ojan siiven reunassa olevat leikkurit ovat erittäin haitalliset, kun aurataan ojaa liekoiseen maahan. Puut tarttuvat teriin kiinni eivätkä pääse luistamaan sivulle. Seuraavasta koekappaleesta MKT-2:sta piti leikkureiden olla siiven reunasta pois, mutta korjaamolla oli kuitenkin pantu sellaiset siipien reunoihin. Suoritettu koe liekoisessa rämeturpeessa osoitti, että raaka turve ja puut jäävät niin tiukasti kiinni jyrkästi nouseviin leikkureihin, että auran työskentelyteho jää heikoksi. Kourussa, kantavassa siivessä tulevat leikkureiden haitalliset ominaisuudet erikoisen selvästi esille sen takia, että siinä siiven reuna on vedetty eteen, joten se tulee lähelle siipien yhtymäkohdan etureunan tasoa. Tällöin puut ja kannot eivät pääse juuri ollenkaan kääntymään ja luisumaan, vaan lähtevät kolmeen pisteeseen tuettuna kulkemaan auran mukana. Jos leikkureita ei olisi, puilla olisi mahdollisuus luistaa edestä pois. Kokeellisesti ilmiö todettiin tekemällä auran vannaksen kärjestä suoraan ylöspäin ojakseen saakka ulottuva puukko. Auralla ajettiin (1953) teräväksi teroitettu puukko paljaana ja myös siten, että puukko peitettiin pyöreällä suojatupella. Kun puukon terä oli paljaana, tarttuivat puut siihen kiinni ja lähtivät kulkemaan auran edellä muodostaen tukkeutuman. Puukon terän ollessa peitettynä luistivat puut auran sivuun.

Kaikissa kokeissa todettiin yhtäpitävästi, että aurassa, joka joutuu työskentelemään liekoisessa maassa, ei saa olla kiinteitä puukkomaisia leikkaamaan tarkoitettuja teriä.

Jos auran siiven nousu- ja nostokulma on oikea, ei sen laidassa tarvita leikkuuteriä sen takia, että maan leikkautuminen tapahtuu jo ennen kuin siipi koskettaa nostettavan ja paikalleen jäävän maan rajakohtaa. Auran siiven reuna suorittaa rajakohdan lopullisen muotoilun eikä maan irroitusta.

MKT-5 koekappaleessa päätettiin kokeilla ison, pyörien väliin asennetun kiekkoleikkurin toimintaa. Leikkurin sijoituksen ja sen säädön ratkaisivat Lokomo Oy:n suunnittelijat onnistuneesti. Leikkuri oli vaivattomasti otettavissa käyttöön tai päästettävissä vapaaksi. Se seurasi automaattisesti pyörien mukana maanpinnan muotoa ja sen paine maanpintaa vastaan oli auran vetopisteen sijoituksen ansiosta automaattisesti joustava (vrt. kuva 19). Leikkurin todettiin halkaisevan pintakunttaa helposti ja useissa tapauksissa kantojakin, joten se täten ilmeisesti helpotti auran työskentelyä. Toisaalta todettiin, että leikkuri saattaa aiheuttaa tukkeutumiakin, jos sitä pidetään tarpeettomasti työasennossa upottavalla suolla, jossa auran pyörien alaosat painuvat maanpinnan tasoa alemmas. Tällöin leikkuri uppoaa maahan niin syvälle, että sen akseli painuu maan pinnan alapuolelle ja leikkuri lakkaa pyörimästä keräten eteensä maata. Kun aurat ovat toimineet hyvin ilman leikkuriakin, ovat eräät aurojen käyttäjistä luopuneet leikkurin käyttämisestä. Toisaalta pitävät monet leikkuria hyvin tarpeellisena.

Auraan tehtiin myös pyörien päälle niitä vyönä kiertävät leikkurit, joilla selvitettiin olisiko pintakuntan leikkaamisesta ojan reunojen kohdalla apua. Leikkureita käytettäessä leikkautui ojan reuna ehkä jonkin verran kauniimmin kuin ilman leikkureita. Kun näistäkään leikkureista ei ole voitu havaita olevan kustannuksia ja haittaa vastaavaa hyötyä, jättivät auraajat ne pois käytöstä jo ensimmäisenä kesänä.

Leikkureiden kokeiluun kuuluvana voidaan pitää myös ns. pintamaan repimiskoukun rakentamista ja kokeilua. Koe suoritettiin lähtien siitä ajatuksesta, että vetokone kulkee auran edellä ajaen yleensä ojalinjan keskiviivaa myöten. Tällöin se voisi valmistavasti repiä auki sitkeää pintakunttaa ja kantoja, mikäli sen perässä olisi sellainen työhön sopiva lisälaite, joka toimisi automaattisesti. Traktorin perään vetotankoon kiinnitettäväksi suunniteltiin koukkulaite (kuva 20). Suoritetuissa kokeissa todettiin koukun repivän kunttaan uran, katkoen juuret ja rikkoen kuntan, mutta traktorin etenemisessä tapahtui kantoisessa maastossa sen verran mutkittelua, että aura ei kulkenut samaa jälkeä ja ura menetti merkityksensä. Kun aurojen tukkeutumat muutenkin vähenivät, ei kokeiden jatkamista katsottu tarpeelliseksi.

4332. Säätö- ja käsittelylaitteet

Jo aikaisemmin on korostettu, miten tärkeää on metsäoja-aurassa pyrkiä suureen tehoon ja sellaiseen työjälkeen, että lapiotyötä jää mahdollisimman vähän. Viimeksi mainittuun päämäärään ei varsinkaan puisessa ojituskohteessa päästä ilman tehokkaita ja nopeita auran säätölaitteita. Niitä tarvitaan auran siirrossa ojalta toiselle ja työsyvyyttä säädettäessä, kun esim. oja on tehtävä alapäästään syvempää kuin yläpäästä, sekä auran irroittamisessa kalliosta, suurista kivistä tai muista ylivoimaisista esteistä. Tavallisimmat oja-aurojen säätö- ja käsittelylaitteet ovat ojasta ylösnostolaitteet, työsyvyyden säätölaitteet ja levityssiipien säätölaitteet.

Ojasta ylösnosto tapahtuu useimmiten auran pyörien pyörimisliikkeestä saatavan voiman avulla. Runsaasti on myös käytössä erilaisiin vipuamislaitteisiin perustuvia rakenteita, joihin voima saadaan suoraan vetokoneesta. Aurassa itsessään olevalla omalla moottorilla toimiviakin säätölaitteita käytetään. Yleensä on pyritty siihen, että aura voidaan vetoasennosta käsin nostaa ylös tai se itse nousee omin voimin. Tällä seikalla on tärkeä merkitys varsinkin runsaspuustoisilla tai jo taimistoa kasvavilla ojitusalueilla sekä silloin, kun joudutaan käyttämään kapeatelaisia vetokoneita, joille jokainen ylimääräinen mutka auran irroittamista varten saattaa merkitä uppoamista ja työ siten käydä varsinkin lyhytojaisessa ojastossa jopa mahdottomaksi.

Työsyvyyden säädössä on käytössä useita erilaisia menetelmiä. Tavallisimmin säätö perustuu auran pyörien ja rungon keskinäisen asennon muutteluun. Usein säädetään työsyvyyttä siipirakennelman takana olevalla ojan pohjaan vastaavalla jalaksella, jonka asentoa voidaan muuttaa. Auran maksimityösyvyyttä rajoitetaan useissa rakenteissa ojamaiden päälle kääntyvän levityssiiven tai levityssiiven takana olevan syvyydenrajoittajan ja ojamaapenkan puristajan avulla kuten esim. skotlantilaisissa metsäojitusauroissa. Levityssiipien työkorkeus on järjestetty joko automaattisesti säädetyksi, saranoiden ja nostoruuvien avulla asennettavaksi, hydraulisesti säädettäväksi tai ojapenkan päällä lepääväksi (vrt. skotlantilaiset metsänviljelysaurat).

Siinä amerikkalaisessa »viinitarha»-aurassa, jolla ensimmäiset kokeet 29. 10. 1952 suoritettiin, oli auran pyörien liikkeestä voiman saava mekaaninen auran ylösnostolaite sekä siihen ruuvisäädöllä kytketty työsyvyyden säätö. Ensimmäisessä koeaurassa käytettiin tätä samaa rakennetta sellaisenaan. Se osoittautui kuitenkin rakenteeltaan liian heikoksi ja myöskin tehottomaksi.

Auran siipirakennelman takana oli ruuvilla säädettävä jalas. Jalas ei kestänyt ja se korvattiin ns. muotolaatikolla. Auran vannaksen takaa suoraan taakse laitettiin siipien reunoja noudattavat levyt, jotka tuettiin perään hitsatulla poikittaisseinällä. Näin syntynyt umpinainen kotelo noudat-

taa ojan poikkileikkauksen muotoa. Se estää auraa painumasta liian syvälle sekä estää sitä mutkittelemasta sivusuuntaan turhan paljon, joten auran siipien nostoteho ja levityssiipien levitysteho säilyy vaikeassakin maastossa. Kohtuullisen suoraa työjälkeä tekevää auraa voidaan myös käyttää metsäojituksen ohella tie- ja viljelysojituksissa. Muotolaatikko on MKT-3 aurasta alkaen korvannut tavanomaisen jalaksen (tallan) auran takana ja osoittautunut hyvin tarkoitustaan vastaavaksi.

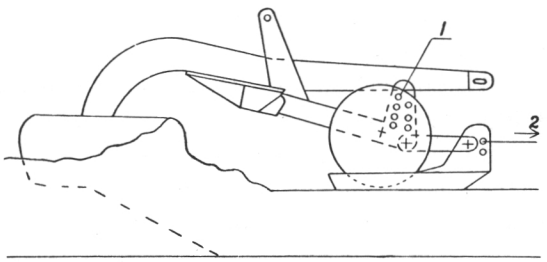
Viime vuosina ovat hydrauliset voimansiirtomenetelmät voimakkaasti yleistyneet. Niitä käytetään maansiirtotöissäkin hyvin monissa tehtävissä. Hydraulisten säätölaitteiden soveltuvuutta metsäoja-auran työsyvyyden säätöön ja ojasta ylösnostoon päätettiin kokeilla. Suonenjoella suoritetuissa korjauksissa (v. 1953) asennettiin hydrauliset säätölaitteet mekaanisten tilalle.

Hydraulisilla säätölaitteilla oli monia hyviä puolia, mutta myös heikkouksia. Niiden avulla oli mahdollisuus säätää auraa kesken aurauksen ja kaikkiin ääriarvojen välissä oleviin asentoihin, joka on tietysti suuri etu, mutta ne eivät pysyneet kunnossa. Osoittautui, että ne ovat toistaiseksi liian herkkiä laitteita niin karkeaan työhön kuin metsäojitus. Oja-aura saattaa vaikeassa maastossa mennä joskus kokonaan ympärikin, jos sen päällä on silloin kumiletkuja ja öljysäiliöitä, menevät ne rikki. Vaikka tällaista varottaisiin, tulee laitteisiin itseensä vikoja, jotka saattavat keskeyttää työskentelyn.

Näillä perusteilla hylättiin hydraulisten säätölaitteiden käyttö ja otettiin käytäntöön mekaaninen säätölaite, jonka Lokomo Oy:n edustajat ovat konstruoineet. Se on täysin mekaaninen, ja voima säätöliikkeisiin saadaan vetokoneesta. Auran liikkeet saadaan aikaan ns. vastakorvan avulla ja säätö suoritetaan pyörien välissä olevalla reikälevyllä (vrt. kuva 19). Saman vastakorvan avulla saadaan aura nousemaan ylös ojasta hyvin nopeasti suoraan koneen vetoasemasta vetäen. Laite on tehokas, nopea, yksinkertainen ja luja. Se oli ensimmäiseksi käytössä MKT-3 aurassa.

Auran säätölaitteen rakenne on siten suunniteltu, että sen eri toimintavaiheissa tapahtuu yhtäaikaisesti useampia työn edistymisen kannalta tärkeitä toimintoja. Auran vetopiste on pyörien välissä. Auraa vedettäessä painuu kiekkoleikkuri automaattisesti joustettuna maahan, samalla kun pyörät siirtyvät syvyyden säätötapin rajoittamaan ääriasentoon eteenpäin. Tästä johtuu auran siipiosan asennon muuttuminen siten, että se asettuu säätöreikää vastaavaan tasapainosyvyyteen. Kun veto lakkaa, irroittautuu ojas säätötapista ja syvyyttä voidaan suurentaa sillä aikaa, kun vetokone siirtyy vetoasemasta toiseen. Usein on työsyvyyden madaltaminenkin mahdollista vetokoneen siirtymisen aikana ilman vastakorvasta vetoa. Vastakorvasta vetäen voidaan aura nostaa ylös ojasta tai kohottaa sitä. Sillä, että vetopiste on pyöräakselissa, on tärkeä merkitys paitsi säätö- ja leikkurilaitteen toiminnalle myös sikäli, että pyörien painuminen ja siitä

johtuva auran vetovastuksen suureneminen on paljon vähäisempää kuin mitä se olisi, jos auraa vedettäisiin ojaksen päästä. Tavallisestihan aurojen veto tapahtuu ojaksen päästä. Kun pyörät painetaan auran alle vastakorvasta kuljetusasentoa varten, kääntyy kiekkoleikkuri automaattisesti ylös. Pyörien asento lukitaan kuljetusta varten tapilla. Vaikeassa maastossa suoritetaan kuljetus pyöräakselista vetäen ja tiellä tai helpossa maastossa ojaksen päästä vetäen, jolloin auran perä voidaan nostaa ylös siten, että se ei laahaa maata eikä riko tietä tai siltoja.



Kuva 23. MKT-3 auraan valmistettu pyörien tilalle käytettävä lava ja sen käyttö.

Abb. 23. Die für den MKT-3 Pflug hergestellte, an Stelle der Räder zu verwendende Pritsche und ihr Gebrauch.

Ruotsalaisessa Vaplan-aurassa on tavanomaisten pyörien tilalla lavarakennelma. Lavan käyttöä perustelee auran valmistaja sillä, että se on halvempi rakentaa kuin pyörät, se ei uppoa vetelilläkään ojituskohteilla ja sen vetovastus on suhteellisen pieni.

Kun MKT-3 auran pyörät aiheuttivat tukkeutumia, päätettiin lavarakennetta kokeilla pienempiä aurakokoja silmällä pitäen ja erikoisesti myöhemmin tarpeellista ojanperkausauraa varten. Lokomossa valmistettiin kuvan 23 mukainen lavarakennelma. V. 1954 suoritetut kenttäkokeet osoittivat, että sileällä sarapinnalla lava toimii erittäin hyvin. Paksuturpeisella, kantoisella suolla tarttuivat kannot lavan etureunaan kiinni ja aiheuttivat tukkeutumia. Kun lavalla varustetun auran liikuttelu on rajoitettua ja hankalaa pyörillä varustettuun verrattuna, voitiin todeta, että metsäojitusta varten tehdyissä auroissa on pyörärakenne selvästi lavarakennetta edullisempi.

Säätölaitteiden toiminta perustuu pyörien kykyyn pysyä suon pinnalla, vaikka koko auran paino nostetaan niiden varaan. Metsäojitustöissä tulisi pyörien koon muutenkin olla suuri. Pyörien säteen on oltava niin suuri, että vääntömomentti, joka panee pyörät pyörimään auraa vedettäessä, pysyy tarpeeksi suurena, vaikka pyörä vähän uppoaisikin suohon. Metallipyöriin tarttui talvityöskentelyssä lunta, mutta se haitta on poistettu auran runkoon kiinnitetyllä rautatangolla, joka pyyhkii automaattisesti jään pois pyörän pinnasta pyörän pyöriessä.

44. Salaojien kaivun koneellistaminen

441. *Periaate*

Metsämaiden salaojituksessa käytettävien salaojien kaivun koneellistamista hahmoteltaessa on ensin tarkasteltava, mitä työvaiheita on mahdolli-

suus koneellistaa ja minkälaisiin kustannussäästöihin tällöin teoreettisesti voidaan päästä.

Toistaiseksi on lähdettävä siitä, että taloudellisista syistä ei putkirakenteiden käyttö tule kysymykseen metsämaiden salaojituksessa. Vaikkakin on myös samalla korostettava sitä, että todennäköisesti jo kohtalaisen pian kehitetään halpoja tekoainerakenteita, joiden avulla tapahtuva salaojitus syrjäyttää ainakin paksuturpeisilla mailla muut ojitustavat. Metsäojituksessa yleisesti käyttökelpoinen salaojamalli on ns. latvussalaoja (vrt. Huikari 1953 b). Sen teon eri työvaiheista on mahdollisuus koneellistaa vain kaivutyö. Suoritettujen tutkimusten mukaan on lapiokaivuna tehdyn kaivutyön osuus latvussalaojan teon kokonaiskustannuksista 40—70 %, keskimäärin n. 55 %. Näin ollen on selvää, että latvussalaojien kaivutyön koneellistaminen ei voi merkitä yhtä suurta ojituskustannusten halpenemista kuin mihin avo-ojituksessa on mahdollisuus päästä. Kun salaojia tullaan käyttämään varsinkin vanhojen ojien perkausten yhteydessä ja uusissakin ojituksissa, katsottiin myös salaojien kaivun koneellistamisen tutkimisen alkuunpano tarpeelliseksi.

Viljelysmaiden salaojitusta varten on kehitetty runsaasti erilaisia työkoneita. Niistä ovat jyrsinkoneet saavuttaneet laajimman käytön. Todennäköisesti tähän on tärkeimpänä syynä ollut se, että salaojituksessa voidaan ojat kaivaa kapeiksi, jolloin kaivettavat maamäärät jäävät vähäisiksi ja viljelysmailla on ollut toistaiseksi mahdollisuus tyytyä vain puuttomien ja kivettömien maiden salaojitukseen. Kun kuitenkin kapea oja tulee jyrkkäseinäiseksi, sortuvat ojan seinämät helposti alas. Tämä pakottaa puolestaan pysyttelemään varovaisissa kaivumenetelmissä, jotta sortumisia ei tapahtuisi. Jyrsimismenetelmät soveltuvat tällöin parhaiten kaivutyön suorittamiseen. Kaikkien jyrsimismenetelmien yhteisenä heikkoutena on toistaiseksi ollut se, että niillä ei pystytä työskentelemään kivisessä eikä runsaspuisessa työkohteessa eikä varsinkaan sellaisessa, jossa on sekä puita että kiviä. Lisäksi ne ovat jokseenkin hitaita työmenetelmiä, joten niiden avulla kustannusten säästämiseen pyrkiminen vie pakosta pieniin maamääriin ja jyrkkiin luiskiin.

On jo aikaisemmin useaan otteeseen korostettu, että metsäojitustöissä käytettävien yleiskoneiden kehittämisessä on lähdettävä siitä, että koneiden on pystyttävä työskentelemään kaikkein vaikeimmissakin ojituskohteissa. Salaojituksen koneellistumisen suhteen tämä pitää paikkansa aivan yhtä hyvin kuin avo-ojituksenkin. Helppoja kohteita varten on jo olemassa valmiita maatalouspuolella kehitettyjä koneita, mutta kivisissä ja puisissa maissa niistä ei ole apua.

Samoilla perusteilla kuin avo-ojienkin kaivussa nähtiin myös salaojituksen kaivumenetelmien kehittämisessä tärkeimmäksi tutkia ensin kokemusperäisesti erikoisrakenteisten aurojen käyttömahdollisuutta. Erikois-

rakenteisten salaoja-aurojen käyttömahdollisuuksien tutkimisen välttämättömyyttä tukee erikoisesti se, että auroja on jo kauan käytetty myös salaojien kaivuun (vrt. s. 25), samoin avo-oja-aurojen osoittama erittäin suuri työnopeus ja niiden työskentelykyky kivisessä ja kantoisessakin maastossa.

Salaojia voidaan auraamalla valmistaa kahdella periaatteellisesti toisistaan poikkeavalla menetelmällä. Tavallisimmin ajetaan auralla ensin mahdollisimman pystyluiskainen avo-oja, joka sitten asianmukaisesti täytetään. Toisessa menetelmässä, ns. myyräojituksessa vedetään maan sisässä halutussa syvyydessä sukkulaa, joka puristaa maahan ontelon. Näin syntynyt reikä toimii sellaisenaan veden kulkutienä.

Metsäojituksen koneellistamistoimikunta katsoi tarkoituksenmukaiseksi aloittaa salaoja-aurakokeet ensiksi mainitulta linjalta, lähinnä sen takia, että sitä kautta oli mahdollisuus päästä yleisratkaisuun ja samalla voitiin myös salaoja-auran koekappaletta käyttää avo-oja-auran rakennekokeiluihin.

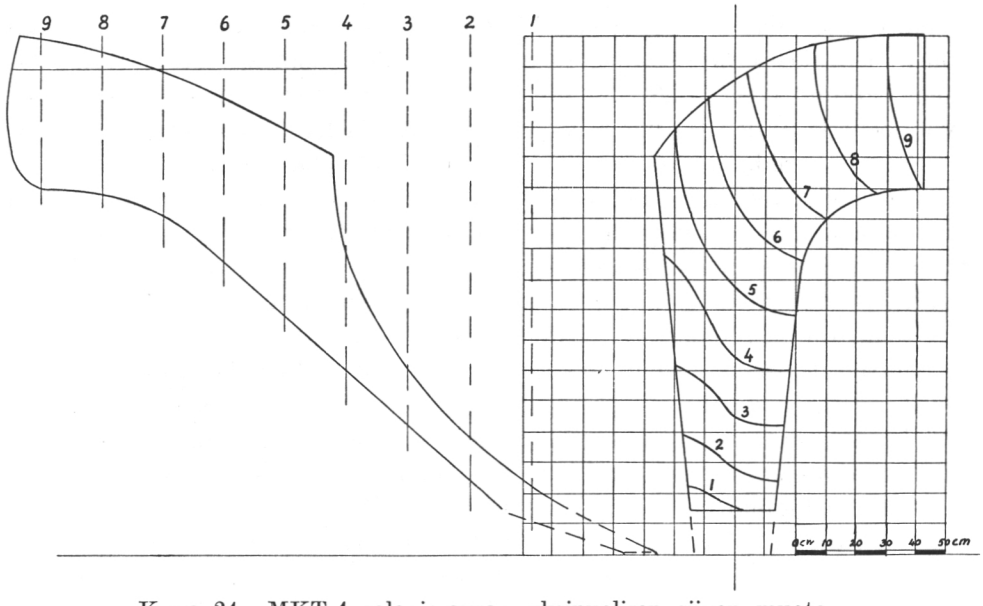
Varojen loppumisen takia jouduttiin myyräojituksen kokeiluista luopumaan. Tätä on pidettävä erittäin valitettavana, sillä vaikkakaan myyräojituksesta ei tämän hetkisen tietämyksen valossa voine muodostua mitään yleisratkaisua, on sillä ilmeisesti ainakin eräissä tapauksissa käyttömahdollisuuksia. Myyräojitusta on käytetty mm. turve- ja savimailla. Tärkeimpänä ohjeena myyräreikien ajossa pitävät eräät maanviljelysojittajat sitä, että reikiä ajetaan niin tiheään kuin varat sallivat ja niin matalalle kuin uskalletaan (vrt. P ä l i k k ö 1955). Reikien normaalietäisyys maanviljelysojituksessa on 3.5 m ja syvyys n. 60 cm.

442. *Salaoja-aura*

Ennen täytettävää ojaa tekevän salaoja-auran koekappaleen rakentamista selvitettiin salaoja-auran rakennekysymystä teoreettisesti. Siiven rakenteessa päätettiin aloittaa kokeilut yksipuolisella siipirakenteella erikoisesti sen takia, että kapeasta ojasta toivottiin yksipuolisen siiven pystyvän helpommin tuomaan maat ylös. Kaksipuolisessa siipirakenteessahan ei varsinaisten siipien osalle olisi jäänyt nostavaa pintaa juuri ollenkaan. Toisaalta voitiin pitää selviönä, että vaikka kapealla auralla voidaan vetää oja, niin ojan seinät sortuvat pian vedon jälkeen useimmilla maalajeilla.

Tämän vaikeuden poistamiseen nähtiin lähinnä kaksi mahdollisuutta, joko on rakennettava auraan toinen siipi, joka nostaa vyöryvät maat ylös ja painaa loput kiinni ojan seinämään, tai sitten ylös nostavan siiven jälkeen on tehtävä kaksi pitkää seinää, jotka pitävät ojan auki vaikeimmissakin paikoissa niin kauan, että ojan täyte keritään asettaa sisälle. Seinät painavat irtonaisen maan ojan luiskiin kiinni.

Ensimmäinen salaoja-auran koekappale (MKT-4) valmistui keväällä 1954. Se oli mekaanisilla nostolaitteilla varustettu ja muiltakin ominaisuuk-

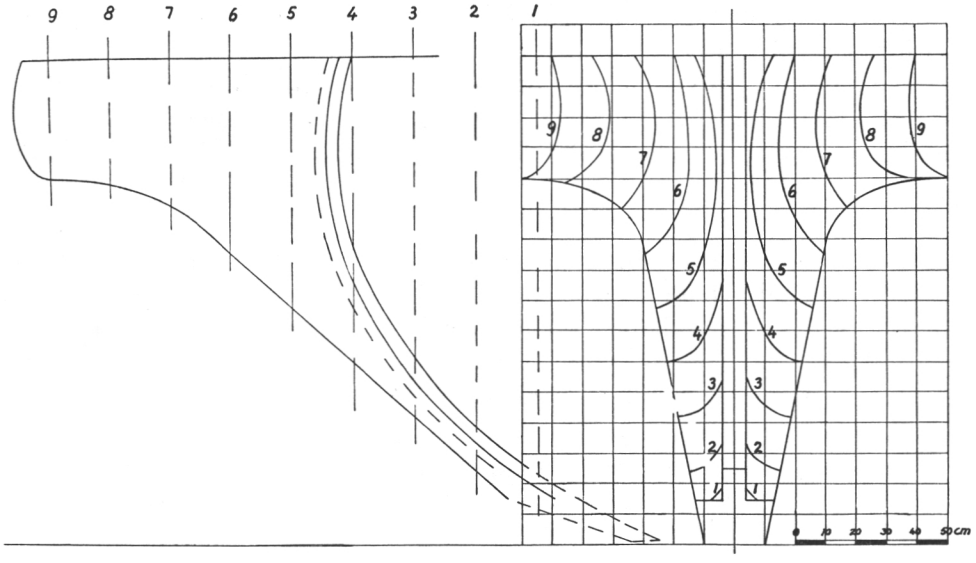


Kuva 24. MKT-4 salaoja-auran yksipuolisen siiven muoto.
Abb. 24. Flankenform des MKT-4 Dränpfluges, einseitig.

siltaan sekä mitoiltaan samanlainen kuin MKT-5 aura, mutta erosi siitä siiven rakenteen suhteen. Siipi oli yksipuolinen nostava ruuvisiipi (kuva 24). Suoritetuissa kokeissa havaittiin, että aura tekee turvemaalla hyvää työjälkeä, mutta oja sortuu takaisin kiinni heti auran mentyä. Osittain tämän todettiin johtuvan siitä, että yksipuolinen siipi painaa auraa sivuttain niin voimakkaasti, että suora vastasivu ei riitä pitämään auraa suorassa vaan se kääntyy vinottain, jolloin suora sivu puristaa turvetta kasaan ja se pullistuu auran mentyä ohi heti takaisin. Ojan yläosasta lohkeili myös runsaasti maita, jotka täyttivät ojan. Päätettiin, että vaikka näyttääkin todennäköiseltä, että yksipuolisesta siivestä on luovuttava, niin ennen sen hajoittamista kokeillaan kahta peräkkäin olevaa yksipuolista siipeä. Suoran vastasivun pintaa myöskin suurennettiin.

Kaksoissiipi paransi auran työjälkeä. Mutta kun yksipuolisen siiven muut negatiiviset ominaisuudet edelleen tulivat voimakkaasti esille, päätettiin yksipuolisesta siivestä luopua. Erikoisesti tähän ratkaisuun vei toteamus, ettei yksipuolisella siivellä päästä juuri 60 cm syvempään ojaan.

Yksipuolinen kaksoissiipi antoi tärkeitä viitteitä kaksiosaisen siipirakenteen kehittämiseen. Sen avulla saatiin havaintoja maan murtumisrajasta erilaisilla maalajeilla. Havaittiin, että se noudattaa piirroksessa (kuva 21) esitettyä periaatetta. Samalla havaittiin, että etukäteen löystytetyn maan nosto ojasta on helpommin rakenteellisesti toteutettavissa kuin kiinteän maan suora nosto.



Kuva 25. MKT-5 salaoja-auran kaksipuolisen siiven muoto.
Abb. 25. Flankenform des MKT-5 Dränpfluges, zweiseitig.

Kaksipuolisesta siivestä kokeiltiin aluksi maanpintaan saakka suoralla sivulla nousevaa siipirakennetta (kuva 25). Kun oja puristui turvemaalla liian nopeasti yläosastaan umpeen, muutettiin siipirakenne sellaiseksi, että sillä kaivettavan ojan profiilista tuli Y:n muotoinen. Suoritetuissa kokeissa on havaittu, että kaksisiipinen Y-profiililla toimiva salaoja-aura tekee hyvän työjäljen kertavedolla sopivan kosteilla hiesu- ja hietamailla aina 90 cm:n syvyyteen. Se on toimintakykyinen myös kivisessä ja kantoisessa maassa.

Turvemailla suoritetuissa kokeissa todettiin, että oja on välittömästi auran jäljessä kohtalaisen hyvää, mutta sen seinämät pyrkivät sortumaan alas ojaan, vaikkakin poikkileikkaus on Y-kirjaimen muotoinen. Havaittiin, että ojien muoto muuttuu nopeasti auran jälkeensä jättämästä. Auraus-jälkeen ei voida ilman edeltävää ojan puhdistustyötä panna vettäjohtavaa ojatäytettä, jona käytetään latvaosistaan karsimattomia riukuja ja oksia. Näyttää todennäköiseltä, että mikäli käytetään riuku-risutäytettä, on metsäsalaojitusta vaikea koneellistaa siten, että päästäisiin laajamittaisen työskentelyn aikaansaamisen kannalta merkittävään kustannussäästöön. Toisaalta ovat kokeet osoittaneet, että metsämaiden salaojitustyötä voidaan suorittaa salaoja-auraa apuna käyttäen.

Salaoja-auran käyttömahdollisuuksia edelleen tutkittaessa olisi selvitettävä, voidaanko ojan sortumisen aiheuttamaa haittaa poistaa suorittamalla ojan täyttö silloin, kun aura on vielä paikanpäällä. Auraan olisi

tätä varten tehtävä pitempi ojan luiskia koossa pitävä muotolaatikko ja suoritettava sillä järjestelmälliset kokeet.

Salaoja-auraa on kokeiltu myös viljelysmaiden salaojitukseen ja tällöin saatu hiesumaassa hyviä tuloksia. Kivisten ja puisten viljelysmaiden salaojitustöissä näyttäisi salaoja-auralla olevan erikoisen kiitollinen työkenttä.

443. *Salaojajyrsimet*

Viljelysmaiden koneellinen salaojitus nojautuu jokseenkin yksinomaan erilaisten salaojajyrsinten hyväksikäyttöön. Kuten aikaisemmin on jo esitetty (vrt. s. 21), kaikkien jyrsinlaitteiden yhteisenä heikkoutena on se, että niillä ei pystytä kaivamaan ojia kiviseen ojituskohteeseen. Jyrsinlaitteiden käyttömahdollisuuksien selvittäminen otettiin tutkimusohjelmaan lähinnä pienien ja jyrsinlaitteille sopivien ojituskohteiden salaojitustöiden kustannusten halventamismahdollisuuksien tutkimiseksi.



Kuva 26. Pajulahti Oy:n rakentama metsäsalaojien kaivuun tarkoitettu ketjukauhajyrsin ja sen tekemää ojaa. Kauhajoki. Valok. 26. 11. 54 Olavi Huikari.

Abb. 26. Der von der Fa. Pajulahti Oy gebaute, zum Ziehen von Walddrängräben gedachte Fräskettenbagger und der von ihm gezogene Graben. Kauhajoki. Aufn. 26. 11. 54 Olavi Huikari.

Pajulahti Oy ilmoitti toukokuussa 1954 tehneensä suunnitelman salaojajyrsinkoneen rakentamiseksi ja esitteli sen yksityiskohtaisesti. Yhtiön edustajille annettiin metsäojitusta koskevia, koneen rakentamisessa huomioon otettavia neuvoja sekä korostettiin tällaisten laitteiden kehittämisen tarpeellisuutta. Pajulahti Oy kutsui 25. 11. 1954 toimikunnan seuraamaan rakennetun koekappaleen työskentelyä.

Työnäytöksessä todettiin, että ketjukauha-periaatteelle rakennettu kone oli työskentelykykyinen helpoissa ojituskohteissa (kuva 26). Koneeseen ehdotettiin eräitä parannuksia. Myöhemmin sitä on käytetty käytännön ojitustöissä. Metsäojituksesta vastuussa olevien pitäisikin jatkuvasti huolehtia myös siitä, että omatoiminen työvälineiden kehittämisharrastus laajenisi ja saisi taloudellista tukea sekä asiallista arvostusta.

45. Ojien perkauksen koneellistaminen

Maassamme on nyt metsäojia kaikkiaan noin 170 000 km. Kun lasketaan, että metsäojat olisi perkauksilla käytävä läpi vähintään joka kahdeskymmenes vuosi, merkitsee tämä, että vuosittain pitäisi maassamme jo nyt perata n. 10 000 km metsäojia. Oja-aurojen kokeilujen ja auroilla suoritettujen käytännön ojitustöiden edistyessä jouduttiin toteamaan, että uusien ojien kaivu ei ole paljonkaan kalliimpaa kuin vanhojen pahoin tukkeutuneiden ojien perkaus. Tämän takia oli kiinnitettävä vakavaa huomiota myöskin ojien perkauskysymyksen ratkaisemiseen.

451. *Periaate*

Kun tavanomaisen käsityksen mukaan vuosittain perkauksen tarpeeseen tulevien metsäojien määrä jo nyt on saman suuruinen vuosittain kaivettavien ojien määrän kanssa, on selvää, että kysymyksen kunnollinen hoitaminen vaatii sekä työmenetelmien kehittämistä että myöskin perkaustyön tarpeellisuuden ennakoivaa torjumista. Olisi mitä tärkeintä suorittaa ojitustyöt siten, että ojien perkauksia tarvittaisiin myöhemmin mahdollisimman vähän. Kysymystä ei voida hoitaa tekemällä kalliilla kustannuksilla ns. kauan kunnossa pysyviä ojia, sillä sitä ne eivät kuitenkaan käytännössä ole niinkuin Heikuraisen (1957) tutkimus on selvästi osoittanut. Parhaimmat mahdollisuudet perkaustöiden ennakkotorjuntaan näyttäisivät olevan siinä, että ojaverkostosta tehdään ylitiheä, jolloin ojat pystyvät pitämään vedet liikkeessä, vaikka ojat jonkin verran tukkeutuvatkin (vrt. Huikari 1956). Tällöin jää tärkeimmäksi perkauskohteeksi kullakin ojitusalueella kokoojaojan auki pitäminen. Sarkaojista tarvitsee perata vain pahimmin tukkeutuneita. Ne voidaan tällöin ehkä muuttaa salaojiksi. Varsinkin niissä tapauksissa, joissa vanhan ojaston keskisarat ovat jääneet heikkometsäisiksi, olisi ennen vanhojen ojien perkausta tihennettävä ojaverkostoa uusilla ojilla.

Vaikkakin joskus päästäisiin edellä hahmoteltuun perkauskysymyksen hoitamiseen, on perkaustöitä tehtävä vuosittain huomattavan laajassa mitassa. Vanhan ojan perkauksessa on kiinnitettävä päähuomio ojan pohjan kunnostamiseen. Ojan luiskissa ja penkoilla oleva kasvillisuus on jätettävä siinä määrin koskemattomaksi, kuin ojan pohjan perkaustyön suorituksen takia on mahdollista. Ojasta nousevat maamäärät ovat näin ollen yleensä vähäisiä ja sangen usein joudutaan tekemisiin kivisen perusmaan kanssa. Erilaisista työskentelyperiaatteista pystynevät kevyet jyrsinlaitteet ja aurat parhaiten kilpailemaan lapiomiehen kanssa perkaustyössä.

452. *Perkausaura*

Pahoin tukkeutuneiden ojien perkauksessa saattoi olettaa oja-auran käytön olevan paikallaan. Metsähallituksen työmaalla Karvialla talvella

1955 metsänhoitaja Klemelän johdolla suoritetuissa kokeissa havaittiin, että oja-auran pyörät tahtovat sortua ojaan vanhan ojan päällä ajettaessa ja ajojäljestä tulee mutkaista. Metsähallitus rakennuttikin tämän takia oja-auraan leikkurin tilalle ns. johtopyörän, joka ojassa kulkien ohjaa auraa pitäen sen vanhan ojan keskiviivalla. Toimikunnan lopetettua toimintansa antoi Metsäojitussäätiö metsähallitukselle oikeuden kehittää MKT-3 aurasta erikoisrakenteisen ojanperkausauran. Vuoden 1957 kesällä suoritetut perkaustyöt ovat antaneet hyviä tuloksia. Auran avulla on voitu suorittaa perkaustyöt huomattavasti halvemmalla kuin lapiokaivuna.

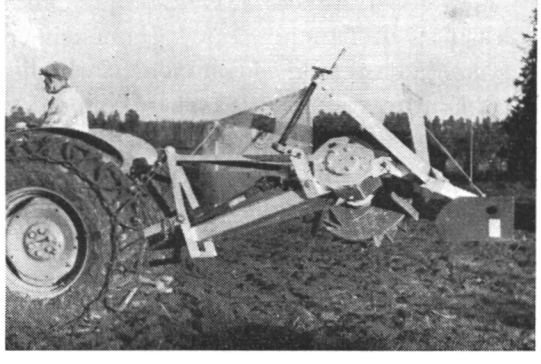
453. *Perkausjyrsin*

Ojanpohjan puhdistukseen olisi kannettava jyrsinlaite liikkumiskykyisyytensä puolesta parhaiten sopiva. Tekijä on vuosina 1954 ja 1955 suorittanut kokeita tällaisen jyrsinlaitteen käyttömahdollisuuksista (kuva 27) ja saanut lupaavia tuloksia. Kokeet ovat varojen ja ajan puutteen takia pysähdyksissä. Toimikunnan oli jätettävä kokonaan perkausmenetelmien kehittäminen rahojen loppumisen takia. On vain toivottava, että kysymyksen ratkaisemiseen riittää harrastusta ja saadaan tarpeellisia varoja. Merkillepantavaa on tällöin myös se, että pyörätraktoreita voimakoneina käyttäviä jyrsinlaitteita ei ole vielä kokeiltu ollenkaan. Niissä on jo olemassakin valmiita, jokseenkin sellaisenaan käyttökelpoisia malleja kuten mm. Ridder-



Kuva 27. Ojanperkausjyrsimen kokeilua Helsingissä. Valok. 20. 10. 54 Olavi Huikari.

Abb. 27. Ausprobieren einer Grabenräumfräse in Helsinki. Aufn. 20. 10. 54 Olavi Huikari.



Kuva 28. Ridder Greppelfrees-merkkinen alkuperältään hollantilainen ojajyrsin. Suurin työsyvyys on 45 cm ja luiskien kaltevuus n. 1 : 0.6. Pyhäjoki. Valok. 1957 T. Juusela.

Abb. 28. Ridder Greppelfrees Grüppenfräse aus Holland. Die grösste Arbeitstiefe beträgt 45 cm, die Neigung der Böschung ca. 1 : 0.6. Pyhäjoki. Aufn. 1957 T. Juusela.

Greppelfrees (kuva 28). Ojien perkaukseen sopivaa jyrsinlaitetta voitaisiin myös kehittää siltä pohjalta, että asetetaan jyrsinlaitteen moottori pyörän tai kelkan päälle, jota vedetään ojassa joko ihmisvoimin tai traktorilla.

46. Ojitussuunnitelmatöiden menetelmien kehittäminen

Vuonna 1953 suoritetut metsäojien aurauskokeet osoittivat, että tuleva aurojen käyttö vaikuttaa monella tavoin ja varsin syvälle käyvästi totunnaisiin metsäojitustöiden työvaiheisiin ja järjestelyyn. Kun kustannukset oli todennäköisesti mahdollista pudottaa murto-osaan lapiokaivun vaatimista kustannuksista, todettiin tästä olevan välittömänä seurauksena vuosittain ojitettavan alan kasvaminen moninkertaiseksi silloisesta määrästä. Oli myöskin todettavissa, että jos lapiokaivun aikana tarkoituksen mukaista ojitussuunnitelmien tekotapaa orjallisesti noudatetaan, maksaa suunnitelman teko pian kohtuuttoman paljon kaivutyöhön verrattuna. Kun oli myöskin pidettävä todennäköisenä, että ojitustyötä suorittavat organisatiot eivät pysty lisäämään henkilökuntaansa siinä määrin, että suunnitelmia saataisiin tarpeeksi, ryhdyttiin selvittämään, voitaisiinko ojitussuunnitelmien työmenetelmiä ja ojitussuunnitelmille asetettavia vaatimuksia muuttaa siten, että ne vastaisivat tulevaisuuden tarvetta. Samalla kehoitettiin sekä kirjeellisesti että suullisesti ojitustöitä suorittavia ja valvovia järjestöjä ajoissa ryhtymään toimenpiteisiin koneellisen ojituksen laajamittaista soveltamista estävien tekijöiden poistamiseksi.

Ojitussuunnitelman tekijän ammattitaidolla ja kokemuksella on hyvin suuri merkitys. Kokenut ja ammattitaitoinen ojitussuunnitelman tekijä voi jättää paikallisten olosuhteiden mukaan useitakin työvaiheita tavanomaisesta suunnitteluprosessista kokonaan pois työn laadun silti merkittävästi kärsimättä. Kaikilla ojitusalueilla on kuitenkin selvitettävä maiden ojituskelpoisuus sekä yksityiskohtaisella maastotutkimuksella turvekerroksen paksuudet ja kaltevuussuhteet. Profiilien piirtäminen on jo paremminkin työn laadun tarkistusmenetelmä kuin onnistuneen työn kannalta välttämätön työvaihe. Lapiokaivua varten tapahtuvalla työvaikeusluokittelulla ja kustannusarviolla ei ole koneojituksen kannalta suurtakaan merkitystä.

Ojituskelpoisuuden määrittäminen on meillä tapahtunut lähinnä pintakasvillisuuden ja turvelajin perusteella. Kun kokemukset ovat osoittaneet, että se on varma ja nopea menetelmä, ei tätä työvaihetta voida pitää suunnitelman teon nopeutta rajoittavana. Ojituskelpoisuuden taitavalla määrittämisellä on ratkaiseva merkitys ojitustuloksiin. Tämän takia on kiinnitettävä erikoista huomiota tätä työvaihetta suorittavan henkilökunnan ammattitaitoon ja pidettävä sitä yllä jatkuvalla kurssi- ja opetustoiminnalla

sekä tarkastuksella. Riittävän tarkka ojituskelpoisuuden määrittäminen edellyttää maastossa suoritettua tutkimusta ja jokaisella kuviolla käyntiä, sillä meillä ei ole toistaiseksi sellaisia karttoja, joista voitaisiin päätellä ojituskelpoisuutta ilman erikoistutkimusta.

Turvekerroksen paksuuden määrittäminen on myös suoritettava kenttätyönä ja se on välttämätön työvaihe ojien oikean sijoittelun kannalta. Parhaimman karttapohjan näille töille antaa ilmakuvakartta.

Tavallisesti kaltevuussuhteiden määritys suoritetaan säännöllistä, maastoon ajettua, tiheämpää tai harvempaa linjaverkkoa noudattaen. Tällä menetelmällä päästään varmuudella siihen tarkkuuteen, mitä kulloinkin vaaditaan, mutta se on kaavamaisesti noudatettuna myös aikaa viepä ja kallis. Metsäntutkimuslaitoksen toimesta oli tämän työvaiheen rationalisoimismahdollisuuksia jo aikaisemmin tutkittu (V ä l i v u o r i 1951). Tällöin todettiin, että mittakaavassa 1 : 10 000 olevan kartan avulla (mieluimmin ilmakuva) voidaan pintapunnitusverkko ajaa ja suorittaa punnitus ilman verkon auki hakkaamista. Tällä menetelmällä saadaan aikaan n. 30 %:n säästö työkustannuksissa työn laadun silti juuri kärsimättä.

Maanmittaushallitus on valmistanut ilmakuvapohjalta 1 : 20 000 mittakaavaista 5 m:n korkeuskäyrillä varustettua peruskarttaa jo laajoille alueille. Sitä valmistettaessa on korkeuskäyriä piirrettäessä käytetty stereoplanigrafimenetelmän apuna aneroidimittauksia. Kartta on käyttökelpoinen ojituksen suunnittelua hahmoteltaessa, onpa eräissä tapauksissa koko ojituskin toteutettu yksistään peruskarttaa käyttäen.

Peruskartoitetuilta alueilta on saatavissa varsinaisen peruskartan lisäksi 1 : 10 000 mittakaavaista ilmakuvakarttanegatiivia, jossa on kuviorajat, 2.5 m:n korkeuskäyrät ja tilojen rajat sekä jokaisella 1 km × 1 km ruudulla 10—15 kpl trigonometrisesti määritettyjä korkeuspisteitä, joiden keskivirhe on ± 20 cm. Tämä kartta on erittäin käyttökelpoinen metsäojien suunnittelutöissä. Karttaa tilattaessa on erikseen mainittava mitä piirroksia ja merkintöjä karttaan halutaan.

Siellä missä ei ole käytettävissä peruskartta-aineistoa, voidaan kuvamittauksella konstruoida ilmakuville korkeuskäyrät stereoplanigrafilla muutamien kiintopisteiden avulla. Ilmakuvia tilattaessa on tällöin annettava kuvien mittakaavan tarkistusjanat sekä jokaista kuvaa kohti (pinta-ala n. 100 ha) ainakin kolmen kuvalta helposti erottuvan pisteen tarkka korkeus. Korkeuskäyrillä varustetut ilmakuvat tulevat vielä toistaiseksi niin kalliiksi, että niitä ei kannata hankkia yksistään ojitustöitä varten. Kun menetelmää käytetään myös monia muita tarkoituksia varten ja kustannukset voidaan täten jakaa eri käyttömuotojen osalle, päätettiin tutkia, mihinkä tarkkuuksiin metsäojitusmaastossa päästään noudatettaessa tarkoitustaan vastaavaa tarkistuspistetiheyttä ja käytettäessä yleisimmin saatavissa olevaa kuvamateriaalia.

Metsäntutkimuslaitoksen Pyhäkosken ja Häädetjärven kokeilualueista valittiin jo aikaisemmin tarkan pintapunnituksen avulla tutkitut suoalueet. Pyhäkosken suot edustivat aukeita, jokseenkin tasaisia maita ja Häädetjärven suot taasen metsäisempiä soita, joilla on myös kohtalaisen suuria kaltevuuksia. Näiltä alueilta tilattiin molemmista n. 1 000 ha:n alalta ilmakuvat mittakaavaan 1 : 4 000 ja niihin stereoplanigrafilla konstruoidut korkeuskäyrät yhden metrin korkeusvälein. Käytettyjen kuvien kuvauskorkeus oli 4 000 m.

Kuvien mittakaavojen tarkistamiseksi annettiin kahden helposti erottuvan rajalinjan pituudet. Näinhän on useimmiten mahdollisuus menetellä ilman kentällä käyntiä, sillä rajapituudet saadaan tiluskartoista. Jokaiselta kuvalta ilmoitettiin kolmen sellaisen pisteen tarkka korkeus, jotka sijaitsivat niin, että ne oli maastossa helppo punnita. Käytännön töissä on suoritetun punnituksen väliasemien korkeudet myös merkittävä muistiin ja paikannettava sekä ilmoitettava, sillä käyrien tarkkuus on sitä suurempi, mitä enemmän on käytettävissä tarkistuspisteitä.

Säännölliseen 100 m:n välein maastoon ajettuun punnitusverkkoon nojautuen piirrettiin samasta alueesta toiset korkeuskäyrät. Kumpikin työ tapahtui toisistaan tietämättömästi. Saatuja käyriä verrattiin toisiinsa pitäen pintapunnituksen avulla tehtyjä käyriä oikeina. Vertailu suoritettiin siten, että stereoplanigrafikäyriltä mitattiin 200 m:n välein erotuksen suuruus.

Ilmakuvalle stereoplanigrafin avulla piirretyn korkeuskäyrän ja pintapunnituksen avulla piirretyn (oikeana pidetyn) korkeuskäyrän erotusten keskiarvo voidaan laskea ja se osoittaa tällöin mihin suuntaan sekä minkä verran ilmakuvan korkeuskäyrä keskimäärin poikkeaa toisesta korkeuskäyrästä.

Pyhäkosken keskiarvo on ..... + 0.144 m
Häädetjärven » » ..... + 0.308 »

Stereoplanigrafikäyrät ovat siis Pyhäkoskella keskimäärin 0.144 m korkeammalla kuin pintapunnituskäyrät ja Häädetjärvellä 0.308 m korkeammalla. Kun Häädetjärven tutkimusalueella suot ovat valtaosaltaan metsäisiä, varpuisia ja mättäisiä räme- sekä korpityyppejä ja Pyhäkoskella taasen aukeita tasapintaisia nevoja, tuntuu tulos hyvin luonnolliselta ja helposti selitettävältä.

Jotta saataisiin selville miten usein määrätyn suuruinen virhe voi esiintyä, otetaan tarkastelun kohteeksi korkeuskäyrien erotusten frekvenssijakautuma.

Ennakolta määrätyn suuruisen poikkeaman esiintymisen todennäköisyys voidaan määrätä normaalijakautuman avulla. Mittayksikkönä käytetään neliöpoikkeamaa (∂).

Pyhäkoski ..... $\partial = \pm 0.458$
Häädetjärvi ..... $\partial = \pm 0.681$

Todennäköisyys, että poikkeama on todelliseen arvoon verrattuna suurempi kuin

+1 m	on Pyhäkoskella	3.0 %
—1 »	» »	0.6 »
+1 »	» Häädetjärvellä	15.4 »
—1 »	» »	2.7 »

Kun tunnetaan stereoplanigrafikäyrän keskimääräinen erotus todellisesta korkeuskäyrästä, voidaan ensin mainittu korjata tässä tutkimuksessa. Korjaus on hyvin puolustettavissa, sillä tässä samoin kuin ojitussuunnitelmatöissäkin pyritään selvittämään maastopisteiden asema toisiinsa nähden eikä niiden todellista korkeutta.

Korjatun korkeuskäyrän ja todellisen korkeuskäyrän erotuksen suuruudelle voidaan asettaa määrätyt rajat ja näiden rajojen ulkopuolelle sattuvien tapausten todennäköisyys voidaan laskea.

Todennäköisyys, että korjatun stereoplanigrafikorkeuskäyrän virhe on suurempi kuin

	± 0.5 m	± 1.0 m	± 1.5 m
Pyhäkoskella	27.6 %	2.9 %	0.1 %
Häädetjärvellä	46.5 »	14.2 »	2.8 »

Edellä olevasta havaitaan, että ilmakuville (kuvauskorkeus 4 000 m) stereoplanigrafin avulla piirretyistä käyristä saadaan käyttökelpoista apua ojaverkon suunnittelulle. Virheet saattavat kuitenkin olla niin suuria, että korkeuseroja on tarkistettava muilla menetelmillä maastotöiden kuluessa. Erikoistilauksesta tehdyissä kuvauksissa voidaan luonnollisesti käyttää pienempää kuvauskorkeutta, jolloin tarkkuus paranee, mutta myöskin kustannukset suurenevat.

Aneroidien käyttömahdollisuuden selvittämiseksi hankittiin kaksi aneroidia. Niistä toinen oli Paulin-aneroidi ja toinen ns. tarkkuus-aneroidi. Suoritetuissa kokeissa on voitu todeta, että aneroidi on sen mahdollisuudet tarkoin tuntevan käyttäjän käsissä varsin käyttökelpoinen apuväline selvitettäessä ojitusalueiden kaltevuuksia. Parhaimpaan tulokseen päästiin tarkkuus-aneroidilla, jossa oli 1 000 m:n asteikkolaajuus ja asteikossa 0.5 m:n noniusjaoitus. Honkasalo (1955) on käsitellyt aneroidin käyttömahdollisuuksiin liittyviä kysymyksiä. Tässä yhteydessä riittää kun mainitaan, että aneroidin käyttö edellyttää yli 0° C lämpötilaa. Käyttötarkkuudessa voidaan päästä 0.5 m:in mikäli ilmanpaine ei muutu nopeasti ja on tasainen pilvipeite. Kahden toisiaan lähellä olevan paikan korkeuseroa voidaan tarkistaa kohtalaisen luotettavasti huonollakin säällä ja siitähän ojien suunnittelussa on useimmiten kysymys. Ilmanpaineen vaihtelun tarkistus suoritetaan palaamalla takaisin johonkin jo aiemmin mitattuun pisteeseen tarpeellisin väliajoin.

5. Metsäojitustöiden koneellistamisesta maassamme

Metsäojituksen työkustannuksia halventavia menetelmiä etsiessään on ojittajalla mahdollisuus turvautua sekä kaivinkoneisiin, jyrsinlaitteisiin että oja-auroihin. Näistä on maassamme käytetty toistaiseksi vain kaivinkoneita ja oja-auroja. Kun kaivinkoneet eivät pysty metsäojituksen yleiskoneina kilpailemaan kustannuksissa oja-aurojen kanssa, on niiden käyttö jäänyt sangen vähäiseksi. Eräitä poikkeustapauksia lukuunottamatta on kaivinkoneita ja kaivinlaitteita käytetty vain aurausta täydentävinä työmenetelminä.

Vaikka jyrsinlaitteissa jo nykyiselläänkin on metsäojituksessa paksuturpeisilla mailla käyttökelpoisia malleja, ei niitä valitettavasti vielä ole käytetty. On kuitenkin pidettävä jokseenkin varmana, että niiden käyttö yleistyy kunhan kotimaisia malleja saadaan markkinoille.

Koneellinen metsäojitus on täten merkinnyt maassamme jokseenkin yksinomaan metsäojien aurausta metsäoja-aurojen avulla.

51. Metsäojien aurauksen yleistyminen

Metsäoja-aurojen käyttö alkoi maassamme v. 1953. Siitä lähtien on metsäojien auraus yleistynyt voimakkaasti. Taulukossa 4 esitetyistä eri vuosina kaivettujen ojien määristä nähdään, että yhtiöt ja valtio ovat

Taulukko 4. Eri maanomistajaryhmien maille oja-auroilla ja muilla työmenetelmillä vuosina 1953—57 kaivettujen metsäojien määrä.

Tabelle 4. Anzahl der von verschiedenen Grundbesitzergruppen in den Jahren 1953—57 mit Grabenpflügen und anderen Arbeitsmethoden gezogenen Gräben.

Vuosi *Jahr*	Valtio *Staat*			Yhtiöt *Gesellschaften*			Yksityiset *Private*			Koko maassa *Im ganzen Land*		
	Auralla *Mit dem Pflug*		Yht. *Insg.*	Auralla *Mit dem Pflug*		Yht. *Insg.*	Auralla *Mit dem Pflug*		Yht. *Insg.*	Auralla *Mit dem Pflug*		Yht. *Insg.*
	km	%	km	km	%	km	km	%	km	km	%	km
1953	80	7	1 100	18	8	220	—	—	1 940	100	3	3 260
1954	340	18	1 890	530	54	990	150	4	3 950	1 020	15	6 830
1955	2 450	72	3 420	750	58	1 290	200	4	5 050	3 400	35	9 760
1956	3 580	83	4 290	1 320	67	1 980	2 000	33	6 010	6 900	56	12 280
1957	1 680	65	2 600	2 020	86	2 340	2 400	44	5 500	6 100	58	10 440

siirtyneet sangen nopeasti oja-aurojen käyttöön. Yksityismetsätalouden ojitustoiminnassakin kehityksen suunta on selvä, vaikkakin monet erikoisvaikeudet ovat olleet esteenä (vrt. mm. Raitasuo 1957).

52. Metsäojien aurauksessa saavutetut työtulokset

Metsäojien auraukset ovat tapahtuneet joko omilla tai tuntivuokrakalustoilla tai urakkatyönä. Tuntivuokrakalustoa käytettäessä on maanomistaja tai maanomistajan edustaja vuokrannut käyttöönsä vetokoneen, josta hän maksaa aurauspaikalle kuljetukset ja tuntivuokran työtunneista sopimuksen mukaan (3 500: — — 5 000: —/t). Aurauskohtien laadusta riippuen on lisäksi sovittu siitä, kauanko kone saa olla yhtämittaisesti upoksissa työnantajan laskuun. Sopimusajat ovat vaihdelleet 2—4 t. Työnantaja on suorittanut lisäksi vetokoneiden polttoaineen huollon maantieltä koneelle tai maksanut polttoaineen noutomatkalta korvauksen. Työnantaja on huolehtinut auran apumiehistä ja ojien jälkisiivouksesta, työnjohdosta, majoituksesta sekä muista yleisjärjestelyistä. Aura on yleisimmin ollut työnantajan oma, muulloin siitä on maksettu tunti- tai ojametrivuokra ja sen kuljetukset työmaalle.

Urakkatöissä on yleisimmin urakoitu vain ojien auraustyö ojametritaksalla. Työnantaja on huolehtinut työnjohdosta ja ojien jälkiperkauksesta.

Metsäojitussäätiö lähetti vuosina 1955 ja 1956 kaikille metsäojittajille kyselylomakkeet, joissa pyydettiin yksityiskohtaisia tietoja saavutetuista työtuloksista, kustannuksista ja kustannusten jakaantumisesta eri työvaiheiden kesken. Tulokset on käsitelty metsäntutkimuslaitoksessa. Vuodelta 1955 lasketut yhdistelmät lähetettiin vastauksia antaneille. Seuraavassa esitetään eräitä tiedustelujen päätuloksia yleiskäsityksen luomiseksi siitä, paljonko koneellinen metsäojitus on maksanut mainittuina vuosina sekä mistä kustannusten kokonaissumma muodostuu.

Aineisto on jaettu siihen perustuen, onko työ suoritettu omilla tai tuntivuokrakoneilla vai urakkatyönä, kahteen ryhmään. Vuonna 1955 tutkituista ojituksista oli valtaosa, eli kaikkiaan 3 031 081 jm toteutettu omilla tai tuntivuokrakoneilla.

Taulukossa 5 on esitetty kyselyn antamat tulokset erilaisten aurauskalustojen käytöstä tuntivuokratöissä ko. vuosina. Havaitaan, että suurin osa näistä aurauksista on suoritettu Lokomo-auroilla. Niiden lisäksi on käytetty myös Kajaani-auroja ja Pellonraivaus-auroja. Työsaavutukset vaihtelevat huomattavasti. Tärkeimmät syyt siihen ovat vetokoneiden telaleveys ja työmaiden koko sekä ojituskohteiden upottavuus. Kaluston tehokkuuden objektiivinen vertailu edellyttäisi työskentelyä yhtä leveätelaisilla vetokoneilla samassa ojitusmaastossa sekä yhtä kokeneilla ojitusmiehistöillä, joilla on sama palkkaus ja muut intressit yhtäläiset. Suurten

Taulukko 5. Työsaavutuksia erilaisilla vetokoneilla ja oja-auroilla vuosina 1955 ja 1956

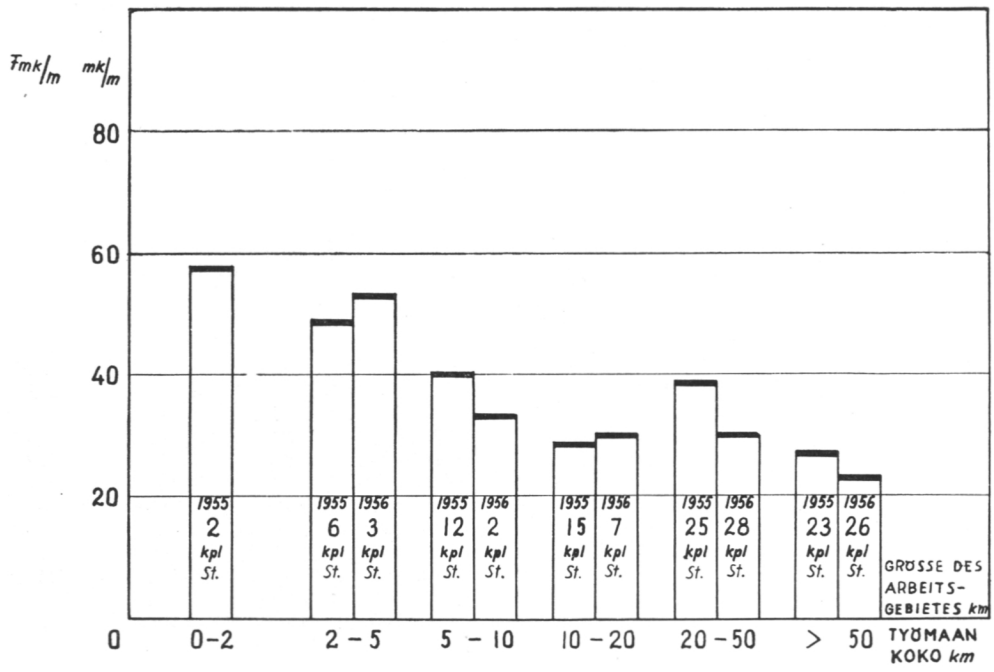
Tabelle 5. Arbeitsergebnisse mit verschiedenen Zugmaschinen und Grabenpflügen in den Jahren 1955 und 1956

Traktori *Traktor*	Aura *Pflug*	Aurattu, jm *Gepflügt lfd. m.*	Työmaiden keskikoko, jm *Mittelgrösse der Arbeitsgebiete lfd.m.*	Työtuntia *Arbeitsstunden*	Työteho jm/t *Arbeitsleistung lfd. m./St.*
1955					
Allis Chalmers HD-9	Lokomo M-55	529 615	33 101	2 283	248
Allis Chalmers HD-9	MKT-3	115 794	28 948	527	224
Allis Chalmers HD-9	MKT-5	87 957	17 591	467	221
Allis Chalmers HD-9	Lokomo/Saalasti	2 773	2 773	12	231
Allis Chalmers HD-9	Kajaani/Ahlström	232 009	77 336	975	260
Allis Chalmers HD-9	Pellonraivaus	165 705	55 235	616	272
Ansaldo	Lokomo M-55	495 098	33 006	2 591	209
Caterpillar D-6	Lokomo M-55	51 521	25 760	180	300
Caterpillar D-6 (suo)	Kajaani	506 487	101 297	1 624	315
Caterpillar D-7	Lokomo M-55	671 526	51 655	2 006	358
Fowler III	Lokomo M-55	136 496	45 498	564	249
International TD-14	Lokomo M-55	7 000	7 000	22	311
Stalinets	Kajaani/Vehviläinen	29 100	9 700	106	299
1956					
Allis Chalmers HD-9	Lokomo M-55	254 884	25 488	974	262
Allis Chalmers HD-9	Lokomo M-56	218 051	54 512	882	247
Allis Chalmers HD-9	Kajaani/Ahlström	202 662	22 518	885	229
Allis Chalmers HD-11	Lokomo M-56	264 620	44 103	920	288
Allis Chalmers HD-15	Lokomo M-56	267 156	38 165	1 113	240
Allis Chalmers HD-16	Lokomo M-55	113 393	37 797	333	341
Allis Chalmers HD-16	Lokomo M-56	342 852	48 978	968	354
Ansaldo 2 AF	Lokomo M-55	213 013	35 502	1 040	205
Ansaldo 2 AF	Lokomo M-56	325 667	29 606	1 672	195
Caterpillar D-6	Lokomo M-55	98 200	32 733	269	365
Caterpillar D-6 (suo)	Lokomo M-56	53 591	26 795	138	387
Caterpillar D-6 (suo)	Kajaani	642 211	152 000	1 456	441
Caterpillar D-7	Pellonraivaus	165 680	165 680	374	446
Caterpillar D-7	Lokomo M-55	569 220	81 520	1 492	382
Caterpillar D-7	Lokomo M-56	197 818	98 909	354	559
Continental (18 t)	Lokomo M-55	163 214	81 607	456	358
Fowler III	Lokomo M-55	191 144	31 857	866	221
Fowler III	Lokomo M-56	173 209	86 604	1 168	148
International TD-24	Lokomo M-56	211 610	211 610	284	745
International TD-18	Lokomo M-55	123 414	41 138	320	386

työmaiden keskityösaavutusten huippuarvot osoittavat vakuuttavasti, että aurat eivät ole työskentelynopeutta rajoittavia, vaan työsaavutus riippuu vetokoneista ja työjärjestelystä.

53. Metsäojien aurausten kustannukset

Kuvassa 29 on esitetty tuntivuokraojituksen kokonaiskustannukset eri kokoisissa ojitushankkeissa sekä työmaiden koon jakaantuminen. Havai-



Kuva 29. Omilla ja tuntivuokrakalustoilla vuosina 1955 ja 1956 suoritettujen metsäojitusten kustannukset eri kokoisilla työmailla.

Abb. 29. Die Kosten der in den Jahren 1955 und 1956 mit eigenen und Stundenmietgeräten durchgeführten Waldentwässerungen auf verschieden grossen Arbeitsgebieten.

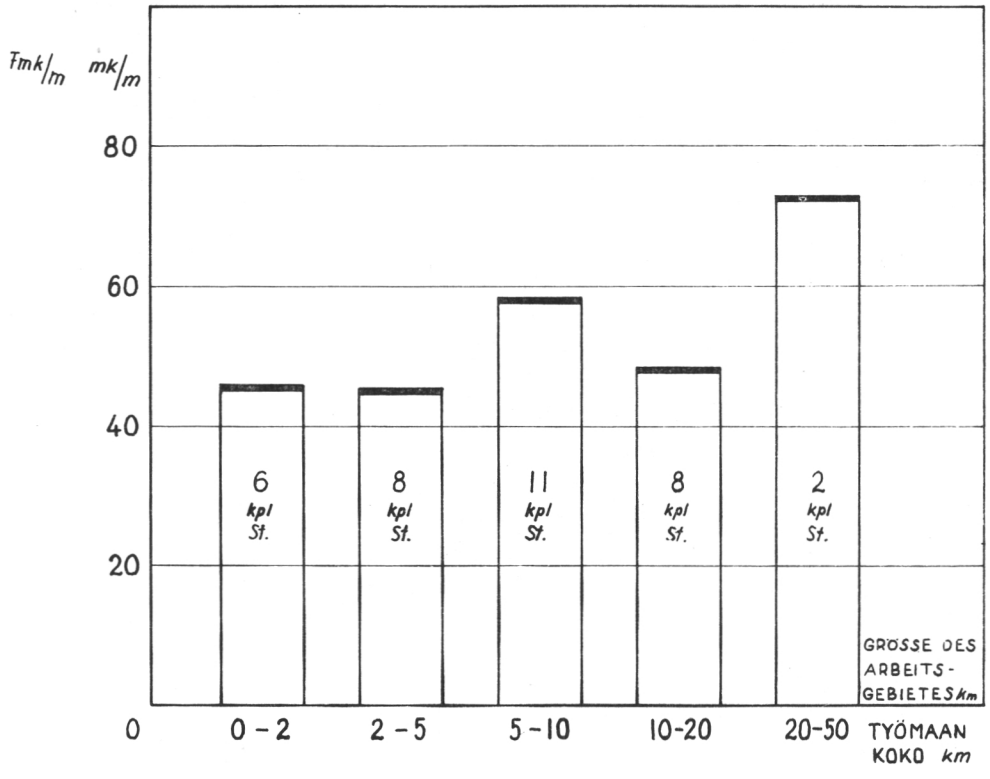
taan, että työmaan koolla on selvä vaikutus ojituskustannuksien suuruuteen. Tämä ilmiö johtuu lähinnä kaluston kuljetuskustannusten vaikutuksesta (vrt. H u i k a r i 1957). Tuntivuokraojitusten keskimääräiset kustannukset koko maassa olivat v. 1955 31.88 mk/jm.

Urakkaojituksista saatiin tietoja yhteensä 285 348 jm käsittävästä määrästä vain vuodelta 1955. Eri kokoisissa hankkeissa ovat kustannukset muodostuneet kuvan 30 mukaisiksi. Hankkeiden koolla ei ole ollut vaikutusta kustannusten suuruuteen. Keskimääräiset kustannukset ovat 54.50 mk/jm eli 22.62 mk/jm kalliimmat kuin oma- ja tuntivuokrakoneojituksissa.

Vertailun vuoksi mainittakoon, että v. 1955 olivat metsäojien lapiokaivukustannukset metsähallituksen töissä noin 119 mk/jm ja v. 1956 noin 120 mk/jm.

Taulukossa 6 on esitetty koneojituksen kustannusten keskimääräinen muodostuminen vuosina 1955 ja 1956 niillä työmailla, joilla käytettiin joko omaa tai tuntivuokrakalustoa.

Merkille pantavaa on, että kustannukset ovat muuttuneet huomattavammin vain ojien jälkipuhdistustöiden osalta. Tämä johtunee huolelli-



Kuva 30. Urakkatyönä aurattujen metsäojitushankkeiden kustannukset vuonna 1955.
Abb. 30. Die Kosten der als Akkordarbeit gepflügten Waldentwässerungsunternehmen im Jahre 1955.

semmasta aurauksesta ja ojamaiden levityssiipirakenteeseen tehdyistä parannuksista sekä jälkipuhdistustöiden urakoinnin kehittymisestä. Aineisto on niin laaja, että se näyttää antavan luotettavan kuvan metsäojien aurauksen kustannuksista eri työvaiheissa. Vaikkakin vetokoneiden tuntivuokrat ovat hiukan kohonneet, on varsinainen auran vetokustannus laskenut, sillä työsaavutukset ovat kohonneet huomattavasti. Työsaavutusten kohoaminen johtuu ilmeisesti pääasiassa lisääntyneen kokemuksen tuomasta edellistä vuotta paremmasta työjärjestelystä ja työtaidosta niin työnantajien kuin koneiden omistajienkin taholla.

Taulukko 6 antaa myös viitteitä siitä, mitä aurojen käytäntöönotto vaikuttaa työvoimantarpeeseen. Työpalkkojen osuus on noin kolmannes varsinaisen kaivutyön kokonaiskustannuksista. Tämä merkitsee sitä, että jonkin ojitushankkeen toteuttamiseen tarvitaan vain noin kymmenesosa siitä miesmäärästä, mitä lapiokaivussa käytettiin. Kun konekaivun ko-

Taulukko 6. Kustannusten suuruus ja jakaantuminen metsäojien aurauksissa vuosina 1955 ja 1956 omilla ja tuntivuokrakalustoilla toteutetuilla työmailla.

Tabelle 6. Grösse und Verteilung der Kosten beim Pflügen von Waldgräben in den Jahren 1955 u. 1956 in Arbeitsgebieten, die mit eigenen und Stundenmietgeräten verwirklicht sind.

Kustannuslaji *Kostenart*		1955		1956	
		Aineisto käsittää ojaa, jm *Das Material umfasst lfd. m. Gräben*	mk/jm *Fmk/lfd.m.*	Aineisto käsittää ojaa, jm *Das Material umfasst lfd. m. Gräben*	mk/jm *Fmk/lfd.m.*
	Ojalinjojen raivaus — *Roden der Grabenlinien*	—	—	939 307	1.52
	Traktorin vuokra — *Miete für den Traktor*	3 034 986	12.40/15.66[2])	4 791 609	12.64/13.75[2])
Kaluston huolto ja korjaus-kustannukset *Pflege der Geräte und Reparaturkosten*	Traktori — *Traktor*	1 873 881	0.66	2 227 846	0.44
	Aura — *Pflug*	2 292 482	1.22	3 093 944	1.65
	Teräsköydet — *Stahlseile* ..	650 571	1.41	642 211	0.39
	Levikkeet — *Anbaustücke* ..	557 587	0.53	93 817	0.06
	Puskurit ja aisat — *Rammen und Zugstangen*	81 084	1.51		
	Muut — *Anderes*	144 084	0.50	46 267	0.11
Kuoletukset *Tilgung*	Aura — *Pflug*	3 008 709	2.15	718 782	2.31
	Puskurit, aisat ym. — *Rammen, Zugstangen u. a.* ..	421 010	0.30	—	—
	Kalustokustannukset keskimäärin *Gerätekosten im Durchschnitt*	—	17.84	—	17.43
Kuljetus *Transport*	Traktori — *Traktor*	2 162 108	0.64	3 666 537	0.68
	Aura — *Pflug*	2 495 630	0.49	4 180 758	0.45
	Muut — *Anderes*	160 184	0.36	1 184 330	0.19
	Kuljetuskustannukset keskimäärin *Transportkosten im Durchschnitt*	—	1.13	—	1.13
Auraus-miehistö *Pflug-bedienung*	Työpalkat, sos. menot .... *Arbeitslöhne, Sozialkosten* ..	3 028 609	3.06	4 791 609	2.53
	Majoitus — *Unterbringung* .	2 532 020	0.20	3 940 159	0.45
	Työnjohto — *Arbeitsleitung*	3 028 609	0.98	3 482 618	0.84
Ojien jälki-puhdistus *Nachreinigung der Gräben*	Työpalkat, sos. menot .... *Arbeitslöhne, Sozialkosten* ..	2 836 801	9.04	3 739 663	6.53
	Majoitus — *Unterbringung* .	2 338 721	0.35	1 912 283	0.52
	Työnjohto — *Arbeitsleitung*	2 757 701	1.71	2 417 182	0.63
	Aurausmiehistö ja jälkipuhdistuskustannukset keskimäärin — *Pflugbedienung und Nachreinigungskosten im Durchschnitt*	—	15.34	—	11.50
	Kustannukset keskimäärin *Kosten im Durchschnitt*	—	34.31	—	30.06
		—	[2]) 37.81	—	[2]) 31.14
		Teho 252 jm/t *Leistung 252 lfd.m./St.*		Teho 301 jm/t *Leistung 301 lfd.m./St.*	

[2]) Muunnettuna 4 000: — tuntivuokraa vastaavaksi.
[2]) *Umgewandelt in eine Entsprechung von 4 000: — Stundenmiete.*

konaiskustannukset ovat noin neljännes lapiokaivun kokonaiskustannuksista, merkitsee tämä, että hankkeita voidaan toteuttaa noin nelinkertainen määrä lapiokaivuun verrattuna. Tällöin puolestaan miestyövoiman tarve lisääntyy kohoten ehkä noin 40 %:in lapiokaivun työvoiman tarpeesta. Kun toisaalta juuri koneellistamisen ansiosta pudonneet ojituskustannukset ovat tehneet mahdolliseksi metsäojitustyön jatkamisen, merkitsee koneellistaminen tässä tapauksessa selvää työvoiman tehokkaampaa hyväksikäyttöä ja sen tarpeen lisääntymistä.

54. Ajan käytön jakaantuminen metsäojien aurauksessa

Ajankäytön jakaantuminen eri työvaiheiden kesken on metsäojien aurauksessa riippuvainen monista eri tekijöistä niin kuin muissakin töissä. Työtä suorittavien henkilöiden tottuneisuus ja taitavuus, työn järjestely, palkkauksen järjestely sekä kaluston ja työkohteen laatu ovat tärkeimpiä työtulokseen ja ajan käytön jakaantumiseen vaikuttavista seikoista. Metsäojitussäätiö lähetti v. 1956 kaavakkeita metsäojien aurausta suorittaville aikatutkimuksen tekoa varten. Tarkoituksena oli kiinnittää auraajien huomiota tehokkaaseen työskentelyyn ja samalla saada tietoja ajankäytön jakaantumisesta. Metsäntutkimuslaitoksen, Metsähallituksen ja Kajaani Oy:n työmailla suorittivat työryhmät itse aikatutkimuksia jaettuja ohjeita noudattaen. Metsähallituksen työmailta saatiin Itä-Suomen suonkuivauspiiristä vastaukset 9 päivän aikatutkimuksista, jotka käsittivät ojaa yhteensä 26 667 m. Kajaani Oy:n työmailta saatiin vastaukset 10 päivän aikatutkimuksista, jotka käsittivät ojaa yhteensä 34 493 m. Metsäntutkimuslaitoksen Kivalon kokeilualueen Imarin työmaalla suoritettiin aikatutkimusta 8 päivän aikana yhteensä 27 200 m:n osalta.

Tutkitut metsähallituksen auraukset oli suoritettu Lokomo-auralla m-56 vetokoneena Allis Chalmers HD 15 (22 tuuman teloilla) ja Ansaldo Fossati 2 AF (22 tuuman teloilla). Vastaavat Kajaani Oy:n auraukset oli suoritettu Kajaani-auralla vetokoneena Caterpillar D 6 (30 tuuman telat ja pidennetty telarunko). Metsäntutkimuslaitoksen auraukset suoritettiin Lokomo-auralla m-56, vetokoneena Caterpillar D 6 (24 tuuman telat ja pidennetty telarunko). Metsähallituksen aurauksissa oli 100 m:n aurauksen työaika ilman ruokailu- ja lepoaikoja 13.59 min. ja 100 m:n siirtoaika 5.14 min., Kajaani Oy:n aurauksissa oli 100 m:n aurauksen vastaava työaika 13.04 min. ja 100 m:n siirtoaika 7.49 min. Metsäntutkimuslaitoksen aurauksessa oli 100 m:n vastaava työaika 11.47 min. ja 100 m:n siirtoaika 7.12 min.

Työajan jakaantuminen eri työvaiheiden kesken on esitetty taulukossa 7.

Selvimmin taulukosta erottuu vetokoneen maastokelpoisuuden vaikutus eri työmaita toisiinsa verrattaessa. Kun parhaillaan on valmistumassa laaja

Taulukko 7. Keskimääräinen työajan käyttö ilman ruokailu- ja lepoaikoja metsäojien aurauksessa eräillä Metsähallituksen, Kajaani Oy:n ja Metsäntutkimuslaitoksen työmailla v. 1956 suoritettujen aikatutkimusten mukaan.

Tabelle 7. Durchschnittliche Verwendung der Arbeitszeit ohne Essenzeiten und Pausen beim Pflügen von Waldgräben in Arbeitsgebieten der Forstverwaltung, der Fa. Kajaani Oy und der Forstforschungsanstalt nach Zeituntersuchungen aus dem Jahre 1956.

Työvaiheet *Arbeitsphasen*	Metsähallitus *Forstverwaltung*	Kajaani Oy *Kajaani Oy*	Metsäntutkimuslaitos *Forstforschungsanstalt*
	%		
Traktorin siirtyminen ja ojalinjan raivaus — *Überführung des Traktors und Roden der Grabenlinie*	23.1	28.0	32.2
Auran veto — *Ziehen des Pfluges*	32.1	26.3	34.8
Auran siirto ojalta toiselle — *Hinüberschaffen des Pfluges von einem Graben zum andern*	17.2	17.5	14.0
Auran tukkeutuminen — *Steckenbleiben des Pfluges*	9.0	6.3	1.1
Traktorin uppoaminen — *Einsinken des Traktors*	10.2	0.4	4.1
Traktorin huolto ja korjaus — *Pflege und Reparatur des Traktors*	3.5	13.2	9.8
Auran huolto ja korjaus — *Pflege und Reparatur des Pfluges*	0.9	6.2	0.0
Teräsköyden huolto ja korjaus — *Pflege und Reparatur des Stahlseils*	2.0	1.0	1.0
Ajon suunnittelu ym. — *Planung des Zuges usw.*	2.0	1.1	3.0
	100.0	100.0	100.0

aikatutkimus metsäojien aurauksesta ei tässä yhteydessä puututa kysymykseen sen tarkemmin.

Edellä esitetystä on käynyt selville, että metsäoja-aurojen avulla tapahtunut metsäojien kaivun koneellistaminen on vaikuttanut hyvin voimakkaasti koko metsäojitukseen. Aurojen kehittäminen on merkinnyt jo nyt vuosittain kaivettavien metsäojien määrän huomattavaa lisääntymistä ja kustannusten putoamista lapiokaivukustannuksista. Koneellistaminen on tuonut tullessaan monia kysymyksiä, joista osa on jo onnistuttu selvittämään, osan odottaessa vielä ratkaisuaan.

Yhteenveto

Maastokelpoisten voimakoneiden kehittyminen ja yleistyminen loi maassamme toisen maailmansodan jälkeen edellytykset metsäojituksen koneellistamiselle. Kesti kuitenkin useampia vuosia ennenkuin käsitys olemassa olevista mahdollisuuksista siinä määrin vahvistui, että syntyi tarpeellinen pohja käytännöllisen koetoiminnan alkamiseen ja varojen saantiin.

Metsäntutkimuslaitos, Metsähallitus, Keskusmetsäseura Tapio ja Centralskogssällskapet Skogskultur perustivat ns. Metsäojituksen koneellistamistoimikunnan suorittamaan tarvittavaa tutkimus- ja koetoimintaa. Työn rahoittamiseksi saatiin Vientimaksurahaston Johtokunnalta 10 milj. markan määräraha.

Tässä julkaisussa on käsitelty suoritettua tutkimus- ja kokeilutyötä ja lisäksi esitelty niitä periaatenäkemyksiä, mitä pidettiin tärkeinä koneellisia työvälineitä ja menetelmiä sekä koeohjelmaa suunniteltaessa. Lopuksi on esitetty erillisten tutkimusten antamia tietoja koneellisella metsäojituksella saavutetuista tuloksista ja töiden kustannuksista.

Kehitettäviltä työkoneilta vaadittavia erikoisominaisuuksia analysoitaessa päädyttiin siihen, että on ennen muuta kehitettävä laajamittaiseen työhön kykenevä perusratkaisu, joka on työskentelykykyinen myös kaikkein vaikeimmissakin työkohteissa. Todettiin, että oja-auroja ja aurauksen työmenetelmiä kehittämällä päästään lähimmäksi metsäojituksen koneellistamisen perusratkaisua.

Erilaisten vetokoneiden käyttökelpoisuudesta todettiin, että telaketjutraktorit, joiden paino on 10 tonnista ylöspäin, ovat sopivimpia metsäojaaurojen vetokoneiksi. Työsaavutusten kannalta on tällöin ratkaisevaa, että vetokoneen pintapaino on mahdollisimman pieni. Mikäli paino ei ylitä maata vastaan koskettavan telapinta-alan neliösenttimetrillä 300 g, on kone metsäoja-auran vetokoneeksi erittäin sopiva.

Auran eri osien toimintaa analysoitiin yksityiskohtaisesti koeaurojen avulla vuodesta 1953 alkaen useilla työmailla kehittäen rakenteita samalla eteenpäin. Vuonna 1955 valmistui ensimmäinen sarja tutkimus- ja kokeilutöiden tuloksena kehitettyä Lokomo-metsäoja-auraa.

Salaojien kaivutyön koneellistamista varten kehitettiin salaoja-aura. Suoritetut kokeet ovat selvittäneet metsämaiden salaojitustöiden koneel-

listamisen erikoiskysymyksiä. Auralla on saatu turve- ja hiesumailla hyviä tuloksia, mutta sekä auran rakennetta että työmenetelmiä on vielä kehitettävä eteenpäin.

Ojien perkauskysymystä analysoitiin ja hahmoteltiin kysymyksen hoitamisen peruslinjat sekä pantiin alulle työvälineiden kehittäminen. Ojitussuunnitelmatöiden työmenetelmien kehittämismahdollisuuksia tutkittiin erikoisesti ilmakuvien ja aneroidien käytön osalta. Koneellisen ojituksen työsaavutuksiin vaikuttavia tekijöitä tutkittiin ja käännyttiin ojitustöitä suorittavien järjestöjen puoleen, jotta ne ajoissa ryhtyisivät toimenpiteisiin laajamittaisen ojitustoiminnan tiellä olevien esteiden poistamiseksi.

Toimikunta järjesti kehitetyn metsäoja-auran valmistuksen ja myynnin siten, että aurojen laatu pysyy jatkuvasti mahdollisimman korkeana ja auroja on saatavana kysyntää vastaavasti. Toimikunnan työtä jatkamaan perustettiin Metsäojitussäätiö, joka saa provision myytyjen aurojen hinnasta. Tällä toimenpiteellä haluttiin varmistaa metsäojituksen työvälineiden jatkuvat kehittämismahdollisuudet. Huomattava osa käytetyistä varoista onkin jo saatu tätä tietä takaisin tutkimustoiminnan uudelleen käytettäväksi.

Taulukoista 4, 5 ja 6 havaitaan, että metsäojitukseen soveltuvien oja-aurojen kehittäminen ja käytäntöönotto on vaikuttanut erittäin voimakkaasti koko maamme metsäojitustoimintaan. Kun ojituskustannukset on aurauksen avulla pudotettu 1/3—1/5 lapiokaivun kustannuksista, on luotu aivan uudet edellytykset maamme soiden hyväksikäytölle.

Metsäoja-auroja ovat maassamme Metsäojituksen koneellistamistoimikunnan lisäksi kehittäneet useat yhtiöt ja toiminimet. Heidän työnsä tuloksena on kehittynyt ja jatkuvasti rakennetaan uusia hyvinkin työskentelykykyisiä auroja. Terveen harrastuksen olemassa olo onkin varmasti omiaan edistämään oja-aurojen ja muidenkin metsäojituksen työvälineiden kehittymistä.

Kirjallisuusluettelo

Albjakov, M. P. ja Elpatjevskij, M. P., 1952. Metsäoja-aura. — Käännös Lesnoe hozjaistvo N:o 10. Moskova.

Heikurainen, Leo, 1955. Rämemännikön juuriston rakenne ja kuivatuksen vaikutus siihen. *Referat:* Der Wurzelaufbau der Kiefernbestände auf Reisermoorböden und seine Beeinflussung durch die Entwässerung. — Acta forest. fenn. 65: 3.

—»— 1957. Metsäojien syvyyden ja pintaleveyden muuttuminen sekä ojien kunnon säilyminen. *Summary:* Changes in depth and top width of forest ditches and the maintaining of their repair. Acta forest. fenn. 65.5.

Huikari, Olavi, 1951. Metsäojituksissa käytetyt uusimmat työmenetelmät ja ojamallit. — Koetoiminta ja Käytäntö. Helsinki.

—»— 1953 a. Tutkimuksia ojituksen ja tuhkalannoituksen vaikutuksesta eräiden soiden pieneliöstöön. *Summary:* Studies on the effect of drainage and ash fertilization upon the microbes of some swamps. — Comm. inst. forest. Fenn. 42:2.

—»— 1953 b. Alustavia ohjeita metsämaiden salaojitusta varten. — Moniste. Helsinki.

—»— 1953 c. Ojitusdynamiitin käytöstä metsäojituksessa. *Summary:* The use of dynamite in the drainage of swamps for forestry purpose. — Metsätaloud. Aikakauslehti N:o 9. Helsinki.

—»— 1954. Metsänhoitotöiden koneellistamisen nykyvaihe. *Summary:* A good start with the mechanisation of silvicultural tasks. — Metsätaloud. Aikakauslehti. N:o 8. Helsinki.

—»— 1956. Metsäojitus. Metsäkäsikirja. Helsinki.

—»— 1957. Tutkimuksia metsäoja-auran vedosta yhdellä ja kahdella vetokoneella. — Suo N:o 3. Helsinki.

Honkasalo, Tauno, 1955. Kokemuksia korkeudenmittauksesta aneroidilla. Maanmittaus. Vihko 3—4. Helsinki.

Ilvessalo, Yrjö, 1957. Suomen metsät metsänhoitolautakuntien toiminta-alueittain. *Summary:* The forests of Finland by forestry beard districts. — Comm. inst. forest. Fenn. 47: 3.

Kaitera, Pentti, 1950. Suokysymysten tarkastelua. *Summary:* Examination of the question concerning peat-lands. — Maanviljelysinsinööriyhdistyksen Vuosikirja. Helsinki.

Kivinen, Erkki, 1949. Suot elinkeinoelämän palveluksessa. — Maaseudun Tulevaisuus. 23: 4. Helsinki.

Klemelä, Olavi, 1956. Kokemuksia metsäojien aurauksesta valtionmailla. — Suo N:o 2. Helsinki.

Lukkala, O. J., 1947. Metsämiehen suo-oppi. — Helsinki.

—»— 1948. Metsäojien kunnossapito. *Referat:* Die Instandhaltung der Waldgräben. — Comm. inst. forest. Fenn. 36: 1. Helsinki.

—»— Lukkala, O. J. — Kotilainen, Mauno J., 1951. Soiden ojituskelpoisuus. — Helsinki.

Multamäki, S. E., 1934. Metsäojien mittojen ja muodon muuttumisesta. *Referat:* Über die Grössen und Formveränderungen der Waldgräben. — Acta forest. fenn. 40. Helsinki.

Pihkala, Rurik, 1949. Nykyaikaisten ojituskoneiden käyttömahdollisuuksista metsäojituksia silmällä pitäen. — Metsälehti N:ot 18—19. Helsinki.

Putkisto, Kalle, 1948. Telaketjutraktoreista ja niiden käyttömahdollisuuksista metsätaloudessa. — Metsätaloud. Aikakauslehti N:o 5. Helsinki.

Pälikkö, Erkki, 1956. Eräitä kokemuksia myyräojituksesta. — Käytännön Maamies N:o 4. Helsinki.

Raitasuo, Kalevi, 1957. Koneelliseen metsäojitukseen vaikuttavista tekijöistä yksityismailla. I—VII. — Metsälehti N:ot 15—23. Helsinki.

Saarinen, E. K. E., 1936. Kouruluiskan käytöstä metsäojituksessa. — Metsätietoa II. 1. Helsinki.

Toivola, Unto, 1953. »Telaketjutraktori ja oja-aura yhdessä tulevat suomme ojittamaan». — Kajaani Oy:n kuulumisia. Kajaani.

Välivuori, Toivo, 1952. Metsäojitusten suunnitelmatöiden rationalisoinnista. — Metsämies N:o 1. Tampere.

ÜBER DIE MECHANISIERUNG DER WALDENTWÄSSERUNG

Referat

Einleitung

Die ersten Versuche zur Mechanisierung des Grabenbaus wurden schon vor langer Zeit unternommen. So weiss man u. a., dass John Fowler im Jahre 1850 in England den Grabenbau mit einem grossen Grabenpflug versuchte, der von einer Winde und einem Seil gezogen wurde. Die Kraft erhielt man aus einer Dampfmaschine, die für die Zugzeit des Pfluges an der Stelle verankert wurde. Fowlers Versuch erlahmte jedoch vor allem aus dem Grunde, weil damals noch keine Stahlseile und im Gelände bewegliche Zugmaschinen zur Verfügung standen.

Nach der allmählichen Entwicklung der Raupenschlepper und bei zunehmender Erfahrung mit diesen begann man auch in Finnland nach dem zweiten Weltkriege deren Verwendung beim Bau von Waldgräben zu erwägen (vgl. Putkisto 1948 und Kivinen 1949). Die ersten Versuche, die vom Standpunkt der Waldentwässerung zu bemerkenswerten Ergebnissen führten, wurden im Jahre 1949 durchgeführt (vgl. Pihkala 1949). Obwohl die Notwendigkeit einer praktischen Versuchstätigkeit schon damals gesehen wurde, bereitete die Beschaffung der erforderlichen Mittel unüberwindbare Schwierigkeiten (vgl. Huikari 1951). Als u. a. in Schweden die schon in vollem Zuge befindliche Entwicklung von Grabenpflügen besonders vielversprechende Resultate zeitigte, konnten auch in Finnland weite Kreise von der Notwendigkeit der Versuchstätigkeit überzeugt werden. Ende des Jahres 1952 wurden aus dem sog. Ausfuhrabgabefond 10 Mill. Fmk. für die Versuchstätigkeit gewährt. Mit Hilfe dieser Mittel kam die systematische Versuchstätigkeit in Gang. Diese überwachte der Mechanisierungsausschuss für Waldentwässerung, zu dem als Vorsitzender Forstrat Paavo B. Mansner gehörte, als Mitglieder Dipl.-Forstwirt Paavo Järvenpää, Dipl.-Forstwirt G. Schütt und der Verfasser. Der Verfasser besorgte als Sekretär des Ausschusses die Ausarbeitung des Versuchs- und Untersuchungsprogramms, die schriftlichen Arbeiten, die Anfertigung der Prinzipzeichnungen, alle Sonderuntersuchungen, die Organisation der Versuche und Arbeitsvorführungen sowie die Abfassung dieses Untersuchungsberichtes.

Die ersten Versuchspflüge wurden im Juni 1953 fertig und die vielfältige Versuchstätigkeit dauerte von dem Zeitpunkt an bis Ende des Jahres 1955, wo zur Fortsetzung der Arbeit eine »Waldentwässerungsstiftung» gegründet wurde.

In diesem Bericht ist die durchgeführte Untersuchungs- und Versuchsarbeit behandelt und ausserdem sind die prinzipiellen Ansichten dargelegt, die man bei der Planung der Arbeitsgeräte und Arbeitsverfahren sowie des Versuchsprogramms für wichtig hielt. Zum Schluss sind durch getrennte Untersuchungen gewonnene Angaben über die mit maschineller Waldentwässerung erreichten Ergebnisse und die Kosten der Arbeiten in Finnland dargestellt.

Wald-Grabenpflüge haben in Finnland ausser dem Mechanisierungsausschuss für Waldentwässerung mehrere Gesellschaften und Firmen hergestellt. Von diesen verdient ganz besonders erwähnt zu werden der in der Fa. Kajaani Oy von Dipl.-Forstwirt U. Toivola entwickelte Kajaani-Pflug, dessen erstes Stück im September 1953 fertig wurde.

Waldentwässerungstätigkeit als Arbeitsgegenstand

Ausdehnung des Arbeitsgegenstandes

Den wichtigsten Arbeitsgegenstand der Waldentwässerung in Finnland bildet die Entwässerung der Moore. In der Tabelle 1 (S. 15) sind die Ergebnisse der III Bestandsaufnahme der finnischen Wälder über die Anzahl der Moore und ihre Art dargestellt (vgl. Ilvessalo 1957). In der gleichen Tabelle ist auch die Anzahl der entwässerten, schon vorher waldbewachsenen Moore bis Ende des Jahres 1953 dargestellt. Ende des Jahres 1957 gab es in Finnland insgesamt ca. 150 000 km Waldgräben, und das durch planmässige Waldentwässerung trockengelegte Gebiet betrug ungefähr 1 Mill. ha. Aus der Tabelle 1 geht weiterhin hervor, dass von den Mooren im Jahre 1953 ca. 4.4 Mill. ha natürlich zur Waldentwässerung geeignet waren (nach einer Berechnung des Verfassers). Ausser den eigentlichen Mooren gibt es in Finnland 1.4 Mill. ha versumpftes Heideland. Ein wesentlicher Teil auch von diesen hat eine entwässerungsartige Regelung des Wasserhaushaltes nötig.

Die verwendeten Grabenformen und -grössen

Die Grösse der bei der Waldentwässerung verwendeten Ablaufgräben schwankt zwischen 1 m³/lfd.m.—3 m³/lfd.m. und ist gewöhnlich 1.5 m³/lfd.m. Von diesen werden jedoch recht wenig gebraucht im Vergleich mit dem Bedarf an eigentlichen Entwässerungsgräben. Die Grösse der Entwässerungs- und Randgräben ist folgende: Tiefe 50—80 cm, Neigung der Grabenböschung 1/0.7 und Breite der Grabensohle ca. 20 cm.

In letzter Zeit hat man auch begonnen, bei der Waldentwässerung Dränung zu verwenden. Die durchgeführten Untersuchungen haben gezeigt, dass es am vorteilhaftesten ist, sog. Kronengräben zu verwenden (Huikari 1953 b). Bei diesen wird zunächst ein ca. 70—90 cm tiefer, ziemlich steilböschiger Graben angelegt, dessen Breite 25—30 cm beträgt. In den Graben wird eine 40 cm hohe Schicht Reisig und Baumkronen gelegt, auf diese 20 cm Moos und darauf die aus dem Graben ausgehobene Erde.

Die Arbeitsweisen

Die Waldentwässerungsarbeiten wurden bis zum zweiten Weltkrieg als Spatenarbeit durchgeführt. In den Jahren nach dem Kriege verwendete man viel Entwässerungsdynamit (vgl. Huikari 1953 c). Damit hat man jedoch die Kosten nicht viel senken können, ausser an ganz schwierigen Arbeitsobjekten.

Beschaffenheit und Unterschiedlichkeit des Arbeitsobjektes

Die Waldentwässerungsobjekte in Finnland sind natürliche Moore und Waldböden. Es sind ziemlich regelmässig baumbewachsene Böden oder solche, auf denen Bäume gestanden haben. Stubben, Wurzeln und gefallene, im Torf befindliche Bäume

können auch in grossem Umfange vorkommen. Die Gräben reichen im allgemeinen zum Teil bis in den Mineralboden, der auch sehr steinig sein kann.

Nur selten trifft man ein grosses Gebiet an, das seinen Eigenschaften nach gleichartig ist.

Von den Arbeitsgeräten geforderte Spezialeigenschaften

Der Weite des Arbeitsgegenstandes wegen muss zunächst eine Grundlösung entwickelt werden, die für die weitgelagerte Arbeit geeignet ist. Die starke Unterschiedlichkeit der Eigenschaften des Arbeitsobjektes hat zur Folge, dass die besten Aktionsmöglichkeiten die Lösung hat, die auch an den allerschwierigsten Entwässerungsobjekten arbeitsfähig ist.

Überblick über die prinzipiellen Lösungen der zu Entwässerungsarbeiten gebrauchten Maschinen

Die bei Entwässerungsarbeiten verwendeten Maschinen kann man aufgrund ihrer Arbeitsweise folgendermassen einteilen:

1) Bagger, 2) Fräsen und 3) Grabenpflüge.

Die Bagger können mit den anderen nur bei grossen Ablaufgräben in Wettbewerb treten.

Auf Bild 6 (S. 11) sind einige deutsche Fräsen zu sehen. Alle diese haben die gemeinsame Schwäche, dass sie empfindlich gegen Steine und Bäume sind. Sie sind heute schon an mehreren Arbeitsobjekten besonders geeignet, aber sie sind keine allgemeine Lösung für den Masseneinsatz.

Bei den Grabenpflügen kann man verschiedene, grundsätzliche Formen unterscheiden, wie z. B. folgende: 1) doppelseitige Grabenpflüge, 2) einseitige Grabenpflüge, 3) Maulwurfpflüge und 4) Dränpflüge.

Zusammenfassend kann man auf der Suche nach einer Grundlösung zur Mechanisierung der Waldentwässerung folgendes sagen:

1) Mit der Entwicklung von Grabenpflügen und Pflugverfahren kommt man der Grundlösung der Mechanisierung am nächsten.

2) Die Bagger können nur bei besonders grossen Gräben in Wettbewerb treten.

3) Die Fräsen eignen sich nur für ziemlich baumlose und steinlose Böden, sind dort aber sehr geeignet. Mit ihren kleinen Kraftmaschinen haben sie eine grosse Bedeutung als Ergänzung der schweren Geräte.

Die durchgeführte Untersuchungs- und Versuchstätigkeit

Bei den ersten Geländeversuchen wurde festgestellt, dass:

1) Einen im Waldentwässerungsgelände arbeitsfähigen Pflug kann man nicht vor einen Raupenschlepper anbauen.

2) Das Gestell des Waldgrabenpfluges muss hoch gebogen sein, um die hemmende Wirkung von zähen Oberflächen und Bäumen im Boden auszuschalten.

3) Der Graben muss mit einem Zuge fertig werden, denn die Zugmaschine sinkt ein, wenn sie auf Torfboden an den aufgerissenen Platz zurückkehren muss.

4) Der Windenzug ist offensichtlich die vorteilhafteste Zugart.

5) Die Streichbrettform einer Neurodungsflachwende macht eine gute Arbeitsspur auch in holzigem Torfboden.

Aufgrund der Versuchsergebnisse wurde beschlossen, in Zusammenarbeit mit der Fa. Pellonraivaus Oy zwei Versuchspflüge zu bauen, von denen einer direkt an die Zugmaschine gebaut und der andere, mit eigenen Rädern versehen, mit einer Winde zu ziehen ist. Die Pflüge wurden so fertig, dass man sie am 27. 6. 1953 ausprobieren konnte. Bei den Versuchen wurde festgestellt, dass:

die Grundlösung eines Waldgrabenpfluges in der Gestalt eines mit eigenen Rädern versehenen, von einer Winde gezogenen Pfluges zu suchen sei. Als diese Lösung Gestalt angenommen hatte, wurde die Zahl der zuklärenden Fragen zusehends grösser. Wenn es auch schon einen Pflug gab, der, verstärkt, im praktischen Massstabe arbeiten konnte, existierte eine grosse Zahl ungeklärter Fragen bei der Analysierung der Faktoren, die die Arbeitseffektivität des Waldgrabenpfluges, die Eignung sowie die Ingebrauchnahme beeinflussen. Diese Fragen wurden wie folgt gegliedert:

1. Welches ist die vorteilhafteste Zugart?
2. Welche Grösse und welcher Typ der Zugmaschine ist am vorteilhaftesten?
3. Welches ist die vorteilhafteste Grösse des Pfluges?
4. Welche Streichbrettform und welche Konstruktion des Pfluges ist die vorteilhafteste?
5. Welche Zusatzgeräte werden am Pflug benötigt?
6. Welche Wirkungen hat die Ingebrauchnahme des Pfluges auf die Planungen von Waldentwässerungen und auf die herkömmlichen Arbeitsphasen und Anordnungen überhaupt?

Da die Schwierigkeitsfaktoren des Waldentwässerungsgeländes schwer nachzuahmen sind, wurden die Versuche mit dem Kleinmodell bei theoretischen Idealverhältnissen durchgeführt. Alle wichtigeren, grundlegenden Versuche wurden mit Versuchstücken in natürlicher Grösse im Gelände wiederholt. Während der ganzen Zeit der Versuchstätigkeit wurde das Hauptaugenmerk auf die Grabenpflugversuche gerichtet, die anderen Versuche und Untersuchungen wurden zusammen mit denen gemacht.

Die Zugmaschine

Grösse und Typ der Zugmaschine

Die Grösse der beim Grabenziehen gebrauchten Zugmaschine hängt von vielen Faktoren ab. Von denen, die die Frage begrenzen, sind die wichtigsten die Grösse der benötigten Zugkraft — mit der gezogen werden muss, die Schwierigkeiten des Geländes und die Geschwindigkeit — mit der man vorwärts zu kommen hat.

Über die Vorzüge verschiedener Zugarten, verglichen mit anderen, sind später besondere Untersuchungen angestellt worden, die in anderem Zusammenhang näher erläutert sind (vgl. H u i k a r i 1957).

Bei der Bestimmung der geeignetesten Zugmaschinengrösse ist es natürlich von besonders grosser Bedeutung, dass der Zugwiderstand des Pfluges bei verschiedenartigen Verhältnissen bekannt ist. Den Zugwiderstand des Pfluges beeinflussen ausser der Pflugform und seinen anderen Eigenschaften vor allem die Art und Gestalt des Bodens, in den der Graben zu ziehen ist.

Man beschloss zu klären, welche Möglichkeiten bestehen, Grabenpflüge in Waldentwässerungverhältnissen zu ziehen:

1. mit schweren Radschleppern
2. mit Raupenschleppern unter 10 t.
3. mit Raupenschleppern von ungefähr 10 t. und darüber.

Mit vorgeschrittener Versuchstätigkeit begann man Messungen darüber anzustellen, mit wie grosser Kraft der Grabenpflug an verschiedenen Punkten zu ziehen ist, damit sich der Pflug in Bewegung setzt und ein Graben von bestimmter Grösse entsteht.

Zusammenfassend kann man von den durchgeführten Messungen des Zugwiderstandes kurz folgendes sagen: Die im Boden befindlichen Steine verursachen die grössten Zugwiderstandspitzen. Die grossen Steine bewegen sich natürlich nur, falls die Pflugschar oder die Kante des Streichbrettes passend unter sie greift. Sie verursachen ein Ansteigen des Zugwiderstandes um gewöhnlich etwa 14 000 Kilopond. Bei kleineren Steinen werden auch die Spitzen des Zugwiderstandes kleiner. Im Boden befindliche Bäume und Steine von 0.2 m^3 haben Anstiege des Zugwiderstandes von 2 000—3 000 kp zur Folge. Die Wirkung ist natürlich desto stärker, je tiefer das Hindernis liegt. Ein grösserer, frischer Stubben verursacht einen Anstieg von ca. 2 000 kp, falls er vor den Pflug kommt. Falls das Pflugrad über den Stubben geht, ist die Zunahme des Zugwiderstandes oft ca. 1 000 kp.

In Tabelle 2 (S. 20) sind die durchschnittlichen Zugwiderstandszahlen für verschiedene Grabentiefen und Bodenarten bei einer Stärke der Torfschicht von 30 cm angegeben. Die Zahlen beruhen auf Messungen, die K l e m e l ä (1956) und der Verfasser im Sommer 1955 durchführten. Die Messungen wurden an der Arbeit eines Lokomo-Pfluges (Modell 1955) mit konkaver Abschrägung der Böschung vorgenommen (Abschrägung 1/0.7 und Sohlbreite 22 cm).

Schon die vorläufigen Untersuchungen über den Zugwiderstand zeigen, dass der Zugwiderstand an steinigen Entwässerungsobjekten und Stellen mit grossen Steinen wiederholt über 10 000 kp steigen kann. Ebenfalls konnte man beobachten, dass Stahldrahtseile unter 7/8″ bei fortgesetzter Tätigkeit nicht halten, und bei einem 15 t Raupenschlepper, der in einigen Versuchen verwendet wurde, konnte man sogar leichte Schwierigkeiten bezüglich des elastisch fliessenden Zuges des Pflugs feststellen. Diese Faktoren zwangen zum Fortlassen der Versuche mit leichteren Zugmaschinen aus dem Arbeitsprogramm, nach einigen Proben mit Radschleppern, um die für wichtiger angesehenen anderen Versuche zu beschleunigen.

Geländegängigkeit der Zugmaschine

Der starken Unterschiedlichkeit des Waldentwässerungsgeländes wegen muss man davon ausgehen, dass jede Maschine, die Waldentwässerung durchführt, bei ihrer Arbeit sich ausser auf dünntorfigem und festgründigem Boden auch auf tieftorfigem und weichem Moorboden bewegen muss. Ein zweckgemässer und wirkungsvoller Betrieb fordert müheloses Durchkommen der Maschine auch an den weichsten Stellen. Hierauf gründend bemühte man sich, die Eigenschaften herauszuarbeiten, die man in der Praxis von möglichst geländegängigen Zugmaschinen fordert.

Zusammenfassend kann man von den Anforderungen an die Geländegängigkeit der Zugmaschine feststellen, dass, wenn die Maschine keine Konstruktionsschwächen hat und ihre Grösse 8 t übersteigt und die Bodenhöhe normal ist, die entscheidende Eigenschaft das Verhältnis des Gewichtes der Maschine zu der den Boden berührenden Raupenfläche ist. Falls das Gewicht pro Quadratzentimeter der den Boden berührenden Raupenfläche nicht 300 g übersteigt (Flächendruck 300 g/cm^2), ist die Maschine als Zugmaschine eines Waldgrabenpfluges besonders gut geeignet. Wenn der Flächendruck zwischen 300—400 g/cm^2 liegt, kann man die Maschine für gut geeignet ansehen. Wenn der Flächendruck 400—600 g/cm^2 beträgt, ist die Maschine gut als Zugmaschine für solche Entwässerungsobjekte geeignet, an denen im allgemeinen nur

dünntorfiges Moor vorkommt. Die durch das Gelände verursachte Beschwerlichkeit kann man auch bei der Waldentwässerung durch richtige Wahl des Weges vermindern. Erfahrungsgemäss lernt der Fahrer die Tragfähigkeit des zu befahrenden Geländes sehen. Die Pflanzendecke gibt zur Schätzung gute Anhaltspunkte.

Der Grabenpflug

Grösse des Pfluges

Die Grösse des brauchbaren Grabenpfluges bei der Waldentwässerung im grossen Massstab begrenzen und bestimmen im wesentlichen folgende Faktoren.

1. Der Pflug muss in einem Zuge einen ca. 90 cm tiefen und 0.7 abgeschrägten Graben machen können, was man für Waldentwässerungsgräben im Normalfalle als maximale Grösse ansehen muss.
2. Der Grabenpflug muss auch an den allerschwierigsten Entwässerungsobjekten arbeitsfähig sein. Er muss mit möglichst geringer Vorrodung die auf der Grabenlinie befindlichen Hindernisse bestehen.
3. Der Pflug muss stabil gebaut sein.
4. Die Grösse des Pfluges darf nicht seine elastische und schnelle Bewegung im Gelände behindern. Die Breite des Pfluges darf nicht die für den Transport gegebenen Höchstmasse überschreiten.

Für besondere Verhältnisse kann man Pflüge natürlich auch nach anderen Grundsätzen planen und bauen.

Der wichtigste Ausgangspunkt ist der, dass der Waldgrabenpflug für das schwierigste Entwässerungsobjekt zu entwerfen ist. Dann besteht die Möglichkeit, mit dem gleichen Pfluge den ganzen Plan zu verwirklichen. Wenn man von den an den Pflug gestellten Anforderungen etwas abstreicht, gerät man bei der praktischen Entwässerungsarbeit fast ausnahmslos in Schwierigkeiten, denn auch in leichten Entwässerungsplänen gibt es schwierige Punkte. Von den Schwierigkeitsfaktoren, die die Arbeit des Pfluges behindern, sind die wichtigsten die Tragfähigkeit, holziger Torf, zäher wurzelhaltiger Oberflächentrockentorf, Steine und harte Grundmoräne.

Bei den Versuchen konnte man beobachten, dass die Fähigkeit, nicht steckenzubleiben, der entscheidende, die Arbeitsgeschwindigkeit bestimmende Faktor ist. Weiterhin wurde festgestellt, dass das Steckenbleiben des Pfluges ausser dem freien Raum unter dem Pflugbaum auch andere Konstruktionseigenschaften beeinflussen. Da man auch versuchsweise den Einfluss der Grösse des Pfluges auf seine Beweglichkeit ermitteln wollte, beschloss man, zwei Versuchsstücke zu bauen. Der eine wurde so entworfen und gebaut, dass seine Abmessungen 0.7 mal so gross wie die des grösseren Pfluges waren, der in der wahrscheinlichen Optimalgrösse hergestellt wurde. Der freie Raum zwischen der unteren Kante des Pflugbaumes und der Spitze der Pflugschar wurde jedoch auch bei dem kleineren Pflug 150 cm gelassen. Es bestand die Absicht, mit diesem kleineren Pflug auch kleinere Zugmaschinen auszuprobieren. Der grössere Pflug wurde bei der Reparaturwerkstätte der Fa. Pellonraivaus Oy in Hämeenlinna in Auftrag gegeben und man gebrauchte für ihn die Bezeichnung MKT-2 (Bild 15). Mit der Herstellung des kleineren wurde die Fa. Lokomo Oy beauftragt und man gebrauchte für ihn die Bezeichnung MKT-3. An den beiden MKT-Versuchsexemplaren wurden neben den Proben bezüglich der Pfluggrösse auch die Eigenschaften der gebogen tragenden Flanke ausprobiert.

Die mit dem MKT-3-Versuchspflug durchgeführten praktischen Entwässerungsarbeiten zeigten deutlich, dass kein Grund besteht, die Grösse des Pfluges unter das Mass zu verkleinern, das bei den Änderungsversuchen des ersten Exemplares erreicht worden war. Bei den durchgeführten Zeituntersuchungen wurde festgestellt, dass ca. 40 % der Arbeitszeit des MKT-3-Pfluges beim Klarkommen an Hindernissen verstrich. Das Steckenbleiben des Pfluges wurde durch das Einklemmen von Stubben zwischen der Unterkante des Pflugbaumes und der aus dem Graben kommenden Erde verursacht. Es wurde festgestellt, dass der freie Raum zwischen der Spitze der Pflugschar und der unteren Fläche des Pflugbaumes grösser als 150 cm sein muss. Man bemerkte auch, dass, wenn die untere Fläche des Pflugbaumes eben und breit ist, das Steckenbleiben öfter vorkommt als wenn sie gerundet ist. Die kleine Grösse der Pflugräder verursachte Arbeitsstockungen. Die Räder mit kleinem Radius hörten leicht auf sich zu drehen und begannen Torf vor sich zu häufen. Die geringe Entfernung des Befestigungsjoches der Räder verursachte auch Stockungen. Lange Hölzer und grosse Stubben konnten sich vor dem Streichbrett nicht wenden, wenn das Befestigungsjoch der Räder im Wege war.

Mit zunehmender Pflugerfahrung bemerkte man im Jahre 1954, dass die Eigengrösse des Pfluges vom Standpunkt der Arbeitsgeschwindigkeit keinen nennenswerten Einfluss auf den Zugwiderstand des Pfluges hat. Die durchgeführten Zugwiderstandsmessungen zeigten, dass die Schwankungen des Zugwiderstandes, die von der Bodenbeschaffenheit und der Grabengrösse herrühren, so gross sind, dass z. B. eine Zunahme des Zugwiderstandes von 500 kp, verursacht durch eine Gewichtszunahme von 1 000 kg, die Arbeitsgeschwindigkeit nicht beeinflusst. Es war also klar, dass man den Pflug ziemlich unbehindert so weit vergrössern kann, dass er nicht steckenbleibt. Diese Beobachtung hatte eine grosse Bedeutung bezüglich der anderen Konstruktionsteile des Pfluges, denn die konnte man nun alle für schwierige Verhältnisse genügend gross bemessen. Die Grösse des Pfluges beeinflusst die Transportbeweglichkeit desselben. Die durchgeführten Zeituntersuchungen haben erwiesen, dass man für den Transport eines grossen Pfluges nicht mehr Zeit braucht als für den eines kleinen, wenn der Pflug mit schnellen Geräten zum Heben aus dem Graben und zum Einsetzen in den Graben versehen ist.

Konstruktion des Pflugstreichbrettes

Grundsätzliches

Wie schon früher festgestellt, muss der Waldgrabenpflug in einem Zuge einen ca. 90 cm tiefen Graben auch an den allerschwierigsten Entwässerungspunkten fertig ziehen können. Die Streichbrettkonstruktion des diesen Zweck erfüllenden Pfluges muss viele besondere Eigenschaften haben, deren Ermittlung viel theoretische Erörterung von Fragen sowie Versuchstätigkeit mit Kleinmodellen und Versuchsmodellen in natürlicher Grösse erfordert.

Bei den durchgeführten Versuchen wurde festgestellt, dass es mit einer einflankigen Konstruktion offenbar sehr schwer ist, genügend grosse Gräben zu ziehen. Da der Aushub bei einem einflankigen Pflug auf eine Seite gehoben werden muss, verursacht die Erdbewegung einen starken Druck gegen die gegenüberliegende Böschung des Grabens. Bei weichem Torfboden müsste diese Gegenseite grösser sein als das Streichbrett des Pfluges selbst, damit keine seitliche Abweichung und vorübergehende Pressung des Torfes dergestalt stattfindet, dass er später zurückkommt. Bei den durchgeführten Dränpflugversuchen (vgl. Bild 24) wurden über die Arbeit eines

einseitigen Pflugkörpers grundsätzliche Beobachtungen angestellt, bei denen u. a. festgestellt wurde, dass man mit einer einseitigen Pflugkörperkonstruktion nur 60 % der Arbeitstiefe eines gleich grossen, doppelflankigen Pfluges erreicht. Andererseits wurde festgestellt, dass die einflankige Konstruktion, verglichen mit der doppelflankigen, auch einige Vorteile hat.

Da man auf der anderen Seite feststellen konnte, dass mit einem doppelflankigen Pflug die Möglichkeit besteht, über 50 cm tiefe Gräben auch bei schwierigen Verhältnissen zu ziehen, liess man die einflankigen Versuche bei dem, was bei der Entwicklung des Dränpfluges durchgeführt wurde. Die Grundlösung des Waldgrabenpfluges beschloss man mit einer doppelflankigen Konstruktion zu entwickeln.

Die Form des Streichbrettes

Den Teil des Grabenpfluges, der die Erde heraushebt, muss man versuchen so zu formen, dass er mit einem möglichst geringen Verbrauch an Zugkraft einen Graben von der erforderlichen Grösse und Form ziehen kann.

Die durchgeführten Versuche zeigten, dass eine gebogene Flanke in holzfreiem und wenig holzigem Torfboden einen schönen Graben macht. In holzigem Torf war die Arbeitsspur schwächer. In holzfreiem Torf und Sandboden bewegte sich der Aushub verhältnismässig gut, aber in holzigem Torf, Feinsand-, Schluff- und Lehmboden reichte die Schubkraft der von unten aufsteigenden Erde nicht aus, die Erde auf der ganzen Länge der Flanke in Bewegung zu halten. Die aus dem Graben aufsteigende Erde fiel direkt an der Randlinie des Grabens vom Streichbrett.

Zur genaueren Ermittlung der Flankenform und -länge sowie der die Arbeit der Flanke erleichternden Zusatzgeräte wurde ein Versuchsprogramm skizziert. An den nächsten zu bauenden Versuchsexemplaren beschloss man neben den anderen Proben zu klären, wie viel man die Flanke des Pfluges verkürzen könne unter gleichzeitiger Vergrösserung des Steigungswinkels und des Seitenwinkels. An den MKT-2-Pflug baute man ein kurzes, stark auf dem Kopfe tragendes, gebogenes Streichbrett (Bild 15) und an den MKT-3-Pflug ein kurzes, unten aufrecht tragendes, in seinen Ausbreitungsflanken ziemlich steiles Streichbrett (Bild 16).

Wie man feststellte, zog der MKT-3-Pflug eine schöne Arbeitsspur (Bild 18). Da das dort verwendete gebogene »Schraubenstreichbrett» in der Herstellung teuer ist, beschloss man so ein Streichbrett auszuprobieren, das in seinen Flankenwinkeln dem MKT-3 ähnlich ist, aber nur aus in einer Richtung gebogenen Flächen zusammengesetzt ist, die man billig herstellen kann. Darauf gründend wurde das MKT-5-Streichbrett fertiggestellt (Bild 19). Das erwies sich in den durchgeführten Versuchen als gut arbeitend. Es wurde beschlossen, dies als Grundform für das serienmässig herzustellende Streichbrett zu nehmen.

Das Streichbrett des Serienpfluges (Modell 1956) machte man für eine 1/0.7 Böschung dergestalt verbreitert, dass die Verbreiterung am grössten an dem Punkt war, der 1/3 der Böschungshöhe von unten gesehen liegt, und dort 5 cm.

Die Länge der Flanke

Wenn man bei dem Flankenwinkel die kleinste mögliche Reibung erstrebt, kommt man zugleich zu einer langen Flanke. Das vergrössert die Gesamtlänge des Pfluges und erschwert die Behandlung des Pfluges. Deswegen hat man im allgemeinen von der Reibung abhandeln müssen und die Flanken der Pflüge mit einem steileren Steigungswinkel als der Idealwinkel hergestellt. Im Torfboden sind die Festigkeit des Bodens, der Druck und die Reibung wesentlich kleiner als im Mineralboden,

so dass auch der ideale Steigungswinkel der Flanke grösser ist. Aus diesem Grunde kann der Zugwiderstand eines mit einem steilen Steigungswinkel versehenen Pfluges im Torfboden mässig sein, vergrössert sich aber schnell bei zunehmendem Anteil von Mineralboden in dem zu hebenden Grund.

Bei den im Frühjahr 1954 begonnenen Dränpflugversuchen bemerkte man, dass die balkenartige Vorderseite des Dränpfluges den Boden ungefähr dem Querschnitt eines offenen Grabens entsprechend aufreisst. Auf die gleiche Erscheinung wiesen auch die Versuche hin, die mit einem an den Traktor gebauten Oberflächen-Aufreisshaken durchgeführt wurden. Die Richtigkeit und Bedeutung dieser Beobachtungen wurden durch Versuche mit Kleinmodellen untersucht. Diese Versuche zeigten, dass man die Arbeit der Flanke des Grabenpfluges in zwei Phasen aufteilen kann, wenn man den Verbindungspunkt der Flanken vorzieht.

Ein genügend weit vor dem Wirkungsfeld der Streichbrettflächen laufender, den Boden aufreissender, schmaler, von unten vorwärts stossender Grindel, reisst den Mineralboden gemäss Bild 21 auf. Die Lage der Aufbruchgrenze kann man natürlich auch berechnen, aber ihre genaue Bestimmung hat gar keine grosse Bedeutung, denn nur höchst selten liegt ebenes Land vor dem Pflug. Wenn man diese Eigenschaft ausnutzt, bietet sich die Möglichkeit an, zu einem kurzen Streichbrett zu kommen, dessen Zugwiderstand auch im Mineralboden nicht grösser als der eines langen ist.

Die Flanke des Versuchsexemplars MKT-5 wurde nach diesen Gesichtspunkten hergestellt. Die Flanken wurden an der Hinterseite des Pflugbaumes befestigt und der Vorderrand des Pflugbaumes mit einer konkaven Platte bedeckt. Die Versuche zeigten, dass die Konstruktion viele Vorteile hat. Sie wurde für in der Serienherstellung anwendbar genehmigt.

Die Ausbreitungsflanken des Aushubs

Wenn die Erde mit dem im Boden befindlichen Teil der Flanke aus dem Graben empor gehoben ist, muss sie so weit vom Rand des Grabens weggeschoben werden, dass sie hinter dem Pflug nicht in den Graben zurückfällt. Bei dem Versuch mit einer gebogenen, tragenden Flanke im Jahre 1953 (vgl. S. 45) wurde festgestellt, dass man den Aushub nicht auf allen Bodenarten mit dem Fortsatz des auf der Erde tragenden Streichbrettes genügend weit vom Graben entfernen kann.

Da der Pflug beim Ziehen von Vollgräben einen 90—100 cm tiefen Graben wenigstens in starktorfiges Moor machen können muss und für Feldgräben eine geringere Grabentiefe genügt, baute man eine sogenannte Lamellenflanke. Das Versuchsexemplar hatte zwei 20 cm Lamellen, sodass man mit dem Pflug Gräben von 90 cm, 70 cm und 50 cm ziehen konnte. Bei dem Serienexemplar (Modell 1956, Bild 22) liess man die unterste Lamelle aus dem Grunde fort, weil sie doch sehr selten gebraucht worden wäre.

Da breite Flanken aus Metall beim Transport hinderlich sind und die Herstellungskosten vergrössern, begann man die Haltbarkeit von hölzernen Flankenfortsätzen auszuprobieren. Der Gedanke erwies sich in der Praxis als gut. Die Ausbreitungsfrage des Aushubs ist auch seit dem Jahre 1956 beim Lokomo-Pflug mit hölzernen Verteilern beantwortet (vgl. Bild 22).

Zusatzgeräte des Pfluges

Die Acker- und Grabenpflüge der Landwirtschaft zeigen, dass man die Arbeit des die Erde hebenden und bewegenden Streichbrettes mit verschiedenartigen Schneidern intensivieren kann. Je schwerer die Pflüge sind, desto gewöhnlicher ist es, dass

man die Arbeitstiefe des Pfluges regeln kann, ebenso wie den Pflug aus dem Boden in die besondere Transportstellung heben, wozu man eigens für diese Bewegungen entworfene Zusatzgeräte gebraucht.

Die Schneider

Bei allen Versuchen wurde übereinstimmend festgestellt, dass ein Pflug, der in einem Boden arbeiten muss, der reich an gestürzten Stämmen ist, keine messerartigen, festen Schneiden haben darf.

Wenn der Steigungs- und Hebewinkel der Flanke des Pfluges richtig ist, braucht man an seinem Gestell keine Schneider, denn die Trennung des Bodens geschieht schon bevor die Flanke den Scheidepunkt der zu hebenden und der verbleibenden Erde erreicht. Der Flankenrand des Pfluges führt lediglich die endgültige Formung des Scheidepunktes, nicht aber die Trennung des Bodens durch.

Als Ergebnis der mit Scheibenschneidern durchgeführten Versuche baute man an den Pflug einen die Oberfläche trennenden Vorschneider, der mit einem Zug automatisch gefedert ist.

Regel- und Einstellgeräte

Beim Waldgrabenpflug muss man um eine grosse Effektivität und eine solche Arbeitsspur bemüht sein, dass möglichst wenig Spatenarbeit übrig bleibt. Das letztgenannte Ziel erreicht man, besonders an holzigen Entwässerungsobjekten, nicht ohne wirksame und schnelle Stellgeräte am Pfluge. Die benötigt man beim Überführen des Pfluges von einem Graben zum andern, beim Regeln der Arbeitstiefe, wenn z. B. der Graben am unteren Ende tiefer sein muss als am oberen, sowie beim Freikommen aus Felsen, von grossen Steinen oder anderen zu grossen Hindernissen. Die gewöhnlichsten Regel- und Einstellgeräte von Grabenpflügen sind die Hebegeräte, die Regler der Arbeitstiefe und der Ausbreitungsflanken.

Aufgrund der durchgeführten Versuche wurde die Verwendung von hydraulischen Reglern verworfen und ein mechanisches Einstellgerät in Gebrauch genommen. Die Kraft für die Einstellbewegungen erhält man aus der Zugmaschine. Die Bewegungen des Pfluges werden mit Hilfe einer sogenannten Gegenwinde zustandegebracht und die Reglung wird durch eine Lochscheibe zwischen den Rädern ausgeführt (vgl. Bild 19). Mit Hilfe der gleichen Gegenwinde kann man den Pflug durch gerades Ziehen der Zugmaschine aus dem Graben heben. Das Gerät ist wirksam, schnell, einfach und stabil. Es wurde zum ersten Mal bei dem MKT-3-Pflug verwendet.

Die Tätigkeit der Regelgeräte beruht auf der Fähigkeit der Räder, an der Oberfläche des Moores zu bleiben, obgleich das Gewicht des ganzen Pfluges auf ihnen ruht. Bei Waldentwässerungsarbeiten müssen die Räder auch sonst gross sein. An Metallrädern bleibt bei Winterarbeiten Schnee haften, aber dem kann man mit einer an dem Gestell des Pfluges befestigten Eisenstange abhelfen, die das Eis automatisch beim Drehen der Räder von deren Flächen abstreift.

Mechanisierung der Dränung

Vorläufig muss man davon ausgehen, dass aus wirtschaftlichen Gründen die Verwendung von Rohrleitungen bei der Dränung von Waldboden nicht in Frage kommt. Dennoch muss zugleich betont werden, dass wahrscheinlich schon recht bald billige Kunststoffleitungen entwickelt werden, sodass die Dränung mit denen immerhin in starktorfigem Boden die anderen Entwässerungsarten verdrängen wird.

Von den verschiedenen Arbeitsphasen der Herstellung von Kronengräben (vgl. Huikari 1953 b) lässt sich nur die Aushebearbeit mechanisieren. Nach durchgeführten Untersuchungen beträgt der Anteil der als Spatenarbeit getanen Aushebearbeit an den Gesamtkosten des Kronengrabens 40—70 %, durchschnittlich ca. 55 %. So ist es klar, dass die Mechanisierung der Aushebearbeit bei Kronengräben keine so grosse Kostensenkung bedeuten kann wie bei den offenen Gräben.

Die Mechanisierungsmöglichkeiten der Dränung wurden mit dem MKT-4-Versuchspflug untersucht. Die Versuche zielten besonders auf die Ermittlung der für die Dränung geeignetesten Flankenkostruntion (vgl. Bilder 24 und 25). Die durchgeführten Versuche zeigten, dass eine doppelflankige Konstruktion, die ein Y-förmiges Querschnittprofil zieht, mit einem Zuge eine gute Arbeitsspur bis zu 90 cm Tiefe hinterlässt. Sie ist arbeitsfähig auch in steinigem und stubbenreichem Boden.

Die Verwendungsmöglichkeiten von Dränfräsen wurden geklärt, indem man die Tätigkeit verschiedener schon im Gebrauch befindlicher Konstruktionen kennenlernte. Es wurde festgestellt, dass der auf Bild 26 gezeigte, nach dem Kettenlöffelprinzip gebaute Bagger an leichten Arbeitsobjekten betriebsfähig ist.

Mechanisierung der Grabenräumung

Die Räumungsfrage kann man nicht erledigen, indem man mit hohen Kosten sogenannte lange in gutem Zustand bleibende Gräben zieht. Die besten Möglichkeiten zur Verhütung von Räumungsarbeiten scheinen darin zu liegen, dass man das Grabennetz überdicht anlegt, wobei die Gräben das Wasser in Bewegung halten können, wenn sie auch etwas verstopfen (vgl. Huikari 1956). In dem Falle bleibt als wichtigstes Räumungsobjekt in jedem Entwässerungsgebiet das Offenhalten des Hauptgrabens.

Der MKT-3-Versuchspflug wurde der Forstverwaltung zur Verwendung als Räumungspflug übergeben. Die durchgeführten Räumungsarbeiten haben gute Ergebnisse gezeitigt. Der Verfasser unternahm in den Jahren 1954 und 1955 Versuche über die Verwendungsmöglichkeiten einer rentablen Fräse (Bild 27 S. 64). Die Ergebnisse waren gut, aber die Versuche mussten wegen Mangel an Zeit und Mitteln eingestellt werden.

Die Entwicklung von Verfahren zu Entwässerungsplänen

Über die Verwendungsmöglichkeiten von Luftbild-Kartenmaterial wurde eine ausgedehnte Sonderuntersuchung angestellt, in der besonders die Genauigkeit von Höhenkurven erläutert wurde, die mit dem Stereoplanigraphen gezeichnet sind; Aufnahmehöhe für Luftbilder 4 000 m. Dabei wurde festgestellt, dass die Stereoplanigraphkurven eine brauchbare Hilfe beim Planen eines Grabennetzes sind. Die Höhenunterschiede sind jedoch mit anderen Verfahren während der Geländearbeiten zu überprüfen.

Bei der Untersuchung der Verwendungsmöglichkeiten von Aneroiden wurde festgestellt, dass das ein recht brauchbares Hilfsmittel ist.

Der Einfluss der Mechanisierung auf die Waldentwässerungstätigkeit in Finnland

Die Verwendung von Waldgrabenpflügen begann in unserem Lande im Jahre 1953. Seitdem hat sich die maschinelle Entwässerung stark verbreitet. Aus der Anzahl der in Tabelle 4 dargestellten, in verschiedenen Jahren angelegten Gräben

kann man ersehen, dass die Gesellschaften und der Staat sehr zum Gebrauch von Grabenpflügen übergegangen sind. Auch in der Entwässerungstätigkeit der privaten Waldwirtschaft ist die Richtung der Entwicklung klar, wenn auch viele besondere Schwierigkeiten sie verlangsamt haben.

In Tabelle 5 sind statistische Angaben über den Gebrauch von Pfluggeräten bei Stundenmietarbeiten in den Jahren 1955 und 1956 dargestellt. Man sieht, dass der grösste Teil dieser Arbeiten mit Lokomo-Pflügen durchgeführt ist. Ausser diesen sind auch Kajaani- und Pellonraivaus-Pflüge verwendet worden. Die Arbeitsergebnisse schwanken beträchtlich. Die wichtigsten Gründe muss man in der Raupenbreite der Zugmaschine, in der Grösse der Arbeitsgebiete und in der Tragfähigkeit der Entwässerungsobjekte suchen. Ein objektiver Vergleich der Effektivität der Geräte würde eine Arbeit mit Zugmaschinen gleicher Raupenbreite im gleichen Entwässerungsgelände mit gleich erfahrener Entwässerungsmannschaft voraussetzen, die gleichen Lohn und andere übereinstimmende Interessen hat. Die Höchstwerte der durchschnittlichen Arbeitsergebnisse von grossen Arbeitsgebieten zeigen deutlich, dass nicht mehr die Pflüge die Arbeitsgeschwindigkeit begrenzen, sondern dass das Arbeitsergebnis von den Zugmaschinen und der Arbeitsorganisation abhängt.

Auf Bild 29 sind die Gesamtkosten der Stundenmiete-Entwässerungen bei verschiedenen Entwässerungsunternehmungen sowie die Aufteilung der Arbeitsgebietsgrössen dargestellt. Man sieht, dass die Grösse des Arbeitsgebietes einen deutlichen Einfluss auf die Höhe der Entwässerungskosten hat. Diese Erscheinung hat vor allem ihren Grund in der Wirkung der Transportkosten der Geräte (vgl. Huikari 1957). Die durchschnittlichen Kosten von Stundenmiete-Entwässerungen im ganzen Lande betrugen im Jahre 1955 31.88 Fmk/lfd.m.

Über Akkordarbeiten liegen aus dem Jahre 1955 Angaben von insgesamt 285 348 lfd.m. vor. Bei verschieden grossen Unternehmungen gestalten sich die Kosten gemäss Bild 30 (S. 73). Die Grösse der Unternehmungen hatte keinen Einfluss auf die Höhe der Kosten. Die durchschnittlichen Kosten betrugen 54.50 Fmk/lfd.m. oder lagen um 22.62 Fmk/lfd.m. höher als bei Entwässerungen mit eigenen und Stundenmiete-Maschinen.

Vergleichshalber sei erwähnt, dass im Jahre 1955 die Spatenkosten von Waldgräben 119 Fmk/lfd.m. und 1956 120 Fmk/lfd.m. betrugen.

In Tabelle 6 (S. 74) ist die durchschnittliche Kostengestaltung der maschinellen Entwässerung in den Jahren 1955 und 1956 in den Arbeitsgebieten dargestellt, in denen eigene oder Stundenmiete-Geräte verwendet wurden.

Bemerkenswert ist, dass sich die Kosten nur bei den Nachreinigungsarbeiten der Gräben stärker verändert haben. Das hat seinen Grund in den gemachten Verbesserungen an der Ausbreitungsflanke des Aushubs. Das Material ist so gross, dass es ein zuverlässiges Bild von den Kosten des Pflügens von Waldgräben während verschiedener Arbeitsphasen zu geben scheint. Wenn auch die Stundenmieten von Zugmaschinen ein wenig gestiegen sind, sind die Zugkosten des Pfluges gesunken, denn die Arbeitsergebnisse haben sich merkbar verbessert. Die Verbesserung der Arbeitsergebnisse hat offensichtlich in der Hauptsache ihren Grund in der gegenüber dem Vorjahre besseren, durch grössere Erfahrung möglich gewordenen Arbeitsorganisation und Arbeitsfertigkeit, sowohl auf Seiten der Arbeitgeber als auch der Unternehmer.

In Tabelle 7 sind Angaben über die Aufteilung der verwendeten Arbeitszeit nach Zeituntersuchungen aus dem Jahre 1956 dargestellt. Die Arbeit der Forstverwaltung ist mit einem Lokomo-Pflug M-56 durchgeführt; als Zugmaschine fungierte Allis Chalmers HD-15 (22 Zoll Raupen) und Ansaldo Fossati 2 HF (22 Zoll Raupen). Die

Arbeit der Fa. Kajaani Oy ist mit einem Kajaani-Pflug durchgeführt; als Zugmaschine Caterpillar D 6 (30 Zoll Raupen und verlängertes Raupengestell). Die Arbeiten des Forstforschungsinstitutes sind mit einem Lokomo-Pflug M-56 durchgeführt; als Zugmaschine Caterpillar D 6 (24 Zoll Raupen und verlängertes Raupengestell). Die Pflugzeit für 100 m ohne Essens- und Ruhepausen betrug bei der Forstverwaltung 13.59 Min., bei der Fa. Kajaani Oy 13.04 Min. und beim Forstforschungsinstitut 11.47 Min.

Aus der obigen Darstellung ist klar geworden, dass die Mechanisierung der Herstellung von Waldgräben durch Waldgrabenpflüge die ganze Waldentwässerung stark beeinflusst hat. Die Entwicklung von Pflügen hat schon jetzt eine bedeutende Zunahme der jährlich zu ziehenden Waldgräben bedeutet, und ausserdem das Fallen der Kosten weit unter die Spatenkosten. Die Mechanisierung hat viele Fragen mit sich gebracht, von denen man einen Teil schon hat klären können, während der andere Teil noch auf die Lösung wartet.

MITTAVÄHENNYKSET MÄNTYSAHATUKKIEN MITTAUKSESSA

VEIJO HEISKANEN

DEDUCTIONS FOR DEFECTS IN CONNECTION WITH THE SCALING OF PINE SAWLOGS

SUMMARY IN ENGLISH

HELSINKI 1959

Helsinki 1959. Valtioneuvoston kirjapaino

Sisällysluettelo

	Sivu
1. Johdanto	7
2. Ovatko mittavähennykset tarpeellisia?	9
3. Sahatukeissa esiintyvät vikaisuudet	12
31. Määräviat ja laatuviat	12
32. Virheetön tukki	13
33. Määrävikojen ryhmittely	15
4. Vikojen käsittelytavat	18
41. Luokitus vai mittavähennys?	18
42. Amerikkalainen menetelmä	19
43. Ruotsalainen menetelmä	21
5. Mittavähennysten tarkkuus	25
6. Mittavähennysten tekoon kuluva aika	27
7. Laatuluokitukseen tehtävät korjaukset	28
Kirjallisuutta	29
Summary in English	31

Alkusanat

Mittavähennysten suoritus liittyy varsin läheisesti laatuluokitukseen sitä täydentäen. Tämä tutkielma onkin syntynyt suorittamieni laatuluokitustutkimusten yhteydessä jo v. 1952, jolloin Yhdysvalloissa tekemieni havaintojen perusteella laadin ensimmäisen käsikirjoituksen. Sitä olen myöhemmin täydentänyt. Asia on nyt tullut myös käytännössä kiinnostavaksi, kun laatuluokitusmääräyksiä tarkistetaan parhaillaan. Senvuoksi olen katsonut tarpeelliseksi julkaista tutkielman, joka osaltaan valaisee mittavähennyskysymyksen teoriaa ja luo pohjan myös käytännön ratkaisuille.

Tässä yhteydessä esitän kiitokseni niille monille käytännön saha- ja metsämiehille, joiden kanssa minulla on ollut tilaisuus mittavähennyskysymyksestä keskustella. Erityisesti osoitan kiitokseni metsänhoitaja Yrjö Rantalalle, joka on myös lukenut käsikirjoituksen. Metsätieteen lisensiaatti Pentti Nisula on esittänyt käsikirjoitusvaiheessa arvokkaita näkökohtia, joista olen hänelle kiitollinen. Käsikirjoituksen ovat lukeneet myös professorit Paavo Aro ja Vilho Pöntynen, joille lausun parhaat kiitokseni.

Helsinki marraskuussa 1958

Veijo Heiskanen

1. Johdanto

Sahatukkien mittauksessa läpimitan ja pituuden määrittämiset ovat varsin yksinkertaisia, vaikkakin tarkkuutta vaativia toimenpiteitä. Niistä on myös mittauslaissa yksityiskohtaiset ohjeet, joten käytäntö niiden suorituksessa on yhtenäinen kautta maan. Nuo mitat eivät kuitenkaan sellaisenaan kuvaa sahatukin käyttöarvoa eivätkä edes sen sahatavaran tuotantoon kelpaavaa puumääräkään, johon mittauksella aina olisi pyrittävä. Siihen pääsemiseksi mittaustoimituksessa suoritetaankin usein vähennyksiä mitatuista läpimitoista tai pituuksista, mikäli tukissa on sellaisia teknillisiä vikoja, joiden katsotaan pienentävän tukista saatavaa sahaustulosta.

Sahatukkien mittauksessa on siis itse asiassa erotettavissa kolme eri toimitusta.

1. Pituuden määrittäminen
2. Läpimitan määrittäminen
3. Vähennysten suorittaminen vikojen vuoksi, mittavähennykset.

Mittaussääntö tunnustaa meillä suoranaisesti näistä vain kaksi ensimmäistä osaa. Mittavähennyksistä ei ole ainakaan ohjeita olemassa. Tosin mittaussäännön 10 §:n 1 momentin määräys, »puutavaran mittauksessa ei sopimusehtojen mukaisesta puutavarasta saa mittavähennyksenä eikä ylimittana tehdä muita vähennyksiä kuin tässä asetuksessa sallittuja», voitaneen tulkita niin, että sopimusehtojen vastaisesta puutavarasta mittavähennyksiä saadaan tehdä tai, ettei mittaussääntö rajoita sopimusvapautta. Useimmat teknilliset viat, jotka aiheuttavat mitta-alennuksia, eivät olekaan sopimusehtojen mukaan yleensä sallittuja. Myös puutavaran mittauskomitean mietinnöstä havaitaan, että komitea on periaatteessa asettunut kannattamaan mittavähennysten tekoa. Mietinnössä sanotaan mm.: »Tällainen menettely (mittojen alentaminen) on kyllä katsottava periaatteessa oikeutetuksi, sillä eihän ole kohtuullista pakottaa ostajaa ottamaan vastaan virheellistä tavaraa täydestä.» Asiaa pohdittuaan komitea kuitenkin totesi teknilliset viat niin monimutkaisiksi ja niiden vaikutuksen arvioinnin niin vaikeaksi, että ehdotti mitta-alennukset jätettäväksi pois ja korvattavaksi laatuluokituksella. Laatuluokitusta koskevat pykälät ovat

myöhemmässä vaiheessa jääneet pois ja teknillisten vikojen käsittely mittauksen yhteydessä on edelleen avoinna ja siis osapuolten sopimusten varassa.

Jalava (1949) kirjoittaa tästä asiasta seuraavaa: »Mittaussääntö jättää täysin avoimeksi kysymyksen, kuinka suuria mittavähennyksiä tai ylimittoja asianosaiset saavat käyttää sopimusehtojen vastaista puutavaraa mitatessaan. On ilmeistä, että yksityisessä mittauksessa vähennykset ja ylimitat saavat olla minkälaisia hyvänsä, jos kumpikin asianosainen niihin suostuu. Jos taas myyjä ei suostu ostajan vaatimiin alennuksiin, puut jätetään kokonaan mittaamatta ja menevät »raakeiksi», jäävät siis myyjän omaisuudeksi. Jos taas tulee riita siitä, onko jokin pölkky tms. sopimuksen mukainen vai ei, asiaa ei voida ratkaista mittauslain ja mittaussäännön avulla. Virallinen mittaaja tai mittauslautakuntakaan eivät siihen voi puuttua, vaan riita on vedettävä välimiesoikeuteen, jos siitä on etukäteen sovittu tai sovitaan. Muussa tapauksessa riita on vedettävä alioikeuteen.

Avoimeksi jää myös kysymys, onko virallisen mittaajan hyväksyttävä mittavähennykset, joista asianosaiset sopivat. Asianosaiset sopivat esim. jostakin pahoin väärästä tukista, että se on sopimuksen mukainen — virallisen mittaajan oma mielipide ei vaikuta asiaan mitään — mutta sen paksuusmitasta on vähennettävä 1½ tuumaa, tai että jonkin tukin pituutta asianosaiset sopivat lyhennettäväksi tyvilahon takia 2 jalkaa. Mittaussäännön mukaan virallisen mittaajan olisi mitattava väärän tukin paksuus sellaisenaan kuin se todellisuudessa on ja jälkimmäisessä tapauksessa voisi merkitä tukin pituuden kahta jalkaa lyhemmäksi vasta sitten kun tuo kahden jalan mittainen tyvilaho olisi sahattu pois. Mutta lain ja asetuksen hengen vastaista ei mahtaisi olla, vaikkapa hän mainitut sovitut vähennykset tekisikin.

Paljon on kiistelty myös siitä, onko virallinen mittaaja tai mittauslautakunta velvollinen tai edes oikeutettu arvostelemaan mitattavan puutavaran laatua ja sopimuksenmukaisuutta. Nykyisen mittauslain ja asetusten mukaan virallisilla mittauselimillä ei ole mitään tekemistä laadun arvostelun kanssa. Virallinen mittaaja mittaa kaiken mitattavaksi osoitetun puutavaran olipa se minkälaista hyvänsä. Jos toinen asianosainen väittää, että tavara ei ole sopimuksen mukaista, mittaa virallinen mittaaja senkin, varustaa sen erilaisella merkillä ja merkitsee mittaustuloksen mittaustodistuksessa tällaiselle tavaralle varattuun paikkaan.»

Mainittakoon, että Ruotsissa v:n 1947 puutavaran mittauslaki nimenomaan pitää puutavarassa esiintyvien vikaisuuksien määrittämistä ja niiden huomioon ottamista eräänä mittaustoimituksen osana (Heikkerö 1948). Norjassa käytäntö ja mittausyhdistysten säännöt osoittavat, että siellä tulkinta on samanlainen (esim. Helander 1931). Myös Yhdysvalloissa esitetyt puutavaran mittauksen määritelmät lukevat aina mittavähennykset olen-

naisena osana puutavaran mittaukseen (esim. Belyea 1931, Meyer-Chapman 1949). Saksassa Reichshoma määräsi kaiken puutavaran jaettavaksi mittaustilaisuuksissa sekä laatu- että määränäkökohdat huomioon ottaviin luokkiin (Hilf 1942).

Meillä ovat sahatukkien mittausta koskevat säännökset siis tavallaan jääneet puolitiehen, sillä kuten jo mainittiin, mittausvähennysten teko kuuluu käytännössä joka tapauksessa mittaustoimitukseen. Asiasta ei ole meillä kuitenkaan metsäalan kirjallisuudessakaan mainittu kuin eräissä poikkeustapauksissa ulkomaiden mittausmenetelmiä selostettaessa (esim. Helander 1931, Wuoti 1937, Heikkerö 1948, Heiskanen 1952). Metsäteknologian oppikirjoissa se on joko kuitattu pelkällä maininnalla (Lahti 1950) tai jätetty kokonaan mainitsematta (Helander 1922). Käytäntö onkin hyvin vaihteleva. Kun tiedetään, että myyjä ja ostaja arvioivat viat eri tavoin ja pääasiassa omaksi edukseen, on selvää, että mittausvähennyskysymys aiheuttaa usein riitaisuuksia ja erimielisyyksiä mittaustilaisuudessa. Lopputuloksena yhtenäisten ohjeiden ja sopimusten puuttumisesta on, että vähennyksen suoritustapa ja sen suuruus ovat melko täydellisesti vahvemmassa asemassa olevan kauppakumppanin harkinnasta ja mielipiteestä riippuvia. Vähennysten teko-ohjeiden tarpeellisuus tulee sitäkin paremmin ymmärrettäväksi, kun muistetaan, että vikojen käsittely on mittauksen kaikkein vaikein ja subjektiivisin osa (vrt. Helander 1931, Belyea 1931 ym.).

2. Ovatko mittavähennykset tarpeellisia?

Yhtenäisten, mittavähennysten tekoa helpottavien ohjeiden avulla voitaisiin saavuttaa eräitä välillisiä etuja, joita ei ole syytä aliarvioida. Ohjeiden puuttuminen voi aiheuttaa puun tuhlausta siten, että joko tietämättömyydessä tai pelossa joutua vastaanottamaan viallinen osakin täydestä, tehdään tyveyksiä tai leikkoja liian vähäisten vikojen vuoksi. Tällainen puun tuhlaus, jota tapahtuu miltei kaikilla työmailla, voi johtua myös vanhasta tottumuksesta (vrt. Liuksiala 1945). Toisaalta, kun kaikista vioista ei systemaattisesti tehdä vähennyksiä, apteeraukseen ei kiinnitetä aina tarpeellista huomiota ja sahalaitokset joutuvat sahaamaan väärin katkottuja tukkeja verraten runsaasti. Sekin on usein pahimman laatuista puun tuhlausta. Yleisesti hyväksytyt mittavähennysperiaatteet tehostaisivat todennäköisesti myös ainakin huonolaatuisten tukkierien mittausta, koska silloin riidat ja väittelyt myyjän ja ostajan välillä vähenisivät. Joka tapauksessa tarkoituksenmukaisten mittavähennysohjeiden avulla mittausaika saataisiin kulumaan tehokkaammassa työssä kuin monesti nykyisin, vaikka onkin todettava, että mittavähennysten teko vaatii aina oman aikansa.

Aina ei ole kysymys tahallisesta puun tuhlauksesta, vaan eräät käytännölliset seikat ovat vaikuttaneet osien suurimmaksi osaksi metsään jättämiseen. Ensinnäkin kuljetusten kalleus aiheuttaa, että sahauskelvotonta puuta ei kannata viedä pois metsästä. Toisena seikkana mainittakoon, että mittavähennysten yleistämistä pidetään epäkäytännöllisenä työmittausten ja uittoyhdistysten uittomäärien mittausten takia. Niissä ei vähennyksiä sallita, joten niitä varten olisi suoritettava eri mittaus. Kolmas seikka, josta kuulee mainittavan on se, että suursahoilla sahausnopeus on jo niin suuri, ettei vikoja voida ottaa huomioon tukkeja sahattaessa. Neljänneksi on mainittu, että mittavähennysten järjestelmällinen suoritus vie aikaa ja lopuksi pidetään mittavähennysten teon varjopuolena sitä, että se vaatii erikoistyövoimaa ja erikoisorganisaatioita, mittausyhdistyksiä.

Kaikki nämä perustelut ovat painavia, mutta niihin vetoamalla ei mittavähennyskysymystä voida sivuuttaa. Vaikka vikaisuudet yleensä pyritäänkin verraten tarkoin tyveämään, jää tukkeihin kuitenkin sellaisia vikoja, jotka vähentävät tukista saatavan sahatavaran määrää, mutta joiden vuoksi koko tukkia ei kuitenkaan kannata hyljätä. Mittavähennyskysymys on toisin sanoen nykyisenkin käytännön vallitessa ajankohtainen. Otettakoon vain esimerkiksi niin yleiset lengot ja moniväärät tukit ja keskikorot yms. viat, joita tukeissa esiintyy varsin paljon. Sahalaitokset ottavat ne huomioon tekemällä läpimittavähennyksiä, kuten tunnettua. Se vaikuttaakin osaltaan siihen, että sahan mitta on pienempi kuin metsämitta.

Seuraavat luvut kuvaavat kahdella sahalaitoksella suoritettujen mittausten mukaan eri tuumaluokkien todelliset läpimitat.

Keskimääräinen läpimitta, tuumaa *Average diameter, inches*		
nimellinen *nominal*	todellinen *real*	Ero, % *Difference, %*
Sahalaitos A — *Sawmill A*		
6.25	6.44	3.0
7.875	8.17	3.7
9.375	9.54	1.7
11.25	11.29	0.4
Sahalaitos B — *Sawmill B*		
6.25	6.51	4.2
7.25	7.44	2.6
9.25	9.38	1.4
11.25	11.33	0.7

Suoritetut mittaukset osoittavat, että läpimitan alennuksia on varmaan jossain määrin tapahtunut, sillä onhan tukkien todellinen läpimitta ½—4 %

suurempi kuin nimellinen keskimääräinen läpimitta. R o n k a n e n (1950) mainitsee, että sahan mitta on 2—5 % pienempi kuin metsämitta, mutta näihin sadanneksiin sisältyvät myös muista syistä aiheutuneet erot.

Työmittaus- ja uittokysymys ovat vaikeita mittavähennysten kannalta, sillä niiden takia on tosiaankin saatava selville myös tukkien kokonaiskuutiomäärä ilman mittavähennyksiä. Ongelma ei kuitenkaan liene ylivoimainen selvitettäväksi, vaan kysymyksessä on vain yksinkertainen käytännöllinen tehtävä. Ruotsissa se on ratkaistu siten, että mittausluettelossa on sarake, johon esim. 1''—1½'' läpimittaluokittain merkitään, montako ½'' alennusta on suoritettu. Samoin on taulukko, johon merkitään eri pituiset pituuden alennukset puulajeittain läpimittaa lainkaan huomioon ottamatta.

Sahoillamme syöttönopeus on nykyisin jo varsin korkea verrattuna sotia edeltäneeseen aikaan, joten on varmasti vaikeampi ottaa huomioon vikoja tukkien sahausasentoa määrättäessä kuin aikaisemmin. Kun seuraa sahausta nykyaikaisella sahalaitoksella huomaa kuitenkin, että huolimatta suuresta nopeudesta sahuri asettaa tukin aina edullisimpaan sahausasentoon tukin muodon perusteella. Lisäksi sahurit näyttävät useimmissa tapauksissa pystyvän ottamaan huomioon myös korot ja muut pintaviat tukin asentoa määrätessään. Pienet viat jäävät tosin usein huomaamatta varsinkin pieniläpimittaisia tukkeja sahattaessa. Tuntuu kuitenkin siltä, että tärkeimmät, pahimmat vikaisuudet voidaan nykyisinkin ottaa sahauksessa huomioon.

Lopuksi on todettava, että mittauskustannukset saattavat mittavähennysten takia jonkin verran nousta, kuten jäljempänä osoitetaan. Sen sijaan ei ole lainkaan varmaa, vaatiiko mittavähennysten teko taakseen mittausyhdistysorganisaation kuten Ruotsissa. Esimerkiksi Yhdysvalloissa, jossa mittavähennysmenetelmä on hyvin pitkälle kehitetty, mittausyhdistyksiä on vain Oregonin ja Washingtonin valtioissa. Vaikka täydellisenä, laatuluokitukseen yhdistettynä menetelmä vaatisikin erikoisorganisaation, voidaan menetelmää varmaankin tietyssä laajuudessa soveltaa nykyisiä mittausorganisaatioita käytettäessä.

Vikojen käsittelykysymys sahatukkien mittauksessa on ehdottomasti huomion arvoinen ongelma. Tässä tutkielmassa onkin tarkoitus vertailla eri maissa käytettyjä menetelmiä ja selostaa erilaisten vikojen vähennyksissä kysymykseen tulevia mahdollisuuksia sekä tarkastella jossain määrin laatuluokitusta mittavähennysmenetelmän rinnalla. Pääkysymyksinä ovat seuraavat.

1. Mitkä ovat sellaisia vikoja, joiden johdosta vähennyksiä on suoritettava?

2. Kuinka nämä vähennykset on tehtävä?

3. Mitä muutoksia mittavähennysjärjestelmä aiheuttaa laatuluokitukseen?

Lisäksi tarkastellaan mittavähennysten teon tarkkuusrajoja ja sen vaatimaa aikaa. Yleensä tutkielma on pitänyt perustaa ulkomaisten tutkimusten tuloksiin, kirjoittajan omiin kokemuksiin sekä käytännön metsä- ja sahamiesten kanssa käytyihin keskusteluihin. Tutkielma on luonteeltaan orientoiva. Osittain on myös tarkoitus kiinnittää julkisuudessa huomio sahatukkien mittauksen tehostamismahdollisuuksiin.

3. Sahatukeissa esiintyvät vikaisuudet

31. Määräviat ja laatuviat

Pyöreässä puutavarassa esiintyy hyvin monenlaisia vikoja ja epäsäännöllisyyksiä. Virheetöntä puuta ei teollisuuden kannalta ole olemassakaan. Niinpä kaikista vioista ei voida vaatiakaan mittavähennyksiä. Metsäpatologian kannalta viat voidaan jakaa hyvinkin monella eri tavalla, niiden aiheuttajan, niiden vaikutuksen jne. mukaan, mutta näistä järjestelmistä ei ole apua tutkittaessa sahatukkien mittavähennyskysymystä. Sitä varten on viat jaettava sen mukaan, kuinka ne vaikuttavat jalosteeseen. Sahatukkien ollessa kysymyksessä viat voidaan jakaa kahteen pääryhmään tällä pohjalla (esim. Heiskanen 1954).

1. Vikoihin, jotka pienentävät tukista saatavan sahatavaran määrää. Ne voidaan nimittää määrävioiksi (ruots. kvantitetsfel, engl. scaling defect), joiden esiintyessä sahatukin mitoissa on tehtävä vähennys.

2. Vikoihin, jotka vaikuttavat tukista saatavan sahatavaran laatuun, mutta eivät pienennä sen määrää. Tällaisia vikoja, joista oksaisuus on tärkein ja tyypillisin, voidaan kutsua laatuvioiksi (ruots. kvalitetsfel, engl. quality defect). Näiden vikojen huomioon ottaminen kuuluu laatuluokituksen tehtäviin.

On kuitenkin huomattava, että useimmat laatuviat on tarpeeksi pahana esiintyessään määrävika. Voitaisiin siis itse asiassa jakaa viat määrävikoihin, laatuvikoihin ja vikoihin, jotka ovat sekä laatu- että määrävikoja. Tällainen jaottelu on kuitenkin turhan monimutkainen, joten voidaan tyytyä jakoon määräviat — laatuviat.

Niin kauan kuin määrävikojen vähennysperiaate ei kuitenkaan ole yleisesti tunnustettu, määräviatkin on otettu huomioon laatuluokituksessa, kuten meilläkin on tapana (Vuoristo 1935, Heiskanen 1954). Tällaisella laatuluokituksella on kuitenkin eräitä vakavia varjopuolia, joihin myöhemmin palataan tarkemmin.

32. Virheetön tukki

Edellä mainittu määrävian määritelmä ei vielä sano tarkalleen millaisista vioista on kysymys, sillä riippuu käytettävästä lähtökohdasta, mikä on viaksi luettava ja mikä ei.

Yhdysvalloissa, jossa mittavähennysmenetelmät ovat kauimmin olleet käytössä, on lähtökohtana pidetty tukin gross eli full scale'a, jolla tarkoitetaan tukin latvaläpimittaisen suoran sylinterin lautajalkasisältöä (B e l y e a 1931). Siis määrävioiksi luetaan vain sellaiset viat ja epäsäännöllisyydet, jotka pienentävät tukin latvalierióstä saatavan sahaustuloksen vastaavan läpimittaisesta suorasta sylinteristä saatavaa sahaustulosta pienemmäksi. Vikoja eivät siis ole latvalieriöön ulottumattomat vikaisuudet. Lisäksi kaikissa ohjeissa korostetaan erikoisesti, että vähennyksiä saa tehdä vain näkyvistä vioista. Pelkkä epäily vian olemassa olosta ei riitä vähennyksen perustaksi.

Kuutiojalkamittaukseen voidaan käyttää samoja periaatteita, vaikka B e l y e a n (1931) mukaan lenkouden vuoksi ei vähennyksiä siinä tehdä käytännössä. Lenkoutta pidetään siis sahatukin säännöllisenä ominaisuutena.

Ruotsissa on lähtökohtana myös suora latvasylinteri, mutta siellä vähäinen lenkous jätetään ottamatta huomioon. Skogsstyrelsen-viraston viimeisten ohjeiden mukaan tasainen lenkous yhteen suuntaan luetaan määräviaksi vain sen ylittäessä 1'' tukin jokaista viittä juoksujalkaa kohden. Määräys tuntuu erittäin lievältä, sillä esim. 15 jalan tukissa vielä 3″ lenkous katsotaan sallituksi. Wermlannin mittausyhdistyksen alueella on ollut voimassa vielä lievempi määräys, että tasainen lenkous, joka voidaan sahata käyräsahauslaitteilla jätetään vikana huomioon ottamatta. Nämä maksimilenkoudet eri pituisille tukeille ovat:

13	jalkaa	2″
14	»	3″
15	»	4″
16	»	4½″
17	»	5″

Tärkein kysymys mittavähennysten lähtökohtaa valittaessa onkin kysymys lenkoudesta. Onko lenkoutta pidettävä vähennystä vaativana vikana vai ei? V u o r i s t o n (1939) ja R o n k a s e n (1950) suorittamat tutkimukset osoittavat, että lenkous on suomalaisessa havupuussa sangen yleinen ominaisuus. R o n k a s e n aineistosta n. 2/3 oli enemmän tai vähemmän lenkoja. Suurimmassa osassa tukeista lenkous oli tosin hyvin vähäistä. Toisaalta tiedetään, että lenkous, vähäisessäkin määrässä esiintyvänä, lyhentää tukista saatavan sahatavaran pituutta ja kaventaa

sen leveyttä. Kolmantena näkökohtana tuotakoon esille se, että pieni lenkous etenkin voimakkaasti kapenevissa tukeissa on varsin vaikea arvioida. Lisäksi vähäisenkin lenkouden käsittäminen viaksi tekisi vikojen käsittelytyön aikaavieväksi, sillä, kuten mainittiin, lenkoutta esiintyy hyvin runsaasti. Niinpä tuntuukin siltä, että paras ratkaisu on vähäisen lenkouden jättäminen huomioon ottamatta. Suuri lenkous on kuitenkin otettava huomioon, sillä se pienentää varsin tuntuvasti sahaustulosta (esim. Siimes 1957). Mikä olisi sitten sopiva raja hyväksyttävälle lenkoudelle?

Kuten tunnettua, sahat ottavat tukkien mittauksessa lenkouden huomioon alentamalla läpimittaa eli siis sahaamalla lengot tukit tavallista pienemmällä asetteella. Niillä ei kuitenkaan ole tarkkoja ohjeita siitä, kuinka suuri alennuksen tulee eri tapauksissa olla, vaan yleensä sanotaan, että läpimittaa alennetaan ½—1″ ja erikoistapauksissa jopa 1½″ (vrt. s. 19). Näistä käytännön ohjeista ei siis saada apua sallitun ja liian suuren lenkouden välisen rajan yksityiskohtaiseksi määrittämiseksi.

Ronkasen (1950) suorittamat tutkimukset ovat osoittaneet, että lenkouden määrän ja sydäntavaran kapenemisen sekä lyhenemisen välinen korrelaatio on suoraviivainen, joten siltä pohjalta on vaikea löytää luonnollista rajaa hyväksyttävän ja liian suuren lenkouden välille. Vuoristo (1939) ja Ronkanen (1950) jakoivat lenkouden seuraavasti kolmeen luokkaan, joita luokkia on sovellettu myös joissakin apteerausohjeissa.

1. Suorat tukit, lenkous alle 0.075″/jj
2. Lengot tukit, lenkous 0.075—0.125″/jj
3. Erittäin lengot tukit, yli 0.125″/jj

Näistä voitaisiin esim. erittäin lenkojen tukkien alaraja ottaa hyväksyttävän lenkouden maksimiksi. Se on keskimääräistä 16 jalan tukkia kohden 2″ eli n. 5.0 cm. Toisaalta Siimeksen (1957) uusimmat tutkimukset osoittavat, että raaka-ainemenekissä tapahtuu jyrkähkö nousu siirryttäessä lenkousluokasta 3—4 cm luokkaan 5—6 cm. Näin ollen olisi 4 cm sopiva raja sallittavalle lenkoudelle. Jos lenkous on siis koko tukin pituudella 4 cm tai pienempi, tukkia pidetään mittavähennysten teon kannalta suorana ja mittavähennystä ei tällöin tehdä.

Lähtökohtana mittavähennysten teolle olisi siis pidettävä tukin latvaläpimittaisen suoran sylinterin sahaustulosta. Määrävioiksi lasketaan kaikki sellaiset tukissa esiintyvät vikaisuudet ja epäsäännöllisyydet, joiden vuoksi tukista saatava sahatavaramäärä on pienempi kuin vastaavan kokoisesta suorasta sylinteristä saatava tulos. On siis huomattava, että vertailu tehdään aina suoraan sylinteriin. Niin on tehtävä myös lenkouteen nähden, mikäli se katsotaan vähennyksiä vaativaksi viaksi ja mikäli se ylittää sallitun rajan. Hylkytavaraa ei lueta mittavähennyksiä tehtäessä sahatavaraksi.

Mitä edellä on esitetty, on teoreettisesti paras ratkaisu. Käytännön kannalta asiaa tutkittaessa on kuitenkin muistettava, että lenkouden aiheuttamia mittavähennyksiä on paljon vaikeampi määrittää kuin muiden vikojen aiheuttamia. Siihen viittaa myös amerikkalainen käytäntö kuutiojalkamittauksissa. Kysymys olisikin tutkittava käytännössä.

33. Määrävikojen ryhmittely

Määrävioiksi luetaan useaa eri lajia olevia vikoja ja epäsäännöllisyyksiä. Yhdysvalloissa tällaiset vikaisuudet jaetaan tavallisesti neljään eri ryhmään (esim. Belyea 1931, Meyer—Chapman 1949).

1. Sisäviat, jotka aiheuttavat häviöitä tukin sisäosissa. Ne ovat puuaineksen vikaisuuksia, joiden vuoksi sahatavaraa on lyhennettävä. Näihin vikoihin luetaan erilaiset lahot, sydän- ja rengashalkeamat yms.

2. Sivu- eli ulkoviat, jotka aiheuttavat häviötä tukin pintaosissa. Ne ovat myös osaksi puuaineksen vikoja, jotka on sahatavarasta leikattava pois, ja osaksi tukin muodon epäsäännöllisyyksiä, jotka sellaisinaan lyhentävät tai kaventavat tukista saatavaa sahatavaraa. Näistä vioista mainittakoon pintalahot, tuuli- ja kuivumishalkeamat, toukanreiät, pakkashalkeamat sekä huolemat ja korot.

3. Mutka- ja lenkousviat, jotka samoin kuin korot ja huolemat välittömästi lyhentävät ja kaventavat sahaustulosta.

4. Haaraviat, jotka yleensä puun sisälle jääneen kuoren vuoksi, pakottavat lyhentämään sahatavaraa. Tähän ryhmään luetaan sekä varsinaiset haarat että suuret pystyoksat.

U. S. Forest Service ja Yhdysvaltain länsirannikon mittausyhdistykset lukevat myös epänormaalisen suuren oksaisuuden määräviaksi (National Forest ...., Barrett 1949). Tällöin on kysymys niin vaikealaatuisesta viasta, että oksat aiheuttavat joko suuruudellaan tai määrällään sahatavarakappaleen pirstoutumisen. Tällaista oksaisuutta tavataan vanhojen, suurten aarniomäntyjen latvaosissa melko yleisesti myös meidän maassamme.

Norjassa pidetään puutavaran mittauskomitean mietinnön mukaan seuraavia sahatukkien vikoja vähennyksiä vaativina määrävikoina (vrt. Helander 1931): Laho, mutkat ja lenkous, suurioksaisuus, huomattava soikeus, lylyisyys sekä valmistusviat.

Ruotsin Skogsstyrelsen-viraston antamien ohjeiden mukaan luetaan vähennyksiä vaativiksi määrävioiksi seuraavat vikaisuudet ja epäsäännöllisyydet.

— Suuret pystyoksat
— Avonaiset sydänhalkeamat
— Pakkashalkeamat.

— Pehmeä laho, joka määritellään seuraavasti: Pehmeä laho tuntuu sulassa tilassa kovalla kulmikkaalla esineellä painettaessa pehmeämmältä kuin terve puu.

— Kova laho, mikäli sitä on enemmän kuin V-sahatavarassa sallitaan. Vähäinen kova laho sen sijaan käsitellään laatuvikana. Kovalla laholla tarkoitetaan lahoa, joka sulana kovalla, kulmikkaalla esineellä painettaessa tuntuu yhtä kovalta kuin terve puu.

— Halkeillut ja musta vesisilo, jolla tarkoitetaan vetistä, tummaksi väräjäytynyttä sydänpuuta. Jos vesisilo ei ole mustaa eikä halkeillutta, se käsitellään laatuvikana (vrt. Heiskanen 1955).

— Korot ja huolemat

— Jyrkät mutkat

— Haarautumat

— Lenkous, joka ylittää 1″ jokaista tukin viittä pituusjalkaa kohden.

Saksalaisista, sveitsiläisistä ja suomalaisista laatuluokitusohjeista voidaan myös löytää erilaisia luetteloja määrävioista, jotka laatuvikojen lisäksi on laatu(-määrä)luokittelussa otettava huomioon (Hilf 1942, Diener 1948, Vuoristo 1935, Heiskanen 1950, 1951, 1954, Siimes 1951). Niistä ei mikään kuitenkaan ole niin täydellinen kuin edellä esitetty ruotsalainen luettelo, joka osoittaakin melko tarkoin kaikki mittauksessa huomioon otettavaksi tulevat määräviat. Edellä esitettyjen luetteloiden ja meillä käytettyjen laatuluokitusohjeiden perusteella onkin taulukkoon 1 koottu ne viat, jotka olisi huomioon otettava mittavähennyksiä suoritettaessa. Laatuvioista, kuten esim. oksista tehty maininta hyvin suuri, tarkoittaa suurempaa vikaa kuin laatuluokituksen mukaan on III laatuluokassa sallittu.

Näiden jo kasvavassa puussa esiintyvien vikojen lisäksi on otettava huomioon myös valmistusviat, joita ovat.

— Vesenne

— Kaatohalkeamat ja -repeämät

— Oksan repeämät.

Vesenteestä on jo määräys mittaussäännössäkin, jonka 3 § 2 momentissa mainitaan: »Mittaamatta jätetään sellainen osa, jossa vesenne ulottuu yli poikkileikkauspinnan halkaisijan kolmanneksen.» Vesenne on siis määrävioista erikoisasemassa sikäli, että käsittelytapa mittauksessa on jo laissa määrätty.

Mainittakoon lisäksi, että valtion metsäin puiden myynnistä v. 1922 annetulla asetuksella on myös sidottu eräiden vikojen käsittely. Sen 4 §:n 3 momentissa määrätään: »Puita kiinteän kuutiomitan mukaan myytäessä tulee ostajan täysiarvoisena vastaanottaa sellainenkin pölkky, jossa on sydänlaho, suuruudeltaan korkeintaan 1/8 läpimitasta, tai sydänrako, sekä

sellainen, jossa on pintavikoja, mitkä eivät ulotu syvemmälle kuin että puun sisään jääpi terve lieriö, joka täyttää ensimmäisessä momentissa mainitut mitat.» (vrt. Ehdotus .... 1937.)

Tätä määräystä ei liene käsitettävä niin, että mainitut viat eivät aiheuttaisi vähennystä tukista saatavassa sahatavaramäärässä vaan niin, että metsähallitus on halunnut saada myydyksi nuo miltei yksinomaan sen metsille ominaiset ja niissä yleisiä vikoja sisältävät tukit täydestä arvosta. Periaate ei tunnu näin ollen oikeudenmukaiselta.

Taulukko 1. Luettelo mittavähennyksiä vaativista kasvavassa puussa esiintyvistä vioista.

Table 1. List of defects found in growing tree requiring scale deductions.

Vika *Defect*	Koko tai laatu *Size or quality*	Vähennystapa *Method of deduction*
Pystyoksat	hyvin suuret [1]	pituusvähennys
Fork-knots	*very large*	*reduction in length*
Laho-oksat	»	»
Decayed knots		
Kuorioksat	»	»
Bark knots		
Kuivat ja tuoreet oksat	»	»
Dry and green knots		
Sydänhalkeamat	lahot suuret	»
Heart checks	*rotten, large*	
Rengashalkeamat	kaikki	»
Ring shakes	*all*	
Kova laho	laaja	»
Hard rot	*extensive*	
Pehmeä laho	kaikki	»
Soft rot	*all*	
Vesisilo	halkeillut	»
Water soaked heartwood	*cracked*	
Vesisilo	musta	»
Water soaked heartwood	*black*	
Tyvikorot	kaikki	»
Butt scars	*all*	
Keskikorot	laajat	läpimittavähennys
Middle scars	*large*	*reduction in diameter*
Mutkat	jyrkät	pituusvähennys
Crooks	*sharp*	*reduction in length*
Lenkous	useampaan suuntaan	läpimittavähennys
Sweep	*to several directions*	*reduction in diameter*
Lenkous yhteen suuntaan [2]	yli 4 cm	»
Sweep to one direction	*more than 4 cm*	
Haarautumat		pituusvähennys
Forks		*reduction in length*

[1]) Hyvin suuri ja laaja tarkoittavat suurempaa vikaa kuin III laatuluokassa on sallittu.
Very large and extensive indicates defect which is greater than that allowed in the poorest grade.

[2]) Toinen mahdollisuus on, että käytännöllisten vaikeuksien vuoksi lenkoutta ei katsota vähennystä vaativaksi viaksi.
Another possibility is that, owing to practical difficulties, sweep is not considered a defect requiring deductions.

4. Vikojen käsittelytavat

41. Luokitus vai mittavähennys

Määrävikojen käsittely voi tapahtua mittauksessa kahdella eri tavalla, jotka eroavat toisistaan hyvin olennaisesti.

1. Jakamalla tukit tiettyihin luokkiin, joille määrätään hinnanero sen mukaan kuinka paljon ja minkä laatuista sahatavaraa niistä saadaan (H i l f 1942 ym.). Nämä laatuluokitukset siis ottavat yhtä aikaa huomioon sahaustuloksen laadun ja määrän, joiden vaikutus on aivan erilainen. Se onkin menetelmän suuri varjopuoli, minkä vuoksi tällaista luokitusta voidaan pitää ainoastaan väliasteena koetettaessa omaksua määrävikojen oikea käsittely mittaustilaisuuksissa, jonka omaksumisen jälkeen laatuluokitus voidaan perustaa vain laatuvikoihin. Väliasteena luokitus onkin sangen hyvä. Sen etuina puutavaran mittauskomitea, joka suositteli sen käyttöön ottamista, mainitsee mm. seuraavat:

— menetelmä on yksinkertainen ja helppotöinen

— menetelmä on myyjän (ei ammattimiehen) helpompi ymmärtää kuin vikavähennykset.

Tuntuu siltä, että tällainen luokitus ei määrävikojen kohdalla voi antaa niin tarkkaa ja oikeudenmukaista tulosta kuin on tarpeen.

2. Toinen ja oikeudenmukaisempi tapa on tukin kuutiomäärän pienentäminen tavalla tai toisella vian aiheuttaman häviön korvaamiseksi. Se lähtee oikealta pohjalta: koska sahaustulos pienenee, on myös tukin kuutiota pienennettävä. Myös puutavaranmittauskomitea asettuu periaatteessa tämän tavan kannalle, myöntäen, että »huolellisesti suoritettu kurssaus voi tietysti yksityisissä tapauksissa olla täsmällisempi ja oikeudenmukaisempi kuin luokittelu,» mutta se on paljon vaivalloisempi.

Käytännössä on meilläkin useampia eri tapoja mittavähennysten suorittamiseksi. Pituusvikojen suhteen on kai yleisimpänä tapa, että katsotaan osa vikaisesta osasta tyvetyksi tai poisleikatuksi. Arviointi tapahtuu »sormituntumalla», joten tuloksetkin ovat varsin vaihtelevia. Usein poistetaan koko vikainen osa, jolloin vian vuoksi vähennetään käyttökelpoistakin puuta.

Tämä menetelmä on meillä monesti käytännössä myös sahapuiden apteerauksessa. L i u k s i a l a n (1945) kaato- ja katkaisuohjeiden kuvista löydetään monta esimerkkiä tällaisesta puun tuhlauksesta. Tosin pitkien uittomatkojen ollessa kysymyksessä tietyt vikaisuudet voi olla syytä poistaa uittohäviön kurissa pitämiseksi, mutta maakuljetuksissa pitäisi eräät verraten vikaisetkin kohdat kannattaa kuljettaa tehtaalle. Esimerkkinä em. ohjeissa neuvotusta puun tuhlauksesta otettakoon vain lautakoron

käsittely. Siitä sanotaan: »Tyvitukin tyvessä saa olla lautakoroa korkeintaan 5 jalkaa, jos korovapaata tervettä puuta on tyvileikkauksessa latvaläpimitan verran.» Sen mukaan siis esim. 9″ tukista, jossa kapeneminen on 2″, on tyvettävä 3″ syvyisen koron vuoksi koko tyviosa. Siinä saattaa olla kuitenkin 8″ tervettä puuta. Tällainen menettely on paraslaatuisen puun tuhlausta, mitä ei saisi tapahtua määrävikojen vähentämisessä.

Läpimittavikojen käsittely, silloin kun sellaista tapahtuu, suoritetaan meillä läpimittaa arviolta alentamalla ja siinä päästään yleensä varsin tarkkoihin tuloksiin. Läpimittavikojen käsittely onkin huomattavasti helpompaa kuin pituusvikojen vaatiman vähennyksen laskeminen.

Sahalaitosten mittaohjeista on löydettävissä yksityiskohtaisimmat meikäläiset mittavähennysten teko-ohjeet. Ne koskevat aina vain läpimitan alentamista. Esimerkkinä mainittakoon erään pohjois-suomalaisen sahan antamat ohjeet:

»Mittaajan on suoritettava tukin laatuarvostelu ennen mittausta. Tukeissa esiintyvät muotoviat huomioidaan mittauksessa tällöin seuraavasti:

Tasaisesti lenko tukki, riippuen sen pituudesta, tyvekkyydestä ja lenkouden määrästä, merkitään tukin latvaläpimittaa ½″—1″ pienempään tuumaluokkaan. Lenkouden alentava vaikutus huomioidaan isompana pitemmissä ja tasapaksuissa tukeissa, pienempänä lyhyissä ja tyvekkäissä tukeissa.

Mutkainen tahi väärä tukki (kahteen suuntaan) käsitellään samoin mutta alentamalla tuumaluokka 1″—1½″.

Pitkän ja syvälle pistävän koron vaikutus huomioidaan samalla tavoin kuin lenkouden.»

Näitä ohjeita tarkasteltaessa on erityisesti huomattava, että lenkous on niissä katsottu läpimittaviaksi. Se onkin luonnollista, kun asiaa tutkitaan sahalaitoksen kannalta.

42. Amerikkalainen menetelmä

Yhdysvalloissa vikojen aiheuttaman vähennyksen suuruutta laskettaessa käytetään yleensä seuraavaa menetelmää: Tukin päässä näkyvien vian suurimpien ulottuvuuksien perusteella määritetään suorakaide tai neliö, joka sisältää koko vikaisen alan, ja mitataan tai arvioidaan vian pituus tukissa. Näiden mittojen avulla kuutioidaan vika, joka kuutiomäärä sitten vähennetään tukin kuutiosta. Vian suuruuden laskeminen on siis kaavan muodossa (vrt. L a v e r 1951):

$$V = W \times H \times L$$

Kaavassa esitetyillä kirjaimilla on seuraava merkitys:

V = vian kuutiosisältö
W = vian leveys tukin päässä
H = vian korkeus tukin päässä
L = vian pituus.

Vikojen määrittämisessä noudatetaan U. S. Forest Servicen mukaan seuraavia pääperiaatteita (National Forest....1941).

1. Vähennykset tehdään vain näkyvistä vioista.

2. Vähennyksissä ei oteta huomioon latvalieriön ulkopuolella olevia vikoja.

3. Milloin vika ulottuu tukissa niin pitkälle, että terveen osan pituus jää lyhemmäksi kuin pitkän sahatavaran minimipituus, katsotaan vian ulottuvan tukin päästä päähän.

4. Vikojen varsinainen mittaus suoritetaan seuraavasti: Jos vika näkyy mitattavan tukin molemmissa päissä, W ja H ovat ne läpimitat, jotka ovat suuremmat ja L on tukin koko pituus. Jos vika sensijaan näkyy vain tukin toisessa päässä W ja H ovat näkyvät läpimitat ja L arvioidaan kokemuksen perusteella.

5. Vikojen läpimittoihin on lisättävä yksi tuuma, joka katsotaan tarvittavan ottamaan huomioon terveen puun menetys vikaa sahatavarasta poistettaessa.

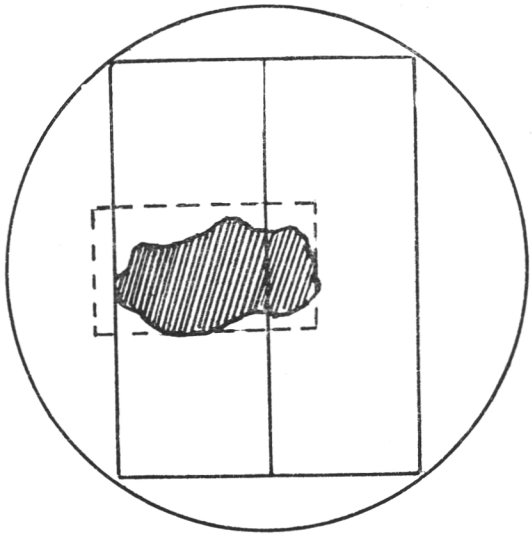
Tämä yhdysvaltalainen menetelmä on huomattavan suuritöinen. Yhdysvalloissa käytetäänkin paljon likimääräisiä menetelmiä, *rules of thumb*, jotka kuitenkin perustuvat em. kaavaan. (ks. esim. Dilworth 1949). Usein on myös valmiiksi laskettu läpimitan ja pituuden vähennykset eri suuruisista ja laatuisista vioista. Tällainen menetelmä on mm. käytössä Puget Sound Log Scaling and Grading Bureaussa sekä eräissä muissa maan länsirannikon mittausyhdistyksissä. Yleiskaava ei ole lainkaan käytössä, vaan kaikista mahdollisista vioista on esitetty yksityiskohtaiset ja tavallisesti kuvin varustetut käsittelyohjeet (ks. Barrett 1949, Dilworth 1949).

Tällainen menetelmä on verraten yksinkertainen ja nopea. Se on myös tarpeeksi tarkka, jos vähennykset kustakin viasta on esitetty tarpeeksi moneen suuruusluokkaan jaettuna. Menetelmä vaatii kuitenkin joko erityiset koesahaukset tai pitkäaikaisen käytännön kokemuksen, ennenkuin viat voidaan oikein luokitella ja niiden vaatimat vähennykset riittävällä tarkuudella laskea.

Yhdysvaltalainen kaavamenetelmä siis vähentää tukista vain todella viallisen osan [1]). Pienikokoisissa tukeissa tällainen teoriassa oikeuden-

[1]) Itse asiassa vähennys on siinäkin hieman oikeaa suurempi, sillä vian kapenemista ei lainkaan oteta huomioon.

mukainen tapa tuntuu kuitenkin hieman liian lievältä. Otettakoon siitä esimerkiksi kuvan 1 osoittama viallinen tukki. Pilkkuviivoituksella vian ympäri piirretty suorakaide osoittaa vähennyksen suuruuden em. yhdysvaltalaista kaavamenetelmää käytettäessä. Kun katsotaan kuitenkin vian sijainti tukista saatavaan sydäntavaraan nähden huomataan, että vika pilaa koko toisen sydänkappaleen ja vioittaa toistakin aiheuttaen sen kaventamisen. Kun esimerkkitukki on varsin pieni, kuten kaikki meikäläiset tukit ovat, ei pahemmin vioittuneen sydänkappaleen terveitä sivuosiakaan voida käyttää sahatavaraksi, vaan nekin joutuvat hakkeeksi. Vikavähennystä meikäläisen kokoisissa tukeissa laskettaessa oikeudenmukaiseen tulokseen pääsemiseksi olisikin otettava huomioon vikojen mittojen lisäksi myös vian takia lyhennettäväksi tulevan sahatavarankin mitat kokonaisuudessaan. Yhdysvaltalainen kaavamenetelmä ei sovikaan meikäläisiin olosuhteisiin.



Kuva 1.

43. Ruotsalainen menetelmä

Ruotsalainen vikavähennysmenetelmä perustuu siihen, kuinka viat vaikuttavat sahatavaran määrään tavallisia sahaustapoja käytettäessä. Viat jaetaan kahteen pääryhmään:

1. Pituusviat, joiden vuoksi tukista saadaan normaalia lyhempää sahatavaraa.

2. Läpimittaviat, joiden vuoksi tukista saadaan normaalia kapeampaa sahatavaraa. Sivuilla 15—16 mainituista vioista luetaan läpimittavioiksi Skogsstyrelsen-viraston mukaan lenkous useampaan suuntaan sekä erinäiset pintaviat. Muut ovat pituusvikoja.

Taulukko 2. Pituusvähennysten laskemisesta käytettävä aputaulukko (Kort handledning ...).

Table 2. Auxiliary table used in calculating length deductions (Kort handledning ...).

Latvaläpimitta *Top diameter, in.*	Sydänkappaleiden lukumäärä *Number of battens or deals*	Osuus sahaustuloksesta *Percent of lumber yield*		Pituusvähennys, jalkaa — *Reduction in length, feet*								
				1	2	3	4	5	10	15	20	25
		Tavaralaji *Sort of lumber*	%	Vastaa tukkijalkaa — *Corresponds feet of log*								
—13″	2	Sivulaudat *Boards*	30									
		Sydäntavara *Battens and deals*	70									
		Yksi sivu *One board*	15	0.2	0.3	0.5	0.6	0.8	1.5	2.3	3.0	3.8
		Yksi sydänkappale *One batten or deal*	35	0.3	0.7	1.0	1.4	1.7	3.5	5.2	7.0	8.7
14″—	4	Sivulaudat *Boards*	35									
		Sydäntavara *Battens and deals*	65									
		Yksi sivu *One board*	17	0.2	0.3	0.5	0.7	0.9	1.7	2.6	3.4	4.3
		Yksi sydänkappale *One batten or deal*	16	0.2	0.3	0.5	0.6	0.8	1.6	2.4	3.2	4.0

Pituusvikojen käsittely on tässä ruotsalaisessa menetelmässä seuraavanlainen: Arvioidaan vian ulottuvuuksien ja kunkin läpimittaluokan yleisimpien lankku- ja soiroasetteiden perusteella, kuinka monta juoksujalkaa sivulautoja ja kuinka monta juoksujalkaa sydäntavaraa on vian vuoksi lyhennettävä. Erityisestä taulukosta (taulukko 2) lasketaan, paljonko nämä vähennykset merkitsevät tukkijuoksujalkoina, jonka tuloksen mukaisesti tukin pituutta alennetaan.

Esimerkkinä tämän menetelmän käytöstä esitettäköön seuraava tapaus: Erään 17′ × 10″ tukin tyvessä on 9 jalan pituinen palokoro. Häviö tukin yhdellä puolella lautatavarassa arvioidaan 10 jalaksi ja toisessa sydänkappaleessa 5 jalaksi. Taulukon 2 mukaan nämä vähennykset ovat tukkijuoksujaloiksi muunnettuina:

10 jj pintatav. yhdellä puolella = 1.5 jj
5 jj yhdestä sydänkappaleesta = 1.7 jj
3.2 jj

Taulukko 3. Kuutiomäärän prosenttinen pieneneminen tukin pituutta alennettaessa.

Table 3. Percentile decrease of cubic contents when reducing length of log.

Pituus, j *Length, f*	Lyhennys, jalkaa — *Reduction in length, feet*			
	1	2	3	4
	% kuutiosta — *per cent of volume*			
11	9	—	—	—
12	8	17	—	—
13	8	15	23	—
14	7	14	21	29
15	7	13	20	27
16	6	13	19	25
17	6	12	18	24
18	6	11	17	22
19	5	11	16	21
20	5	10	15	20

Tukin pituutta on siis alennettava 3.2⁓3.0 juoksujalalla, joten tukin mitoiksi merkitään 14′ × 10″. — Taulukosta 3 nähdään, kuinka monta prosenttia eri suuruiset vähennykset ovat tukin kuutiosta.

Läpimittavikojen aiheuttamat vähennykset arvioidaan silmämäärin ja vähennys suoritetaan tukin läpimittaa alentaen. Apuna näiden vähennysten teossa on taulukko 4, josta nähdään eri suuruisen läpimitan alennusten vaikutus tukin kuutiomäärään. Lisäksi useista vioista on annettu erikois-ohjeet alennuksen suuruudesta.

Skogsstyrelsen-viraston (1944) antamien ohjeiden mukaan vähennysten teossa noudatettavista pääperiaatteista ovat seuraavat tärkeimmät.

Taulukko 4. Kuutiomäärän prosenttinen pieneneminen tukin läpimittaa alennettaessa (Kungl. Skogsstyrelsen).

Table 4. Percentile decrease of cubic contents when reducing diameter of log (Kungl. Skogsstyrelsen).

Latvaläpimitta, ″ *Top diameter, in*	Läpimitta-alennus, ″ — *Reduction in diameter, in*			
	½	1	1½	2
	% kuutiosta — *per cent of volume*			
6	16	31	—	—
7	14	27	38	49
8	12	23	34	44
9	11	21	31	40
10	10	19	28	36
11	9	17	25	33
12	8	16	23	31
13	8	15	22	28
14	7	14	20	27
15	7	13	19	25

1. Ennen vikojen vaikutuksen määrittämistä tukki on asetettava asentoon, jossa se mutkien, vikojen tai muiden ominaisuuksien vuoksi todennäköisesti tulee sahattavaksi. Tämä asento on eri tapauksissa seuraava:

— Suorat, virheettömät ja pyöreät tukit voidaan sahata missä asennossa tahansa.

— Suorat, pyöreät tukit, joissa on jokin laatuvika asetetaan sahausta varten niin, että vian vaikutus sydäntavaraan jää mahdollisimman vähäiseksi, s.o., että se pilaa vain toisen sydänkappaleista.

— Suorat, virheettömät mutta poikkileikkaukseltaan soikeat tukit asetetaan niin, että suurin läpimitta tulee pelkkaraamilla pystysuoraan.

— Mutkaiset tukit taas asetetaan pelkkaraamilla niin, että ne ovat sivusuuntaan mahdollisimman suoria.

2. Vikojen vaikutuksen määrittämisen tulee tapahtua sellaisessa asennossa, jossa saadaan mahdollisimman suuri sahaustulos.

Ruotsalainen menetelmä johtaa, kuten selostuksesta ilmenee, pienissä tukeissa oikeudenmukaisempaan tulokseen kuin amerikkalainen tapa. Sillä on kuitenkin eräs varjopuoli. Vähennyksen suuruus riippuu verraten paljon mittauksen suorittajan omasta harkinnasta. Itse asiassa ei ole olemassa tarkkaa laskutapaa, johon voitaisiin vedota riitaisuuksien sattuessa, kuten on laita amerikkalaisessa menetelmässä. Ruotsalaisen menetelmän subjektiivisuutta lisää myös se, että siinä on usein arvioitava kaksi vian ominaisuutta, sen pituus ja kapeneminen. Amerikkalaista menetelmää käytettäessä on arvioitava sen sijaan vain pituus.

Ruotsalainen menetelmä on kuitenkin paljon parempi kuin nykyiset meillä käytetyt mittavähennysmenetelmät. Ruotsalaisten tyytyminen siihen pitkäaikaisen käytön jälkeen todistaa sen antavan tyydyttäviä tuloksia. Se on myös niin yksinkertainen, että sen käytäntöön soveltaminen ei voine tuottaa varsin suuria vaikeuksia. Menetelmän käyttöä voidaan myös helpottaa antamalla yksityiskohtaiset ohjeet eri vikojen käsittelystä, kuten Ruotsissakin on tehty. Tämä ruotsalaisten käyttämä mittavähennysmenetelmä voidaan suositella käyttöön otettavaksi myös meillä sellaisena, kuin edellä on esitetty. Sen epävirallinenkin omaksuminen helpottaisi varmasti vikaisten tukkien käsittelyä mittaustilaisuudessa.

Ruotsalaiseen mittavähennysmenetelmään on kuitenkin tehtävä eräs korjaus ja lisäys. Poikkeuksena yleiseen sääntöön, vian on katsottava ulottuvan läpi tukin, jos terveen sydäntavaran pituudeksi jää alle yhdeksän jalkaa. T.s. tällaisessa tapauksessa tukki on siis hyljättävä.

Erikoisohjeet ovat lisäksi tarpeen monien eri vikaisuuksien käsittelyn helpottamiseksi.

Esimerkkinä mainittakoon, ettei voida millään tavoin silmämäärin selvittää kuinka paljon sahatukin läpimittaa on lenkouden takia pienennettävä, kuten edellä jo mainittiin. Asia vaatii erikoisohjeita lenkouden vaikutuksesta, joita saadaankin

Siimeksen (1957) uudesta lenkoutta käsittelevästä työstä. Sen mukaan on sahaustuloksen pieneneminen suoraan tukkiin verrattuna eri lenkousluokissa ja läpimittaluokissa seuraava:

Lenkous, cm *Sweep, cm*	7½″	9″
	Sahaustuloksen pieneneminen, % *Deduction in lumber yield, per cent*	
0— 2	0	0
3— 4	3	6
5— 6	10	12
7—10	19	20
>10	24	27

Tällaisten lukujen avulla sekä käyttämällä edellä esitettyjä aputaulukoita, voidaan helposti saada selville, kuinka tukin läpimittaa on missäkin tapauksessa alennettava. Käytännössä esiintyy kuitenkin vaikeutena myös lenkouden määrän määrittäminen. Lienee verraten vaikea arvioida, onko lenkous 5 cm vai 7 cm jne. Onkin mahdollista, kuten jo mainittiin, että juuri tämän seikan vuoksi lenkoudesta ei käytännössä voidakaan tehdä mittavähennyksiä.

Muita vikaisuuksia, joiden vaatimien mittavähennysten teon helpottamiseksi olisi suoritettava erikoistutkimuksia ja annettava erikoisohjeita, ovat mm. mutkat ja sydänhalkeamat. Nämä tutkimukset vaativat koesahauksia.

5. Mittavähennysten tarkkuus

Mittavähennysten teon subjektiivisuutta ja epätarkkuutta korostetaan melko yleisesti menetelmää koskevissa selostuksissa ja kirjoituksissa. Puutavaranmittauskomitean esittämistä näkökohdista on jo aiemmin mainittu. Myös Helander (1931) mainitsee, »että vikojen arvioiminen riippuu varsin paljon suorittajasta.» Myyjä on taipuvainen arvioimaan viat pienemmiksi kuin ostaja, jolla on päinvastainen halu. Yhdysvalloissa ja Ruotsissa, joissa mittauksen suorittavat mittausyhdistykset tai, kuten ensinmainitussa maassa on tapana, myyjä (metsähallitus) tai ostaja yksinään, mittaustulosten tarkistukseen on kiinnitetty paljon huomiota. Näistä tarkistustuloksista on saatavissa tietoja mittauksen tarkkuudesta.

Ruotsissa ns. tarkistusmittaajat tarkastavat mittamiesten työtä aika ajoin. Yleensä ero mittauksen ja tarkistusmittauksen tulosten välillä ei saisi olla erän viallisuudesta riippuen, yli 2—3 prosentin. Useimmiten virhe onkin alle tuon rajan (Helander 1931).

Yhdysvalloissa on käytössä samanlainen tarkistusmenetelmä. Siellä esim. U. S. Forest Servicen mittauksissa sallitaan seuraavat erot tarkistusmittauksen ja varsinaisen mittauksen välillä (National Forest..., Dilworth 1949).

1 %,	jos vikaprosentti on	0 %
2 »	» »	1—10 %
3 »	» »	11—20 %
5 »	» »	yli 20 %

Sekä Forest Servicen että mittausyhdistysten virkailijoiden ilmoitusten mukaan erot miltei poikkeuksetta ovatkin näiden rajojen alapuolella.

Em. sallittuihin virheisiin sisältyvät myös pituuden ja läpimitan mittauksen virheet. Niissä sallitaan 1 %:n virhe, kuten virheettömien puiden mittaustarkkuusvaatimukset osoittavat. 1—10 % mittavähennykset vaativissa erissä sallitaan siis 1 % virhe varsinaisessa mittauksessa ja 1 % virhe vikojen määrittämisessä. Jälkimmäinen on vikojen osuudesta 10—100 %, joista edellinen luku voitaneen pitää lähempänä määräysten antajan sallimaa virhettä. Puissa, joissa vikaprosentti on 11—20 %, vikojen määrittämisessä sallittu virhe on 2 % eli 10—20 % vikojen osuudesta. Kaikkein viallisimmissa puissa sallittu virhe on alle 20 % vikojen osuudesta. Voitaneen siis päätellä, että U. S. Forest Service pitää sallittuna 10—20 %:n virhettä vikojen määrittämisessä, johon tarkkuuteen myös käytännössä päästään.

Mittavähennysten suorittaminen vaatii paljon kokemusta ja harjoittelua ennenkuin voidaan toivoa päästävän tarkkoihin ja varmoihin tuloksiin (D i l w o r t h 1949). Ruotsissa ja Yhdysvalloissa kiinnitetäänkin varsin paljon huomiota mittamiesten kouluttamiseen. Yhdysvalloissa esim. Puget Sound Log Scaling and Grading Bureau käyttää seuraavia tapoja mittausmiestensä perus- ja jatkokoulutukseen (vrt. H e i s k a n e n 1954).

1. Aloittelevien mittamiesten koulutus tapahtuu paitsi erityisillä kursseilla myös siten, että uudet miehet toimivat aluksi pitemmän aikaa kokeneiden, ammattitaitoisten mittamiesten apuna oppiakseen käytännössä suorittamaan mittavähennykset ja laatuluokituksen.

2. Yhdistyksen puolesta pidetään jatkokoulutusesitelmiä ja esitetään värivalokuvia erilaisista vioista ja niiden vaikutuksesta sahaustulokseen.

3. Työttömänä aikana mittamiehet käyvät seuraamassa sahauksia sahalaitoksilla ja tekevät kustakin seuraamastaan tukista ja siitä saatavasta sahatavarasta tarkat muistiinpanot. Ensin tukista merkitään muistiin mitat, siinä esiintyvä vika ja sen aiheuttama vähennys. Sitten mitataan ko. vian aiheuttama vähennys sahatavaramäärään.

4. Mittamiehiä varten on painettu taskukokoinen hyvin kuvitettu opaskirjanen, jossa eri vikojen käsittely on yksityiskohdittain selvitetty (B a r r e t t 1949).

Myös Ruotsissa mittamiesten koulutus on hyvin tehokasta ja samantapaista kuin Yhdysvalloissa. H e l a n d e r (1931) selostaa asiaa seuraa-

vasti: »Mittamiehiltä vaaditaan siitä syystä arvostelukykyä ja taitoa osata arvioida minkä verran mikin vika aiheuttaa sahaustuloksen alentumista. Tämän takia koetetaan mittareiksi valita miehiä, joilla on kyseenalaisessa suhteessa kokemusta ja, ellei sitä ole tarpeeksi, kasvattaa niitä arvosteluun pystyviksi. Jokaisena vuonna järjestää mittayhdistys mittareilleen tilaisuuden jossakin sahassa sahaukseen tutustumista varten. Noin pari viikkoa kestävillä kurseilla on näiden seurattava sahausta ja ennenkuin kurssi päättyy osattava jokaisesta sahaan tuodusta tukista sanoa, minkä verran sahatavaraa siitä saadaan ja missä määrin jokin vika sahaustulosta alentaa.»

Voidaan ilman muuta olla vakuuttuneita, että mittavähennysten suorittaminen vaatii mittamieheltä huomattavasti suurempaa ammattitaitoa kuin pelkkä pituuden ja läpimitan mittaus. Tyydyttävä ammattitaito lienee kuitenkin saavutettavissa melko lyhyilläkin kursseilla, kuten laatuluokitukseenkin nähden on havaittu metsäntutkimuslaitoksen toimesta järjestetyissä monissa opetustilaisuuksissa (vrt. Heiskanen 1954). Tällaisista kursseista saavutettava hyöty ei ilmene yksinomaan mittauksen tehostumisessa, vaan se koituu sahatukkien hankinnan kaikkien vaiheiden hyväksi.

6. Mittavähennysten tekoon kuluva aika

Sahatukeissa esiintyvien teknillisten vikojen käsittelyä koskevissa kirjoituksissa on meillä yleensä erikoisesti korostettu tämän työn vaivalloisuutta ja sen vaatimaa suurta työmäärää (Helander 1930, Wuoti 1943, Heikkerö 1948). Puutavaran mittauskomiteakin pitää sitä eräänä menetelmän pahimmista varjopuolista, kuten alussa mainittiin.

Järjestelmällinen vikojen käsittely mittauksessa viekin varsin huomattavan ajan. Almqvistin ja Hallmansin (1947) mittaustyöstä suorittamat tilastolliset aikatutkimukset osoittavat, että vikojen käsittelyaika on keskimäärin n. 25—40 % koko mittauksen tehotyöajasta, kuten taulukosta 5 ilmenee.

Taulukko 5. Tukkien mittauksen tehotyöajan jakautuminen (Almqvist-Hallmans 1947).

Table 5. Distribution of the actual working time for log scaling (Almqvist-Hallmans 1947).

Mittausyhdistys *Scaling bureau*	Kuutioimisaika *Scaling time*	Vikojen käsittelyaika *Deduction time*	Yhteensä *Total*
	Min/tukki — *Min log*		
Norrbotten	0.23	0.18	0.41
Skellefteå	0.17	0.07	0.24
Ångermanälv	0.18	0.12	0.30
Sundsvall	0.25	0.10	0.35
Dalälvar	0.37	0.13	0.50

Näitä lukuja ei kuitenkaan ole käsitettävä niin, että vikojen määrittäminen lisäisi 25—40 %:lla mittaustoimitukseen kuluvaa aikaa. Tämä lisäys olisi huomattavasti pienempi, sillä tehotyöaika on em. tutkimusten mukaan vain n. 53—74 % koko mittausajasta. Toiseksi on huomattava, että nykyisinkin vikojen käsittelyyn kuluu varsin runsaasti aikaa, sillä ne aiheuttavat erimielisyyksiä osapuolten välillä. Voitaneenkin olla varmoja, että vikojen järjestelmällinen käsittely ei välittömästi lisää mittaukseen kuluvaa aikaa niin paljon kuin em. luvut osoittavat. Ajan lisäys tulee lisäksi hyvin käytetyksi, sillä sehän koituu kokonaisuudessaan mittauksen tarkkuuden hyväksi.

7. Laatuluokitukseen tehtävät korjaukset

Oikeudenmukaisuuden vuoksi samoja vikoja ei voida ottaa huomioon sekä mittausvähennyksiä tehtäessä että laatuluokituksessa (vrt. Laver 1951). Kun tarkoituksenmukainen mittavähennysjärjestelmä otetaan virallisesti tai muutoin yleisesti käytäntöön, on samalla myös laatuluokitusta korjattava siten, että määräviat poistetaan laatuluokitusohjeista. Kysymys ei kuitenkaan ole laatuluokitusmenetelmän »huonontamisesta», vaan, kuten on mainittu, mittavähennysjärjestelmä ja laatuluokitus yhdessä tekevät vasta mahdolliseksi sahatukeissa esiintyvien vikojen oikean huomioon ottamisen sekä mittauksessa että yleensä sahatukkien hankinnassa. Kysymykseen ei ole kuitenkaan tarpeen tässä yhteydessä tarkemmin puuttua, sillä parhaillaan on käynnissä tutkimus, jonka tarkoituksena on tarkistaa nykyiset laatuluokitusmääräykset.

Kirjallisuutta

Almqvist, G. - Hallmans, G. 1947. Redogörelse för statistiska undersökning av tidsåtgången vid virkesmätning. Stockholm.

Asetus puiden myynnistä valtion metsistä. S. As. Kok. 140/1922.

Asetus puutavaran mittauksesta. S. As. Kok. 374/1938.

Asetus sisältävä puutavaran mittaussäännön. S. As. Kok. 395/1938.

Barrett, Gordon S. 1949. Log Scalers' Handbook. Everett, Wash.

Belyea, Harold C. 1931. Forest measurement. New York.

Diener, Hans 1948. Untersuchungen über die Sortimentslänge von Fichten-Rundholz. Mitt. der Schweiz. Centralanst. f. forstl. Versuchswesen. Band XXV. Heft 2.

Dilworth, J. R. 1949. Log scaling and timber cruising. Corvallis, Ore.

Ehdotus lainsäädännöksi puutavaran mittauksesta. Toimikunnan mietintö. Komitean mietintö n:o 3. 1937. Helsinki.

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

—»— 1931. Metsänmyynnin yhteydessä tapahtuva puutavaran mittaus. Keskusmetsäseura Tapion toiminta v. 1930. Helsinki.

Heikkerö, Topi 1948. Puutavaran mittauksesta Ruotsissa. Metsälehti n:o 25—26.

Heiskanen, Veijo 1950. Mäntysahatukkien uusi laatuluokittelu. Metsälehti n:o 49.

—»— 1951. Sahatukkien laatuluokittelutavat. Silva Fennica 69, ss. 76—85.

—»— 1952. Sahatukkien mittaus Yhdysvalloissa. Metsätietoa n:o 4.

—»— 1954. Tutkimuksia mäntytukkipuiden laatuluokitustavoista ja niiden tarkkuudesta. Metsäntutk. lait. julk. 44. 1.

—»— 1955. Vesisilo mäntytukkien laatua alentavana vikana. Metsät. Aikakausl. n:o 3—4.

Hilf, H. H. 1942. Die Holzverwertung. Neudammer Forstliches Lehrbuch. Neudamm—Berlin.

Jalava, Matti 1949. Puutavaran mittaus. Puutavarakaupan käsikirja, ss. 351—394. Helsinki.

Juvonen, Kauko S. 1955. Sahatukkien arvosuhteiden laskemisesta. Suomen Puumiehet r.y. 1955, ss. 60—63. Helsinki.

Kort handledning för mätning av sågtimmer och massaved av barrträd. 1949. Gävle.

Kungl. Skogstyrelsen 1944. Mätningsinstruktion för sågtimmer av barrträd. Cirkulär nr. 4 A.

Lahti, Lauri 1950. Puutavaran mittaus, vastaanotto ja luovutus. Metsäteknologia, ss. 141—182.

Liuksiala, A. 1945. Yleiset sahapuiden kaato- ja katkomisohjeet. Helsinki.

Laki puutavaran mittauksesta. S. As. Kok. 337/1 938.

Laver, C. F. 1951. Principles Concerning Log Measurement. London.

Meyer, Walther H. — Chapman, Herman H. 1949. Forest Mensuration. New York — Toronto — London.

National Forest Scaling Handbook. 1941. U. S. Dept. of Agr., Forest Service, Washington, D. C.

Puutavaranmittauskomitean mietintö 1936. Komiteanmietintö n:o 5. Helsinki.

Ronkanen, A. J. 1950. Tutkimuksia sahatukin pituuden, lenkouden ja kapemisen vaikutuksesta sydäntavaran pituuteen ja leveyteen. Metsäteho. Julk. n:o 23.

Siimes, F. E. 1951. Sahatukkien laatuluokittelu sahatavarain käytön, lajittelun ja koesahausten valossa. Silva Fennica 69, ss. 63—75.

—»— 1957. Tukkien lenkouden vaikutus sahaustulokseen. Paperi ja Puu ss. 93—98.

Silven, F. 1949. Förslag till mätningsregler för sågtimmer av barrträd.

Wärmländska Inmätningsföreningen 1947. Mätningsinstruktion för sågtimmer gällande inom distrikten II och VI. Fastställd i oktober 1946. Trollhättan.

Vientisahatavaran lajitteluohjeet. 1936. Puutekn. tutk. kann. yhd. julk. n:o 23.

Vuoristo, Ilmari 1935. Havupuumetsien laatuarvo ja laadun arviointi. Silva Fennica 39, ss. 232—244.

—»— 1938. Sahapuiden apteerauksesta. Metsätalous n:ot 5 ja 6—7.

Wuoti, Einari 1937. Vertailuja puutavaran mittauksista meillä ja Ruotsissa. Yks.metsänhoit.yhd. vuosik. X, ss. 123—131. Helsinki.

DEDUCTIONS FOR DEFECTS IN CONNECTION WITH THE SCALING OF PINE SAW LOGS

Summary

Three phases may be distinguished in the scaling of saw logs, viz. determination of length, determination of diameter, and deductions for the defects found in logs. In Finland, the pertinent legislation prescribes in detail the manner of the determination of length and diameter, but there are no provisions in respect of deductions for defects. Neither has the literature relating to the field dealt with the problem.

Nevertheless, deductions for defects are being made all the time, but there are no uniform instructions for determining the amount of deduction. It is the object of the present study to examine defects requiring scale deductions, methods of making the deductions, and the time required by them.

The defects found in saw logs

Technically, the defects found in saw logs may be divided into two principal groups, viz. the grading defects and the scaling defects. Accounting for grading defects is part of the grading business, whereas scaling defects require scale deductions.

As the starting point for scale deductions, the faultless log must be defined. In the United States, the gross scale of the log is generally used as the basis. Also in Sweden the starting point is generally the straight top cylinder, but slight sweep is not considered a defect requiring deductions. The latter method is the best applicable also in Finland. As the limit of notable sweep a sweep of about 4 cms., as suggested by the studies of S i i m e s (1957), is probably serviceable. On the other hand, it should be observed that for practical difficulties it may be necessary to refrain from scale deductions sweep.

Scaling defects requiring scale deductions are all the defects which reduce the volume of lumber yield. Also the actual grading defects are within the scope of scale deductions if they are greater than allowed in grading. Table 1 shows the defects occurring in growing tree which require deductions for defects, and the manner of deduction. Length defects are defects reducing the length of lumber yield, whereas the diameter defects narrow off the lumber yield.

Methods of dealing with the defects

The scaling defects may be dealt with also by means of a kind of classification, whereby the job may be made comparatively simple. The classification, however,

cannot be sufficiently accurate and circumstantial a method. A just result may be reached only by reducing volume of the log in consequence of the decrease in the lumber yield caused by the defect by a corresponding amount.

The American formular method is not applicable to Finnish conditions, because logs here are so much smaller. The Swedish method, on the other hand, seems quite suitable. The length defects, by this method, are dealt with as follows: on the basis of the dimensions of the defect and the most common set-ups for deals and battens in each diameter class an estimate is made as to how many running feet of boards and how many feet of battens and deals have to be shortened owing to the defect. Table 2 shows the deductions in running ft. of logs.

When making deductions, into account should be taken also the sawing position of the log; the deduction being determined in the position giving as advantageous a lumber yield as possible. In order to facilitate the performance of scale deductions there is, in addition, cause to issue special instructions for facilitation of dealing with various defects.

Other aspects

The performance of scale deductions is indisputably the most subjective phase in the scaling of logs, as has been pointed out in several connections. Existence of uniform instructions alone is not enough, but the performance should be taught at special courses to those who practise it. Illustrated instructions, too, may be necessary (cf. Barrett 1949).

The performance of scale deductions consumes about 25 to 40 per cent of the actual working time for saw log scaling, as may be seen from Table 5. The actual working time consists, however, of only about 53—74 per cent of the total scaling time, wherefore the addition of the scale deductions increases the time consumed by the performance of scaling by about 15—25 per cent only.

HALKAISTUN, AISATUN JA KUORELLISEN KOIVUPINOTAVARAN KUIVUMINEN JA SÄILYMINEN METSÄVARASTOSSA

VEIJO HEISKANEN

DRYING AND STORAGE DECAYS OF FOREST-STORED SPLIT, STRIP-BARKED, AND UNBARKED BIRCH CORDWOOD

SUMMARY

HELSINKI 1959

Helsinki 1959. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkusanat

Koivutavaran kuivumis- ja säilymiskysymykset ovat olleet jo jonkin aikaa Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian osaston työohjelmassa. V. 1953 julkaistiin kysymystä valaiseva kirjallisuustutkimus, ja vuodesta 1954 alkaen on ongelmaa tutkittu maastokokein. Kysymys kuului myös Pienpuualan toimikunnan tutkimussuunnitelmiin, ja käynnissä olleita töitä laajennettiin v. 1955 kahdella koesarjalla. Niiden vaatimat kustannukset saatiin peitetyksi Pienpuualan toimikunnan myöntämällä 385 000 mk:n apurahalla, josta lausun parhaat kiitokseni.

Pienpuualan toimikunnalle on annettu tutkimuksen tuloksista ja niiden käytännön sovelluksista seloste, joka on julkaistu toimikunnan julkaisuna n:o 64 nimellä »Koivupinotavaran kuivuminen ja säilyminen metsävarastoissa.»

Tutkimustyön aikana olen saanut apua Valtionrautateiden Polttoainetoimistosta, jonka hakkuutyömailla osa tutkimuksista suoritettiin. Erityisesti osoitan kiitokseni tästä tuesta metsäneuvos T a p i o S a i k u l l e ja metsänhoitaja M a r t t i L u o m i l l e. Käsikirjoitusvaiheessa olen saanut kiitollisuudella vastaanotettuja neuvoja ja ohjeita esimieheltäni, professori P a a v o A r o l t a. Myös professori V i l h o P ö n t y n e n sekä Pienpuualan Toimikunnan päätutkija dipl. ins., metsänhoitaja R i s t o E k l u n d ovat lukeneet käsikirjoituksen ja tehneet varteenotettuja korjausehdotuksia, joista esitän kiitokseni.

Helsingissä lokakuun 30 p:nä 1958.

Veijo Heiskanen

Sisällysluettelo

1. Johdanto 5
2. Tutkimuksen suoritus 7
   21. Yleiset suuntaviivat 7
   22. Punnitukset metsässä 9
   23. Kosteusmääritykset 10
   24. Lahomääritykset 11
3. Puutavaran kuivuminen 12
   31. Yleistä 12
   32. Hakkuuajan vaikutus 12
   33. Varastoimisajan vaikutus 15
   34. Käsittelytavan vaikutus 17
   35. Läpimitan vaikutus 18
   36. Kuutiometripainot 20
4. Puutavaran kosteus 22
   41. Hakkuuajan vaikutus 22
   42. Eri tavaralajien kosteus 25
   43. Läpimitan vaikutus 28
   44. Pituuden vaikutus 30
   45. Varastoimistavan vaikutus 33
5. Puutavaran säilyminen 35
   51. Varastolahon kuvaajat 35
   52. Hakkuuajan vaikutus 36
   53. Varastoimisajan vaikutus 39
   54. Eri tavaralajien lahoaminen 43
   55. Läpimitan vaikutus 45
   56. Pituuden vaikutus 47
   57. Varastoimistavan vaikutus 49
6. Yhdistelmä 50
7. Käytännön näkökohtia 52
   71. Kosteuden ja lahovikojen merkitys eri käyttömuodoissa 52
   72. Koivupinotavaran käsittely- ja varastoimisohjeita 53

Kirjallisuutta 57

Summary 59

1. Johdanto

Koivupinotavaran säilyttäminen mahdollisimman korkea-arvoisena kuljetusten ja varastointien aikana muodostaa huomattavasti vaikeamman ja vakavamman ongelman kuin yleensä havupuisen tavaran säilyttäminen, sillä koivu on tunnetusti erittäin arka lahovahingoille. Meillä kysymystä on tutkittu suuremmassa määrin vain vaneripuusta, jotka ovatkin tähän mennessä muodostaneet ainoan tärkeän koivun teolliseen käyttöön tarkoitetun puutavaralajin. Suoritetuista tutkimuksista mainittakoon Enarvin (1937), Jalavan (1938) ja Sahlmanin (1938) ennen viime sotia tekemät tutkimukset sekä Tuovisen (1958) vast'ikään julkaisema työ. Toisen tärkeän koivutavaralajin, polttopuun varastointia on Suomessa myös jonkin verran tutkittu, mutta suoritetuissa tutkimuksissa on päähuomio kiinnitetty kuivumiseen, ja varsinaiset säilymiskysymykset ovat jääneet vähemmälle huomiolle. Tutkimukset ovat koskeneet yleensä vain halkoja (Heikinheimo 1915, Helander 1916, 1922, vrt. myös Jalava 1952, Heiskanen 1953, 1954).

Tähän menessä vaneripuu ja halot ovatkin olleet käytännöllisesti katsoen ainoat mainittavan merkityksen omaavat koivuiset puutavaralajit. Nyt tilanne on kuitenkin muuttumassa. Koivupinotavaralla on nykyisin jo jonkin verran teollistakin merkitystä selluloosateollisuuden raaka-aineena. Koivuselluloosapuu valmistetaan tavallisesti pituudeltaan 1- tai 2-metrisenä puolipuhtaaksi kuorittuna tai aisattuna. Myös polttopuurintamalla on havaittavissa liikehtimistä. Halkoa pidetään liian kalliina polttopuulajina, minkä katsotaan olevan osittain syynä polttopuuaineen heikkoon kilpailukykyyn muiden polttoaineiden rinnalla. Pyrkimyksenä näyttääkin olevan polttopuun saattaminen esim. hakkeen muodossa helpommin ja halvemmin käsiteltävään muotoon, mikä ilmenee mm. Pienpuualan toimikunnan laajasta tutkimus- ja propagandatoiminnasta (esim. Kajas 1957, Vuorelainen 1958a, 1958b).

Siirtyminen hakkeen käyttöön polttoaineena aiheuttaa myös uusien polttopuulajien syntymisen hankinnan aikaisemmissa vaiheissa. Kysymykseen ei voi tulla enää halko, vaan puu on hakkuuvaiheessa hankittava todennäköisesti pitkänä rankana joko kuorellisena tai aisattuna. Myös karsimattomat rungot tulevat kysymykseen.

Tällä hetkellä on siis ajankohtaista saada tietoja myös muiden koivupinotavaralajien kuin halkojen kuivumisesta ja säilymisestä. Aisatusta ja kuorellisesta koivupolttopuusta on olemassa tietoja vain em. Heiskasen (1953) kirjallisuustutkimuksesta sekä joitakin käytännön tietoja sota-ajalta, jolloin näitä tavaralajeja jouduttiin työvoiman puutteen takia valmistamaan. Koivupaperipuuta taas on kuivumisen ja säilymisen kannalta käsitellyt vain Tuovinen (1955) lyhyessä ulkomailla suoritettuihin tutkimuksiin perustuvassa kirjoitelmassaan (ks. myös Heiskanen 1954). Kysymys kaipaa siis perusteellista selvitystä. Tämän Pienpuualan toimikunnan osittain rahoittaman tutkimuksen tarkoituksena onkin valottaa eri koivupinotavaralajien kuivumista ja säilymistä metsävarastoissa sekä niihin vaikuttavia tekijöitä. Tutkittavaksi on otettu ensi sijassa halkaistu, aisattu ja kuorellinen tavara, joita neljässä tutkimuspaikassa vuosina 1954—57 suoritettujen mittausten ja punnitusten perusteella vertaillaan toisiinsa.

Kuten edellä mainittiin, on koivupinotavaran kuivuminen ja säilyminen ollut meillä Suomessa varsin vähän tutkimuksen kohteena. Alussa lueteltiin jo tärkeimmät asiaa koskevat suomalaiset kirjoitukset ja tutkimukset. Ulkomailla asiaa on tutkittu huomattavasti perusteellisemmin. Halkoja koskevista töistä mainittakoon ensi sijassa Ekmanin (1907), Kohhin (1934), Rozensin (1935), Klemin (1944) ja Callinin (1945) tutkimukset. Rozens, Callin ja Ekman ovat käsitelleet myös muita koivupinotavaralajeja ja ensiksi mainittu varsin perusteellisesti lahoamiskysymystäkin. Myös Kohh on kosketellut polttopuun säilymisongelmia.

Sotien jälkeen on varsinkin Ruotsissa tutkittu myös koivuselluloosapuun varastointia. Tutkimuksista on ennen muita mainittava Björkmanin (1953) tutkimus, joka koskee koivu- ja haapaselluloosapuun varastointivikoja ja niiden vaikutusta sekä torjumista, ja hänen laaja koivu-, haapa-, kuusi- ja mäntypinotavaran säilymistä käsittelevä työnsä (Björkman 1958). Eräässä aikaisemmassa työssään Björkman (1946) on käsitellyt koivupuun lahoamista laboratoriokokeiden valossa.

Monissa muissa tutkimuksissa on kysymystä tavalla tai toisella sivuttu, mutta niitä ei tässä yhteydessä ole tarpeen mainita. Yleensäkin kirjallisuuteen nähden viitataan Heiskasen em. kirjallisuustutkielmaan, jossa on esitetty suuri osa vuoteen 1950 menessä julkaistuista polttopuiden kuivumista ja säilymistä käsittelevästä kirjallisuudesta.

2. Tutkimuksen suoritus

21. Yleiset suuntaviivat

Tutkimuksia koivupinotavaran kuivumisesta ja säilymisestä suoritettiin pääasiallisesti seuraavissa neljässä paikassa vuosina 1954—57.

Tutkimusaika *Time of study*	Paikka *Locality*
1954—56	Punkaharju
1954—56	Ruotsinkylä (Tuusula)
1955—57	Saarijärvi
1955—57	Kiihtelysvaara

Erilliskokeita on lisäksi sijoitettu Ruotsinkylään vv. 1956—57 ja Lievestuoreelle vv. 1955—56 eräiden erikoiskysymysten selvittämiseksi.

Tutkimusmenetelmän ja tutkimuksen alkuperäisen päämäärän kannalta voidaan erottaa kaksi ryhmää. Toisen muodostavat Punkaharju ja Ruotsinkylä sekä toisen Saarijärvi ja Kiihtelysvaara (Kuva 1). Erilliskokeet poikkeavat jonkin verran tutkimusmenetelmältään näistä molemmista.

Punkaharjulla ja Ruotsinkylässä tutkimukset suoritettiin kummassakin samalla tavoin. Edellisessä paikassa tehtiin tammikuussa, maaliskuussa, toukokuussa ja heinäkuussa 1954 kulloinkin n. 1 p-m^3 koivuhalkoja, n. 1 p-m^3 aisattua ja n. 1 p-m^3 kuorellista 2 m koivupinotavaraa. Ruotsinkylässä tekoajat olivat: joulukuu 1954, maaliskuu, huhtikuu ja toukokuu 1955. Puutavaralajit olivat samat kuin Punkaharjulla.

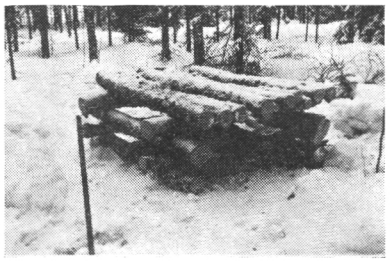
Tehdyt pinotavarapölkyt punnittiin ja mitattiin heti kaadon jälkeen ja punnitukset uusittiin myöhemmin aika ajoin. Mittauksen ja alkupunnituksen jälkeen halkaistut pölkyt pinottiin tavalliseen metsäpinoon ja aisatut sekä kuorelliset ristikoitiin katettuun neliöristikkoon (Kuva 2).

Aisausten lukumäärä vaihteli näissä kokeissa Vapon määräysten mukaisesti seuraavalla tavalla läpimitasta riippuen: $<$ 10 cm kahdelta puolelta, 10—15 cm kolmelta puolelta ja $>$ 15 cm neljältä punlelta.



Kuva 1. Yleiskuva Kiihtelysvaaran koealueesta. Valok. T. Nieminen.

Figure 1. General view of the experimentation area at Kiihtelysvaara. Photo T. Nieminen.



Kuva 2. Kuorellisen pinotavaran ristikko Ruotsinkylässä. Valok. E. Juvonen.

Figure 2. Crosswise stacked pile of unbarked cordwood at Ruotsinkylä. Photo E. Juvonen.

Saarijärvellä ja Kiihtelysvaarassa kokeet suoritettiin seuraavasti.

Syksystä 1955 alkaen tehtiin kussakin paikassa kerran kuukaudessa, lukuunottamatta talvea, jolloin tavaroita valmistettiin harvemmin, kaksi n. 1 p-m^3:n erää 1 m:n, 2 m:n ja 3 m:n pituista aisattua ja saman pituista kuorellista tavaraa. 1-metrinen tavara varastoitiin pinoon, 2 m tavara avonaiseen neliöristikkoon ja 3 m tavara tapuliin. Kesällä 1956 ja 1957 otettiin pinoista ja ristikoista näytteitä kosteuden ja lahoamisen selvittämiseksi.

Hakkuuajat olivat Saarijärvellä seuraavat: elokuu, syyskuu ja lokakuu 1955 sekä helmikuu, toukokuu, kesäkuu ja heinäkuu 1956. Kiihtelysvaarassa koepuita kaadettiin seuraavina aikoina: lokakuu ja marraskuu 1955 sekä helmikuu, huhtikuu, toukokuu, kesäkuu, heinäkuu, elokuu ja syyskuu 1956.

Lisäkokeita suoritettiin, kuten mainittiin, Ruotsinkylässä, Lievestuoreella ja Punkaharjulla. Ruotsinkylässä tutkittiin aisausten lukumäärän, kuorintatavan, halkojen asennon sekä aisattujen puiden varastointitavan vaikutusta kuivumiseen ja säilymiseen suppean kokeen avulla (Kuva 3). Kesä-heinäkuun vaihteessa 1956 tehtiin metrin korkuiseen avoristikkoon seuraavia 1 m tavaralajeja: yhdeltä puolelta aisattu, kahdelta puolelta aisattu, kolmelta puolelta sisattu, neljältä puolelta aisattu, kuorittu, tuohettu, kuorellinen ja halkaistu, jota tehtiin yksi ristikollinen halkaisupinta ylöspäin ja toinen halkaisupinta alaspäin. Kahdelta puolelta aisattua tavaraa tehtiin myös pinoon n. 1 p-m^3. Heinäkuussa 1957 otettiin puista näytteet lahoamisen ja kosteuden selville saamiseksi.

Lievestuoreella tutkittiin kuoritun pinotavaran kosteutta ja lahoamista seuraamalla kahden pinon ominaisuuksia aika ajoin tehdyin mittauksin.

Punkanharjulla tutkittiin muiden kokeiden rinnalla myös rasiinkaadetun kuorellisen pinotavaran kosteutta ja lahoamista. Sitä varten kaadettiin

heinäkuussa 1954 rasiin puita n. 1 p-m³:iä vastaavasti. Lokakuussa puut katkottiin ja ristikoitiin. Senjälkeen niistä otettiin kosteus lahonäytteitä, kuten muistakin Punkaharjun puista.

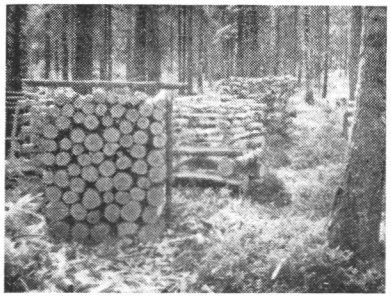
Tutkimusmenetelmistä on syytä selostaa tarkemmin metsässä suoritetut punnitukset, kosteusmääritykset sekä lahomääritykset. Tulosten laskennasta mainittakoon, että yleensä ne ilmoitetaan koko erän keskiarvoina. Läpimittaluokittaisia tuloksia esitetään vain juuri läpimitan vaikutusta tarkasteltaessa. Erien läpimitat vaihtelevat jonkin verran, yleensä 9 cm:stä 12 cm:iin, mutta sillä ei ole suurta merkitystä tuloksiin nähden (vrt. B j ö r k m a n 1958).

22. Punnitukset metsässä

Punnitukset, joiden avulla puiden kuivumista seurattiin Ruotsinkylässä ja Punkaharjulla suoritettiin ruotsalaisella Exakt-vaa'alla. Painot saatiin sillä 0.05 kg:n tarkuudella (Kuva 4).

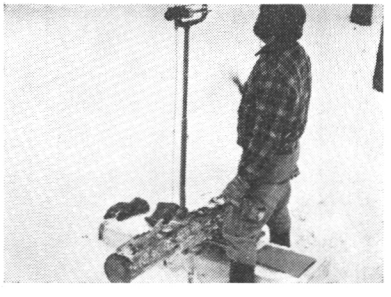
Punnituksia varten puut numeroitiin metallisilla numerolaatoilla ja kunkin puun paikka pinossa tai ristikossa merkittiin piirrokseen. Näin voitiin punnittaessa asettaa puut taas tarkalleen samoihin paikkoihin takaisin ristikoihin. Numerolaatta kiinnitettiin aina pölkyn yläpintaan, joten sen avulla voitiin pölkyt asettaa oikeaan asentoon punnitusten jälkeen. Pinoissa puiden paikkaa ei voitu sitä vastoin määrittää, mutta halot voitiin kuitenkin aina saada takaisin samaan osaan pinoa kuin aikaisemminkin.

Puiden kuutiosisällön selvittämiseksi niistä mitattiin teon yhteydessä läpimitat tyvestä ja latvasta ja merkittiin muistiin tiedot oksaisuudesta ja



Kuva 3. Yleiskuva Ruotsinkylän erilliskokeesta, jossa tutkittiin käsittelytavan vaikutusta 1 m tavaran kuivumiseen ja säilymiseen. Valok. T. Nieminen.

Figure 3. General view of the separate test at Ruotsinkylä whereby the effects of the manner of treament on the drying and storing of 1-metre bolts were studied. Photo T. Nieminen.



Kuva 4. Koepölkkyjen kuivumista seurattiin aika-ajoin uudistetuin punnituksin. Valok. E. Juvonen.

Figure 4. The drying of sample bolts was checked by re-weighing from time to time. Photo E. Juvonen.

mahdollisesti esiintyvistä vikaisuuksista. Haloista läpimitta mitattiin kuitenkin vain keskeltä.

Talvipunnituksissa käytettiin kahta eri tapaa. Punkaharjulla koetettiin puista irroittaa mahdollisuuksien mukaan kaikki niihin tarttunut lumi ja jää. Ruotsinkylässä puista sitä vastoin lakaistiin vain lumi pois.

Punnitusten tarkkuutta ja luotettavuutta tarkastellaan yksityiskohtaisesti puun kuivumista koskevien tutkimustulosten yhteydessä.

23. Kosteusmääritykset

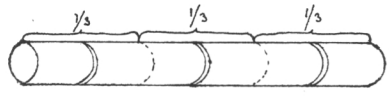
Kaikissa tutkimuspaikoissa otettiin aika ajoin 3—5 koepölkystä kustakin pinosta ja ristikosta kiekot, joista määritettiin kosteus ja lahoaminen. Niitä otettiin kaikkialla kolme kappaletta puiden eri osista jakamalla puu kolmeen yhtä pitkään osaan (Kuva 5). Jokaisen osan keskeltä sahattiin sitten n. 0.5—1 cm vahvuinen kiekko. Leikkauskohdat olivat siten eri pituisissa pölkyissä seuraavat päästä lukien.

1 m	16.7 cm	50 cm	83.3 cm
2 »	33.3 »	100 »	166.7 »
3 »	50.0 »	150 »	250.0 »

Jakamalla pölkyt tällä tavoin osiin voitiin helposti saada selville puun keskimääräinen kosteus ja lahoaminen, kun kaikkien näytteiden paino on keskiarvoa laskettaessa yhtä suuri. Joissakin tapauksissa jouduttiin poikkeamaan em. näytteiden ottokohdista, mutta silloinkin kiekko katsottiin otetuksi oikeasta kohdasta. Näin tapahtui mm. silloin, kun sahauskohdassa oli oksa tai muu vikaisuus. Näyte otettiin silloin lähimmästä terveestä kohdasta.

On huomattava, että tällä tavoin saadaan kuorellisten pölkkyjen kosteus jonkin verran oikeaa korkeammaksi, sillä aivan päistä ne kuivuvat selvästi enemmän kuin muualta (esim. B j ö r k m a n 1953). Sama koskee myös lahoa ja tilavuuspainoa kuorellisissa puissa, sillä aivan päistä puut lahoavat huomattavasti enemmän kuin muualta.

Puun kosteuden selville saamiseksi kiekot kuorittiin heti sahauksen jälkeen ja punnittiin kolmivartisella esitutkimusvaa'alla, jonka tarkkuus oli 0.01 gr. Kiekot lähetettiin sitten Helsinkiin, jossa ne kuivattiin lämpökaapissa 90°—95° C lämpötilassa kolme vuorokautta. Punnitus uudistettiin



Kuva 5. Koekiekkojen ottokohdat.
Figure 5. Locations wherefrom the sample discs were taken.

kuivauksen jälkeen, jolloin saatiin selville näytteiden kuiva paino. Kosteus laskettiin prosentteina kuiva-ainepainosta (J a l a v a 1952).

Ilmeisten mittausvirheiden vuoksi jouduttiin osa näytteistä hylkäämään. Niiden osuus oli keskimäärin vain 1—2 prosenttia.

24. Lahomääritykset

Puissa olevia väri- ja lahovikoja tutkittiin samoista kiekoista useaa eri menetelmää noudattaen. Yleensä sekä suomalaisissa että ruotsalaisissa tutkimuksissa on varastolahon määrä selvitetty mittaamalla tai arvioimalla lahon puun pinta-ala kiekoista (B j ö r k m a n 1953, 1958). Mainittua menetelmää kokeiltiin myös tätä tutkimusta suoritettaessa, mutta pian todettiin sen johtavan virheellisiin tuloksiin eri puutavaralajeja vertailtaessa. Lahoa on näet, kuten tunnettua, perin monta eri lajia. Lahoamisen alkuvaiheissa tuottaa myös suuria vaikeuksia määrittää lahonneen ja terveen puun raja. Senvuoksi tämän menetelmän käyttämisestä luovuttiin jo varsin aikaisessa vaiheessa, eikä lahonneen puun pinta-alaosuuksia siis esitetä lahoamisen kuvaajina.

Varsinaisissa lahotutkimuksissa käytettiin kahta tapaa.

1. Määritettiin ns. lahoaste.
2. Määritettiin tilavuuspaino.

Lahoasteen määrityksessä noudatettiin seuraavaa kuusijakoista luokitusta.

0. Aivan terve.
1. Ensi silmäyksellä terveeltä näyttävä, mutta yksityiskohtaisessa tarkastelussa havaitaan alkavaa lahoa.
2. Kovaa lahoa korkeintaan 20 % pinta-alasta.
3. Kovaa lahoa 20—50 % pinta-alasta.
4. Jonkin verran pehmeää lahoa tai kovaa lahoa yli 50 % pinta-alasta.
5. Lahoa 100 % pinta-alasta ja siitä suuri osa pehmeää.

Tällainen luokitus on tietenkin melko subjektiivinen, joten eri henkilöt saattavat saada melkoisesti toisistaan poikkeavia tuloksia. Tämän välttämiseksi suoritti kaikki luokitukset sama henkilö.

Tilavuuspaino on objektiivisin lahovikojen vaikutuksen osoittaja, sillä se osoittaa kuinka paljon puuainesta on lahosienten toiminnan johdosta vähentynyt. Sen varjopuolena on kuitenkin varastolahon alkuasteiden jääminen vaille selvitystä. Käytäntöä välittömästi palvelemassa tutkimuksessa tämä varjopuoli on kuitenkin vähäinen.

Tilavuuspainot määritettiin kiekoista käyttämällä Arkimedeen lakiin perustuvaa tilavuuden määräämistapaa, sillä tavoin kuin J a l a v a (1952) on sen selostanut.

3. Puutavaran kuivuminen

31. Yleistä

Puutavaran kuivumisella tarkoitetaan tässä tutkielmassa puutavaran painon vähenemistä varastoimisen kuluessa. Oletetaan siis, että painon muutokset aiheutuvat kokonaisuudessaan veden haihtumisesta, mikä pitääkin suurimmaksi osaksi paikkansa. Muutama muu seikka, joka vaikuttaa myös puun painon vähenemiseen, on kuitenkin otettava tarkastettavaksi.

Ensinnäkin pölkyistä irtoaa aina niitä käsiteltäessä jonkin verran kuorta yms., joka sekin pienentää painoa. Tehtäessä punnitukset huolellisesti ei tällä tekijällä ole suurtakaan merkitystä halkaistujen ja kuorellisten pölkkyjen painon muutoksille, mutta aisatuista irtoaa kuorta varsinkin pitkän varastoinnin jälkeen hyvin helposti.

Toisena virheitä aiheuttavana tekijänä on mainittava lahoamisesta johtuva tilavuuspainon pieneneminen varastoimisajan pidetessä. Se aiheuttaa virheellisyyksiä varsinkin kuorellisen tavaran kuivumisesta saataviin tietoihin.

Lopputuloksena näiden virhelähteiden vaikutuksesta on, että sekä kuorellisen että aisatun tavaran kuivumisesta saadaan punnitusten avulla jonkin verran oikeaa edullisempi kuva. Niiden kohdalla aiheuttavat painon muutoksia varastoimisajan loppupuolella muutkin seikat kuin veden haihtuminen puusta. Tämä onkin muistettava tuloksia tarkasteltaessa.

Puutavaran kuivumista tarkastellaan vertailemalla eri punnituskerroilla saatuja painoja alkuperäiseen, hakkuuajan painoon. Tutkittavaksi otetaan hakkuuajan, varastoimisajan, läpimitan ja puutavaralajin vaikutus kuivumiseen Punkaharjulla ja Ruotsinkylässä suoritettujen 1 m halkaistun ja 2 m aisatun sekä 2 m kuorellisen koivupinotavaran mittausten perusteella.

32. Hakkuuajan vaikutus

Kokeita v. 1954 aloitettaessa haluttiin erityisesti saada selvyys keväällä hakatun pinotavaran kuivumisesta, siis siitä ehtiikö keväällä tehty tavara saavuttaa riittävän kuivuuden jo ensimmäisenä kesänä. Senvuoksi Punkaharjun ja Ruotsinkylän kokeet sisältävät yleensä vain talvella ja keväällä valmistettua pinotavaraa.

Taulukoissa 1 ja 2 on esitetty eri aikoina tehtyjen pinotavaroiden suhteelliset painon alenemiset varastoimisaikana erikseen kummassakin tutkimuspaikassa. Suhdeluvut on laskettu alle 15 cm ja yli 15 cm vahvuisten kappaleiden painottamattomina keskiarvoina. Sillä tavoin läpimitan vaikutus tuloksiin on voitu helpoimmin ja myös riittävän tarkasti eliminoida.

Tarkasteltaessa ensinnä Punkaharjun tutkimusten tuloksia, voidaan todeta kaiken toukokuussa tehdyn tavaran kuivuneen parhaiten. Erojen testaus syyskuulta 1954 ja heinäkuulta 1956 osoittaa, että erotus on myös yleensä tilastollisesti joko erittäin merkitsevä tai merkitsevä läpimittaluokassa 10.1—15.0 cm. Tämä luokka valittiin tarkemmin tutkittavaksi, koska siitä on eniten aineistoa.

Syksyllä 1954 oli toukokuussa tehty koivupinotavara kaikissa tavaralajeissa kuivunut tilastollisesti erittäin merkitsevästi enemmän kuin muina kuukausina tehty tavara. Halkaistun tavaran kuivumisen kehittymistä tarkasteltaessa havaitaan, että vielä kesällä 1956 toukokuussa valmistetut pölkyt ovat kuivumisessa edellä muita eriä tilastollisesti merkitsevästi tai erittäin merkitsevästi. Aisatun ja kuorellisen tavaran kohdalla tilanne on sama lukuun ottamatta toukokuun ja heinäkuun erän kuivumista toi-

Taulukko 1. Eri koivupinotavaralajien painon suhteellinen aleneminen tutkimusaikana Punkaharjulla.

Table 1. Relative decrease in weight of different kinds of birch cordwood in the course of study at Punkaharju

Hakkuuaika, *Felling time*	Punnitusaika — *Weighing time*									
	1954 I	III	V	VII	IX	1955 I	VI	1956 VI	VII	IX
	% — *per cent*									
	Halkaistu — *Split*									
I. 54	0	0	9	25	27	26	33	33	34	32
III. 54		0	9	25	27	24	30	33	34	30
V. 54			0	32	34	31	36	40	42	37
VII. 54				0	18	14	24	36	37	31
	Aisattu — *Strip-barked*									
I. 54	0	1	7	18	22	19	25	31	32	31
III. 54		0	6	17	20	16	23	29	32	28
V. 54			0	25	28	25	31	37	40	37
VII. 54				0	19	16	25	33	36	31
	Kuorellinen — *Unbarked*									
I. 54	0	0	3	6	9	7	9	18	21	20
III. 54		0	1	5	8	6	9	17	19	18
V. 54			0	10	13	11	13	23	25	22
VII. 54				0	6	2	6	14	18	17

Taulukko 2. Eri koivupinotavaralajien painon suhteellinen aleneminen tutkimusaikana Ruotsinkylässä.

Table 2. Relative decrease in weight of different kinds of birch cordwood in the course of study at Ruotsinkylä

Hakkuuaika *Felling time*	Punnitusaika — *Weighing time*													
	1954 XII	1955 III	IV	V	VI	VIII	XI	1956 I	III	IV	V	VI	VII	IX
	% — *per cent*													
	Halkaistu — *Split*													
XII. 54	0	+ 4	+ 2	2	18	26	20	17	16	22	26	30	30	28
III. 54		0	4	9	21	30	27	24	25	27	31	33	33	32
IV. 55			0	7	22	28	25	23	19	22	29	31	33	30
V. 55				0	23	32	28	26	26	29	33	35	34	33
	Aisattu — *Strip-barked*													
XII. 54	0	+ 3	1	5	16	27	21	17	16	22	24	27	31	28
III. 55		0	3	5	15	24	21	16	15	19	21	25	28	26
IV. 55			0	6	21	30	23	19	19	22	25	29	31	30
V. 55				0	21	31	25	19	18	25	28	31	34	32
	Kuorellinen — *Unbarked*													
XII. 54	0	+ 2	+ 2	0	4	9	7	+ 2	+ 2	3	7	10	13	15
III. 55		0	1	2	5	9	8	2	0	5	6	7	9	11
IV. 55			0	1	5	8	7	2	1	5	8	10	11	13
V. 55				0	6	13	13	8	8	10	13	15	19	19

siinsa verrattuna. Ero niiden välillä pienenee jatkuvasti, eikä ole enää kesällä 1956, siis kahden vuoden varastoinnin jälkeen tilastollisesti merkitsevä. Tämä osoittaa, että heinäkuussa hakattu pinotavara ei ole vielä syksyllä 1954 ehtinyt saavuttaa kuivumisessa aikaisemmin valmistettuja tavaroita.

Muita kuukausia toisiinsa verrattaessa ei ole havaittavissa yhtä suuria eroja kuivumisessa. Erot ovatkin tilastollisesti merkitseviä vain syksyllä 1954, jolloin heinäkuun erä sekä aisatuissa että kuorellisissa on tilastollisesti merkitsevästi tai melkein merkitsevästi vähemmän kuivunut kuin muut erät. Myöhemmin ero pienenee ja lopuksi heinäkuun erä on kuivunut jo enemmän kuin talvella tehdyt erät. Tämä muutos tapahtuu osittain jo kesällä 1955.

Ruotsinkylän tutkimustuloksista on myös nähtävissä, että toukokuun erä on kuivunut yleensä yhtä hyvin tai paremmin kuin muut erät. Testaus osoitti syyskesällä 1955 ja samana aikana 1956, että kaikissa tavaralajeissa toukokuun erä on ollut suhteellisesti kevein jo ensimmäisenä syksynä ja että ero muihin on useimmiten tilastollisesti merkitsevä tai erittäin merkitsevä. Seuraavana vuonna erot ovat jo pienemmät ja vain muutamissa tapauksissa merkitsevät.

Punnitusten tuloksista ilmenee siis, että toukokuussa valmistettu pinotavara ei ainoastaan saavuta aikaisemmin tehtyä tavaraa kuivumisessa jo ensimmäisenä kesänä, vaan myös ohittaa sen kuivumisen tehokkuudessa. Heinäkuussa tehty pinotavara ei sitävastoin ehdi vielä ensimmäisenä kesänä kuivua yhtä paljon kuin aiemmin hakattu tavara (vrt. E k m a n 1907, K l e m 1944). Toisena kesänä se saavuttaa aikaisemmin tehdyn tavaran lukuunottamatta toukokuun erää, joka pysyy muita enemmän kuivuneena koko varastointiajan.

Toukokuun erän muita suurempi kuivuminen saa selityksen kasvavan puun kosteuden vaihteluista eri aikoina. Ruotsinkylän koepuiden kosteus oli kaadettaessa eri kuukausina seuraava.

Joulukuu 1954	80 %
Maaliskuu 1955	81 »
Huhtikuu 1955	80 »
Toukokuu 1955	86 »

Toukokuun puiden tarkka kosteussadannes oli 86.3 ± 0.6 ja muiden erien keskiarvo 80.7 ± 0.5 %. Erotus osoittautui testattaessa tilastollisesti erittäin merkitseväksi ($t = 7.679^{***}$ $f = 281$).

Tulos sopii hyvin yhteen muiden tutkimusten kanssa (ks. H e i s k a n e n 1953). Onkin todennäköistä, että myös Punkaharjulla toukokuun ja mahdollisesti myös heinäkuun erässä alkukosteus on ollut muita korkeampi. Tosiasia on näet, että mitä korkeampi puun kosteus on sitä helpommin siitä haihtuu vettä, mistä toukokuun puiden nopea kuivuminen johtuukin (vrt. K l e m 1944). Painon suuren vähenemisen toukokuun erässä ei siis tarvitse merkitä sitä, että se saavuttaa pienemmän kosteuden kuin muut erät. — Asiaa tarkastellaan lähemmin kosteustutkimusten tuloksia käsiteltäessä.

33. Varastoimisajan vaikutus

Varastoimisajan vaikutus eri puutavaralajien kuivumiseen on myös sangen selvä, kuten taulukoista 1 ja 2 nähdään. Punkaharjulla kaikki tutkitut tavaralajit ovat saavuttaneet alhaisimman painonsa vasta kolmantena kesänä. Eri lajien kuivumisessa on kuitenkin ilmeisiä eroja varastoimisajan eri vaiheissa. Painon suhteellinen aleneminen ensimmäisen ja toisen sekä toisen ja kolmannen kesän välillä on tavaralajeittain seuraava heinäkuun erää lukuunottamatta.

	Halkaistu *Split*	Aisattu *Strip-barked*	Kuorellinen *Unbarked*
1.—2.	3—6 %	3— 6 %	0— 1 %
2.—3.	1—4 %	7—11 %	10—12 %

Halkaistun tavaran kuivuminen on ensimmäisestä kesästä toiseen samaa suuruusluokkaa kuin aisatun ja huomattavasti tehokkaampaa kuin kuorellisen. Ruotsinkylässä vastaavat sadannekset olivat: halkaistut 3—5 %, aisatut 3—4 % ja kuorelliset 2—6 %. Niiden mukaan kaikkien tavaralajien kuivuminen on toisena vuotena ollut suunnilleen yhtä suurta. Kolmantena kesänä halkaistun tavaran paino ei enää sanottavasti alene Punkaharjun tulosten mukaan.

Toisen ja kolmannen kesän välillä aisattu ja kuorellinen tavara onkin menettänyt painostaan huomattavasti enemmän kuin halkaistu. Se osoittaa, että varastoimisajan pidetessä aisatut ja kuorelliset pienentävät halkaistujen kuivumisessa aluksi samaa etumatkaa. Osittain tämä eron pieneneminen on näennäistä, sillä kuten aiemmin mainittiin, aisattujen ja kuorellisten pölkkyjen painon aleneminen varastoinnin loppuvaiheissa johtuu osittain muistakin seikoista kuin veden haihtumisesta. Kuitenkin tuntuu aivan ilmeiseltä, että halkaistun tavaran todellinenkin kuivuminen on varastoimisajan lopussa hitaampaa kuin aisatun ja mahdollisesti myös kuorellisen.

Varastoimisaikaan liittyen on tarkasteltava myös sitä, mihin aikaan kesästä puut saavuttavat alhaisimman painonsa. Taulukoista 1 ja 2 näet ilmenee, että puut lisäävät painoaan aina talven kuluessa alkaakseen jälleen keväällä kevetä (vrt. K l e m 1944).

Ensimmäisenä kesänä on paino ollut kaikissa Punkaharjun erissä keveimmillään syyskuussa. Kolmantena kesänä paino on ollut pienin taas heinäkuussa, mutta elokuussa ei silloin suoritettu lainkaan mittauksia. Ruotsinkylässä pinotavaran paino on ollut alimmillaan ensimmäisenä kesänä elokuussa ja toisena heinäkuussa. Näin harvoin tehdyt punnitukset eivät kuitenkaan anna oikeaa kuvaa asiasta, jonka vuoksi Ruotsinkylässä suoritettiin osasta puita punnituksia toisena kesänä kahden viikon väliajoin. Ne osoittivat, että halkaistu tavara saavutti alhaisimman painon elokuun alun ja puolenvälin paikeilla, aisattu keskimäärin n. viikkoa myöhemmin mutta kuorellinen vasta syyskuun puolivälissä. Lisäksi havaittiin, että pienet pölkyt olivat keveimmillään aikaisemmin kuin isot. Yhteenvetona voidaan todeta, että mitä kosteampia pölkyt ovat sitä myöhemmin syksyllä ne saavuttavat minimipainonsa. Ensimmäisenä varastoimiskesänä se tapahtuu elo-syyskuussa kaikilla tavaralajeilla. Toisena kesänä halkaistu ja aisattu tavara saavuttaa alhaisimman painon jo elokuussa, mutta kuorellinen vasta syyskuussa. Mitään tarkkoja aikamääriä ei voida kuitenkaan antaa, sillä ne vaihtelevat loppukesän ilmastollisten olosuhteiden mukaan (vrt. H e i s k a n e n 1953).

Painon lisäys talvella on erittäin merkittävä kaikissa tavaralajeissa. Ruotsinkylän tuloksista ilmenee, että paino on korkeimmillaan tammikuussa

tai joissakin tapauksissa maaliskuussa. Yleensä maaliskuun painot ovat kuitenkin jo jonkin verran pienempiä kuin tammikuun painot. Tuntuukin siltä, että puiden paino on korkeimmillaan tammi-helmikuussa.

34. Käsittelytavan vaikutus

Eri tavaralajien kuivumisen vertailu taulukoiden 1 ja 2 perusteella osoittaa, että halkaistu tavara on keskimäärin kuivunut eniten ja kuorellinen vähiten. Halkaistun ja aisatun tavaran kuivumisessa ei ole kuitenkaan suuria eroja. Useimmissa tutkimuserissä aisatun tavaran kuivuminen lähestyy varastointiajan pidetessä halkaistun tavaran kuivumista ja on eräissä tapauksissa loppuvaiheissa tehokkaampaakin.

Kuivumisessa havaittavien erojen testaus osoitti seuraavia tuloksia eri aikoina Punkaharjulla läpimittaluokassa 10.1—15.0 cm, jossa halkaistu tavara oli aina keskimäärin kuivempaa kuin aisattu.

Punnitusaika *Weighing time*	Kaatoaika — *Felling time* I. 1954 t	f	III. 1954 t	f	V. 1954 t	f
syksy 1954 ... *autumn*	2.709*	18	6.409***	18	3.360***	35
kesä 1955 ... *summer*	4.930***	22	6.120***	20	1.828	23
kesä 1956 ... *summer*	1.557	18	0.558	19	1.812	19

Syksyllä 1954 oli halkaistu tavara kuivunut siis tilastollisesti melkein merkitsevästi tai erittäin merkitsevästi enemmän kuin aisattu. Kesällä 1955 on ero kahdessa erässä vielä erittäin merkitsevä, mutta kesällä 1956 erot eivät enää ole merkitseviä.

Halkaistu tavara on myös Ruotsinkylässä kuivunut läpimittaluokassa 10.1—15.0 cm keskimäärin enemmän kuin aisattu, mutta ero on tilastollisesti merkitsevä vain maaliskuun erässä sekä kesällä 1955 että kesällä 1956 ($t = 7.687^{***}$ $f = 60$; $t = 3.689^{***}$ $f = 57$). Kun muistetaan ne virheet, joita aisattujen pölkkyjen punnituksissa tapahtuu, voitaneen näiden tulosten perusteella kuitenkin päätellä, että halkaistu koivupinotavara kuivuu enemmän kuin aisattu. Ero kuitenkin pienenee varastoimisajan pidetessä, kuten aiemminkin jo todettiin.

Keskimääräisiä lukuja tarkasteltaessa havaitaan, että ensimmäisenä kesänä halkaistu (lukuunottamatta heinäkuun erää) tavara menettää painostaan 26—34 %, aisattu 20—31 % ja kuorellinen vain 8—13 %.

Ekman (1907) mainitsee kuorellisten 3 m pölkkyjen kuivuvan yhdessä kesässä n. 15 % ja aisattujen 25—30 %. Heikinheimon (1915) mukaan halkaistut lehtipuuhalot kuivuvat 30—38 % ja kuorelliset 17 % yhdessä kesässä.

Painon lisääntyminen talvella riippuu myös tavaralajista, kuten seuraavat keskimääräiset sadannesluvut osoittavat.

	Punkaharju	Ruotsinkylä
	painon nousu, % *increase in weight, per cent*	
Halkaistu — *Split*	6	8
Aisattu — *Strip-barked*	4	10
Kuorellinen — *Unbarked*	3	7

Punkaharjun puiden vähäisempi painon lisääntyminen johtuu siitä, että siellä talvipunnituksissa poistettiin puista mahdollisuuksien mukaan kaikki lumi ja jää. Ruotsinkylässä sitä vastoin irtonainen lumi harjattiin pois.

Punkaharjulla, jonka tulokset kuvaavat lähinnä puihin imeytynyttä kosteutta, halkaistu tavara on kostunut talvella eniten, sitten aisattu ja kuorellinen vähiten. Mitä suuremman kuivuuden pinotavara kesällä siis saavuttaa, sitä enemmän siihen imeytyy kosteutta talven kuluessa. Kun otetaan huomioon myös kaikki pölkkyjen pinnalla oleva lumi ja jää, suhteet tavaralajien välillä muuttuvat. Se johtuu halkaistun ja aisatun tavaran erilaisista varastoimistavoista. Pinoissa lunta pääsee tarttumaan vain päällimmäisiin pölkkyihin, joiden osuus pölkkyjen lukumäärästä on verraten vähäinen. Ristikoissa kaikki pölkyt ovat alttiina lumelle ja jäälle, vaikka niissäkin päällimmäinen kerros saa suurimman osan siitä. Yläkerros katetussa ristikossa muodostaa kuitenkin huomattavasti suuremman osan pölkyistä kuin päällimmäinen kerros pinossa.

35. Läpimitan vaikutus

Pölkyn läpimitan vaikutus kuivumiseen on myös hyvin huomattava, kuten taulukossa 3 esitetyistä eri varastoimiskesien kuivumisluvuista ilmenee.

Pieniläpimittaiset pölkyt kuivuvat huomattavasti enemmän kuin suuriläpimittaiset, mutta varastoimisajan pidetessä erot läpimittaluokkien välillä pienenevät. Pienet pölkyt kuivuvatkin ensimmäisenä kesänä erittäin tehokkaasti aina puunsyiden kyllästymispisteeseen asti, joten ne eivät enää seuraavina kesinä voi paljon enempää kuivua. Suuret pölkyt tarvitsevat sitä vastoin pitkän ajan saavuttaakseen puunsyiden kyllästymispisteen.

Taulukko 3. Eri läpimittaluokkien pölkkyjen suhteelliset painon alenemiset ensimmäisenä, toisena ja kolmantena varastoimiskesänä Punkaharjulla ja Ruotsinkylässä.

Table 3. Relative decrease in weight of bolts of different diameter classes in the first, second and third summer of storage at Punkaharju and Ruotsinkylä.

Läpimittaluokka, cm *Diameter class, cm*	Punkaharju [1]			Ruotsinkylä	
	1. kesä *1st summer*	2. kesä *2nd summer*	3. kesä *3rd summer*	1. kesä *1st summer*	2. kesä *2nd summer*
	% — *per cent*				
	Halkaistu — *Split*				
<10	33	35	37	34	35
10.1—15	30	34	36	31	33
15.1—20	24	31	36	27	32
>20.1	19	23	32	23	29
	Aisattu — *Strip-barked*				
<10	27	30	38	32	34
10.1—15	23	27	35	28	32
15.1—20	21	25	34	25	30
>20.1	18	21	31	23	29
	Kuorellinen — *Unbarked*				
<10	12	15	27	12	16
10.1—15	9	9	20	9	13
15.1—20	8	8	18	10	12
>20.1	7	8	17	8	8

[1]) Heinäkuun kaatoerä ei ole laskelmissa mukana.

Pölkyn läpimitan vaikutus kuivumiseen on todettu monissa aiemmin suoritetuissa tutkimuksissa saman suuntaiseksi kuin tässä havaittu (esim. Kohh 1934, Björkman 1953, 1958, ks. myös Heiskanen 1953). Tämä vaikutus johtuu aisatuissa ja halkaistuissa pölkyissä suurimmaksi osaksi siitä, että kuivumispinta suhteellisesti kasvaa puun läpimitan pienetessä. Kuorellisissa pölkyissä läpimitan vaikutus saa selityksen siitä, että pienet pölkyt ovat suurimmaksi osaksi oksaisia latvapölkkyjä, jotka kuivuvat paremmin kuin oksattomat (esim. Ekman 1907, Helander 1922, Jalava 1938). Lopuksi on mainittava, että kasvavien koivujen kosteus kasvaa tyvestä latvaan päin. Siten siis pienten pölkkyjen lähtökosteus on korkeampi ja veden haihtumiselle edullisempi kuin suurten pölkkyjen. Ruotsinkylän koepuiden latvapölkkyjen kosteus oli kaatohetkellä keskimäärin 84.3±0.7 % mutta tyvipölkkyjen vain 78.0±0.7 % (vrt. Jalava 1938).

Myös painon lisääntyminen talvella riippuu läpimitasta, kuten taulukosta 4 nähdään. Kaikissa tavaralajeissa pienien pölkkyjen paino lisääntyy talvella huomattavasti enemmän kuin suurten pölkkyjen. Läpimitan vai-

kutus on selvin halkaistussa tavarassa Ruotsinkylässä ja vähäisin saman paikan kuorellisessa tavarassa. Puun järeyden tällainen vaikutus on hyvin käsitettävissä senvuoksi, että pienet puut kuivuvat enemmän kuin suuret, joten niiden kosteus kesällä on myös alhaisempi. Siten ne alkavat jo aikaisemmin syksyllä, alhaisemmassa ilman suhteellisessa kosteudessa imeä itseensä kosteutta kuin huonommin kuivuneet isot pölkyt.

Taulukko 4. Eri kokoisten pölkkyjen lisääntyminen kesästä talveen.
Table 4. Increase in weight of bolts of different size from summer to winter.

Tavaralaji *Assortment*	Läpimittaluokka, cm — *Diameter class, cm*			
	<10	10.1—15	15.1—20	>20.1
	% — *per cent*			
	Punkaharju			
Halkaistu — *Split*	8	6	3	4
Aisattu — *Strip-barked*	5	4	3	2
Kuorellinen — *Unbarked*	4	3	2	1
	Ruotsinkylä			
Halkaistu — *Split*	10	8	5	2
Aisattu — *Strip-barked*	12	11	8	9
Kuorellinen — *Unbarked*	7	7	8	6

36. Kuutiometripainot

Eri tavaralajien keskimääräiset kuutiometripainot näiden kokeiden mukaan kaatohetkellä sekä ensimmäisenä, toisena ja kolmantena varastoimiskesänä on nähtävissä taulukosta 5. Luvut on saatu siten, että kaikille puutavaralajeille on laskettu yhteinen keskimääräinen kiintokuutiometripaino kullekin kaatoajalle. Niistä on sitten myöhempien punnitusten tulosten perusteella laskettu kunkin kesän alhaisimmat painot.

Kiintokuutiomäärä on laskettu pölkyn nimellisen pituuden ja keskeltä mitatun läpimitan avulla. Haloista läpimitta mitattiin kohtisuoraan halkaisupintaa vastaan. Pinokuutiometripainot saatiin olettamalla pinotiheydeksi 0.63 kaikilla tutkituilla tavaralajeilla (A r o 1931, M a k k o n e n 1958).

Tulosten mukaan koivupinotavaran paino tuoreena on n. 580—650 kg/p-m^3. Halkaistun tavaran pinokuutiometripaino on keveimmillään n. 380—420 kg ja aisatun paino on suunnilleen sama, 380—440 kg. Itse asiassa aisattu tavara painaa jonkin verran enemmän, mutta kuoren putoaminen on aiheuttanut tämän painon vähenemisen. Todellisuudessakin erot halkaistun ja aisatun pinotavaran kuutiometripainoissa ovat kuitenkin varsin vähäiset. Kuorellisen tavaran paino on varastoinnin eri vaiheissa jo paljon korkeampi, keveimmilläänkin se on n. 100 kg suurempi kuin muiden lajien, vaihdellen 480 kg:sta 540 kg:aan.

Saadut tulokset vastaavat hyvin J a l a v a n (1952, 1956) ilmoittamia lukuja. Hänen mukaansa aivan tuore koivu painaa 560 kg/p-m³ ja metsäkuivat halot, joiden vesipitoisuus on n. 40 %, 440 kg/p-m³.

Taulukko 5. Eri tavoin käsitellyn koivupinotavaran kuutiometripainot.

Table 5. Weight per cubic metre of birch cordwood treated in different manners.

Kaatoaika *Felling time*	Paino tuoreena *Green weight*		Paino 1. kesänä *Weight in the 1st summer*		Paino 2 kesänä *Weight in the 2nd summer*		Paino 3. kesänä *Weight in the 3rd summer*	
	kg/k-m³ *kg/solid cu.m.*	kg/p-m³ *kg/solid cu.m.*	kg/k-m³ *kg/solid cu.m.*	kg/p-m³ *kg/solid cu.m.*	kg/k-m³ *kg/solid cu.m.*	kg/p-m³ *kg/solid cu.m.*	kg/k-m³ *kg/solid cu.m.*	kg/p-m³ *kg/solid cu.m.*
				P u n k a h a r j u				
				Halkaistu — *Split*				
I	1 020	643	765	482	663	418	663	418
III	980	617	725	457	706	445	657	414
V	1 030	649	680	428	670	422	608	383
VII	960	605	816	514	768	484	643	405
Keskim.—*Average*	997	629	747	470	702	442	643	405
				Aisattu — *Strip-barked*				
I	1 020	643	796	501	775	488	694	437
III	980	617	774	488	755	476	666	420
V	1 030	649	721	454	680	428	608	383
VII	960	605	768	484	710	447	614	387
Keskim.—*Average*	997	629	765	482	730	460	646	407
				Kuorellinen — *Unbarked*				
I	1 020	643	928	585	928	585	806	508
III	980	617	892	562	892	562	794	500
V	1 030	649	876	552	876	552	762	480
VII	960	605	902	568	902	568	787	496
Keskim.—*Average*	997	629	900	567	900	567	787	496
				R u o t s i n k y l ä				
				Halkaistu — *Split*				
XI	920	580	653	411	626	394		
III	960	605	682	430	634	402		
IV	965	608	695	438	646	407		
V	970	611	650	410	631	398		
Keskim.—*Average*	953	601	670	422	634	399		
				Aisattu — *Strip-barked*				
XI	920	580	681	429	626	395		
III	960	605	710	447	672	423		
IV	965	608	676	426	608	383		
V	970	611	669	421	640	403		
Keskim.—*Average*	953	601	684	431	637	401		
				Kuorellinen — *Unbarked*				
XI	920	580	846	533	791	498		
III	960	605	874	551	864	544		
IV	965	608	878	553	830	523		
V	970	611	844	532	795	501		
Keskim.—*Average*	953	601	861	542	820	517		

4. Kosteus

41. Hakkuuajan vaikutus

Eri puutavaralajien kosteutta koskevat tutkimustulokset liittyvät hyvin läheisesti kuivumista koskeviin tutkimuksiin. Niiden avulla voidaan myös tarkistaa kuivumista selvittelevien punnitusten tuloksia.

Taulukossa 6 on esitetty Punkaharjun ja Ruotsinkylän kokeiden mukaiset eri tavaralajien kosteussadannekset syksyllä 1956. Niistä havaitaan, että eri aikoina hakattujen puiden kosteuksissa on olemassa jonkin verran eroja. Testaus osoittaa kuitenkin, että hakkuuaikojen kosteuksien väliset erot eivät ole Punkaharjulla ainoassakaan tapauksessa tilastollisesti merkitseviä. Ruotsinkylässäkin on vain kaksi tapausta, joissa erot osoittautuvat tilastollisesti merkitseviksi. Toukokuussa tehty halkaistu tavara on tilastollisesti merkitsevästi kuivempaa kuin huhtikuussa tehty ($t = 3.362^{**}$ $f = 51$) ja huhtikuussa tehty aisattu tavara taas kuivempaa kuin maaliskuussa tehty ($t = 2.867^{**}$ $f = 48$). Kun merkitseviä eroja on näin vähän, ne johtuvat todennäköisesti satunnaisista seikoista, kuten varastomuodostelman paikasta tms., eivätkä lainkaan hakkuuajasta.

Taulukko 6. Eri aikoina hakatun koivupinotavaran kosteus syksyllä 1956.
Table 6. Moisture content of birch cordwood felled at different times in the autumn 1956.

Hakkuuaika *Felling time*	Halkaistu *Split*	Aisattu *Strip-barked*	Kuorellinen *Unbarked*
	% - *per cent*		
	Punkaharju		
I. 54	28.4±1.4	37.5±1.1	63.5±1.5
III. 54	25.7±1.4	37.1±1.3	63.3±1.2
V. 54	26.3±1.1	33.4±0.6	62.5±1.8
VII. 54	29.1±0.8	32.5±0.7	67.2±2.0
	Ruotsinkylä		
XII. 54	28.9±0.5	37.9±0.8	63.5±2.1
III. 55	29.5±1.5	40.0±1.0	70.4±2.4
IV. 55	31.7±1.4	36.1±0.9	63.5±1.8
V. 55	27.7±0.7	36.9±0.9	62.7±1.7

Tulosten voidaan siis katsoa osoittavan, että kuten odottaa sopiikin, kahden ja kolmen vuoden varastoinnin jälkeen ei ole enää nähtävissä hakkuuajan vaikutusta puiden kosteuteen. Toukokuussa tehdyn tavaran suuremmat painon alenemiset varastoimisaikana ovat siis aiheutuneet yksinomaan korkeammasta kosteudesta hakkuuaikana.

Kosteuksien kehittymistä kohta tavaran valmistuksen jälkeen ensimmäisenä ja toisena varastoimiskesänä ja hakkuuajan vaikutusta siihen voidaan tarkastella Saarijärven ja Kiihtelysvaaran taulukossa 7 esitettyjen tulosten perusteella.

Myös nämä tulokset osoittavat, että toisen varastoimiskesän päättyessä ei ole enää eroja eri aikoina valmistettujen pinotavaroiden kosteuksissa, vaan erot, jos niitä esiintyy, ovat sattumanvaraisia kummassakin tutkimuspaikassa. Ensimmäisenä syksynä sitä vastoin on havaittavissa, että aisatusta tavarasta heinäkuun erä ei ole saavuttanut Saarijärvellä kuivuudessa aikaisemmin hakattuja eriä. Myös Kiihtelysvaarassa heinä-, elo- ja syyskuun pinotavara on ensimmäisen kesän päättyessä vielä selvästi kosteampaa kuin aikaisemmin keväällä hakatut erät. Voidaan siis todeta, että kesäkuussa valmistettu pinotavara ehtii vielä ensimmäisenä kesänä kuivua yhtä paljon kuin aikaisemmin valmistettu, mutta sitä myöhemmin valmistettu tavara saavuttaa aikaisemmin valmistetun vasta toisena kesänä. Samaan tulokseen ovat tulleet monet muutkin tutkijat, joista mainittakoon mm. Ekman (1907) ja Klem (1944).

Samassa yhteydessä voidaan tarkastella myös varastoimisajan vaikutusta eri puutavaralajien kosteuteen. Punkaharjun tulokset osoittavat, että kaikissa puutavaralajeissa saavutettiin alhaisin kosteus vasta kolmantena varastoimiskesänä. V. 1954 valmistettujen tavaralajien keskimääräiset kosteudet olivat seuraavat.

Tutkimusaika *Time of study*	Halkaistu *Split*	Aisattu *Strip-barked* % *per cent*	Kuorellinen *Unbarked*
VI. 1955	30.4 ± 0.9	33.9 ± 1.0	66.0 ± 1.7
VI. 1956	25.1 ± 1.0	29.1 ± 0.9	61.4 ± 2.4
X. 1956	30.3 ± 0.7	35.3 ± 0.6	64.3 ± 0.9

Luvuista nähdään, että ensimmäisen ja toisen varastoimiskesän välillä on pinotavaran kosteus vielä alentunut 4—5 %:lla (ks. Heiskanen 1953). Myös ilmenee, että lokakuussa kosteus on selvästi korkeampi kuin kesällä, kesäkuussa. Ero on suurin aisatussa ja halkaistussa tavarassa. Samanlaiset tulokset saatiin myös Ruotsinkylän kokeissa toisena varastoimiskesänä, kuten seuraavista luvuista selviää, jotka osoittavat talvella 1954—55 valmistettujen pinotavaroiden kosteuksia eräinä ajankohtina.

Tutkimusaika *Time of study*	Halkaistu *Split*	Aisattu *Strip-barked* % *per cent*	Kuorellinen *Unbarked*
VI. 1956	42.4 ± 0.6	28.6 ± 0.7	62.8 ± 1.5
X. 1956	29.3 ± 0.6	37.4 ± 0.4	65.2 ± 1.1

Saarijärven ja Kiihtelysvaaran tutkimusten tulokset osoittavat, kuten taulukosta 7 nähdään, että molemmat tutkitut puutavaralajit, aisatut ja kuorelliset, kuivuvat vielä toisenakin varastoimiskesänä. Sama ilmeni myös Punkaharjun ja Ruotsinkylän kokeiden punnitustuloksista (vrt. s. 15). Tuloksista ilmenee lisäksi, että pinotavarat ovat saavuttaneet suurimman kuivuuden kumpanakin kesänä heinä-, elo- tai syyskuussa. Tulos käy yhteen mm. Ekmanin (1907) ja Klemin (1944) tutkimusten kanssa. Todettakoon kuitenkin vielä, että kuten punnitustuloksia selitettäessä mainittiin, tämä ajankohta vaihtelee jonkin verran ilmastollisista ym. olosuhteista riippuen. Punnitustulosten mukaan saavutettiin alhaisin paino, s.o. alhaisin kosteus myös Ruotsinkylässä ja Punkaharjulla vasta elo-syyskuussa (ks. s. 16).

Taulukko 7. Eri aikoina hakatun aisatun ja kuorellisen pinotavaran kosteudet tutkimusaikana

Table 7. Moisture content of strip-barked and unbarked cordwood felled at different times during period of study

Kaatoaika *Felling time*	Punnitusaika — *Weighing time*								
	V. 56	VI. 56	VII. 56	VIII. 56	IX. 56	X. 56	V. 57	VIII. 57	X. 57
	Kiihtelysvaara								
	Aisattu — *Strip-barked*								
X. 55 ...	60	50	46	44	42	36	36	35	..
XI. 55 ...	62	50	42	39	37	39	40	35	..
II. 56 ...	55	46	42	48	39	40	41	33	..
IV. 56 ...	57	46	38	35	35	37	36	32	..
V. 56 ...	..	47	35	38	36	35	35	30	..
VI. 56 ...	..	..	40	36	35	36	33	28	..
VII. 56 ...	..	..	..	55	48	48	41	34	..
VIII. 56 ...	..	..	..	..	52	57	48	43	..
IX. 56 ...	..	..	..	..	..	58	52	41	..
	Kuorellinen — *Unbarked*								
V. 55 ...	71	70	69	69	67	63	59	59	..
XI. 55 ...	74	67	64	65	65	66	65	59	..
II. 56 ...	71	65	61	64	68	64	65	59	..
IV. 56 ...	69	63	58	59	58	60	58	54	..
V. 56 ...	..	66	55	56	68	65	68	58	..
VI. 56 ...	..	..	58	63	72	67	70	63	..
VII. 56 ...	..	..	..	58	69	76	71	57	..
VIII. 56 ...	..	..	..	..	80	74	69	64	..
IX. 56 ...	..	..	..	..	..	70	74	68	..

Kaatoaika *Felling time*	Punnitusaika — *Weighing time*								
	V. 56	VI. 56	VII. 56	VIII. 56	IX. 56	X. 56	V. 57	VIII. 57	X. 57
	Saarijärvi								
	Aisattu — *Strip-barked*								
VIII. 55 ...	63	51	41	42	36	37	39	36	37
IX. 55 ...	69	50	47	49	49	47	41	36	40
X. 55 ...	71	62	41	51	44	46	39	39	41
II. 56 ...	..	52	43	50	45	43	43	38	40
IV. 56 ...	66	49	40	42	40	44	37	36	37
V. 56 ...	79	44	39	41	40	39	36	36	38
VI. 56 ...	..	..	..	44	42	41	41	38	40
VII. 56 ...	..	..	..	..	48	45	37	38	41
	Kuorellinen — *Unbarked*								
VIII. 55 ...	72	70	65	71	60	63	..	..	..
IX. 55 ...	76	71	65	71	78	70	65	63	66
X. 55 ...	82	73	62	66	71	67	71	66	62
II. 56 ...	..	73	58	62	66	68	75	63	60
IV. 56 ...	78	69	67	72	62	70	67	66	62
V. 56 ...	85	65	64	64	63	61	62	58	61
VI. 56 ...	..	..	..	57	67	56	66	60	60
VII. 56 ...	..	..	..	..	69	69	71	63	66

42. Eri tavaralajien kosteus

Kaikista jo esitetyistä kosteusluvuista ilmenee, että eri tavaralajien välillä vallitsee varsin huomattavia eroja kosteuksissa. Punkaharjun ja Ruotsinkylän tuloksista nähdään, että kuorellinen tavara ei saavuta läheskään samaa kuivuutta kuin halkaistu ja aisattu tavara. Myös viimeksimainittujen välillä vallitsee eroja siten, että halkaistun tavaran kosteus on kaikissa tapauksissa alhaisempi kuin aisatun. Erot ovat kuitenkin niin vähäiset, että niiden merkitsevyys on tutkittava. Testaus antoi seuraavat tulokset.

Punkaharju

kesäkuu 1955	t = 2.65**	f = 47
» 1956	t = 2.85**	f = 72
lokakuu 1956	t = 5.56***	f = 111

Ruotsinkylä

kesäkuu 1956	t = 2.94**	f = 69
lokakuu 1956	t = 11.41***	f = 201

Kaikissa tapauksissa ero on siis tilastollisesti merkitsevä tai erittäin merkitsevä. Se osoittaa, että aisattuna koivupinotavaran kosteus on korkeampi kuin halkaistuna. Aisattu tavara ei siis kuivu yhtä hyvin kuin halkaistu. Samaan tulokseen on päädytty myös monissa aiemmin suoritetuissa tutkimuksissa (esim. Rozens 1935, Callin 1945.)

Punkaharjun ja Ruotsinkylän tulosten perusteella voidaan todeta eri pinotavaralajien alhaisimmiksi kosteuksiksi seuraavat (vrt. Klem 1944, Callin 1945, Björkman 1953).

1 m halkaistu — *1 m split*	24—25 %
2 m aisattu — *2 m strip-barked*	28—29 %
2 m kuorellinen — *2 m unbarked*	61—63 %

Saarijärven ja Kiihtelysvaaran kokeet taas ovat antaneet seuraavat keskimääräiset alhaisimmat kosteudet aisatulle ja kuorelliselle tavaralle:

1—3 m aisattu — *1—3 m strip-barked*	28—37 %
1—3 m kuorellinen — *1—3 m unbarked*	55—59 %

Eri koesarjojen välillä on siis olemassa ilmeisiä eroja. Varsinkin Saarijärven ja osittain myös Kiihtelysvaaran aisatun tavaran korkea kosteus verrattuna Punkaharjun ja Ruotsinkylän aisatun tavaran kosteuksiin riippunee eroavuuksista aisausten lukumäärässä. Saarijärvellä ja Kiihtelysvaarassa aisauksia oli vain kaksi, kun taas muissa paikoissa aisausten lukumäärä vaihteli pölkyn läpimitan mukaan. Aisausten lukumäärä joka tapauksessa vaikuttaa selvästi kuivumiseen, kuten suoritetut erikoiskokeet ovat osoittaneet.

Erityisesti on kiinnitettävä huomiota siihen, että kuorellinen tavara jää pitkänkin varastoinnin jälkeen puolikuivaksi, s.o. tilaan, jossa lahottajasienien elinmahdollisuudet ovat parhaimmillaan (Björkman 1946). Kuorellista tavaraa ei siis saada kuivumaan niin paljon, että se olisi lahoamiselta suojattuna, vaan se on kosteudeltaan jatkuvasti ns. puolikuivassa vaaravyöhykkeessä (Jalava 1949).

Lievestuoreen kokeiden mukaan keväällä 1955 ja syksyllä 1955 tehdyn puolipuhtaaksi kuoritun pinotavaran kosteusadannekset olivat seuraavat syksyllä 1956.

Hakkuuaika *Felling time*	Kosteus, % *Moisture content, per cent*
kevät — *spring* 1955	26.6
syksy — *autumn* 1955	22.6

Kuoritun tavaran kosteus on siis selvästi alhaisempi kuin halkaistun tai aisatun kosteus samaan aikaan (ks. ss. 23—24). Jos ero kesällä on saman suuruinen, voidaan kuoritun tavaran minimikosteudeksi laskea 18—22 %. Björkmanin (1953) mukaan aisattu koivupinotavara voi kuitenkin saavuttaa kuivassa varastopaikassa yhtä suuren kuivuuden kuin kuorittukin.

Ruotsinkylässä vv. 1956—57 suoritetuissa erilliskokeissa tutkittiin käsittelytavan vaikutusta 1 m koivupinotavaran kuivumiseen. Kokeisiin tehtiin kesällä 1956 1 m tavaraa avoristikolle ja puiden kosteudesta suoritettiin mittauksia heinäkuun puolivälissä v. 1957. Eri tavaralajien kosteus oli silloin seuraava.

Tavaralaji *Assortment*	Läpimitta, cm *Diameter, cm* 6—10	11—15	Keskimäärin *Average*
	Kosteus, % *Moisture content, per cent*		
Yhdeltä puolelta aisattu — *Strip-barked, one strip*	30	48	36
Kahdelta puolelta aisattu — *Strip-barked, two strips*	23	32	25
Kolmelta puolelta aisattu — *Strip-barked, three strips*	20	30	24
Neljältä puolelta aisattu — *Strip-barked, four strips*	20	29	23
Tuohettu — *Peeled*	20	29	21
Kuorittu — *Barked*	19	22	20
Kuorellinen — *Unbarked*	57	63	60

Aisausten lukumäärän vaikutus puiden kuivumiseen on näiden tulosten mukaan merkittävä vain aisausten lisääntyessä yhdestä kahteen. Vähäistä kuivumista on havaittavissa myös aisausten lisääntyessä kahdesta kolmeen. Sitä vastoin neljältä puolelta aisatut puut eivät ole, näin pienten puiden ollessa kyseessä, kuivuneet sen paremmin kuin kolmelta puolelta aisatutkaan. Voidaan myös todeta, että yhdeltä puolelta aisattuina puut eivät kuivu riittävästi, vaikka ne ovatkin kuorellisia puita selvästi kuivempia.

Muita käsittelytapoja vertailtaessa havaitaan, että alle 10 cm:n läpimittaiset puut kuivuvat kolmella ja neljällä aisauksella varustettuina yhtä hyvin kuin kuorittuinakin. Yli 10 cm:n puut ovat sen sijaan kuorittuina selvästi kuivempia kuin aisattuina. Aivan pieniä puita ei siis kannata ainakaan kuivumisen edistämiseksi kuoria.

Tuohetun ja kuoritun puun vertailu osoittaa, että tuoheaminen ei vielä takaa puun perusteellista kuivumista. Se nähdään eritoten yli 10 cm:n puiden kosteuksista. Niistä ovat kuoritut olleet paljon kuivempia kuin tuohetut. Kuitenkin näistä tuohetuista puista oli jäljelle jäänyt kuori suuressa määrin halkeillut, mitä ei siinä määrin tapahdukaan, jos aisauksen kohdalla puu jätetään paljastamatta. Tulokset osoittavatkin, että puun kuivumisen varmistamiseksi olisi aisattaessa kuori poistettava aisausten kohdalta aivan puun pintaa myöten (vrt. T u o v i n e n 1955).

Erikoiskysymyksen muodostaa myös rasiinkaadetun ja tavallisen kuorellisen puun kosteuksien vertailu. Tätä kysymystä tutkittiin vain pienellä kokeella Punkaharjulla.

Heinäkuussa 1954 kaadettiin siellä tavallisen kuorellisen tavaran lisäksi myös puita rasiin, joista puista tehtiin sitten saman vuoden lokakuussa 2 m kuorellista tavaraa ristikolle. Syksyllä 1956 otettiin molemmista eristä kosteusnäytteet, jotka osoittivat seuraavia keskiarvoja.

Tavallinen	64.3 ± 0.9
Rasiinkaadettu	48.7 ± 1.5

Eron testaus osoitti sen tilastollisesti erittäin merkitseväksi ($t = 8.914^{***}$ $f = 74$). Rasiin kaadetut koivut pysyvät siis tämän tutkimuksen mukaan tavallista kuorellista tavaraa kuivempina jatkuvasti koko varastointiajan. Rasikoivutkaan eivät silti saavuta läheskään samaa kuivuutta kuin aisattu tai halkaistu tavara, vaan nekin jäävät kuorellisina kosteudeltaan puolikuivaan vaaravyöhykkeeseen. Mainittakoon, että Jalava (1941) ilmoittaa ns. halkokoivujen rasiin kaadettuina saavuttavan 40—50 % kosteuden (vrt. myös Jalava 1938, Callin 1945).

Saarijärven ja Kiihtelysvaaran tuloksia vertailtaessa kiinnittää huomiota myös se seikka, että Saarijärven aisattu tavara on yleensä muutaman prosentin kosteampaa kuin samaan aikaan hakattu Kiihtelysvaaran aisattu tavara. Samansuuntaisia eroja on myös kuorellisessa. Syynä tähän eroon ovat varastopaikoissa vallinneet eroavuudet. Saarijärvellä varastot sijaitsivat kuusi-koivusekametsässä, jossa tiheys oli muutamia poikkeuksia lukuunottamatta verraten suuri. Avonaisemmat paikat taas olivat melko pitkälle soistuneita. Kuivumisedellytykset olivat siis keskimäärin erittäin heikot. Kiihtelysvaarassa koepinot taas oli sijoitettu koivikkokumpareelle (ks. kuva 1), johon tuulet hyvin pääsivät vaikuttamaan sen eteläpuolella olevalta tasaiselta männikkökankaalta ja järveltä. Siellä kuivumisedellytykset olivatkin keskimäärin varsin hyvät. Nämä seikat osoittavatkin, että varastoimispaikan laadulla on suuri merkitys kuivumiselle. Sama on todettu myös monissa muissa tutkimuksissa (vrt. Heiskanen 1953).

43. Läpimitan vaikutus

Läpimitan vaikutus pinotavaran kosteuteen on yleensä erittäin selvä. Useissa tutkimuksissa onkin todettu (esim. Kohh 1934, Björkman 1953, 1958), että pieniläpimittaiset pölkyt kuivuvat paremmin ja perusteellisemmin kuin suuriläpimittaiset. Läpimitan vaikutus ilmeni myös tässä tutkimuksessa kuivumista koskevista tutkimustuloksista (vrt. s. 19).

Saarijärvellä ja Kiihtelysvaarassa saavutetut tulokset läpimitan vaikutuksesta eri tavaralajien kosteuteen on esitetty seuraavassa asetelmassa. Siinä on erotettu vain kaksi luokkaa, 6—10 cm ja 11—15 cm, ja keskiarvoihin on laskettu ainoastaan ne erät, joihin on sisältynyt kumpaankin luokkaan kuuluvia puita.

Saarijärvi

Tutkimusaika *Time of study*	Aisattu *Strip-barked*		Kuorellinen *Unbarked*	
	6—10	11—15	6—10	11—15
	Kosteus, % — *Moisture content, per cent*			
1956	42—47	51—57	65—70	66—70
1957	35—36	42—43	58—70	60—77
Kiihtelysvaara				
1956	35—43	40—47	62—66	64—66
1957	32—36	41—42	58—64	64—66

Aisatussa tavarassa läpimitan vaikutus kosteuteen on siis erittäin selvä. Pienemmän läpimittaluokan pölkyt ovat saavuttaneet kaikissa tapauksissa alhaisemman kosteuden kuin suurempaan läpimittaluokkaan kuuluvat. Ero läpimittaluokkien välillä on vielä toisen varastoimiskesän päätyttyä Saarijärvellä keskimäärin n. 6—8 % ja Kiihtelysvaarassa 5—9 %. Pienemmät pölkyt ovat siis kuivuneet nopeammin ja saavuttaneet suuremman kuivuuden, jota suuremmat eivät ole saaneet kiinni vielä toisenakaan kesänä.

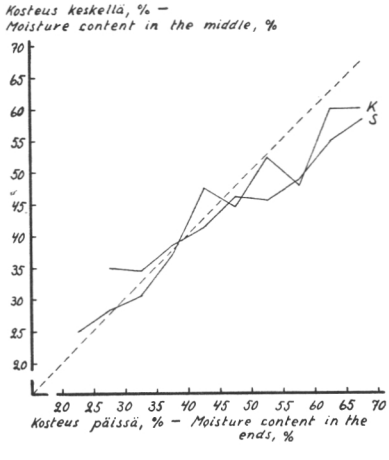
Kuorellisessa tavarassa erot eri läpimittaluokkien kosteuksissa ovat paljon pienemmät, mutta varastoimisajan päättyessä pienempään läpimittaluokkaan kuuluvat ovat jo kuivempia kuin suuremmat pölkyt. Alussa suhde on Kiihtelysvaarassa päinvastainen ja Saarijärvellä se vaihtelee melkoisesti eri punnituskerroilla. Tällainen asiantila onkin hyvin ymmärrettävissä, sillä kuorellisen tavaran kuivuminen on kaiken kaikkiaan varsin vähäistä, kuten myös aikaisemmin esitetyt kuivumistutkimusten tulokset osoittavat (ks.s. 17). Tällöin pölkkyjen alkukosteus saattaa vaikuttaa melko pitkänkin varastoimisajan jälkeen. Pienet pölkyt taas ovat olleet alkukosteudeltaan latvapölkkyinä keskimäärin kosteampia kuin suuret pölkyt (esim. J a l a v a 1938, ks. s. 19). Kuivumisen ollessa hyvin vähäistä pääsevät myös muut seikat kuin läpimitta helposti vaikuttamaan. Tällaisista tekijöistä mainittakoon vain oksaisuus, joka tunnetusti edistää kuivumista suuresti ja jonka vaikutus voi koekappaleiden lukumäärän ollessa pieni peittää joissakin tapauksissa läpimitan vaikutuksen. Tosin pienet pölkyt on usein saatu latvasta, joten ne ovat keskimäärin oksaisempia kuin

suuret. Yksinomaan tämänkin seikan perusteella voidaan päätellä pienten kuorellisten puiden kuivuvan paremmin kuin suurten. Siihen viittaavat myös sivulla 27 mainitut Ruotsinkylän erilliskokeiden tulokset. Kuitenkaan pienemmätkään kuorelliset pölkyt eivät koskaan saavuta samaa kuivuusastetta kuin aisatut eivätkä yleensäkään lahovikojen torjumisen kannalta riittävää kuivuutta.

44. Pituuden vaikutus

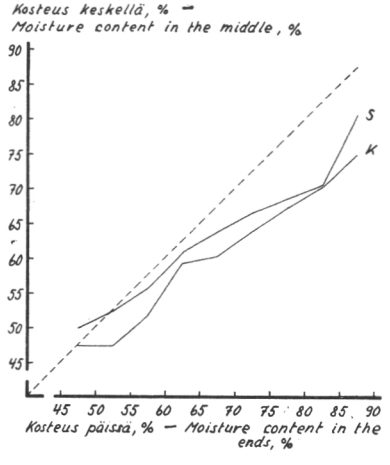
Pölkyn pituuden vaikutusta sen kosteuteen tutkittiin kahdella tavalla: vertailemalla pölkyn päistä ja keskeltä pölkkyä mitattuja kosteuksia sekä myös vertailemalla eri pituisten tavaralajien keskimääräisiä kosteuksia toisiinsa.

Päistä ja keskeltä mitattujen kosteuksien vertailujen tuloksia on esitetty kuvissa 6 ja 7. Niistä nähdään 2 m kuorellisen ja aisatun tavaran eri paikoista mitattujen kosteuksien suhde toisiinsa Saarijärven ja Kiihtelysvaaran tutkimusten mukaisena. Luvut osoittavat, että kuorellisissa pölkyissä kosteus on keskellä keskimäärin tuntuvasti suurempi kuin päissä. Kuorellisen tavaran kuivuminen tapahtuu siis huomattavalta osaltaan poikkileikkauspintojen kautta, mutta niiden vaikutus ei voi ulottua varsin pitkälle. Toisin sanoen kuorellisista pölkyistä lyhyet kuivuvat paremmin kuin pitkät.



Kuva 6. 2 m aisatun puutavaran kosteus keskellä ja päissä toisiinsa verrattuina.

Figure 6. Moisture content of 2-metre strip-barked timber in the middle and in the ends of bolt compared with each other.



Kuva 7. 2 m kuorellisen pinotavaran kosteus keskellä ja päissä toisiinsa verrattuina.

Figure 7. Moisture content of 2-metre unbarked cordwood in the middle and in the ends of bolt compared with each other.

Aisatussa tavarassa ei sitä vastoin ole suurtakaan eroa eri kohdista mitatuilla kosteuksilla. Aisattujen pölkkyjen pituudella ei siis ole sanottavaa vaikutusta kuivumiseen. Tosin silloin kun kosteus on vielä ollut korkea, ovat päät olleet kuivempia kuin keskiosa. Se viittaa siihen, että myös aisatuissa pölkyissä tapahtuu alussa kuivumista suuremmassa määrin poikkileikkauspintojen kautta.

Pituuden vaikutus kuivumiseen ilmeni myös kaikkien keskeltä ja päistä otetuista kiekoista tehtyjen kosteusmääritysten keskiarvoista. Ne olivat seuraavat eri puutavaralajeissa.

Puutavaralaji *Assortment*	keskellä *in the middle*	päissä *in the ends*
	Kosteusprosentti *Moisture content, per cent*	
1 m halkaistu — *1 m split*	29.2±0.7	30.4±0.6
1 m aisattu — *1 m strip-barked* .	40.9±0.4	40.4±0.4
2 m aisattu — *2 m strip-barked* .	39.0±0.4	38.0±0.4
3 m aisattu — *3 m strip-barked* .	39.7±0.4	39.7±0.3
1 m kuorellinen — *1 m unbarked*	62.5±0.5	58.8±0.5
2 m kuorellinen — *2 m unbarked*	69.8±0.4	62.4±0.4
3 m kuorellinen — *3 m unbarked*	70.9±0.5	69.1±0.5

Luvuista todetaan edellä esitetyn lisäksi, että halkaistussa tavarassakaan ei eri kohdista mitatuilla kosteuksilla ole suurta eroa. Tosin keskeltä mitattu kosteus on jonkin verran alhaisempi kuin päistä mitattu. Siis niissäkään pituudella ei ole lainkaan merkitystä kuivumiselle. Samoin on näidenkin lukujen mukaan laita aisatussa tavarassa. Kuorellisissa pölkyissä erot eri kohtien kosteuksien välillä ovat selvät ja testauksen mukaan 1 m ja 2 m tavarassa erittäin merkitsevät ($t = 5.362^{***}$ $f = 958$; $t = 13.465^{***}$ $f = 1\,082$). 3 m tavarassa, jossa päistä otettiin kiekot 50 cm:n etäisyydeltä, erotus on sitävastoin vain melkein merkitsevä ($t = 2.571^{**}$ $f = 712$).

Nämä tulokset siis osoittavat, että kuivuminen tapahtuu kuorellisessa tavarassa suureksi osaksi päiden kautta, jolloin pitemmät pölkyt kuivuvat hitaammin ja epätäydellisemmin kuin lyhyet. Vielä kahden vuoden kuluttua hakkuusta on havaittavissa selvät erot eri kohdista mitattujen kosteuksien välillä, kuten taulukosta 8 nähdään.

Aisatussa tavarassa ei ole eri paikoista määritettyjen kosteuksien välillä paljonkaan eroja, mutta kuorellisissa 1 m ja 2 m tavaroissa päistä (17 cm ja 33 cm) otetut näytteet ovat olleet kaikkina mittausaikoina kosteudeltaan alhaisemmat kuin keskeltä otetut. 3 m tavarassa erot ovat jo vähäisempiä, mutta niissä päistä otetut kiekot olikin leikattu 50 cm:n etäisyydeltä, kuten jo mainittiin.

Taulukko 8. Kosteuden vaihtelut pinotavaran eri osissa.

Table 8. Variations of moisture content in different parts of cordwood bolts.

Tutkimusaika *Time of study*	Aisattu — *Strip-barked*						Kuorellinen — *Unbarked*					
	1 m		2 m		3 m		1 m		2 m		3 m	
	päät. *ends*	kesk. *middle*	päät. *ends*	kesk. *middle*	päät. *ends*	kesk. *middle*	päät. *ends*	kesk. *middle*	päät. *ends*	kesk. *middle*	päät. *ends*	kesk. *middle*
	Kosteus, % — *Moisture content, per cent*											
	Kiihtelysvaara											
X. 56	44	44	42	43	42	43	70	72	65	68	64	68
VIII. 57	35	36	32	34	36	37	50	54	56	66	56	66
	Saarijärvi											
X. 56	43	44	45	44	41	41	62	66	65	69	70	73
X. 57	38	38	39	39	39	39	57	60	63	70	67	74

Esitetyt luvut eivät vielä kuvaa eroja kuorellisten pölkkyjen kaikkein kuivimpien ja kosteimpien kohtien välillä todellisen suuruisina, sillä päistä otetut näytteet olivat myös melko kaukaa poikkileikkauspinnoista. Ruotsinkylässä otettiin kerran alkukesällä 1956 näytteet myös 10 cm:n etäisyydeltä päistä, ja tällöin kosteudet olivat eri kohdissa.

10 cm	49.5 %
33 cm	64.4 %
100 cm	69.6 %

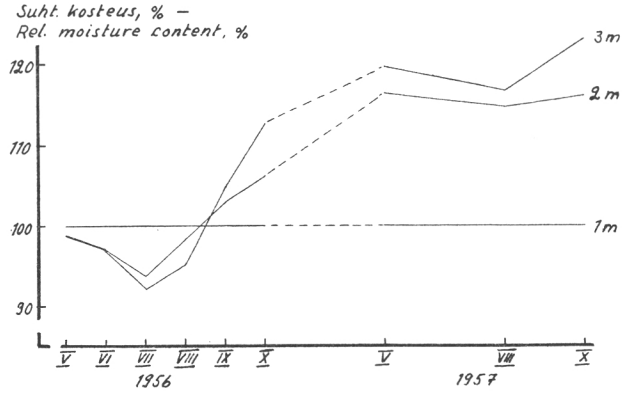
Desimetrin päässä poikkileikkauksesta kosteus on siis hyvin paljon alhaisempi kuin 33 cm:n päässä. Sama ilmenee myös Björkmanin (1953) tutkimuksesta. Sen mukaan esim. 3—4″ vahvuisten ja n. 3.5 m pituisten kuorellisten koivupölkkyjen kosteudet vaihtelivat toisen varastoimiskesän päättyessä latvassa 32—39 %:iin ja keskellä 51—69 %:iin (vrt. myös Björkman 1958). Aivan poikkileikkausten välittömässä läheisyydessä kuorellisten pölkkyjen kosteus on siis miltei yhtä alhainen kuin aisattujen tai halkaistujen pölkkyjen keskimääräinen kosteus.

Eri pituisten pölkkyjen kosteudet kaikkien kaato- ja punnitusaikojen painottamattomana keskiarvona on esitetty seuraavassa asetelmassa suhdelukuina. 1 metrisen tavaran kosteutta on kummassakin tavaralajissa merkitty luvulla 100.

	Aisattu *Strip-barked*			Kuorellinen *Unbarked*		
	1 m	2 m	3 m	1 m	2 m	3 m
Saarijärvi	100	98	93	100	104	106
Kiihtelysvaara	100	98	103	100	103	109

Aisatussa tavarassa erot eri pituuksien välillä ovat melko epäselvät. Kuitenkin voidaan todeta, että 1 m tavara on todennäköisesti kuivunut huonoimmin. Se ei johdu kuitenkaan tavaran pituudesta vaan yksinomaan varastoimistavasta.

Kuorellisesta tavarasta 1-metriset ovat kuivuneet selvästi parhaiten ja 3-metriset huonoimmin. Eri punnituskertoja tarkasteltaessa nähdään, että alkuaikoina ei eri pituuksien välillä ole sanottavaa eroa, mutta vähitellen 1 m pölkyt kuivuvat selvästi enemmän kuin pitemmät, ja myös 2 m ja 3 m tavaroiden välille muodostuu eroa. Tämä ilmenee kuvassa 8 nähtävistä Saarijärven mittausten mukaisista eri pituuksien kosteutta kuvaavista suhdeluvuista.



Kuva 8. Eri pituisten kuorellisten pinotavaroiden kosteudet toisiinsa verrattuina. Saarijärvi.
Figure 8. Moisture contents of unbarked cordwood of different length compared with each other. Saarijärvi.

45. Varastoimistavan vaikutus

Varastoimistavan vaikutus, siis se, onko puut varastoitu pinoon vai ristikkoon, ilmenee osittain Saarijärven ja Kiihtelysvaaran tutkimustuloksista. Siellähän aisatusta tavarasta 1 m pituiset olivat kuivuneet yleensä vähemmän kuin pitemmät puut. Kun läpimitoissa ei ole eri pituuksien välillä merkittäviä eroja, on syy näihin vaihteluihin löydettävissä vain varastoimistavasta. 1 m tavara oli varastoitu pinoon, jossa kuivumisedellytykset ovat huomattavasti huonommat kuin ristikossa ja tapulissa, joihin 2 m ja 3 m tavara oli varastoitu. Kuorellisen tavaran kuivumiseen vaikuttaa pituus siinä määrin, että varastoimistavan vaikutus niiden kuivumiseen ei selviä tutkimustuloksista. Varastoimistavan vaikutus lieneekin kuorellisessa tavarassa erittäin vähäinen.

Pinotavaran kuivumista pinossa ja ristikossa tutkittiin myös erikoiskokeessa Ruotsinkylässä. Siellä tehtiin kesällä 1956 kahdelta puolelta aisattua 1 m tavaraa sekä pinoon että ristikkoon. Yhden vuoden varastoinnin jälkeen kosteussadannekset olivat seuraavat.

Varastoimistapa *Manner of storage*	Läpimitta, cm *Diameter, cm* 6—10	11—15
	Kosteus, % *Moisture content, per cent*	
Pino — *Pile*	31	51
Ristikko — *Pile stacked crosswise*	23	32

Ristikkoon varastoitu tavara on siis kuivunut huomattavasti perusteellisemmin kuin pinoon varastoitu. Erityisen selvä on varastoimistavan vaikutus suuremmassa läpimittaluokassa, joka vastaa lähinnä käytännössä esiintyviä mittoja. Vaikka tutkimukset koskevat tältä kohdalta vain aisattua tavaraa sopinevat ne myös halkaistuun. Myös halkaistu tavara kuivuu ristikossa paremmin kuin pinossa.

Oman, tosin merkitykseltään vähäisen ongelman muodostaa halkojen asennon vaikutus kuivumiseen. Sitä on monesti tutkittu, mutta tulokset ovat yleensä osoittaneet, että ei ole suurtakaan merkitystä, ovatko puut pinossa halkaistu puoli ylös- vai alaspäin (Borg 1908, Grinndahl 1909, Heikinheimo 1915).

Ruotsinkylässä suoritetussa erikoiskokeessa selvitettiin myös tätä seikkaa tekemällä yksi ristikko, johon halot asetettiin halkaistu puoli ylöspäin ja yksi, jossa halkojen halkaistu puoli oli alaspäin. Vuoden varastoinnin jälkeen kesällä 1957 kosteudet olivat seuraavat.

Halkojen asento *Way of storing*	Läpimitta, cm *Diameter, cm* 5—10	11—15
	Kosteus, % *Moisture content, per cent*	
Halkaisupinta alaspäin — *Split surface down*	19	25
Halkaisupinta ylöspäin — *Split surface up*	21	33

Halot joiden halkaisupinta on ollut alaspäin ovat siis kuivuneet paremmin kuin ne, joiden halkaisupinta on ollut ylöspäin. Ero kosteuksissa on huomattava varsinkin suuremmissa pölkyissä. Se johtuu ensisijassa siitä, että halkaisupinnan ollessa ylöspäin kuoren ja puun väliin pääsee sateella helposti tunkeutumaan vettä. Se lahottaa puuta, jolloin puu säilyttää kosteuden paremmin kuin terveenä. Pinoihin varastoiduissa haloissa ei puiden asennon merkitys liene yhtä suuri, sillä pinoissa kuivumisedellytukset ovat muutoinkin huonommat, kuten juuri edellä mainittiin.

5. Puutavaran säilyminen

51. Varastolahon kuvaajat

Varastolahossa voidaan erottaa monta eri astetta. Ensimmäinen koivupuussa varastoinnin aikana havaittava muutos on »rusketus», joka ilmestyy kaadettuun puuhun varsin pian kaadon jälkeen. Siinä ei kuitenkaan aina ole kysymys lahoamisesta, kuten mm. T u o v i n e n (1955) mainitsee. Varsinainen varastolaho, jonka yleisimmät aiheuttajat koivupuussa ovat B j ö r k m a n i n (1953) mukaan *Polyporus zonatus*, *Stereum purpureum*, *Stereum hirsutum*, *Corticium envolvens* ja *Daedalia unicolor*, ilmestyy puihin vasta varastoinnin myöhemmissä vaiheissa.

Varastolahon paljouden määrittämisessä voidaan käyttää useita eri menetelmiä, joista tässä tutkimuksessa on käytetty sivulla 11 esitettyä luokitusta sekä tilavuuspainon määrittämistä. Ennen tutkimustulosten esittelyä on vielä tarkasteltava näiden määritystapojen tuloksia toisiinsa verrattuina. Tilavuuspainon muutokset ovat varsin varmoja lahoamisen kuvaajia, joten lahoasteikkoa on verrattava tilavuuspainomääritysten tuloksiin. Taulukosta 9 nähdään näiden vertailujen tulokset. Siinä on esitetty eri lahoasteisiin kuuluneiden näytteiden keskimääräiset tilavuuspainot tutkimuspaikoittain.

Taulukko 9. Tilavuuspainon ja lahoasteen välinen riippuvuus.

Table 9. Interrelation of density and degree of decay.

Tutkimuspaikka *Locality*	Lahoaste — *Degree of decay*					
	0	1	2	3	4	5
	Tilavuuspaino — *Density*					
Ruotsinkylä	0.613	0.615	0.585	0.572	0.547	0.486
Punkaharju	..	0.613	0.599	0.593	0.574	0.507
Saarijärvi	0.608	0.607	0.586	0.579	0.575	0.543
Joensuu	0.602	0.616	0.607	0.601	0.581	0.551
Keskimäärin — *Average*	0.607	0.610	0.593	0.587	0.574	0.537

Taulukosta ilmenee, että eri lahoasteiden keskimääräiset tilavuuspainot eroavat yleensä melko selvästi toisistaan siten, että mitä suurempi on lahoasteen lukuarvo, sitä pienempi on tilavuuspaino. Poikkeuksen muo-

dostavat lahoasteet 0 ja 1, joissa tilavuuspainot ovat käytännöllisesti katsoen samat. Tulos onkin odotetunlainen, sillä nämä lahoasteet ovat, kuten määritelmistä ilmenee, itse asiassa aivan tervettä puuta. Tulosten perusteella voidaan siis päätellä, että lahoaste kuvaa hyvin myös lahottajasienien toiminnan aiheuttaman tilavuuspainon alenemisen. Kuitenkin lahoastetta 1 on myös pidettävä terveenä.

Keskimäärin on tutkimusten tulosten mukaan eri lahoasteiden tilavuuspaino prosentteina asteiden 0 ja 1 keskiarvosta seuraava.

Laho-aste *Degree of decay*	Tilavuuspaino suhdelukuna *Relative density*
0	100
1	
2	97
3	96
4	94
5	88

Lahoasteikko kuvaa myös lahoamisen kehitystä, jossa mielessä se on parempi kuvaaja kuin lahonneen puun osuus pinta-alasta. Lahoasteikko ei anna kuitenkaan oikeaa kuvaa hyvin pitkälle kehittyneestä varastolahosta. Lahoaste 5 saattaa näet sisältää lahon määrältä hyvin monenlaisia kappaleita, sellaisia, jotka juuri sopivat ko. luokkaan ja toisaalta sellaisia, jotka ovat hyvin pitkälle lahonneita, aivan pehmeitä. Taulukosta 9 nähdäänkin, että 5. lahoasteen kappaleiden keskimääräiset tilavuuspainot vaihtelevat eri paikkojen välillä eniten. Punkaharjulla, jossa puut olivat olleet varastossa kolme vuotta lahoasteeseen 5 luettujen kiekkojen tilavuuspaino on paljon muita alhaisempi. Myöskään lahon puun pinta-ala ei osoita näin pitkälle kehittynyttä lahovikaa. On lisäksi korostettava, että tarkoituksenmukaisesti hoidetuissa puutavaravarastoissa laho pääsee vain harvinaisissa poikkeustapauksissa kehittymään niin pitkälle, ettei sitä voitaisi kuvata ko. lahoasteikolla.

52. Hakkuuajan vaikutus

Hakkuuajan vaikutusta lahovikojen esiintymiseen tarkastellaan aluksi Punkaharjun ja Ruotsinkylän tutkimusten tulosten perusteella. Ne on esitetty taulukossa 10, josta nähdään Punkaharjun ja Ruotsinkylän tutkimusten mukaiset lahoasteet hakkuuajoittain elokuussa 1956, siis kolmen ja vastaavasti kahden vuoden kuluttua hakkuusta.

Taulukko 10. Eri tavoin käsitellyn koivupinotavaran lahoasteet hakkuuajoittain Punkaharjulla ja Ruotsinkylässä syksyllä 1956.

Table 10. Degrees of decay of differently treated birch cordwood classified by their felling times at Punkaharju and Ruotsinkylä in autumn, 1956.

Hakkuuaika *Felling time*	Halkaistu *Split*	Aisattu *Strip-barked*	Kuorellinen *Unbarked*
	Keskim. lahoaste — *Average degree of decay*		
	Punkaharju		
I. 54	2.5	3.8	4.7
III. 54	2.3	3.7	4.8
V. 54	2.1	3.4	4.8
VII. 54	3.7	2.4	4.7
	Ruotsinkylä		
XII. 54	0.3	2.7	3.7
III. 55	1.3	2.4	3.0
IV. 55	1.1	2.0	3.4
V. 55	0.4	1.3	3.1

Luvut osoittavat, että kummassakaan paikassa ei kuorellisen tavaran lahoasteissa ole sanottavaa eroa eri hakkuuaikojen välillä. Ruotsinkylässä näyttää joulukuun erä kuitenkin muita enemmän lahonneelta. Myös halkaistussa tavarassa erot eri kaatoaikojen välillä ovat yleensä vähäisiä. Poikkeuksena on Punkaharjun heinäkuun erä, joka on säilynyt aivan ilmeisesti muita huonommin. Se johtuu kuitenkin puiden suuresta läpimitasta eikä suinkaan hakkuuajasta. Muissa erissä ei ole suuria eroja, mutta vaikuttaa siltä kuin kauimmin varastossa olleet pölkyt olisivat lahonneet eniten. Aisatun tavaran kohdalla tulokset osoittavatkin selvästi, että lahoaste suurenee varastoimisajan pidetessä. Sama tulos on nähtävissä kummankin tutkimuspaikan aisatun tavaran keskimääräisistä lahoasteista. Mikään tietty ajankohta ei siis näytä olevan lahoamisen kannalta hakkuuaikana muita huonompi tai parempi.

Saarijärven ja Kiihtelysvaaran kokeiden tulokset on lahoasteiden osalta esitetty taulukossa 11. Siitä nähdään keskimääräiset eri pituisten aisattujen ja kuorellisten pölkkyjen lahoasteet hakkuuajoittain ensimmäisenä ja toisena syksynä. Myös niiden mukaan lahoaste alenee keskimäärin kummassakin puutavaralajissa varhaisemmista hakkuista myöhäisempiin siirryttäessä. On havaittavissa tosin pieniä poikkeuksia tästä yleisestä suunnasta, mutta mikään ei viittaa siihen, että ne johtuvat hakkuuajasta. Kaiken todennäköisyyden mukaan mikään hakkuuaika ei siis ole näissäkään kokeissa osoittautunut toisia edullisemmaksi tai epäedullisemmaksi.

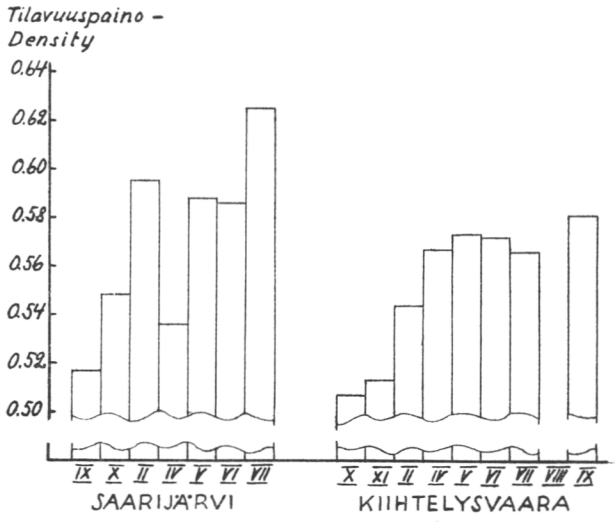
Taulukko 11. Eri tavoin käsitellyn koivupinotavaran lahoasteet ensimmäisen ja toisen varastoimisvuoden päättyessä Saarijärvellä ja Kiihtelysvaarassa.

Table 11. Degrees of decay of differently treated birch cordwood at the end of the first and second year of storage, respectively, at Saarijärvi and Kiihtelysvaara.

Hakkuuaika *Felling time*	Aisattu tavara *Strip-barked*						Kuorellinen tavara *Unbarked*					
	1 m.		2 m.		3 m.		1 m.		2 m.		3 m.	
	1956	1957	1956	1957	1956	1957	1956	1957	1956	1957	1956	1957
	Keskim. lahoaste — *Average degree of decay*											
	Saarijärvi											
VIII. 55 ...	1.3	4.4	1.6	..	1.0	..	3.4	..	1.8	..	1.5	..
IX. 55 ...	2.0	4.1	1.5	3.9	1.2	4.1	2.1	4.7	1.5	3.9	1.2	2.5
X. 55 ...	1.9	4.2	2.0	4.0	2.2	4.8	1.6	4.5	1.2	3.5	1.0	2.8
II. 56 ...	1.0	3.8	1.7	3.8	1.2	2.6	1.2	4.1	0.6	2.7	1.2	2.6
IV. 56 ...	1.4	2.7	1.6	3.1	1.4	3.0	1.3	4.6	1.5	2.4	0.7	2.6
V. 56 ...	1.7	3.2	1.2	2.7	1.0	2.6	1.2	4.6	1.2	3.1	1.0	2.9
VI. 56 ...	1.0	2.9	1.0	1.5	0.9	0.6	0.9	3.3	0.4	1.6	0.4	1.8
VII. 56 ...	0.3	..	0	1.9	0.3	1.8	0.1	2.5	0	1.8	0	2.1
	Kiihtelysvaara											
X. 55 ...	2.2	2.8	1.2	3.0	1.4	2.9	2.6	4.8	2.7	4.3	1.7	4.4
XI. 55 ...	1.3	2.9	1.1	3.8	1.3	3.1	2.6	4.9	2.1	3.9	1.3	4.2
II. 56 ...	1.8	3.0	1.4	2.9	1.5	3.5	2.4	4.9	1.4	4.0	0.6	3.1
IV. 56 ...	2.4	3.3	1.4	3.3	1.0	2.8	3.0	4.9	1.9	4.2	0.9	4.2
V. 56 ...	1.2	2.7	1.4	2.6	1.2	2.3	2.8	4.9	2.1	4.3	1.1	4.1
VI. 56 ...	1.1	2.8	1.2	2.4	1.1	2.5	1.8	4.7	2.2	3.5	1.2	3.7
VII. 56 ...	1.2	3.2	0.5	1.3	0.9	1.8	0	3.8	0.4	..	0.2	3.2
VIII. 56 ...	0	1.9	0.1	1.6	0	1.0	0	2.9	0	2.6	0.1	1.7
IX. 56 ...	0	2.0	0	1.8	0	1.1	0.1	2.6	0	2.1	0	1.5

Tilavuuspainomääritykset eivät anna asiaan valaistusta, sillä vaihtelut eri hakkuuaikojen välillä ovat eri tutkimuskerroilla verraten suuret. Vasta viimeisimmät elo- ja lokakuussa 1957 tehdyt määritykset osoittavat selviä eroja hakkuuaikojen välillä. Ne osoittavat kaatoajan vaikutuksen samanlaiseksi kuin lahoastemittauksetkin. Ne on kuvattu graafisesti kuvassa 9.

Myös Björkmanin (1953) tutkimuksissa kuorellisen koivupinotavaran lahoaminen oli kehittynyt pisimmälle aikaisimmin hakatuissa erissä. Ne oli kaadettu toukokuussa. Kuoritussa tavarassa lahonneen puun määrä oli myös suurin aikaisimmin kaadetuissa erissä ja väheni siitä myöhempiin kaatoihin. Poikkeuksena olivat kuitenkin syyskuussa valmistetut erät, jotka olivat lahonneet enemmän kuin elokuussa valmistetut.



Kuva 9. Eri aikoina valmistetun 1 m kuorellisen tavaran alhaisimmat tilavuuspainot syksyllä 1956 Saarijärvellä ja Kiihtelysvaarassa.

Figure 9. The lowest densities of ubarked 1-metre bolts prepared at different dates in the autumn of 1956 at Saarijärvi and Kiihtelysvaara.

53. Varastoimisajan vaikutus

Varastoimisajan pituus on siis edellä esitettyjen tulosten perusteella erittäin tärkeä lahoamiseen vaikuttava tekijä. Kysymyksellä on myös suuri käytännöllinen merkitys, joten sitä on syytä tarkastella hieman yksityiskohtaisemmin.

Punkaharjun ja Ruotsinkylän kokeissa varastoimisajan vaikutusta on tutkittu yksityiskohtaisesti vain tilavuuspainomääritysten perusteella. Ne osoittavat seuraavat alhaisimmat tilavuuspainot eri varastoimiskesinä.

Puutavaralaji *Assortment*	Punkaharju 1. kesä *1st summer*	Punkaharju 2. kesä *2nd summer*	Punkaharju 3. kesä *3rd summer*	Ruotsinkylä 1. kesä *1st summer*	Ruotsinkylä 2. kesä *2nd summer*
	Tilavuuspaino — *Density*				
Halkaistu — *Split* ..	0.615	0.604	0.594	0.624	0.608
Aisattu — *Strip-barked*	0.618	0.605	0.580	0.619	0.573
Kuorellinen — *Unbarked*	0.620	0.590	0.524	0.619	0.555

Tulokset osoittavat, että tilavuuspaino pienenee jatkuvasti varastoimisajan pidentyessä. Ensimmäisenä kesänä ei kuorellisessakaan tavarassa tapahdu käytännöllisesti katsoen lainkaan tilavuuspainon alenemista. Se

on joka tapauksessa niin vähäistä, ettei se ilmene tutkimustuloksista. Punkaharjun tulosten mukaan toisena kesänä tapahtuu tilavuuspainon alenemista runsaasti vain kuorellisessa tavarassa, ja vasta kolmantena kesänä on myös muissa lajeissa havaittavissa selvä tilavuuspainon pieneneminen. Kolmas varastoimiskesä aiheuttaa myös kuorellisen tavaran tilavuuspainossa erittäin suuren alenemisen. Ruotsinkylässä on aisattukin tavara menettänyt tilavuuspainostaan erittäin runsaasti jo toisena varastoimiskesänä.

Esitettyjen lukujen mukaan on Punkaharjulla halkaistun tavaran tilavuuspaino ollut toisen kesän päättyessä 2 % ja kolmantena kesänä 4 % alhaisempi kuin ensimmäisenä kesänä. Aisatussa tavarassa vastaavat sadannekset ovat 2 % ja 6 % sekä kuorellisessa 5 % ja 15 %. Ruotsinkylässä aleneminen ensimmäisestä kesästä toiseen on ollut suurempi, 3 %, 7 % ja 10 %. Ruotsinkylän suuremmat luvut johtunevat siitä, että siellä koepuutavarat oli valmistettu yleensä lahovioille alttiimmasta hieskoivusta, kun taas Punkaharjulla koepuut olivat yleensä rauduskoivusta tehtyjä.

Myös lahomääritykset Punkaharjulla keväällä ja syksyllä 1956 osoittavat, että lahon kehittyminen on ollut kolmantena varastoimiskesänä erittäin voimakasta. Se nähdään seuraavasta asetelmasta.

Puutavaralaji *Assortment*	Lahoaste — *Degree of decay* keväällä 1956 *in the spring 1956*	syksyllä 1956 *in the autumn 1956*
Halkaistu — *Split*	1.0	2.2
Aisattu — *Strip-barked*	1.7	3.3
Kuorellinen — *Unbarked*	4.2	4.8

Vain kuorellisessa tavarassa laho on jo toisen kesän päättyessä (= kolmannen vuoden keväällä) kehittynyt erittäin pitkälle. Muissa se sen sijaan on ollut vielä erittäin vähäistä, halkaistussa sillä ei ole ollut mitään merkitystä. Luvuista ilmenee myös, että kolmannen kesän lahoamista kuorellisessa tavarassa ei enää saada täysin selville lahoasteikon avulla (ks. s. 36).

Ruotsinkylässä olivat lahoasteet vastaavasti toisen kesän alkaessa ja loppuessa seuraavat.

Puutavaralaji *Assortment*	Lahoaste — *Degree of decay* keväällä 1956 *in the spring 1956*	syksyllä 1956 *in the autumn 1956*
Halkaistu — *Split*	0.6	0.8
Aisattu — *Strip-barked*	1.1	2.1
Kuorellinen — *Unbarked*	1.2	3.3

Myös nämä luvut osoittavat, että ensimmäisen varastoimiskesän kuluessa tapahtuvalla lahoamisella ei ole sanottavaa merkitystä missään talvella tai kesällä valmistetussa pinotavaralajissa. Toisena kesänä on aisattu ja kuorellinen tavara sitä vastoin lahonnut tuntuvasti lisää. Kiihtelysvaaran ja Saarijärven tutkimusten taulukossa 11 esitetyt tulokset osoittavat myös, että varastoimisajan pidetessä lahoaminen lisääntyy ja että ensimmäisen vuoden pinotavarat säilyvät verrattain hyvässä kunnossa. Eri hakkuuaikojen vertailu osoittaa näissä tutkimuspaikoissa seuraavia säännönmukaisuuksia varastoimisajan kannalta.

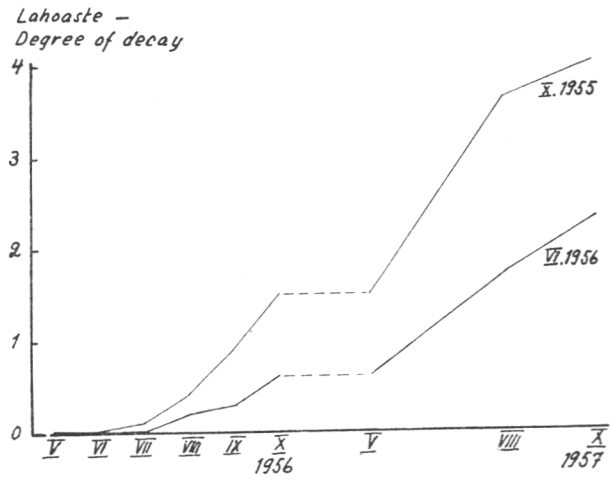
1. Ensimmäisenä syksynä on Saarijärvellä huomattavasti pilaantunut vain edellisen vuoden elokuussa tehty 1 m kuorellinen tavara. Kiihtelysvaarassa on suuremmassa määrin lahonnut 1 m kuorellinen tavara, joka on valmistettu saman vuoden toukokuussa tai aikaisemmin, sekä edellisenä syksynä valmistettu 2 m kuorellinen tavara.

2. Toisena syksynä lahoaminen on kehittynyt jo huomattavasti pitemmälle. Aisatuista tavaroista on Saarijärvellä pahoin pilaantunut ennen helmikuuta valmistettu 1-metrinen ja 2-metrinen sekä kahta vuotta aikaisemmin syksyllä tehty 3 metrinen tavara. Verraten hyvin säilyneitä (= lahoaste alle 2) ovat vain kesäkuussa tai sitä myöhemmin tehdyt 2 ja 3 metriset erät. Kiihtelysvaarassa ei ole itse asiassa lainkaan pahoin pilaantunutta aisattua tavaraa. Hyvin säilyneitä ovat 1 m tavaroista elokuussa tai sen jälkeen tehdyt, 2-metrisistä ja 3-metrisistä heinäkuun jälkeen valmistetut.

Kuorellinen tavara on Saarijärvellä pilaantunut 1-metrisenä pahoin, jos se on hakattu ennen toukokuuta. Hyvin säilyneitä ovat 2 m ja 3 m tavaroista kesä- ja heinäkuussa valmistetut. Kiihtelysvaarassa ovat taas pahoin pilaantuneita kaikki ennen kesäkuuta valmistetut tavarat. Hyvin ovat säilyneet elo-syyskuussa edellisenä vuonna tehdyt 3 metriset tavarat.

Yhdistelmänä voidaan siis todeta, että varastoimispaikka ja, kuten Björkman (1958) huomauttaa, ilmastolliset olosuhteet vaikuttavat hyvin paljon tavaran pilaantumiseen. Yksityiskohtaisia ohjeita varastointiajan pituudesta ei siis voida antaa. Kuitenkin kahden kesän varastointi metsään pilaa yleensä kuorellisen tavaran, mikäli se on valmistettu kesäkuussa tai sitä aikaisemmin. Aisatun tavaran suhteen pitää sama sääntö paikkansa. Poikkeuksen tekee kuitenkin kummassakin tavaralajissa pinoon varastoitu 1-metrinen tavara, joka on säilynyt selvästi muita huonommin.

Kuvassa 10 esitetyistä muutamien hakkuuaikojen tavaroiden lahoasteiden muutoksista varastoimisajan kuluessa havaitaan, että ensimmäisenä kesänä lahoaminen on hyvin vähäistä ja tasaista. Myös toisena



Kuva 10. Lokakuussa 1955 ja kesäkuussa 1956 tehtyjen kuorellisten puiden lahoasteiden kehitys varastoimisaikana Saarijärvellä.

Figure 10. Development of degrees of decay of unbarked timber, felled in October 1955 and June 1956, during storage at Saarijärvi.

keväänä toukokuun lopussa puut ovat vielä varsin hyvässä kunnossa, mutta jo elokuussa ne ovat huomattavasti lisää pilaantuneet. Lahoamista jatkuu myöhäis-syksyyn saakka, mikä ilmenee myös ensimmäisen kesän tuloksista.

Myös tilavuuspainon kehitys eri mittausaikoina osoittaa, että ensimmäisenä kesänä ei tapahdu käytännössä merkittävää lahoamista. Toisena kesänä tilavuuspainot sen sijaan jo alenevat, kuten seuraavat luvut osoittavat. Ne on laskettu kaikkien hakkuuaikojen painottamattomina keskiarvoina.

Tutkimusaika *Time of study*	Kiihtelysvaara		Saarijärvi	
	Aisattu *Strip-barked*	Kuorellinen *Unbarked*	Aisattu *Strip-barked*	Kuorellinen *Unbarked*
	Tilavuuspaino — *Density*			
V. 56	0.61	0.62	0.60	0.60
V. 56	0.61	0.61	0.60	0.61
VII. 56	0.61	0.60	0.59	0.60
VIII. 56	0.61	0.61	0.59	0.60
IX. 56	0.60	0.61	0.60	0.60
X. 56	0.61	0.61	0.60	0.60
V. 57	0.59	0.59	0.59	0.59
VIII. 57	0.59	0.58	0.58	0.58
X. 57	0.59	0.56	0.57	0.57

Erot eri mittausaikojen välillä ovat siis varsin vähäiset, mutta suunta on kuitenkin selvä: tilavuuspaino alenee varastoimisajan pidetessä, mutta aleneminen alkaa vasta toisena varastoimiskesänä. Yhden kesän varastointi ei siis vaikuta keskimäärin lainkaan tilavuuspainoon.

54. Eri tavaralajien lahoaminen

Eri tavaralajit eroavat toisistaan hyvin paljon myös lahoamisen kannalta, kuten edellä esitetyistä luvuista on jo voitu päätellä. Ruotsinkylän ja Punkaharjun tutkimuksen mukaan voidaan esittää seuraavat päätelmät asiasta.

1. Halkaistu tavara säilyy selvästi paremmin kuin muut tavaralajit. Vielä toisenakaan kesänä tapahtuneella lahoamisella ei ole käytännöllistä merkitystä, sillä lahoaste on vain n. 1.0 ja tilavuuspaino on alentunut ainoastaan 2 %:lla Punkaharjulla ja 3 %:lla Ruotsinkylässä.

2. Aisattu tavara on säilynyt Punkaharjun tilavuuspainomääritysten tulosten mukaan miltei yhtä hyvin kuin halkaistu. Ruotsinkylässä erot ovat sitä vastoin suuremmat ja ne osoittavat, että jo toisen kesän päättyessä on aisattu tavara lahonnut huomattavasti enemmän kuin halkaistu.

3. Kuorellinen tavara säilyy kaikkein huonoimmin. Ero ilmenee tilavuuspainoissa kuitenkin vasta toisena varastoimiskesänä. Myös lahoasteet osoittivat, että jo toisen kesän päättyessä kuorellinen tavara on erittäin pahoin pilaantunutta. Kolmannen kesän päättyessä tilavuuspaino on jo alentunut 15 %:lla alkuperäisestä.

Eri tavaralajien, kuorellisen ja aisatun ero selviää myös Kiihtelysvaaran ja Saarijärven tuloksista. Eri pituisten pölkkyjen keskimääräiset lahoasteet on kaatoajoittain näissä tutkimuspaikoissa esitetty taulukossa 11 sivulla 38 ensimmäisen ja toisen kesän päättyessä.

Keskimääräisistä luvuista ilmenee, että ensimmäisen kesän päättyessä Saarijärvellä on kummassakin tavaralajissa lahoaste suunnilleen sama, aisatuissa kenties hieman korkeampi kuin kuorellisissa. Toisen kesän päättyessä 1 m kuorellinen tavara on lahonnut hieman enemmän kuin aisattu, mutta muissa pituuksissa ei ole selvää eroa. Luvut osoittavat siis, että kummatkin lajit ovat säilyneet yhtä hyvin, mikä ilmenee nyös sivulla 42 esitetyistä keskimääräisistä tilavuuspainoista.

Kiihtelysvaarassa sitävastoin aisattu tavara on säilynyt selvästi paremmin kuin kuorellinen. Ensimmäisen vuoden päättyessä erot ovat perin vähäiset, mutta toisen kesän lopulla kuorellisen tavaran lahoaste on kaikissa pituuksissa selvästi suurempi.

Mistä Saarijärven antama muista poikkeava tulos sitten riippuu? Kosteusmääritykset osoittivat, kuten edellä on jo mainittukin, että kuivumisedellytykset Saarijärvellä olivat selvästi heikommat kuin Kiihtelysvaarassa.

Lisäksi siellä, kuten tosin myös Kiihtelysvaarassakin kaikki puut oli aisattu vain kahdelta puolelta. Nämä seikat ovat yhdessä aiheuttaneet sen, että aisattu tavara on siellä kuivunut erittäin heikosti, mikä on tehnyt sen lahoamiselle altiiksi. Se on jäänyt jonkinlaiseen puolikuivaan tilaan, joka on erittäin vaarallinen varastolahojen kannalta. Kuorellinen tavara taas on kuivunut heikosti ja säilynyt siten pitempään riittävän kosteana torjuakseen lahottajasienien tunkeutumisen. Kuorellinen tavara onkin lahonnut Saarijärvellä huomattavasti vähemmän kuin Kiihtelysvaarassa, jossa se oli myös kuivunut paremmin. (vrt. B j ö r k m a n 1953).

Lievestuoreella tehdyt puolipuhtaan tavaran varastolahoa selvittävät kokeet osoittavat, että koivu säilyy kuorittuna erittäin terveenä. Syksyllä 1956 mitattaessa oli edellisen vuoden keväällä tehtyjen puiden keskimääräinen lahoaste 0.8 ja edellisen vuoden syksyllä tehtyjen 0.7. Molemmat erät olivat siis säilyneet käytännöllisesti katsoen lahottomina. Samaan tulokseen on tullut myös B j ö r k m a n (1953).

Käsittelytavan vaikutus koivupinotavaran säilymiseen ilmenee myös Ruotsinkylän erikoiskokeista, joissa oli vuoden ajan varastoituna kahdeksan eri puutavaralajia (ks. s. 27). Vuoden varastoinnin jälkeen kesällä 1957 keskimääräiset lahoasteet olivat puutavaralajeittain seuraavat.

Tavaralaji *Assortment*	Keskimääräinen lahoaste *Average degree of decay*
Yhdeltä puolelta aisattu — *Strip-barked, one strip*	1.8
Kahdelta puolelta aisattu — *Strip-barked, two strips* ...	1.2
Kolmelta puolelta aisattu — *Strip-barked, three strips* ..	1.2
Neljältä puolelta aisattu — *Strip-barked, four strips* ..	1.2
Tuohettu — *Peeled*	1.0
Kuorittu — *Barked*	1.1
Kuorellinen — *Unbarked*	2.4
Halkaistu — *Split*	1.1

Jo yhden vuoden varastoinnin jälkeen on siis havaittavissa varsin selviä eroja eräissä tapauksissa. Voidaan näet todeta, että kuorellinen tavara on lahonnut selvästi enemmän kuin muut, mikä sopii hyvin yhteen aiemmin esitettyjen tutkimustulosten kanssa. Myös havaitaan, että yksi aisaus ei suojaa puita riittävästi, sillä lahoaste on yhdeltä puolelta aisatuissa pölkyissä selvästi korkeampi kuin muissa aisatuissa, kuorituissa tai halkaistuissa pölkyissä, jotka kaikki ovat lahoasteeltaan olleet suunnilleen samanlaisia. Kuitenkin yli 10 cm vahvuiset kahdelta puolelta aisatut pölkyt olivat lahonneet selvästi enemmän kuin kolmelta ja neljältä puolelta aisatut. Niiden lahoaste oli 1.7 ja kolmelta puolelta aisattujen vain 1.3.

Rasiinkaadetun ja tavallisen kuorellisen tavaran vertailu Punkaharjulla kahden vuoden kuluttua kaadosta lokakuussa 1956 osoitti seuraavat tilavuuspainot.

Rasiinkaadettu	0.563 ± 0.010
Tavallinen	0.524 ± 0.014

Rasiinkaadetun tavaran tilavuuspaino on siis suurempi kuin tavallisen kuorellisen, mutta kaadettaessa tilavuuspainot olivat käytännöllisesti katsoen samat: rasiinkaadettu 0.618 ja tavallinen 0.609. Tavallinen kuorellinen tavara on siis lahoamisen vuoksi menettänyt painostaan enemmän kuin rasiinkaadettu. Eron testaus osoittaa sen kuitenkin vain melkein merkitseväksi ($t = 2.267^*$, $f = 73$). Lahoastemääritysten tulokset osoittavat seuraavia tuloksia.

Rasiinkaadettu	4.53
Tavallinen	4.81

Tämäkin tulos viittaa siihen, että rasiinkaadettu tavara olisi säilynyt paremmin kuin tavallinen kuorellinen tavara. Asiaa ei kuitenkaan voida pitää lopullisesti todistettuna, sillä näytteet on otettu varsin myöhään. Onkin todettava, että myös rasiinkaadetut puut ovat kolmen vuoden kuluttua kaadosta täysin pilaantuneet.

55. Läpimitan vaikutus

Tähän mennessä on kosketeltu vain koko aineiston keskiarvoja kiinnittämättä lainkaan huomiota puiden läpimittaan, jolla silläkin on selvä vaikutuksensa säilymiseen, kuten taulukossa 12 esitetyt Punkaharjun ja Ruotsinkylän keskimääräiset lahoasteet syksyllä 1956 osoittavat.

Tutkimustuloksista havaitaan, että halkaistussa ja aisatussa tavarassa lahoasteet nousevat läpimitan kasvaessa. Pieniläpimittaiset pölkyt kuivuvat näissä tavaralajeissa paremmin kuin suuriläpimittaiset. Halkaistu ja aisattu tavara siis säilyy sitä paremmin, mitä paremmin se kuivuu. Kuorellisessa tavarassa tilanne on päinvastainen. Lahoaste pienenee läpimitan suuretessa, joten siis suuret pölkyt säilyvät paremmin kuin pienet. Samaan tulokseen on tullut mm. B j ö r k m a n (1953, 1958). Onkin vielä kerran todettava, että kuorellisessa tavarassa suuri kosteus suojelee puita lahoamiselta, kun taas muissa tavaralajeissa riittävä kuivuus on suojatoimenpide. Kuorellista tavaraa ei näet koskaan saada riittävän kuivaksi lahoamista vastaan, joten se olisi siis pyrittävä pitämään mahdollisimman kosteana. Pienet pölkyt ovat kuitenkin tavallisesti latvapölkkyjä, joissa

on paljon oksan jälkiä ja sentähden ne kuivuvat paremmin kuin isommat kuorelliset. Ne eivät kuitenkaan, kuten edellä mainittiin saavuta sellaista kuivuutta kuin aisatut tai halkaistut.

Taulukko 12. Läpimitan vaikutus lahoasteeseen Punkaharjulla ja Ruotsinkylässä syksyllä 1956.

Tabce 12. Effect of diameter on degree of decay at Punkaharju and at Ruotsinkylä in autumn 1956.

Puutavaralaji *Assortment*	Läpimittaluokka, cm — *Diameter class, cm*		
	6—10	11—15	16—20
	Lahoaste — *Degree of decay*		
	Punkaharju		
Halkaistu — *Split*	1.6	2.7	3.3
Aisattu — *Strip-barked*	3.2	3.5	..
Kuorellinen — *Unbarked*	4.9	4.7	4.7
	Ruotsinkylä		
Halkaistu — *Split*	0.5	0.7	1.2
Aisattu — *Strip-barked*	2.1	2.1	2.8
Kuorellinen — *Unbarked*	3.5	3.3	3.0

Myös Saarijärven ja Kiihtelysvaaran kokeet osoittavat vastaavanlaisia tuloksia, jotka nähdään taulukosta 13.

Luvuista ilmenee, että aisatussa tavarassa ei ole eri läpimittojen välillä sanottavia eroja lahoamisessa ensimmäisenä syksynä, mutta toisena syksynä isot pölkyt ovat lahonneet jo selvästi enemmän kuin pienet. Kuorellisista pienet pölkyt ovat lahonneet jo ensimmäisenä kesänä enemmän kuin isot.

Taulukko 13. Eri läpimittaluokkiin kuuluvien pinotavaroiden lahoasteet ensimmäisen ja toisen varastoimisvuoden päättyessä Kiihtelysvaarassa ja Saarijärvellä.

Tbale 13. Degree of decay of cordwood of different diameter classes at the end of the first and second year of storage respectively, at Kiihtelysvaara and Saarijärvi.

Vuosi *Year*	Aisattu — *Strip-barked*						Kuorellinen — *Unbarked*					
	1 m		2 m		3 m		1 m		2 m		3 m	
	6—10	11—15	6—10	11—15	6—10	11—15	6—10	11—15	6—10	11—15	6—10	11—15
	Lahoaste — *Degree of decay*											
	Kiihtelysvaara											
1956..	1.0	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0	2.5	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5
1957..	3.0	3.8	2.2	2.6	2·3	2.2	4.3	3.9	3.5	3.2	3.3	2.9
	Saarijärvi											
1956..	1.4	1.4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.3	1.0	1.0	0.6	0.3
1957..	3.1	3.6	2.3	2.9	1.8	2.0	3.9	3.5	2.0	1.3	1.8	1.5

56. Pituuden vaikutus

Pituuden vaikutusta puiden säilymiseen on jo kosketeltu edellä eri puutavaralajien lahoamista käsiteltäessä. Taulukosta 11 sivulla 38 havaitaankin, että eri pituuksien säilymisessä, jota lahoasteet kuvaavat, on erittäin suuria eroja. Tulokset osoittavat, että aisatusta tavarasta 1-metrinen on säilynyt merkittävästi huonommin kuin pitemmät, joiden välillä taas ei ole käytännössä merkittävää eroa. Lyhyen aisatun tavaran huono säilyvyys johtunee kuitenkin yksinomaan varastoimistavasta. Kuorellisesta tavarasta nähdään pisimpien puiden säilyneen parhaiten ja lyhimpien huonoiten.

Asiaa voidaan tarkastella myös eri kohdista otettujen näytteiden lahoasteiden perusteella, jotka olivat seuraavat eri puutavaralajeissa.

Puutavaralaji *Assortment*	Lahoaste *Degree of decay* keskellä *in the middle*	päissä *in the ends*
1 m halkaistu — *1 m split*	1.10±0.11	1.37±0.11
1 m aisattu — *1 m strip-barked*	2.03±0.06	2.14±0.07
2 m aisattu — *2 m strip-barked*	1.73±0.05	1.87±0.06
3 m aisattu — *3 m strip-barked*	1.61±0.06	1.69±0.06
1 m musta — *1 m unbarked*	2.43±0.08	2.89±0.08
2 m musta — *2 m unbarked*	1.65±0.06	2.70±0.07
3 m musta — *3 m unbarked*	1.22±0.07	1.72±0.08

Lukuja lähemmin tutkittaessa ilmenee, että erot ovat tilastollisesti merkitseviä vain kuorellisessa tavarassa, kuten seuraavat testausten tulokset osoittavat.

1 m kuorellinen — *1 m unbarked*	t = 4.182***	f = 840
2 m kuorellinen — *2 m unbarked*	t = 10.939***	f = 966
3 m kuorellinen — *3 m unbarked*	t = 4.724***	f = 387

Erot ovat siis kaikissa tapauksissa tilastollisesti erittäin merkitseviä. Muissa tapauksissa, s. o. halkaistussa ja aisatussa tavarassa erot keskeltä ja päistä otettujen näytteiden lahoasteiden välillä ovat niin pienet keskivirheeseen verrattuna, ettei testausta tarvitse suorittaa.

Näiden tulosten perusteella voidaan siis päätellä, että mitä pitempi on pölkky, sitä paremmin se kuorellisena ollessaan säilyy lahovahingoilta. Lahosienten itiöt ja sienirihmat pääsevätkin puihin vain katkaisupintojen kautta, ja koko pölkyn saastuminen kestää sitä kauemmin mitä pitemmästä

pölkystä on kysymys. Tämä nähdään myös taulukosta 14, jossa on esitetty eri kohdista otettujen näytteiden tilavuuspainot muutamina ajankohtina. Keskimäärin on 1 m ja 2 m tavaroissa myös tilavuuspaino ollut päissä pienempi kuin keskellä.

Taulukko 14. Keskimääräiset tilavuuspainot eri pituisissa kuorellisissa puissa mittausajoittain eri kohdissa kappaletta.

Table 14. Average volume weights in unbarked timber of different length, classified by dates of measuring, in different places of bolts.

Tutkimusaika *Time of study*	1 m		2 m		3 m	
	kesk. *middle*	päät *ends*	kesk. *middle*	päät ends	kesk. *middle*	päät *ends*
	Keskim. tilavuuspaino — *Average density*					
			Saarijärvi			
IX. 56	0.62	0.61	0.61	0.60	0.61	0.60
X. 56	0.61	0.61	0.61	0.61	0.60	0.60
V. 57	0.60	0.60	0.59	0.58	0.60	0.60
VIII. 57	0.61	0.58	0.58	0.57	0.59	0.59
X. 57	0.58	0.56	0.57	0.55	0.58	0.58
			Kiihtelysvaara			
X. 56	0.61	0.61	0.62	0.61	0.61	0.60
V. 57	0.60	0.59	0.61	0.60	0.59	0.60
VIII. 57	0.58	0.55	0.59	0.57	0.60	0.59
X. 57	0.57	0.55	..	..	..	..

Hyvin selvänä ilmenee tavaran lahoamisen kehitys päiden kautta Ruotsinkylän kokeiden seuraavista tuloksista. Niissä on esitetty 2 m kuorellisen tavaran keskimääräiset lahoasteet 10 cm:n, 33 cm:n ja 1 m:n päässä poikkileikkauspinnoista.

Mittausaika *Time of measurement*	10 cm	33 cm	1 m
	Keskim. lahoaste — *Average degree of decay*		
Kevät 1956 — *Spring 1956*	3.3	1.8	1.0
Syysk. 1956 — *September 1956*	4.3	2.8	2.0

Aivan päistä otetut näytteet olivat sekä keväällä että syyskuussa aivan pehmeitä lahosta. Niiden lahoaste oli siis 5. Vastaavanlaisia tuloksia on esittänyt B j ö r k m a n (1953) lahon määrästä eri osissa kuorellista koivutavaraa. Niistä mainittakoon seuraavat lahon pinta-alaosuutta aivan päissä ja keskellä yhden ja kahden kesän varastoinnin jälkeen osoittavat luvut.

	Päissä *In the ends*	Keskellä *In the middle*
1. kesä — *1st summer*	1—20 %	0 %
2. kesä — *2nd summer*	15—48 %	0 %
3. kesä — *3rd summer*	25—56 %	0 %

Hänen kokeissaan, joissa puut olivat keskimäärin n. 3.5 metrin pituisia, ei keskellä ollut siis havaittavissa varastolahoa lainkaan kolmenkaan kesän varastoinnin jälkeen (vrt. B j ö r k m a n 1958).

Halkaistussa ja aisatussa tavarassa ei pituudella ole lainkaan käytännöllistä vaikutusta lahoamiseen. Tosin kaikissa tapauksissa lahoaste on ollut päiden lähellä jonkin verran korkeampi kuin keskellä, mutta erot eivät ole tilastollisesti merkitseviä. Jos näytteet olisi otettu aivan päistä, ero olisi ollut varmaankin suurempi. Se osoittaa, että myös aisatuissa ja halkaistuissa puutavaroissa lahoaminen tapahtuu jossain määrin poikkileikkauspintojen kautta, mutta sillä ei ole varsin suurta merkitystä. Sitä osoittavat myös B j ö r k m a n i n (1953) tulokset. Niiden mukaan aisatun tavaran lahoprosentit ovat olleet keskellä pölkkyä jonkin verran suuremmat kuin päissä. Ero on kuitenkin vailla käytännöllistä merkitystä.

57. Varastoimistavan vaikutus

Varastoimistavalla on oma merkityksensä myös puiden säilymiselle. Edellä jo todettiin, että pinoon varastoitu aisattu 1 m pituinen tavara oli lahonnut selvästi enemmän kuin 2 m ja 3 m tavara, jotka säilytettiin ristikoissa. Myös Ruotsinkylän monesti mainitun erikoiskokeen tulokset tukevat em. havaintoa.

Tämän kokeen mukaan oli vuoden varastossa olleiden aisattujen pölkkyjen keskimääräinen lahoaste kesällä 1957 seuraava.

Pinossa	2.1
Ristikossa	1.2

Tulos osoittaa, että aisattu tavara säilyy pinossa huomattavasti heikommin kuin ristikossa. Ero aiheutuu puiden erilaisesta kuivumisesta. Ristikolla puut kuivuvat perusteellisemmin kuin pinossa ja ovat siten paremmin suojassa lahosieniltä. Kuten aiemmin kuivumista tarkasteltaessa mainittiin, myös halkaistu tavara kuivunee ja siis säilynee ristikossa paremmin kuin pinossa.

Halkojen asennon vaikutus säilymiseen noudattaa kuivumista käsitelleiden tutkimustulosten suuntaa. Halkaisupinta alaspäin varastoidut puut ovat myös säilyneet jonkin verran paremmin kuin halkaisupinta ylöspäin olleet puut. Lahoasteet olivat kesällä 1957 0.7 ja 1.2. Tällä pienellä erolla ei ole käytännöllistä merkitystä, mutta jos varastoimisaika on pitkä, saattaa ainakin suuriin, halkaisupinta ylöspäin varastoituihin halkoihin syntyä pahojakin lahovaurioita.

6. Yhdistelmä

Eri tavoin käsiteltyjen, s.o. halkaistujen, aisattujen, kuorellisten sekä osittain myös puolipuhtaaksi kuorittujen koivupinotavaroiden metsävarastoissa kuivumista ja säilymistä selvittäneiden vv. 1954—57 suoritettujen kokeiden tärkeimmät tulokset voidaan esittää seuraavina lyhyinä toteamuksina.

1. Kesäkuussa valmistetut tavarat saavuttavat kuivuudessa sitä ennen valmistetut jo ensimmäisenä kesänä. Myöhemmin valmistetut tavarat sen sijaan kuivuvat vasta toisena kesänä yhtä perusteellisesti kuin alkukesällä tehdyt.

2. Kuivuminen jatkuu kaikissa tavaralajeissa toisena ja kolmantena kesänä. Kosteussadannes pienenee toisena kesänä n. 4—5 %:lla.

3. Eri puutavaralajit saavuttavat seuraavat alhaisimmat kosteudet kahden—kolmen vuoden metsävarastoinnin aikana.

Tavaralaji *Assortment*	Kosteus % — *Moisture content* kuivapainosta % *of dry weight*	tuorepainosta % *of green weight*
halkaistu — *split*	24—25	19—20
kuorittu — *barked*	18—22	15—18
aisattu — *strip-barked*	28—37	22—27
kuorellinen — *unbarked*	55—63	35—39

Alhaisimmat kosteudet saavutetaan yleensä heinä-elokuussa, jonka jälkeen puiden kosteus alkaa nousta. Minimikosteuden saavuttaa halkaistu tavara aikaisimmin ja kuorellinen myöhäisimmin. Eri tavaralajien kosteus on myöhäissyksyllä ja talvella 3—8 % korkeampi kuin kesällä.

4. Pieniläpimittaiset pölkyt kuivuvat kaikissa tavaralajeissa parhaiten. Pölkyn pituus vaikuttaa kuivumiseen vain kuorellisessa tavarassa, josta lyhimmät pölkyt kuivuvat parhaiten.

5. Aisattu tavara kuivuu paremmin mitä useammalta puolelta se on aisattu.

6. Pinoon varastoitu aisattu ja halkaistu tavara kuivuu selvästi heikommin kuin ristikolle varastoitu tavara.

7. Koivupinotavaran paino on tuoreena 580—650 kg/pm^3. Halkaistu ja aisattu tavara painaa keveimmillään 380—440 kg/pm^3 ja kuorellinen 480—540 kg/pm^3.

8. Kuoritut, halkaistut ja aisatut tavarat säilyvät lahovahingoilta sitä paremmin, mitä paremmin ja nopeammin ne kuivuvat. Toimenpiteet, jotka edistävät kuivumista, suojaavat siis myös puita parhaiten varastolaholta. Kuorellinen tavara sen sijaan säilyy parhaiten mahdollisimman kosteana, sillä se ei koskaan kuivu riittävästi. Kuorituista, aisatuista ja halkaistuista säilyvätkin pienemmät pölkyt parhaiten, kun taas kuorellisista suuriläpimittaiset ja pitkät pölkyt pilaantuvat vähiten.

9. Tavaran säilymisen kannalta ei mikään hakkuuaika ole muita edullisempi tai epäedullisempi, vaan varastolahon määrä riippuu ensi sijassa varastoimisajan pituudesta. Yhden kesän säilyvät kuitenkin kaikki tavaralajit verraten hyvin.

10. Eri tavaralajeista säilyvät halkaistu ja kuorittu varastolaholta parhaiten. Aisattu tavara säilyy myös verraten terveenä edellyttäen, että aisaus on suoritettu kunnolla ja että tavara on varastoitu kuivumisen kannalta edulliselle paikalle. Kuorellinen tavara sitä vastoin pilaantuu jo toisena varastoimiskesänä erittäin paljon.

7. Käytännön näkökohtia

71. Kosteuden ja lahovikojen merkitys eri käyttömuodoissa

Tutkimusten tulosten perusteella tiedetään, millä tavoin erilaiset koivupinotavarat kuivuvat ja säilyvät eri olosuhteissa. Jotta kuivumis- ja säilymiskysymyksen oikea käytännöllinen merkitys myös saataisiin selville, on syytä luoda lyhyt katsaus koivupinotavaran kosteuden ja lahovikojen vaikutukseen puun eri käyttömuodoissa. Katsaus suoritetaan aiemmin julkaistujen tutkimusten perusteella.

Ensinnä otetaan tarkasteltavaksi polttopuu. Puun polttoarvo riippuu, kuten tunnettua, erittäin suuresti puun kosteudesta. Esim. J a l a v a n (1956) Tapion taskukirjassa julkaistun kirjoituksen mukaan merkittäessä koivun polttoarvoa 20 %:n kosteudessa 100:lla, sen polttoarvo saa 40 %:n kosteudessa arvon 89 ja 60 %:n kosteudessa arvon 77. Riittävästi kuivunut puu on siis polttoaineena paljon arvokkaampaa kuin puolikuivassa tilassa oleva (vrt. V u o r e l a i n e n 1958 b).

Lahoviat alentavat puun tilavuuspainoa, kuten tämänkin tutkimuksen tuloksista on ilmennyt, ja sillä tavoin ne alentavat myös polttoarvoa tilavuusyksikköä kohden. Lisäksi kalorimetrinen polttoarvo on lahossa puussa jonkin verran pienempi kuin terveessä puussa. Ero on kuitenkin vain muutaman prosentin. (K o h h 1934, H e i s k a n e n 1953). Joka tapauksessa puun arvo polttoaineena on siis sitä suurempi, mitä vähemmän siinä on lahovikaa.

Selluloosateollisuudessa on varastolahon merkitys myös varsin epäedullinen, kuten mm. B j ö r k m a n i n (1953) Ruotsissa suorittamien tutkimusten tulokset osoittavat. Niiden mukaan yhden vuoden varastoinnin aikana kuorelliseen koivupinotavaraan syntyvillä lahovioilla ei vielä ollut käytännöllistä merkitystä selluloosateollisuudessa. Kahden vuoden kuluttua *Polyporus zonatus*-laho oli pienentänyt 2 m tavarasta saatavaa selluloosasaalista n. 11 %:lla ja kolmen vuoden kuluttua 34 %:lla. Pitemmässä n. 3.5-metrisessä tavarassa vastaavat sadannekset olivat 17 ja 20. Selluloosan lujuus oli pienentynyt kahden vuoden kuluttua 2 m tavarassa 13 %:lla ja kolmen vuoden kuluttua 37 %:lla. *Stereum purpureum*-lahon vaikutus oli vähäisempi mutta sekin erittäin selvä. Myös selluloosapuun hankinnassa varastolahon puun arvoa vähentävä vaikutus on siis varsin suuri.

72. Koivupinotavaran käsittely- ja varastoimisohjeita

Nämä esimerkit jo osoittavat, että koivupinotavaran hankinnassa olisi pyrittävä puu käsittelemään ja hoitamaan niin, että se säilyisi turvassa lahovahingoilta. Tämän tutkimuksen tulosten perusteella voidaankin antaa muutamia ohjeita eri koivupinotavaralajien hankinnasta ja varastoinnista. Tarkastelu aloitetaan aisatusta tavarasta, joka tavallaan muodostaa väliasteen halkaistun ja kuorellisen tavaran välillä.

A i s a t u n t a v a r a n kohdalla voidaan antaa seuraavat yleisohjeet.

— Aisattu tavara on koetettava saada kuivumaan mahdollisimman nopeasti ja perusteellisesti. Kuivumisen kannalta on kahden vuoden varastointi suositeltavaa. Kuitenkin kesäkuussa tai sitä ennen hakattu tavara voidaan käyttää jo seuraavana talvena.

— Aisaus on suoritettava huolellisesti siten, että myös itse puu paljastuu koko pölkyn pituudelta.

— Yhdeltä puolelta aisaus ei riitä pienimmillekään pölkyille. Alle 10 cm vahvuiset pölkyt onkin aisattava kahdelta puolelta ja sitä suuremmat kolmelta ja kaikkein suurimmat, yli 20 cm:n vahvuiset pölkyt neljältä puolelta.

— Aisattu tavara on varastoitava ristikoihin. Pinoissa se kuivuu huonosti ja saa nopeasti ja paljon lahovikoja.

— Aisattu tavara on varastoitava paikoille, joissa kuivumisedellytykset ovat hyvät. Muutoin se saa hyvin helposti lahovikoja.

— Hakkuuajalla ei sinänsä ole vaikutusta varastolahon syntymiseen ja esiintymisrunsauteen. Yleisenä suuntana on kuitenkin se, että varastoimisajan pidentyessä lahoviat lisääntyvät. Kunnollisesti aisatussa ja varastoidussa tavarassa ei varastolahoa esiinny suuremmassa määrin vielä toisenkaan kesän päättyessä. Epäedullisissa olosuhteissa sitä vastoin elo-syyskuussa valmistettu tavara saattaa olla varsin pahoin pilaantunutta jo seuraavana syksynä. Kolmantena vuotena lahovahingot ovat yleensä jo niin pahoja, että aisatun tavaran käyttöarvo laskee tuntuvasti, joten kolmen vuoden varastointia on ehdottomasti vältettävä.

— Aisattujen pölkkyjen pituudella ei ole suurempaa merkitystä lahoamiseen ja kuivumiseen. Läpimitan vaikutus on sitä vastoin hyvin ilmeinen. Pienet pölkyt kuivuvat nopeammin ja säilyvät paremmin lahovioilta kuin suuret. Kuivumisen nopeudella onkin edullinen vaikutus lahovikojen estäjänä, ja suuriakin pölkkyjä voidaan suojella jonkin verran aisaamalla ne riittävän monelta puolelta.

Yhteenvetona on todettava, että aisaus on toimenpide, jolla koivupinotavara voidaan saada riittävästi kuivumaan ja säilymään vain edullisten olosuhteiden vallitessa. Aisausta ei voidakaan suositella käytettäväksi yleistoimenpiteenä. Polttopuita valmistettaessa aisausta vastaan puhuvat

sitä halkomiseen verrattaessa ensinnäkin työn vaivalloisuus ja toiseksi kuoren putoaminen pois varastoinnin myöhemmissä vaiheissa ja varsinkin kuljetusten aikana. Suoritettujen tutkimusten mukaan aisaus näet vaatii suunnilleen yhtä paljon työtä kuin halkaisu, joka kuitenkin suojelee puun paremmin kaikkia varastoimisvikoja vastaan. Työn rationalisoinninkaan kannalta ei siis aisauksella saavuteta etua. Ainoa näkökohta, joka siinä mielessä puolustaa aisausta on se, että aisatussa tavarassa ei olla sidottuja lyhyisiin pituuksiin kuten haloissa. Polttopuun käytön kannalta huomattava seikka on myös se, että aisattaessa puusta poistetaan kenties n. ¼ kuoresta eli n. 3—4 % kokonaiskuutiomäärästä. Lisäksi, kuten mainittiin, puusta irtoaa myöhemmissä käsittelyissä tuohta ja kuorta paljon. Kun hyvinkin kuori, ennen kaikkea tuohi on lisäksi polttoarvoltaan arvokkainta osaa koivusta, on aisatun tavaran polttoarvo alhaisempi kuin halkaistun. Aisattuna saadaan tietystä metsästä siis vähemmän kuorellista puuta kuin kuorellisena tai halkaistuna.

Polttopuun valmistuksessa aisausta onkin pidettävä vain hätäratkaisuna eikä suinkaan toimenpiteenä, jota voidaan suositella yleisesti käytettäväksi. Jos metsässä halutaan valmistaa sellaisenaan poltettavissa olevaa polttopuuta, on halko edullisin tavaralaji. Jos puu sen sijaan vasta myöhemmissä vaiheissa valmistetaan hakkeeksi, on kuorellinen tavara edullisinta. Aisausta on käytettävä vain seuraavissa tapauksissa.

— Alle 10 cm vahvuisia pölkkyjä ei kannata halkoja tehdessä halkaista, vaan ne on aisattava.

— Kuorellista tavaraa tehtäessä on pienemmät pölkyt myös aisattava, sillä niitä ei missään tapauksessa saada pysymään riittävän kosteina lahovikojen torjumiseksi. Yleensäkin olisi kaikki hyvin oksaiset pölkyt aisattava kuorellisenkin tavaran valmistuksessa.

— Aisaus voi tulla kyseeseen myös silloin kun tavara, tavallinen polttopuu jätetään metsässä työvoimapulan tai hakkuuajan päättymisen takia pitkiksi rangoiksi, jotka vasta varastolla katkotaan tai lastutetaan. Se on kuitenkin vain hätäratkaisu, kuten jo mainittiin.

Paperipuun valmistuksessa aisaus voi sitä vastoin tulla laajemmassakin mitassa kysymykseen, kunhan vain olosuhteet ovat puiden kuivumiselle ja säilymiselle otolliset. Aisauksen etuna onkin tällaisissa tapauksissa se, että puut lienee tällöin helpompi varastolla kuoria kuin kuorelliset puut.

H a l k o j e n kuivumiseen ja säilymiseen nähden sopivat samat säännöt kuin aisatulle tavaralle. Ne kuivuvat ja säilyvät vielä paremmin kuin aisattu tavara, joten halko on siltä kannalta edullisin polttopuulaji. Lisäksi mainittakoon seuraavat näkökohdat.

— Halkoihin syntyy huomattavassa määrin lahovikoja kolmantena varastoimisvuotena, joten kahden vuoden varastointia on pidettävä maksimina.

— Suurimmat, yli 20—25 cm läpimittaiset halot voidaan suojella lahovioilta varmuudella vain aisaamalla ne selkäpuolelta tai halkomalla neljään osaan.

— Myös halot kuivuvat ristikossa paremmin kuin pinossa, mikä on tärkeä ottaa huomioon pieniä määriä kotitarvehalkoja valmistettaessa, siis tapauksissa, joissa koneellinen pilkkominen ei tule kysymykseen.

— Ristikoissa pysyvät kuoripuoli ylöspäin varastoidut halot kuivempina kuin kuoripuoli alaspäin varastoidut.

K u o r e l l i n e n t a v a r a eroaa selvästi aisatusta ja halkaistusta kuivumisen ja säilymisen kannalta. Kuorellinen tavara ei näet kuivu edullisimmissakaan olosuhteissa niin paljon, että se olisi turvassa lahottajasienten hyökkäyksiltä. Se säilyykin sitä paremmin, mitä vähemmän se kuivuu. Senvuoksi kuorellinen tavara olisi pyrittävä, kuten jo mainittiin, säilyttämään mahdollisimman kosteana. Seuraavat ohjeet voidaan antaa varastoinnista ja käsittelystä.

— Mitä pitempiä kuorelliset pölkyt ovat, sitä paremmin ne säilyvät tai oikeammin sitä suurempi osa niistä säilyy lahovioilta.

— Suuriläpimittaiset pölkyt kuivuvat heikommin ja säilyvät paremmin kuin pienet pölkyt. Varsinkin ohuet, oksaiset latvat saavat erittäin nopeasti pahoja lahovikoja. Kuorellista tavaraa tehtäessä oksaiset latvapölkyt olisikin aisattava, kuten jo edellä mainittiin. Aisaamattominakin ne kuivuvat niin paljon, että lahosienten elinmahdollisuudet tulevat hyviksi, mutta eivät koskaan niin kuiviksi, että ne olisivat turvassa varastolaholta. Isojen pölkkyjen ja yleensä kuorellisiksi jätettävien pölkkyjen kuorta on sitä vastoin varottava vahingoittamasta.

— Varastomuodostelma on mieluummin sijoitettava metsässä paikkaan, jossa kuivumisedellytykset ovat heikot.

— Parhaassakin tapauksessa kuorellinen tavara ei säily kahta vuotta varastolaholta. Kuorellista tavaraa onkin pidettävä varastossa korkeintaan yhden kesän. Varhaissyksyllä hakattu tavara on käytettävä jo seuraavan kesän kuluessa.

Kuorellisen tavaran valmistus voi tulla kysymykseen polttopuuta tehtäessä vain silloin, kun polttaminen tapahtuu kostealle puulle varta vasten konstruoiduissa tulipesissä, sillä kuten mainittu, kuorellista puuta ei saada millään riittävän kuivaksi verrattuna aisattuun ja halkaistuun tavaraan, kuten edellä esitettiin. Sen minimikosteutena on 50—60 % kuivapainosta laskettuna, kun taas halot saadaan kuivumaan alle 25 % kosteuteen ja aisattu tavara edullisimmissa olosuhteissa lähes yhtä kuivaksi. Kuorellisen tavaran kosteus saadaan tietenkin hakkeena tai halkoina myöhemmissä vaiheissa kuivumaan alle em. 50—60 %:n minimikosteuden. Kuorellinen koivupolttopuu on kuitenkin aina käytettävä tai käsiteltävä viimeistään hakkuuta seuraavan kesän kuluessa.

Rasiinkaato muodostaa todennäköisesti menetelmän, jonka avulla kuorellisen tavaran valmistus saadaan kuivumisen ja säilymisen kannalta parhaiten rationalisoiduksi. Sitä olisi kuitenkin perusteellisesti tutkittava.

Paperipuuta voidaan valmistaa kuorellisena varsin edullisesti, kunhan käsittely ja varastointi suoritetaan em. näkökohdat huomioon ottaen. Kuorellinen koivupaperipuu onkin kuorittava varastolla viimeistään hakkuuta seuraavana keväänä.

Kirjallisuutta

Aro, Paavo. 1931. Tavallisimpien suomalaisten pinotavarain pinotiheys. Comm. Inst. For. Fenn. 14.

Björkman, Erik. 1946. Om lagringsröta i massavedgårdar och dess förebyggande. Medd. f. Statens Skogsf. inst. Bd. 35:1.

—»— 1953. The Occurrence and Significance of Storage Decay in Birch and Aspen Wood with Special Reference to Experimental Preventive Measures. Kungl. Skogshögsk. Skrifter. Nr. 12—19. ss. 53—90. Stockholm.

—»— 1958. Lagringsröta och blånad i skogslagrad barr- och lövmassaved. Kungl. Skogshögsk. Skrifter. Nr. 29. Stockholm.

Borg, Arvid. 1908. Metsäkoulujen työmailta. III. Pikkukokeita. Tapio. ss. 417—421.

Callin, Georg. 1945. Syrfällning och randbarkning avbjör kkolved. Norrl. Skogsvårdsf. Tidskrift. ss. 135—152.

Ekman, Wilh. 1907. On viktförändringen hos torkande virke. Skogsvårdsför. Tidsk. ss. 129—140.

Enarvi, R. 1937. Vaneritukeissa esiintyvät väriviat. Puutekn. tutk. kann. yhd. tekn. tiedonantoja n:o 5. Helsinki.

Grinndahl, Th. 1909. Är det af väsentlig vikt att vid upphuggning af ved denna lägges med barksidan uppåt. Sv. Skogsvårdsf. Tidsk. ss. 441—443.

Heikinheimo, Olli. 1915. Einige Beobachtungen über die Aufarbeitung und Verwahrung des Brennholzes. Acta For. Fenn. 4.

Heiskanen, Veijo. 1953. Polttopuiden kuivumisesta ja sen huomioonottamisesta varastoinnissa. Comm. Inst. For. Fenn. 41. 4.

—»— 1954. Eri tavoin käsitellyn koivupolttopuun kuivuminen. Metsätal. Aikakauslehti ss. 463—464.

—»— 1958. Koivupinotavaran kuivuminen ja säilyminen metsävarastoissa. Pienpuualan Toimikunnan julk. 64. Helsinki.

Helander, A. Benj. 1916. Koivuhalkojen kuivuminen. Tapio ss. 48—51.

—»— 1922. Metsänkäyttöoppi. Porvoo—Helsinki.

Jalava, Matti. 1938. Vanerikoivujen kaato ja uitto. Puutekn. tutk. kann. yhd. julk. n:o 12. Helsinki.

—»— 1944. Polttopuiden rasiinkaato. Helsinki.

—»— 1949. Varastotuhot ja niiden torjunta. Puutavarakaupan käsikirja 1. ss. 307—333. Helsinki.

—»— 1952. Puun rakenne ja ominaisuudet. Helsinki.

—»— 1956. Puun mekaanis-teknillisiä ominaisuuksia. Tapion taskukirja ss. 373—378. Helsinki.

Kajas, Jouko. 1957. Polttohakkeen käyttö lisääntymässä. Maaseudun Tulevaisuus n:o 138.

Klem, Gustav G. 1944. Tørke- og lagringsforsøk med brenneved. Medd. f.d. Norske Skogsfr. no. 30 B VIII 4. 4 ss. 474—516. Oslo.

Kohh, E. 1934. Raumisaja ja halu möötude möjust kase-kŭttepuule. Tartu Ülik. Metsäos. Toim. n:o 25. Tartu.

Makkonen, Olli. 1958. Pinotiheystutkimuksia. Metsäteho. Julk. n:o 39.

Rozens, A. 1935. Mizošanos un skaldišanas uttkeme uz bèrza malkas žužanu ud bojašanos no puves. Latv. Mežu Petiž. Slac Raksti IV. Riga.

Sahlman, E. J. 1937. Tukkisinistymä. Puutekn. tutk. kann. yhd. tekn. tiedonantoja n:o 5. Helsinki.

Tuovinen, Arno. 1955. Koivu- ja haapapuun pilaantuminen. Metsätehon tiedoituksia 112. Helsinki.

—»— 1958. Koivutukkien suojauksesta värivikoja vastaan. Suomen Puutalous ss. 43—46.

Vuorelainen, O. 1958 a. Puuhake polttoaineena. Pienpuualan toimikunnan julk. n:o 57. Helsinki.

—»— 1958 b. Puu polttoaineena ja puun polttolaitteet. Pienpuualan toimikunnan julk. n:o 49 Helsinki.

DRYING AND STORAGE DECAYS OF FOREST-STORED SPLIT, STRIP-BARKED, AND UNBARKED BIRCH CORDWOOD

Summary

1. Introduction

There have been changes in the use of birch as fuelwood and as raw material of the woodworking industry in Finland recently which have led or are leading to the utilization of new kinds of wood products. Until now firewood and veneer timber have been the only kinds of birch products of the highest importance whose drying and storage problems have been accounted for by studies. About the drying and storage of the new kinds of wood products — the round birch cordwood —, on the other hand, there still is not enough information. It is the object of this study to examine the drying and storage of birch cordwood. The study primarily comprises split, strip-barked and unbarked cordwood which are being compared on the basis of measurements and weighings carried out on four sites of study in 1954 to 1957.

2. Performance of study

The studies were carried out mainly on four sites in the southern half of Finland. With respect to the method of study, the sites may be divided into two groups. Punkaharju and Ruotsinkylä may be considered constituting one group, as the same method was used on both sites. In the former place about 1 cu.m. piled measure of 1-metre split, 2-metre strip-barked, and 2-metre unbarked birch cordwood, respectively, was prepared in January, March, May, and July, 1954. At Ruotsinkylä, the felling times were December 1954, and March, April, and May, 1955. At Kiihtelysvaara and Saarijärvi, on the other hand, the experiments were carried out as follows: starting in the autumn of 1955, two lots of about 1 cu.m. piled measure of 1 m., 2 m. and 3 m. strip-barked and unbarked cordwood, respectively, were stacked approximately once a month on each site. The felling times at Saarijärvi were August, September, and October, 1955, and February, April, May, June, and July, 1956. At Kiihtelysvaara the sample timber was prepared in October and November, 1955, and February, April, May, June, July, August, and September, 1956.

At Punkaharju and Ruotsinkylä the timber was weighed immediately upon felling and their drying was checked from time to time by re-weighing.

On all sites, 9 to 15 sample discs were sawn from each pile, wherefrom moisture and decay were determined. Three discs were taken from different parts of the timber by dividing the bolt into three parts of equal length as shown in Fig. 5.

In order to determine the moisture the discs were barked already on the spot and weighed there with a field balance with a precision of 0.01 gram. In Helsinki they were kept in heating chamber at a temperature of 90° to 95° C for three days, whereupon they were re-weighed for determination of the dry substance weight. The moisture content was calculated in per cent of the dry substance weight.

For the determination of discoloration and storage decays two manners of procedure were availed of. To begin with, the degree of decay was determined on the basis of the following graduation in six classes.

0. Thoroughly sound
1. Sound looking at first glance, but decay found when examined in detail
2. Firm rot not more than 20 per cent of the area
3. Firm rot 20 to 50 per cent of the area
4. Some soft rot, or firm rot more than 50 per cent of the area
5. Rot 100 per cent of the area, most of it soft rot

All determinations of the degree of decay were made by one person for elimination of errors arising from subjectivity.

Volume weights were determined from the discs by a method of determination based on the Archimedean principle (Jalava 1952).

3. Drying of timber

The following conclusions may be drawn of the drying of the different kinds of wood products on the basis of the results of weighing.

When comparing the wood products felled at different times, it may be observed that the products prepared in May have, as a rule, dried more than the other products (Tables 1 and 2). This results from their greater moisture at the time of felling. At Ruotsinkylä the moisture percentage of the May timber averaged 86.3 ± 0.6 per cent and that of the other felling times 80.7 ± 0.5 per cent.

Effects of the storage time are also fairly obvious. At Punkaharju each kind of products did not achieve the minimum dryness until the third summer and at Ruotsinkylä not until the second. When comparing the different kinds of products it may be observed that strip-barked and the unbarked ones dry during the second year approximately as much as the split ones, but that during the third year they already catch up the advantage the split ones had had in the first year.

In connection with the storage time it may be noted that the wood products. reach their lowest weight in August and September, as evidenced by detail studies The weight of the split products starts increasing earliest and that of the unbarked latest.

There are distinct differences in the drying of the different kinds of products. The split bolts lost most in weight, 26 to 34 per cent in the first summer, the strip-barked bolts almost as much, i.e. 20 to 31 per cent, whereas the unbarked clearly least, only 8 to 13 per cent. The increase in weight during winter depends also on the assortment, as may be seen from the tabulation on p. 18.

The effect of the diameter on the drying is considerable, as shown by Table 3. Small-diameter bolts dry, to begin with, considerably more and considerably faster than those of large diameter, but, the storage time growing longer the differences

become lesser. Also the increase in weight in winter depends on the diameter in a corresponding way (Table 4). Table 5 shows the weight per cubic metre of the different kinds of products. According to the results the weight of birch, when fresh, is about 580 to 650 kg. per cu.m. piled measure. The weight of the split products is, when lightest, about 380 to 420 kg. per cu.m. piled measure, that of the strip-barked approximately the same — 380 to 440 kg. per cu.m. piled measure, and that of the unbarked 480 to 540 kg. per cu.m. piled measure.

4. Moisture content of different assortments.

The effects of the felling time on the moisture content of wood products are no longer to be seen at the end of the second or the third summer of storing, as may be seen from Tables 6 and 7. In the first autumn, however, the timber felled in July or later is clearly behind that felled earlier in the summer as far as moisture is concerned. The products felled in June, on the other hand, will in this respect catch up those felled earlier in the course of the first year already.

The tabulation on p. 22 shows that the moisture of the timber is 4 to 5 per cent lower than in the first summer. It also may be observed that the moisture is considerably higher in autumn than in midsummer. The increase in weight is most distinct in the strip-barked and the split products and least in the unbarked.

The comparison of the moisture content of the different kinds of wood products shows that the split products achieve the greatest dryness. The strip-barked reach almost the same level, but the unbarked remain considerably damper than the other ones. At Punkaharju and Ruotsinkylä the lowest moisture of the different kinds of products were as follows:

split	24—25	per cent
strip-barked	28—29	» »
unbarked	61—63	» »

The experiments at Saarijärvi and Kiihtelysvaara, on the other hand, gave the following lowest moistures:

strip-barked	28—37	» »
unbarked	55—59	» »

Barked cordwood reached in the autumn of the second year of storing a moisture content of 22.6 to 26.6 per cent.

The moisture of the strip-barked cordwood varies depending on the number of strips, as may be seen from the tabulation on p. 27. A distinct difference, however, may be observed only when the barking strips increase from one to two in number. The comparison of the merely peeled and the completely barked birch cordwood shows that a mere peeling of birch bark does not ensure sufficient drying.

Summer felling furthers to some extent the drying of unbarked timber, but even summer felled products will yet remain in a state of semi-dryness.

The effects of the diameter on moisture content are similar in all kinds of products, the small-sized timber attaining a lower moisture than the bigger (cf. tabulation on p. 29).

The length does not affect in any way the drying of strip-barked or split bolts, but of the unbarked bolts the shortest dry best. This may be seen from the comparison of the moisture contents determined from different places as shown in Fig. 6 and 7, and also from the average moisture contents from different places, which may be seen from the tabulation on p. 31 (cf. also Table 8). In the samples taken from the very ends of bolts the moisture content of even the unbarked timber is very low.

The manner of storage affects the drying in that in a crosswise stacked pile the timber dries clearly better than in an ordinary pile (cf. tabulation on p. 34). The split bolts, on the other hand, dry best if placed the split surface down.

5. Discolorations and decaying

Storage decay was represented by the degree of decay and the volume weight. Their interrelation is presented in Table 9 wherefrom it may be seen that the volume weight decreases continuously while the degree of decay increases. An exception, however, is provided by the 1st degree of decay wherein the volume weight is greater than that of the degree of decay 0. But that is as good as sound wood. The degree of decay may be considered, on the basis of the figures, to represent quite well also the amount of storage decay.

The effect of the felling time on the amount of storage decay is nonexistent in unbarked and split timber after three and two years from the felling. Nevertheless, in the strip-barked bolts we can see (Table 10) the degree of decay diminishing when passing from earlier fellings to later ones. The same tendency may be noticed in the results of the experiments at Kiihtelysvaara and Saarijärvi, in Table 11 (cf. also Fig. 9).

The effect of storage time on decays is very distinct, as may be seen from the tabulations on pages 40 and 42 (Fig. 10). These results may be summarised in the following conclusions.

The storage site and climatic conditions affect preservation of the products very much. Therefore no detailed instructions may be given in respect to the duration of storing time. However, two summers' storing in forest spoils, as a rule, unbarked products if prepared in June and earlier. The same applies, in the main, to the strip-barked products.

The comparison between the different assortments shows that the split bolts store clearly better than the other kinds. The strip-barked bolts have, as a rule, stored better than the unbarked, with the exception of Saarijärvi, where the strip-barked bolts have suffered in many cases more decay than the unbarked. Therefore, the conclusion may be drawn that if the drying conditions are poor and the number of strips insufficient, as was the case at Saarijärvi, strip-barking does not at all protect timber from storage damages. The number of strips increasing, the amount of decay damages decreases, as may be seen from the tabulation on p. 44.

The results show that the strip-barked and the split bolts store the better the better the faster and the more thoroughly they dry. The unbarked bolts, on the other hand, never manage to dry enough, and slight drying only makes them the more favourable to decay producing fungi. Therefore, the best means of protecting unbarked timber is to keep it as moist as possible.

The effects of the diameter, too, follow the lines indicated by the studies of the drying. In the split and the strip-barked bolts the degree of decay clearly increases

along with the increases in diameter, but among the unbarked the biggest ones have stored best, being those which had dried least (cf. Tables 12 and 13).

The results of the studies concerning the effects of the length show that in the strip-barked and the split bolts the length has no effect on their storing, but of the unbarked the longest ones stored best, as shown clearly by the degrees of decay and volume weights measured from different parts of bolts. (cf. tabulation on p. 47 and and Table 14). Also the average degrees of decay, in Table 11, show the same.

The comparison between the degrees of decay in strip-barked timber of different lengths shows that the 1-metre bolts were more badly damaged than the longer ones.

The differences, however, do not result from the length but from the manner of storing. Also the special tests made at Ruotsinkylä show that the bolts store better when stacked crosswise than when piled in the usual manner. The degree of decay in the 1-metre strip-barked bolts in these was 2.1 in pile and 1.7 when stacked crosswise.

POHJOIS-SUOMEN 2 M KUUSI- JA MÄNTYPAPERI-PUIDEN PINOTIHEYDESTÄ, KUORIMIS-HÄVIÖSTÄ JA KUUTIOSUHTEISTA

PAAVO ARO

ÜBER DEN FESTGEHALT DER STÖSSE, DEN ENTRINDUNGSVERLUST UND DIE KUBIKMASSENVERHÄLTNISSE VON 2 M FICHTEN- UND KIEFERNZELLSTOFFHOLZ AUS NORDFINNLAND

DEUTSCHES REFERAT

HELSINKI 1958

Helsinki 1959. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkusanat

Pohjois-Suomessa on paperipuun ostajien ja myyjien piireissä kiinnitetty huomiota varsinkin sodan jälkeen niihin muuntolukuihin, joita asetuksen (As. kok. n:o 167/43) mukaan on käytettävä muunnettaessa erilaisissa valmistusasteissa olevia paperipuita kiintomitoista pinomittoihin ja päinvastoin. Alituisesti ovat tällöin tulleet huomion kohteiksi pinotiheysluvut ja kuorimishäviötä osoittavat luvut ennen kaikkea siitä syystä, että on epäilty pölkkyjen oksaisuuden leväperäisestä karsimistyöstä johtuen vaikuttavan sekä pinotiheyteen että kuorimishäviöön toisella tavalla kuin käytännössä olevat pinotiheys- ja kuorimishäviöluvut osoittavat. Kun 2 m pituiset paperipuut ovat paperipuukaupoissa sellainen puutavaralaji, jota käytetään yleisesti perushinnan määräämiseen ja jonka mitoiksi kaikki muun mittaiset paperipuut muunnetaan, on tutkimuksen kohteeksi otettu juuri 2 m pituisen paperipuun pinotiheydet ja kuorimisesta aiheutuvat kuutiohäviöt.

Aloite tutkimuksen suorittamiseksi lähti valtionmetsien aluehallinnon ja Pohjois-Suomen metsäteollisuusyhtiöiden taholta. Tutkimukset saatiin käyntiin metsähallituksen suosiollisella myötävaikutuksella siten, että hoitoalueet osoittivat varastopaikoilla mitattavan aineiston ja aluehallinto luovutti ensimmäisenä vuonna kaksi metsänhoitajaa mittauksia suorittamaan. Kun näitä vielä oli seuraavana vuonna jatkettava, saatiin Vientimaksurahastolta 1 milj. markan apuraha jatkotutkimuksia varten.

Aineiston keräyksen varastopaikoilla suorittivat metsähallinnon metsänhoitajat A. Karjalainen ja J. Joska sekä metsäteknologian tutkimusosaston assistentti, tri Veijo Heiskanen ja tilapäisesti tätä työtä varten palkatut metsänhoitajat Rolf Lundsten ja K. Kaltio. Tutkimusaineiston käsittely ja tutkimuksen valmistaminen jäi aineiston keräyksen jälkeen osaston ylimääräiselle tutkimusapulaiselle, tri P. S. Tikalle. Hänen sairastumisensa ja kuolemansa kuitenkin keskeytti tutkimuksen suorituksen pitkäksi aikaa. Tämän kirjoittaja, joka tri Tikan jälkeen ryhtyi tutkimusta edelleen jatkamaan, on uudelleen käsitellyt koko aineiston ja muiden tehtävien lomassa valmistellut tutkimuksen painokuntoon.

Erikoisesti haluan lausua kiitollisuuteni metsähallitukselle erittäin myötämielisestä suhtautumisesta tutkimukseen sekä siitä suuresta aineelli-

sesta avusta, jota tutkimus on saanut osakseen. Myöskin Vientimaksurahasto ansaitsee kiitoksen apurahasta, jonka turvin aineistoa voitiin saada riittävästi. Samalla tahdon kiittää kaikkia kenttätöihin sekä myöskin aineiston käsittelyyn osallistuneita hyvin suoritetusta työstä.

Helsingissä elokuun 26 päivänä 1958

Paavo Aro

Sisällysluettelo

	Sivu
Alkusanat	3
Johdanto	7
Tutkimuksien suoritus	8
Aineisto	8
Pinomitan määrittäminen	8
Kiintomitan määrittäminen	9
Tutkimustulokset	9
Yleistä	9
Pinotiheys	10
Kuorimishäviö	16
Paperipuupölkkyjen kapeneminen	26
Keskeltämittaus - ksylometrimittaus	26
Latvastamittaus - keskeltämittaus	31
Latva-tyvimittaus - keskeltämittaus	31
Tulosyhdistelmä	34
Kirjallisuutta	37
Deutsches Referat	38
Liitetaulukko	43

Kuvissa ja taulukoissa käytettyjen merkkien ja lyhennysten selitykset

Erklärungen der in den Abbildungen und Tabellen vorkommenden Zeichen und Abkürzungen

•	Tavallinen pino Pohjanmaan piirikunnasta Gewöhnlicher Stoss aus dem Pohjanmaa-Distrikt
o	Tavallinen pino Perä-Pohjolan piirikunnasta Gewöhnlicher Stoss aus dem Perä-Pohjola-Distrikt
⌀	Poikkeuksellinen pino Pohjanmaan piirikunnasta Abweichender Stoss aus dem Pohjanmaa-Distrikt
⌀	Poikkeuksellinen pino Perä-Pohjolan piirikunnasta Abweichender Stoss aus dem Perä-Pohjola-Distrikt
■	Osa-aineistosta saatu keskiarvo Mittelwert des Materialteils
|	Yleisesti käytetty keskimääräinen pinotiheysluku Allgemein benutzte, mittlere Umrechnungszahl
—	Yleisesti käytetty keskimääräinen kuorimishäviösadannes Allgemein benutztes, mittleres Entrindungsverlustprozent
- - - -	Aritmeettinen keskiarvo Arithmetisches Mittel
P	Pohjanmaan piirikunta Pohjanmaa-Distrikt
PP	Perä-Pohjolan piirikunta Perä-Pohjola-Distrikt
54,55	Vuosi 1954 ja 1955 Jahr 1954 und 1955
$D_{1/2}$	Läpimitta keskeltä Mittendurchmesser
D_l	Latvaläpimitta Zopfdurchmesser
D_t	Tyviläpimitta Durchmesser am dickeren Ende

Johdanto

Nykyään maassamme käytännössä olevat pinotiheysluvut samaten kuin kuorien määrää ja kuorimishäviön suuruutta osoittavat luvutkin perustuvat kotimaisiin tutkimuksiin (Ilvessalo 1927; Aro 1929, 1931 sekä Saari, Keltikangas ja Wuoti 1939). Nämä tutkimukset perustuvat kuitenkin Ilvessalon tutkimuksia lukuunottamatta yksinomaan etelä-suomalaiseen aineistoon, joten suoranaisia tutkimuksia Pohjois-Suomen pinopuutavaroista ei ollut olemassa silloin, kun nämä muuntoluvut otettiin käytäntöön (As. kok. n:o 167/43). Kuorimishäviösadanneksia on kuitenkin Pohjois-Suomen kuorisadanneksien pohjalla korjattu Pohjois-Suomen oloja vastaaviksi.

Kaikissa tutkimuksissa on voitu todeta, että niin pinotiheys kuin kuoren määrä ja kuorimishäviön suuruuskin vaihtelevat yksityisissä pinoissa tavattoman paljon. Tämä riippuu siitä, missä suhteessa eri kokoisia, rungon eri osista valmistettuja, eri tavalla karsittuja ja ladottuja pölkkyjä pinot sisältävät. Jos toiset tekijät vaikuttavat pinotiheyteen ja kuorimishäviöön suurentavasti niin toisten tekijäin vaikutus saattaa olla saman aikaisesti pienentävä. Yhden tekijän vaikutusta onkin usein vaikea saada selville. Tämän takia on tavallisesti tyydyttävä pinotiheyttä ja kuorimishäviötä osoittaviin keskiarvolukuihin. Vain riittävän monipuolinen aineisto saattaa antaa edustavia keskimääräisia lukuja, eivätkä ne sittenkään aina sovellu yksityistapauksissa käytettäviksi.

Tutkimuksien suoritus

A i n e i s t o. Tutkimusaineisto kerättiin vv. 1954 ja 1955 Pohjanmaan ja Perä-Pohjolan piirikunnista seuraavassa luettelossa esitetyistä hoitoalueista ja varastopaikoilta. Pohjanmaan piirikunta: Kuhmo (Kivivaara), Puhos (Kanervavaara), Etelä-Taivalkoski (Koskelokangas), Kuivaniemi (Vuornoskangas), Sotkamo (Kalamurto), Lentiira (Mustinjärvi), Kianta (Pajukangas), Puolanka (Juorkuna), Vaala (Pienankajärvi) ja Perä-Pohjolan piirikunta: Turtola (Kuiviomaa), Kemihaara (Saunakivalo), Kolari (Pellon kirkonkylä, Viettikosken rova, Puhan kangas), Meltaus (Haahdenmaa), Rovaniemi (Mustavaara), Pohjois-Kemijärvi (Sarrio). Varastopaikat valittiin sitä silmällä pitäen, että niillä oli riittävästi kuorimatonta 2 m paperipuuta ja mittamiehille sopivat majoitusmahdollisuudet. Tutkimusaineiston suuruus ja laatu nähdään tarkemmin tulostaulukosta sivulla 12. Sen mukaan kuusipaperipuumittauksia on suoritettu kaikkiaan 17 varastopaikalla 47 pinosta, joiden yhteinen kuorellinen pinokuutiometrimäärä oli 375.59 p-m^3, ja mäntypaperipuumittauksia 16 varastopaikalla 44 pinosta, joiden kuorellinen pinokuutiometrimäärä oli 353.08 p-m^3.

Tutkimuksia tehtäessä v. 1954 rakennettiin tutkimuspaikoille pinomitan määrittämistä varten tukeva mittakehys, jossa oli 2 aluspuuta ja niihin tanakasti kiinnitetyt pystysuorat pääpuut, joiden etäisyys toisistaan oli 2.50 m ja korkeus aluspuista 1.75 m. Aluspuiden etäisyys toisistaan oli saman suuruinen kuin varastopinossa. Tähän kehykseen ladottiin 1.60 m korkea pino. Läpimittojen mittaamista varten rakennettiin varastopinon viereen lähelle mittakehystä erityinen mittausteline, jossa pölkkyjä voitiin mukavasti käännellä ja mitata. Ksylometrimittauksia varten rakennettiin tikapuuteline pölkkyjen käsittelyn helpottamiseksi. V. 1955 oli metsähallituksen toimesta varastoille tehty jo valmiiksi kuorimattomista puista koepinoja, joiden pituus oli n. 2.50 m ja korkeus n. 1.60 m. Ksylometrimittauksia ei tällöin ollenkaan suoritettu.

P i n o m i t a n m ä ä r i t t ä m i n e n. Mittakehykseen ladotun koepinon pituudeksi otettiin kehyksen pituus, jonka vakiona pysyminen tarkistettiin joka koepinon jälkeen. Metsähallituksen toimesta varastolle tehtyjen koepinojen pituus mitattiin kummaltakin puolelta ylä- ja alareunasta sekä keskeltä cm:n tarkkuudella ja mittausten keskiarvo otettiin pinon pituudeksi.

Pinon korkeus taas mitattiin molemmissa tapauksissa pinon kummaltakin puolelta reunoista ja joka 50 cm:n päästä, siis kuudesta kohdasta kummaltakin puolelta cm:n tarkkuudella alenevalla luokituksella. Pinon korkeudeksi otettiin näiden mittausten keskiarvo. Pinon leveydeksi otettiin pölkkyjen nimellinen mitta, siis 2 m. Pinoissa, joiden kiintomitta määrättiin ksylometrillä, mitattiin joka neljännen pölkyn pituus cm:n tarkkuudella alenevalla luokituksella ja mittausten keskiarvo otettiin pinon leveydeksi. V. 1954 mittauksissa mittamiehet latoivat pölkyt itse mittakehyksiin samalla tavalla kuin tavallisiinkin varastopinoihin lajittelematta pölkkyjä millään tavalla. Pölkyt ladottiin ensin mittakehykseen kuoripäällisinä sekä uudelleen kuorittuina kuorimisen jälkeen ja pinojen korkeusmittaukset suoritettiin kummassakin tapauksessa edellä sanotulla tavalla. V. 1955 koepinoihin olivat ajomiehet latoneet pölkyt kuoripäällisinä ja kuorittujen pölkkyjen latomisen suorittivat koepinojen pölkkyjen kuorijat.

K i i n t o m i t a n m ä ä r i t t ä m i n e n. Koepinojen kiintomitan määrittämistä varten mitattiin sekä kuorellisena että kuorittuna jokaisesta pölkystä ennen pinoon panoa mittaustelineellä läpimitat latvasta, keskeltä ja tyvestä mm:n tarkkuudella kahdessa toisiaan vastaan kohtisuorassa suunnassa. Tyvipölkkyjen tyviläpimitta mitattiin niin kaukaa tyvestä, että tyvipaisuma ei siihen enää vaikuttanut. Mittaussuunta merkittiin pystysuoralla liituviivalla pölkyn latvapäähän. Kuorinnan aiheuttaman kuutiohäviön selvittämiseksi mitattiin v. 1954 eräiden koepinojen pölkkyjen kiintomitta ksylometrillä kuoripäällisenä ja kuorittuna siten, että jokainen pölkky erikseen pantiin ksylometriin ja sen kyljessä olevasta asteikosta luettiin suoraan kuutiomäärä.

Pölkkyjen sekaantumisen välttämiseksi numeroitiin pölkyt juoksevalla numerolla. Jokaisesta pölkystä merkittiin muistiin oliko se tyvi- tai latvapölkky sekä karsimisluokka: 1. hyvin karsitut, 2. huonosti karsitut. Mäntypölkyt luokiteltiin lisäksi kuoren perusteella kahteen luokkaan: 1. ei kaarnaa (ohutkuoriset), 2. kaarnaa on (paksukuoriset).

Tutkimustulokset

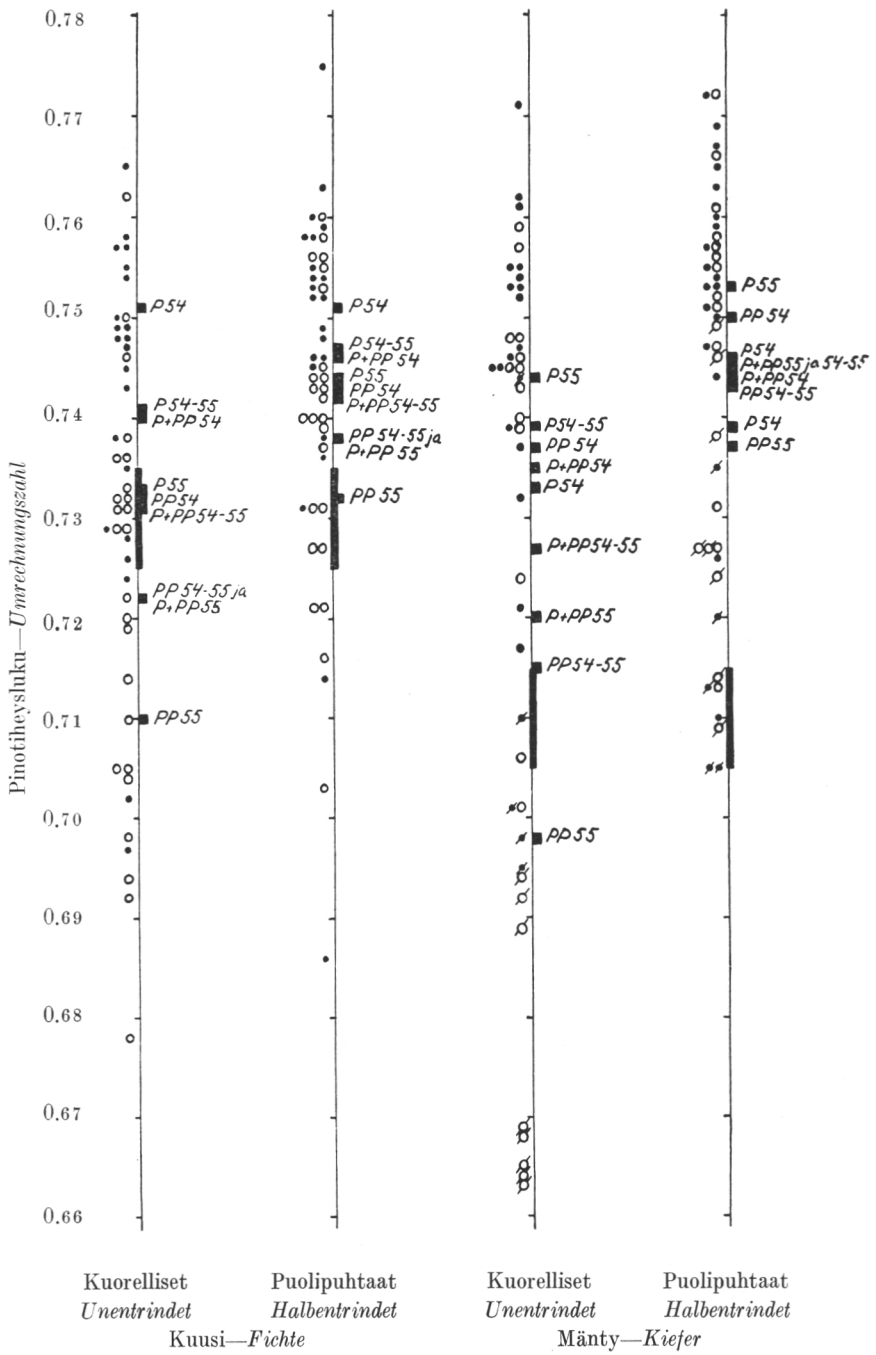
Y l e i s t ä. Kuten edellä on mainittu tutkimuksen tarkoituksena oli 2 m pituisten kuusi- ja mäntypaperipuiden pinotiheyslukujen ja kuorimishäviön suuruuden selvittäminen. Kun nämä luvut sangen suuresti vaihtelevat eri pinoissa ja kun tämä vaihtelu aiheutuu useasta tekijästä, on liitetaulukossa esitetty jokaisesta tutkitusta pinosta saadut tulokset sekä ne tekijät, jotka eniten näihin tuloksiin vaikuttavat.

Pinotiheysluvut on esitetty sekä kuorelliselle että puolipuhtaalle pinolle ja kuorimishukka on laskettu sekä pinomitasta että kiintomitasta lukien.

Lisäksi nähdään taulukosta kuorimishäviösadannekset ksylometrimittauksen mukaan määrättynä niissä pinoissa, joissa tällaisia mittauksia suoritettiin. Tuloksiin vaikuttavista tekijöistä on mainittu läpimitat kuorellisena ja puolipuhtaana pölkyn keskeltä, pinon pölkkyjen lukumäärä sekä tyvipölkkyjen prosenttinen osuus pinossa samoin kuin keskimääräinen karsimis- ja kuoriluokka.

Taulukkoon 1 on kerätty keskimääräiset tulokset kumpanakin tutkimusvuonna saaduista mittauksista ja molempien vuosien yhteiset keskimääräiset tulokset sekä Pohjanmaan että Perä-Pohjolan tutkimusalueilla tutkituille pinoille. Lisäksi on vielä laskettu molempien piirikuntien yhteiset keskiarvot eri vuosille ja yhteensä. Taulukosta nähdään myöskin vastaavat osa-aineistojen suuruudet.

P i n o t i h e y s. Tarkasteltaessa ensin pinotiheyslukuja huomataan, että puolipuhtaiden pinojen pinotiheysluku on molempien piirikuntien kaikissa osa-aineistoissa ollut joko yhtäsuuri tai suurempi kuin käytännössä oleva 2 metrin paperipuiden pinotiheysluku, joka kuusilla on 0.73 ja männyillä 0.71 (A r o 1931; S a a r i, K e l t i k a n g a s ja W u o t i 1939). Eräissä osa-aineistoissa kuorellisten pinojen keskimääräiset pinotiheysluvut sitävastoin ovat pienempiä kuin käytännössä oleva keskimääräinen luku. Tutkitussa aineistossa kuten kaikissa muissakin tämänkaltaisissa aineistoissa voidaan havaita verrattain suurta hajaantumista pinotiheysluvuissa (vrt. A r o 1931). Kuvassa 1 on esitetty havainnollisesti yksityisten pinojen pinotiheyslukujen vaihtelu. Siitä nähdään, että kuorellisten kuusipaperipuupinojen pinotiheys on vaihdellut 0.68—0.76 ja kuorellisten mäntypaperipuiden 0.66—0.77. Puolipuhtaiden kuusipaperipuiden pinotiheys on vaihdellut 0.69—0.77 ja mäntypaperipuiden 0.70—0.77. A r o n (1931) tutkimuksissa 2 m puhtaaksikuorittujen paperipuupinojen pinotiheys vaihteli 0.6735—0.7684 ja 7′—8′ pituisten puolipuhtaiden kaivospölkkypinojen pinotiheys 0.6715—0.7599. Kuvasta nähdään myös, että eri osa-aineistojen keskiarvot puolipuhtaissa pinoissa keskittyvät melkoisesti samoihin pinotiheysarvoihin, mutta kuorellisissa pinoissa vaihtelevat melkoisesti. Kuitenkin kolmen osa-aineiston keskiarvot, jotka kaikki ovat riippuvuussuhteessa toisiinsa, jäävät keskimääräisen pinotiheysluvun alapuolelle kuorellisilla kuusipaperipuilla. Kuorellisella männyllä tällaisia osa-aineistoja on vain yksi. Syy näihin ilmiöihin käy selville myöhemmästä esityksestä. Sekä taulukkoluvut että kuva osoittavat selvästi, että olkoonpa latojana olleet tutkimuksen apumiehet tai itse työntekijät, pinotiheys on ollut sekä kuusi- että mäntypaperipuupinoissa useimmissa tapauksissa ainakin yhtäsuuri tai suurempi kuin mitä yleensä vaaditaan paperipuupinoilta. Poikkeuksen tekevät kuitenkin sellaiset pinot, joissa pölkyt ovat huonosti karsittuja, kuten seuraavasta selviää.



Kuva 1. Yksityisten pinojen ja eri osa-aineistojen pinotiheysluvut.
Abb. 1. Umrechnungszahlen der einzelnen Stösse und der verschiedenen Materialteile.

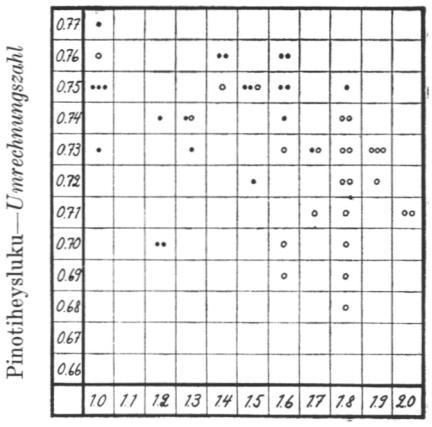
Taulukko 1. Tutkimusaineisto sekä siitä saadut keskimääräiset pinotiheys- ja kuorimishäviöluvut.

Tabelle 1. Untersuchungsmaterial und die entsprechenden mittleren Umrechnungs- und Entrindungsverlustzahlen.

Tutkimusalue ja tutkimusaika *Forschungsgebiet und Forschungszeit*	Varastopaikkojen lukumäärä *Anzahl der Lagerplätze*	Pinojen lukumäärä *Anzahl der Stösse*	Pölkyt — *Blöcke*						Pinot — *Stösse*					
									Kuorelliset *Mit Rinde*		Puolipuhtaat *Halbentrindet*		Kuorimishäviö *Entrindungsverlust*	
			Lukumäärä *Anzahl*	Karsimisluokka *Entästungsklasse*	Kuoriluokka *Rindenklasse*	Tyvipölkkyjä, % *Stammblöcke, %*	D½ k:neen, cm *D½ mit Rinde, cm*	D½ puolip. cm *D½ halbentrindet, cm*	p-m³-määrä *rm-Menge*	Pinotiheysluku *Umrechnungszahl*	p-m³-määrä *rm-Menge*	Pinotiheysluku *Umrechnungszahl*	pinomitasta % *vom Raummass %*	kiintomitasta % *von festen Mass %*
			Kuusi — *Fichte*											
Pohjanmaa (P)														
1954	3	10	1 990	1.48	—	38.1	13.9	13.0	80.539	0.751	70.624	0.751	12.3	12.3
1955	6	12	2 126	1.23	—	38.2	14.5	13.7	96.215	0.733	83.734	0.744	13.0	11.7
1954—1955	9	22	4 116	1.35	—	38.1	14.2	13.4	176.754	0.741	154.358	0.747	12.7	12.0
Perä-Pohjola (PP)														
1954	2	14	2 274	1.73	—	37.2	15.2	14.1	112.542	0.732	95.981	0.743	14.7	13.4
1955	6	11	1 700	1.73	—	30.3	15.2	14.0	86.294	0.710	71.925	0.732	16.7	14.1
1954—1955	8	25	3 974	1.73	—	34.3	15.2	14.1	198.836	0.722	167.906	0.738	15.6	13.7
P + PP														
1954	5	24	4 264	1.61	—	37.6	14.6	13.6	193.081	0.740	166.605	0.746	13.7	13.0
1955	12	23	3 826	1.45	—	34.7	14.8	13.8	182.509	0.722	155.659	0.738	14.7	12.8
1954—1955	17	47	8 090	1.53	—	36.2	14.7	13.7	375.590	0.731	322.264	0.742	14.2	12.9
Ksylometrimittaus: *Xylometermessung:*														
										0.752		0.760		12.5
Pohjanmaa 1954	1	3	605	—	—	—	13.9	13.0	24.234	0.757	21.351	0.752	11.9	10.9
										0.738		0.751		13.7
Perä-Pohjola 1954	1	4	628	—	—	—	15.5	14.4	32.180	0.738	27.503	0.745	14.5	13.0
										0.744		0.755		13.2
P + PP 1954	2	7	1 233	—	—	—	14.7	13.7	56.414	0.746	48.854	0.748	13.6	12.1

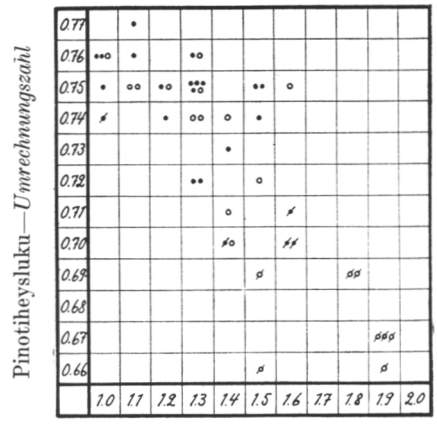
Mänty — *Kiefer*

Pohjanmaa														
	1954	2	11	2 108	1.36	1.49	47.0	13.9	13.0	87.702	0.733	70.020	0.739	13.3	12.6
	1955	6	12	2 162	1.24	1.43	30.1	14.5	13.7	96.255	0.744	84.450	0.753	12.3	11.3
	1954—1955	8	23	4 270	1.30	1.46	38.5	14.2	13.4	183.957	0.739	160.470	0.746	12.8	11.9
Tavalliset pinot	»														
Gewöhnliche Stösse	»	7	18	3 279	1.25	1.39	29.1	14.5	13.7	145.397	0.747	128.425	0.754	11.7	10.8
Poikkeukselliset pinot	»														
Abweichende Stösse	»	1	5	991	1.46	1.72	69.5	13.2	12.1	38.560	0.709	32.045	0.715	16.9	16.1
Perä-Pohjola															
	1954	2	9	1 719	1.36	1.35	32.0	14.1	13.3	72.914	0.737	63.489	0.750	12.9	11.4
	1955	6	12	1 799	1.53	1.28	29.2	15.4	14.7	96.568	0.698	92.337	0.737	14.8	9.6
	1954—1955	8	21	3 518	1.45	1.31	30.6	14.8	14.0	169.121	0.715	145.826	0.743	13.8	10.4
Tavalliset pinot	»														
Gewöhnliche Stösse	»	6	13	2 330	1.29	1.37	32.0	14.7	13.8	105.721	0.739	92.333	0.750	12.7	11.3
Poikkeukselliset pinot	»														
Abweichende Stösse	»	6	8	1 188	1.77	1.22	24.8	15.5	14.8	63.400	0.676	53.493	0.731	15.6	8.8
P + PP	1954	4	20	3 827	1.36	1.42	40.3	14.0	13.1	160.616	0.735	139.509	0.744	13.1	12.0
	1955	12	24	3 961	1.38	1.35	29.7	14.9	14.1	192.823	0.720	166.787	0.745	13.5	10.5
	1954—1955	16	44	7 788	1.37	1.38	34.9	14.5	13.7	353.079	0.727	306.296	0.745	13.3	11.2
Ksylometrimittaus:															
Xylometermessung:															
											0.716		0.725		16.1
Pohjanmaa	1954	1	3	603	1.43	1.74	70.5	13.1	12.0	22.730	0.716	19.034	0.718	16.3	15.2
											0.754		0.764		10.5
Perä-Pohjola	1954	1	2	342	1.25	1.36	26.6	14.9	14.2	16.097	0.745	14.087	0.762	12.5	11.4
											0.732		0.742		13.7
P + PP	1954	2	5	945	1.36	1.60	55.4	13.8	12.8	38.827	0.728	33.121	0.737	14.7	13.5



Kuva 2. Pinotiheyden riippuvuus karsimisluokasta kuorellisissa kuusipaperipuupinoissa.

Abb. 2. Abhängigkeit des Festgehalts von der Entästungsklasse in den Stössen des unentrindeten Fichtenzellstoffholzes.

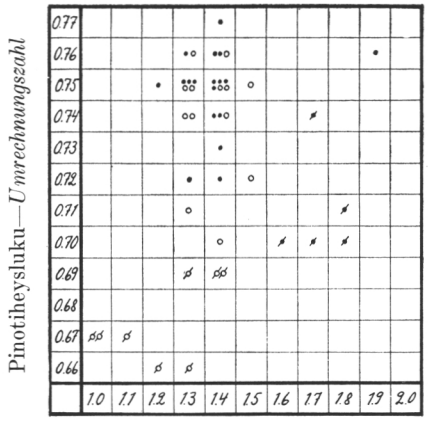


Kuva 3. Pinotiheyden riippuvuus karsimisluokasta kuorellisissa mäntypaperipuupinoissa.

Abb. 3. Abhängigkeit des Festgehalts von der Entästungsklasse in den Stössen des unentrindeten Kiefernzellstoffholzes.

Vaikka pinotiheyteen on vaikuttamassa useita eri tekijöitä, on kuitenkin tämän tutkimuksen kannalta erikoisen kiinnostavaa tarkastella, missä määrin huonolla karsinnalla on ollut vaikutusta pinotiheyteen. Jo tutkimukseen ryhdyttäessä käytännön miesten taholta epäiltiin tällaista vaikutusta esiintyvän. Kuvissa 2 ja 3 on tutkitut pinot järjestetty karsimisluokkansa ja pinotiheytensä mukaan korrelaatiotaulukkoon. Vaikkakin pisteet hajaantuvat melkoisesti kussakin karsimisluokassa, näyttää kuitenkin jakautuminen viittaavan siihen, että mitä huonompi karsimisluokka on ollut sitä huonompi on ollut myöskin pinotiheys. Tämä ilmiö on erikoisen selvänä havaittavissa mäntypaperipuupinoissa ja Perä-Pohjolan kuusipaperipuupinoissa, joista vain 12 % eli 3 pinoa kuului keskinkertaista parempiin karsimisluokkiin. Saatujen tuloksien perusteella voidaankin todeta, että erikoisesti Perä-Pohjolan piirikunnassa varsinkin v. 1955 pinoissa huonoa karsintaa on ollut runsaasti, ja sen takia pinotiheys on jäänyt useassa tapauksessa keskimääräistä pinotiheyttä alhaisemmaksi kuorellisissa paperipuupinoissa. Sakaroilla kuvaan 3 merkityt mäntypaperipuu pinot todettiin jo mittauksen yhteydessä laadultaan poikkeuksellisiksi.

Kuvassa 4 on tarkasteltu, vaikuttaako myöskin kuoriluokka jotakin kuorellisten mäntypaperipuiden pinotiheyteen. Kuten pisteiden sijoituksesta näkyy, mitään selvää riippuvuutta kuoriluokan ja pinotiheyden välillä ei voida todeta, koska miltei kaikki tavalliset pinot keskittyvät kahteen



Kuva 4. Pinotiheyden riippuvuus kuoriluokasta kuorellisissa mänty-paperipuupinoissa.

Abb. 4. Abhängigkeit des Festgehalts von der Rindenklasse in den Stössen des unentrindeten Kiefernzellstoffholzes.

rinnakkaiseen kuoriluokkaan, joissa niiden pinotiheys vaihtelee jotensakin samalla tavalla. Eri kuoriluokkiin sijoittuneiden poikkeuksellisten pinojen alhaiset pinotiheysarvot johtuvat huonosta karsinnasta, kuten kuva 3 osoittaa.

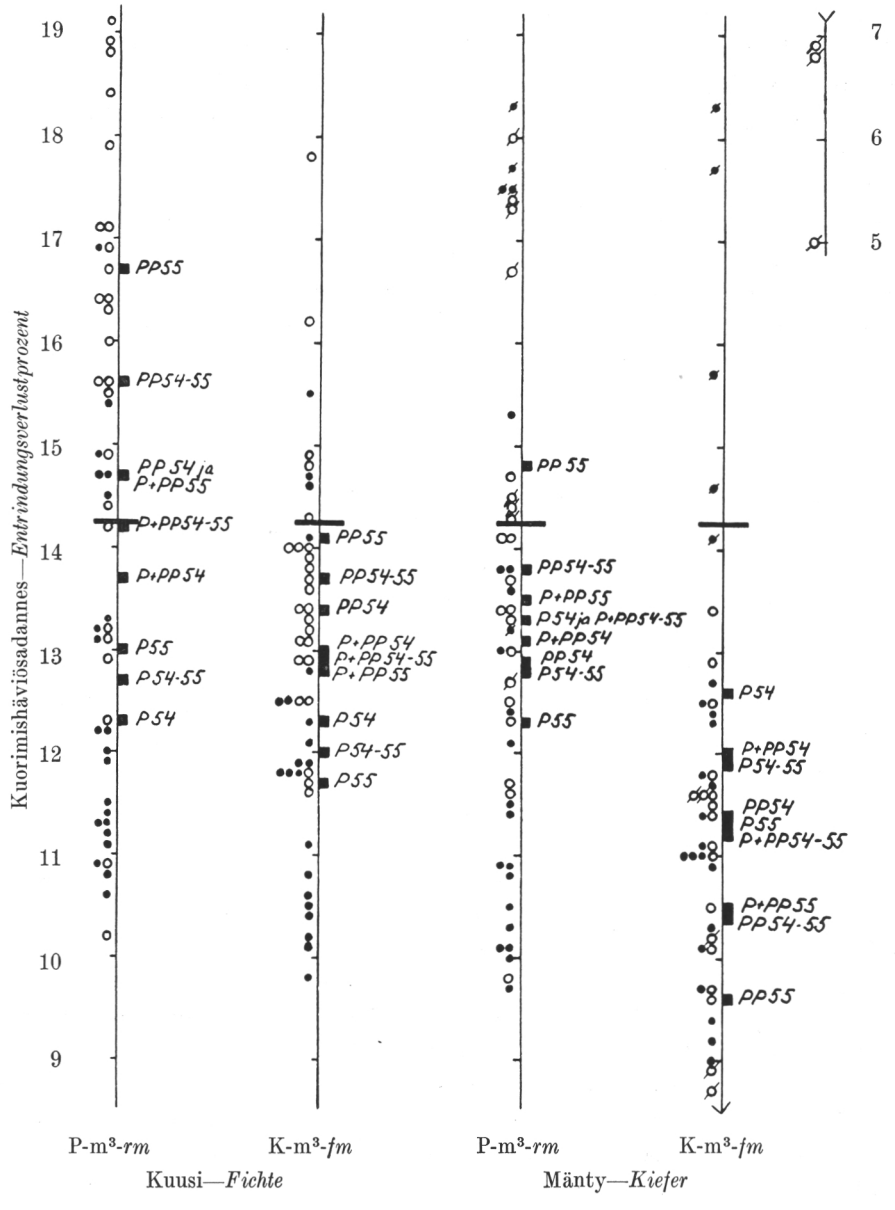
Lopputuloksena pinotiheystutkimuksesta voidaan sanoa, että kuusi- ja mäntypaperipuiden pinotiheysluvut Perä-Pohjolan ja Pohjanmaan piirikunnassa eivät keskimäärin näytä olevan alempia kuin käytännössä olevat, puutavaran mittaussäännön 7a ja 7b :§ssä (As. kok. n:o 167/43) esitettyjä, 2 m paperipuiden muuntolukuja vastaavat pinotiheysluvut. Kuitenkin on todettava että jos pölkyt on karsittu huonosti, jää kuorellisten pinojen pinotiheys keskimääräistä pienemmäksi (Ks. taulukko 1. poikkeukselliset mäntypinot ja Perä-Pohjolan kuusipinot). Pinon karsimisluokan määrittäminen on kuitenkin siksi vaikea tehtävä ja karsimisesta johtuva pinotiheyden vaihtelu siksi epämääräinen, että mitään keskimääräisiä pinotiheyslukuja ei huonosti karsituille puille voida esittää.

Tutkiessaan Pohjois-Suomen mänty- ja kuusipaperipuiden kuorimishukan suuruutta Tuovinen (1948) on todennut, että karsinnalla on oma osuutensa kuorellisen pinon ladontaan. »Jos karsinta on toimitettu huonosti, on pinotiheys pieni. Kuusipaperipuiden karsinta on toimitettu

huolellisemmin, ja niinpä niiden ladonnan laadun lukuarvokin on pienempi kuin mäntyjen.» Kuorellisten kuusipaperipuupinojen ladonnan laadun lukuarvo oli 1.95 ja mäntypaperipuupinojen 2.16. Kuorituille pinoille vastaavat lukuarvot olivat 1.73 ja 1.92. Molemmilla puutavaralajeilla ladonnan laatu on siis arvosteltu kuorinnan jälkeen paremmaksi kuin ennen kuorintaa. Saari, Keltikangas ja Wuoti (1939) ovat saaneet 2 m kuusipaperipuupinoille, joiden pölkyissä on osa huonosti karsittuja, pinotiheydeksi 0.710 ja vastaaville mäntypaperipuupinoille 0.685.

Kuorimishäviö. Ennenkuin lähdetään esittämään kuorimishäviöstä saatuja lukuja, on syytä huomauttaa, että mäntypaperipuuaineistoon sekä Perä-Pohjolassa että Pohjanmaalla sisältyi joukko kuorellisia pinoja, jotka poikkesivat huomattavasti toisista saman piirikunnan pinoista (ks. kuva 3). Näissä pinoissa oli sekä huonommin karsittuja että paksumpikuorisia pölkkyjä kuin muissa pinoissa. Pohjanmaan pinoihin sisältyi vielä huomattavan runsaasti, lähes 70 %, tyvipölkkyjä huolimatta siitä, että niiden läpimitta oli hieman tavallista pienempi. Tämän on täytynyt johtua siitä, että puut ovat olleet peräisin erittäin huonokasvuisilta metsämailta. Pinojen alhaiset pinotiheysluvut kuorituissakin pinoissa viittaavat siihen, että huonon karsinnan ohella myöskin pölkkyjen ladonta on ollut tavallista huonompi. Koska tällaisiakin pinoja aina sattuu paperipuiden joukkoon, ei näitä ole voitu jättää laskelmista pois. Kuitenkin niiden keskiarvojen lisäksi, joihin sisältyvät kaikki pinot, on laskettu erikseen kummassakin piirikunnassa keskiarvoluvut poikkeuksellisille pinoille ja tavallisille pinoille. Ne nähdään taulukon 1 mäntypaperipuuosassa. Kuorellisten kuusipaperipuupinojen pölkyt Perä-Pohjolassa olivat miltei kaikki huonosti karsittuja, kun taas Pohjanmaalla niiden karsintaa voidaan pitää keskinkertaisena. Perä-Pohjolan useimpien pinojen karsimisluokka-arvot vaihtelivat 1.60—2.00 ja Pohjanmaan 1.20—1.80. Näin ollen Perä-Pohjolan kuusipaperipuupinot edustavat poikkeuksellisia pinoja ja Pohjanmaan pinot tavallisia pinoja.

Vertaamalla taulukossa 1 olevia kuorimishäviölukuja Perä-Pohjolasta ja Pohjanmaalta toisiinsa huomataan, että kuorimishäviön suuruutta esittävät keskiarvoluvut sekä kuusi- että mäntypaperipuilla ovat Perä-Pohjolan piirikunnassa huomattavasti suurempia kuin Pohjanmaan piirikunnassa. Tästä säännöstä tekevät kuitenkin poikkeuksen Perä-Pohjolan mäntypaperipuiden vuoden 1954 osa-aineiston pinomitasta laskettu luku ja kiintomitasta lasketut vuoden 1955 osa-aineiston sekä vuosien 1954 ja 1955 yhdistetyn osa-aineiston kuorimishäviöluvut. Tämä johtuu siitä, että juuri näihin osa-aineistoihin sisältyy edellä mainittuja poikkeuksellisia pinoja. Näitä seikkoja valaisee tarkemmin kuva 5, josta nähdään yksityisten pinojen ja eri osa-aineistojen sekä pinomitasta että kiintomitasta lasketut kuorimishäviösadannekset. Mäntypaperipuilla pino-



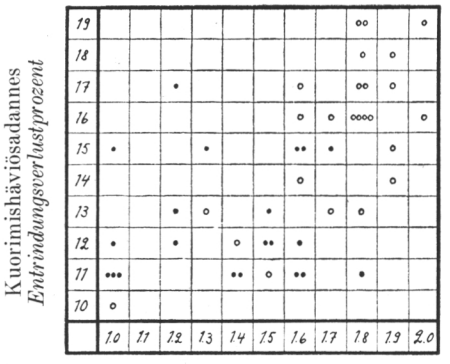
Kuva 5. Yksityisten pinojen ja eri osa-aineistojen kuorimishäviösadannekset.
Abb. 5. Entrindungsverlustprozente der einzelnen Stösse und der verschiedenen Materialteile.

mitasta laskettu kuorimishäviösadannes jää miltei kaikissa Pohjanmaan ja Perä-Pohjolan tavallisissa pinoissa samoinkuin osa-aineistoissakin käytännössä olevan, puutavaran mittaussäännön

7 d §:ssä mainitun kuorimishäviösadannesluvun (14.2) alapuolelle. Vain yhden Perä-Pohjolan osa-aineiston sekä useimpien poikkeuksellisten pinojen kuorimishäviösadannekset ovat tätä suurempia. Kiintomitasta lasketuista kuorimishäviösadanneksista vain Pohjanmaan neljän poikkeuksellisen pinon sadannekset ovat yleisesti käytettyä sadannesta suurempia, muiden pinojen ja kaikkien osa-aineistojen sadannesten ollessa pienempiä. Muutamien Perä-Pohjolan poikkeuksellisten pinojen kuorimishäviösadannes on jäänyt hyvinkin alhaiseksi huonosti suoritetun kuorinnan takia. Kuusipaperipuilla Perä-Pohjolan osa-aineistojen ja useimpien yksityisten poikkeuksellisten pinojen pinomitasta lasketut kuorimishäviösadannekset ovat suurempia kuin yleisesti käytännössä oleva sadannes. Pinot ja osa-aineistot ovat niitä, joiden kuorelliset pinotiheysluvutkin olivat poikkeuksellisia. Pohjanmaan kaikkien osa-aineistojen ja useimpien yksityisten tavallisten pinojen pinomitasta lasketut kuorimishäviösadannekset sitävastoin jäävät yleisesti käytettyä sadannesta pienemmiksi. Kaikkien Pohjanmaan ja Perä-Pohjolan osa-aineistojen sekä useimpien yksityisten pinojen kiintomitasta lasketut kuorimishäviösadannekset ovat yleisesti käytettyä sadannesta pienemmät, vain kahdeksan pinon sadannekset ovat suurempia.

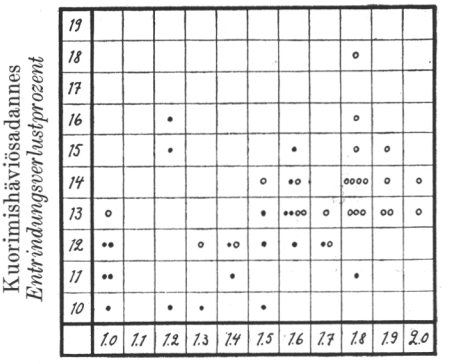
Edellä esitetty on osoituksena siitä, että pinomitasta laskettu kuorimishäviösadannes ei osoitakaan vain kuorimalla poistetun pölkkyjen kuutioon sisältyvän kuoren ja puuaineen osuutta, vaan siihen sisältyy myös oksantynkien poistamisesta aiheutuvasta pinotiheyden suurenemisesta johtuva pinomitan pieneneminen. Lisävalaistusta kysymykseen saadaan kuvista 6, 7, 8 ja 9, joista käy selville kuorimishäviösadanneksen riippuvuus karsimisluokasta. Pinon karsimisluokka on sama kuin pinon pölkkyjen karsimisluokkien keskiarvo yhdellä desimaalilla ilmaistuna. Vaikka kuorimishäviön suuruus vaihtelee samassakin karsimisluokassa huomattavasti, voidaan kuitenkin todeta pinomitasta lasketun sadanneksen suurenevan karsimisluokan suuretessa eli karsimisen pinoissa huonontuessa sekä mänty- että kuusipaperipuilla. Kiintomitasta lasketuissa sadanneksissa tällainen suunta näkyy jossakin määrin kuusipaperipuilla, mutta mäntypaperipuilla se on mieluimmin päinvastainen. Tämä johtuu siitä, että kyseessä ei olekaan enää karsimisen vaikutus vaan kuoren ja kuorimisen vaikutus. Huonosti karsittuja kuusipaperipuita on ollut eniten Perä-Pohjolassa, jossa yleensä kuorikin on paksumpi kuin etelämpänä. Mäntypaperipuilla taas oksaiset pölkyt ovat latvapölkkyjä, joissa on huomattavasti ohuempi kuori kuin vähäoksaisissa tyviosan pölkyissä.

Huonolla karsinnalla on aina sellainen vaikutus kuorimishäviösadanneksiin, että kiintomitasta laskettu sadannes on pinomitasta laskettua



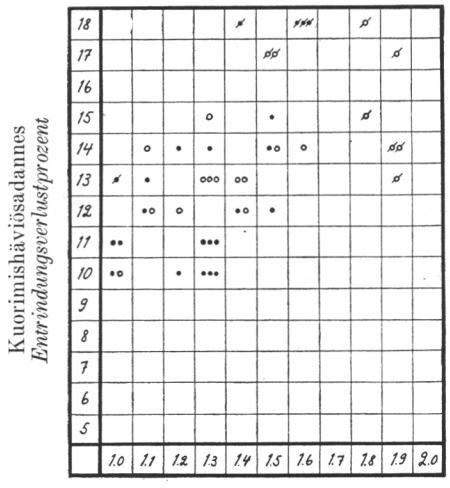
Kuva 6. Pinomitasta lasketun kuorimishäviösadanneksen riippuvuus karsimisluokasta kuusipaperipuilla.

Abb. 6. Abhängigkeit des vom Raummasse gerechneten Entringdungsverlustprozentes von der Entästungsklasse bei dem Fichtenzellstoffholz



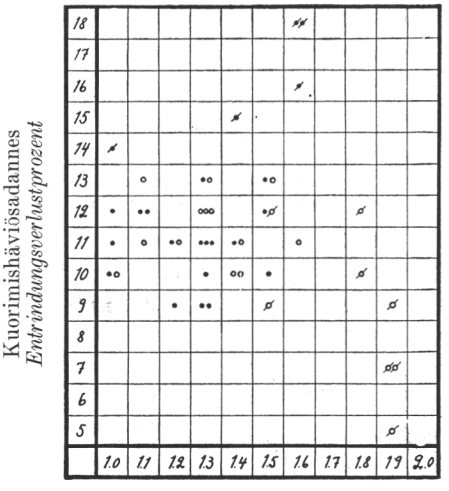
Kuva 7. Kiintomitasta lasketun kuorimishäviösadanneksen riippuvuus karsimisluokasta kuusipaperipuilla.

Abb. 7. Abhängigkeit des vom festen Masse gerechneten Entrindungsverlustprozentes von der Entästungsklasse bei dem Fichtenzellstoffholz.



Kuva 8. Pinomitasta lasketun kuorimishäviösadanneksen riippuvuus karsimisluokasta mäntypaperipuilla.

Abb. 8. Abhängigkeit des vom Raummasse gerechneten Entrindungsverlustprozentes von der Entästungsklasse bei dem Kiefernzellstoffholz

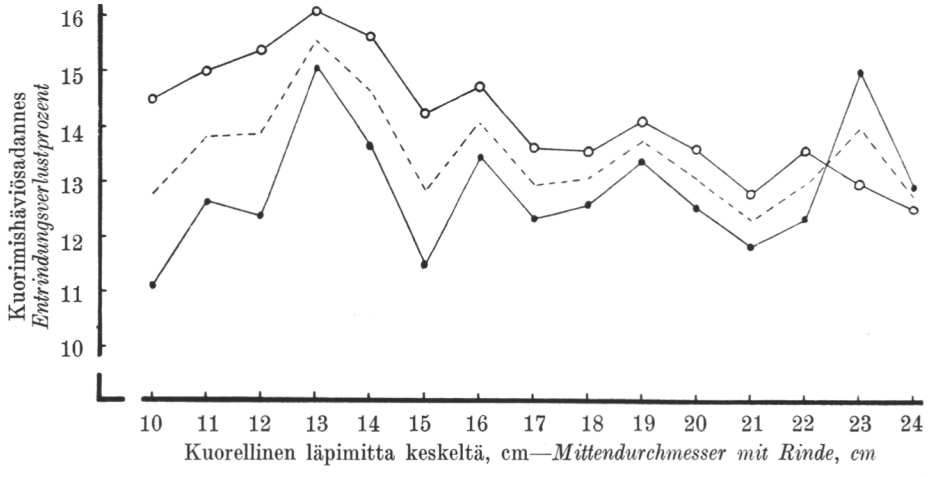


Kuva 9. Kiintomitasta lasketun kuorimishäviösadanneksen riippuvuus karsimisluokasta mäntypaperipuilla.

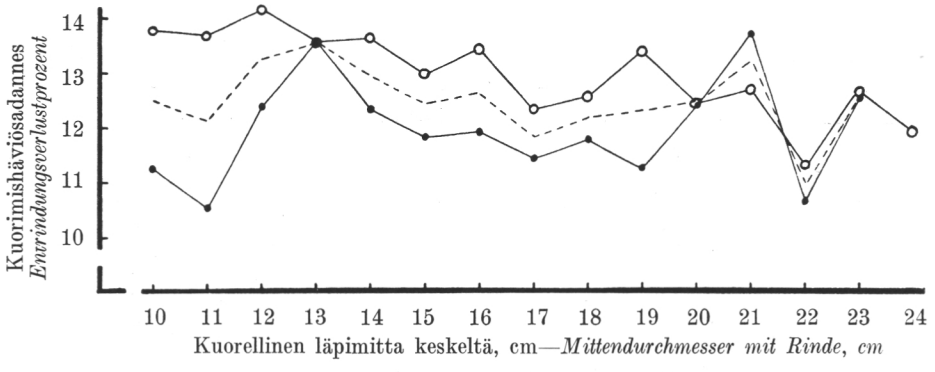
Abb. 9. Abhängigkeit des vom festen Masse gerechneten Entrindungsverlustprozentes von der Entästungsklasse bei dem Kiefernzellstoffholz.

sadannesta pienempi. Tämä merkitsee sitä, että puolipuhtaiden pinojen pinotiheys on suurempi kuin kuorellisten pinojen pinotiheys. On kuitenkin muistettava, että myöskin erilainen kuorellisten ja puolipuhtaiden pinojen ladonta saattaa vaikuttaa kuorimishäviösadanneksien suuruuteen.

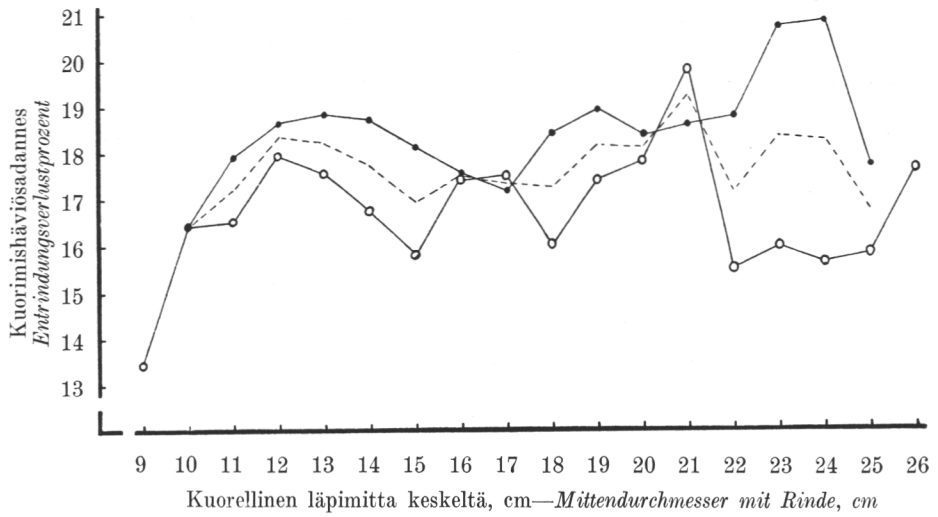
Kuoren paksuus ja siitä johtuen myös kuorimishäviön suuruus on hyvin suuressa määrin varsinkin männyillä riippuvainen siitä, mistä osasta runkoa paperipuut on tehty, kuten edellä on mainittu. Kuvissa 10, 11, 12 ja 13 on esitetty tyvi- ja latvaosista valmistettujen eri vahvuisten paperipuupölkkyjen kuorimishäviösadanneksen vaihtelut kummankin piirikunnan alueella sekä keskimäärin. Tyvipölkkyihin eli tyviin sisältyvät vain runkojen tyvipäistä katkotut ensimmäiset pölkyt, kun taas latvapölkkyihin eli latvoihin (vrt. taulukot) sisältyvät muista rungon osista tehdyt pölkyt.



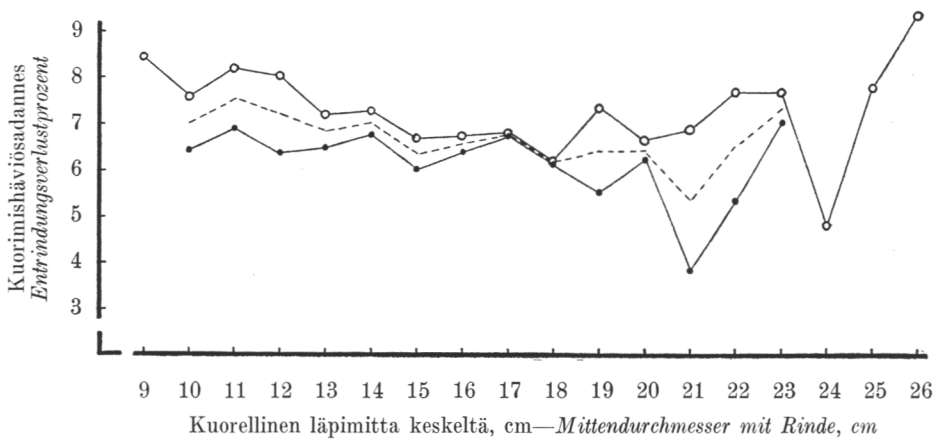
Kuva 10. Eri vahvuisten kuusityvipölkkyjen kuorimishäviösadannekset.
Abb. 10. Entrindungsverlustprozente der Fichtenstammblöcke verschiedener Stärke.



Kuva 11. Eri vahvuisten kuusilatvapölkkyjen kuorimishäviösadannekset.
Abb. 11. Entrindungsverlustprozente der Fichtenzopfblöcke verschiedener Stärke.



Kuva 12. Eri vahvuisten mäntytyvipölkkyjen kuorimishäviösadannekset.
Abb. 12. Entrindungsverlustprozente der Kiefernstammblöcke verschiedener Stärke.



Kuva 13. Eri vahvuisten mäntylatvapölkkyjen kuorimishäviösadannekset.
Abb. 13. Entrindungsverlustprozente der Kiefernzopfblöcke verschiedener Stärke.

Tarkasteltaessa kuusityvien ja -latvojen kuorimishäviösadanneksia havaitaan, että erot eivät eri rungon osista tehtyjen pölkkyjen kuorimishäviöiden välillä ole ollenkaan sellaisia kuin mäntypaperipuilla. Voidaan sanoa, että tyvipölkkyjen kuorimishäviösadannes on keskimäärin yhden sadanneksen latvojen sadannesta suurempi. Kuusipaperipuupinoissa ei siis pölkkyjen koko eikä se, mistä osasta runkoa pölkyt ovat, vaikuta sanotvasti pinon kuorimishäviön suuruuteen.

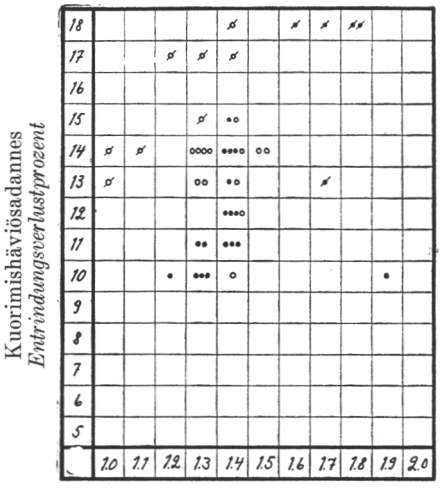
Taulukko 2. Kuorimishäviösadannekset eri läpimittaluokissa.
Tabelle 2. Entrindungsverlustprozente in den verschiedenen Durchmesserklassen.

Puulaji, rungon osa ja kuoriluokka *Holzart, Stammteil und Rindenklasse*	Läpimittaluokat—*Durchmesserklassen*							
	10—14	15—19	20—23	20—24	25—27	10—23	10—24	10—27
	Kuorimishäviösadannes—*Entrindungsverlustprozent*							
Kuusi—*Fichte*								
Tyvet: — *Stammblöcke:*								
P	12.96	12.65	12.95	12.94	10.96	12.85	—	12.54
PP	15.32	14.06	13.14	13.10	12.23	14.25	—	13.84
P + PP	14.14	13.36	13.05	13.02	11.60	13.55	—	13.19
Latvat: — *Zopfblöcke:*								
P	12.01	11.67	12.34	—	—	11.98	—	—
PP	13.75	12.95	12.26	12.21	10.52	13.04	—	12.56
P + PP	12.88	12.31	12.30	—	—	12.51	—	—
Mänty—*Kiefer*								
Tyvet: — *Stammblöcke:*								
Kuoriluokka 1 — *Rindenklasse 1*								
P + PP	11.87	—	—	—	—	—	—	—
Kuoriluokka 2 — *Rindenklasse 2*								
P	18.13	18.03	—	19.48	—	—	18.55	—
PP	17.06	16.85	—	16.96	16.44	—	16.96	16.87
P + PP	17.60	17.44	—	18.22	—	—	17.76	—
Tavalliset — *Gewöhnliche*								
P	17.28	17.78	19.20	—	—	18.01	—	—
Poikkeuk. — *Abweichende*								
P	18.96	19.54	18.37	—	—	19.00	—	—
Latvat: — *Zopfblöcke:*								
Kuoriluokka 1 — *Rindenklasse 1*								
P	6.61	6.18	5.64	—	—	6.18	—	—
PP	7.66	6.77	7.24	6.77	8.13	7.22	7.07	7.24
P + PP	7.14	6.48	6.44	—	—	6.70	—	—
Kuoriluokka 2 — *Rindenklasse 2*								
P + PP	11.77	11.20	—	11.29	—	—	11.42	—

Katsellessamme mäntyjen kuorimishäviölukuja huomaamme, että tyvipölkkyjen kuorimishäviösadannekset ovat enemmän kuin kaksi kertaa suurempia kuin latvapölkkyjen sadannekset. Lisäksi nähdään, että kovin suurta eroa ei kuorimishäviösadanneksissa ole eri vahvuisten pölkkyjen välillä, mutta erikoisen merkillepantavaa on, että Perä-Pohjolassa latvapölkkyjen kuorimishäviö on hieman suurempi kuin Pohjanmaalla, kun taas tyvipölkyissä Pohjanmaan sadannekset ovat suurempia kuin Perä-Pohjolan. Kun näinkin suuria eroja on tyvi- ja latvapölkkyjen kuorimishäviöiden välillä, on selvää, että mäntypaperipuupinojen kuorimishäviöluvut ovat suuresti riippuvaisia myöskin siitä, kummanlaatuisia pölkkyjä pinoon eniten sisältyy.

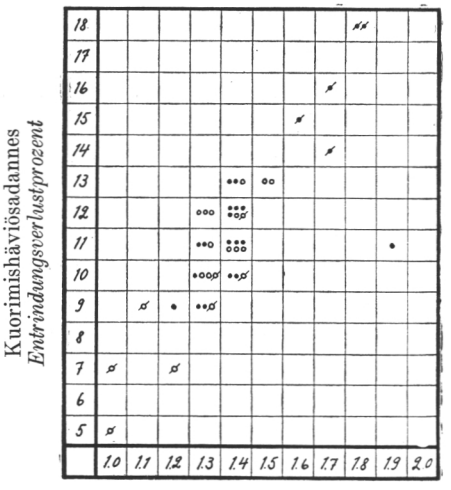
Kuten edellä on mainittu, mäntypaperipuupölkyissä eroteltiin paitsi tyvi- ja latvapölkyt myöskin ohut- ja paksukuoriset pölkyt luokittelemalla ne kahteen kuoriluokkaan (vrt. s. 9). Tällöin suurin osa tyvipölkyistä luonnollisesti tuli paksukuorisiin eli toiseen luokkaan ja suurin osa latvapölkyistä ohutkuorisiin eli ensimmäiseen kuoriluokkaan. Niinpä siis kuva 12 edustaa mäntypaperipuiden toisen kuoriluokan tyvipölkkyjä ja kuva 13 ensimmäisen kuoriluokan latvapölkkyjä. Kun kuitenkin osa tyvipölkyistäkin luokiteltiin kuuluvaksi ensimmäiseen kuoriluokkaan ja osa latvapölkyistä puolestaan toiseen kuoriluokkaan, on taulukkoon 2, jossa on esitetty eri läpimittaluokkain keskiarvosadanneksia kuvista 10, 11, 12 ja 13, otettu myöskin vastaavat tiedot näiden mainittujen kuoriluokkain kuorimishäviösadanneksista. Tarkasteltaessa ensin näitä lukuja havaitaan, että kuoriluokan arvosteleminen tyvi- ja latvapölkyissä on ollut oikeaan osunut, vaikkakin kuoren paksuussuhteet tyvi- ja latvapölkyissä ovat aivan erilaiset eri kuoriluokkain välillä. Kuitenkin voidaan todeta, vaikka aineistoa näissä poikkeuksellisissa kuoriluokissa onkin vähänlaisesti, että tyvipölkkyjen ensimmäinen kuoriluokka vastaa suunnilleen latvapölkkyjen toista kuoriluokkaa. Niissähän kuorimishäviösadannekset läpimittaluokissa 10—14 cm ovat suunnilleen samansuuruiset. Tähän taulukkoon on laskettu vielä mäntytyvipölkkyjen toiseen kuoriluokkaan kuuluvien tavallisen paksuisen kuoren omaavien pölkkyjen sekä poikkeuksellisen paksun kuoren omaavien pölkkyjen kuorimishäviösadannekset. Nämä luvut on laskettu Pohjanmaan piirikunnan vuoden 1954 aineistosta. Niitä tarkasteltaessa havaitaan, että vaikka ero tavallisten ja poikkeuksellisten pölkkyjen välillä ei olekaan suurempi kuin yksi sadannes, se on ollut kuitenkin jo selvästi pölkyistä silmin havaittavissa, koska tuollainen ero tavallisten ja poikkeuksellisten pölkkyjen välillä on voitu tehdä. Taulukkolukujen tarkastelu osoittaa selvästi sen jo edellä osoitetun tosiasian, että pelkästään kuoren erilaisuudesta johtuva kuorimishäviön suuruus on suuresti riippuvainen siitä, mistä rungon osasta pölkyt ovat ja missä suhteessa näitä pölkkyjä pinossa esiintyy.

Pinojen kuoriluokka on sama kuin pinon pölkkyjen kuoriluokkien keskiarvo yhdellä desimaalilla ilmaistuna. Kuvissa 14 ja 15 nähdään tutkittujen pinojen jakautuminen kuoriluokkiin sekä kuorimishäviösadanneksen vaihtelu kuoriluokissa. Kuvat osoittavat, että useimpien pinojen kuoriluokka on ollut 1.3 tai 1.4, mikä osoittaa, että ohutkuorisia latvapölkkyjä on pinoissa suhteellisesti enemmän kuin paksukuorisia tyvipölkkyjä (vrt. s. 25). Vain muutamia harvoja pinoja on ollut hyvin ohutkuorisia tai tavallista paksumpikuorisia. Kuva 14, joka esittää pinomitasta lasketun kuorimishäviösadanneksen vaihtelua kuoriluokan mukaan, osoittaa, että tähän sadannekseen on vaikuttamassa niin monia muita tekijöitä, ennenkaikkea, niinkuin aikaisemmin on mainittu, erilainen karsinta, että tämän sadanneksen



Kuva 14. Pinomitasta lasketun kuorimishäviösadanneksen riippuvuus kuoriluokasta mäntypaperipuupinoissa.

Abb. 14. Abhängigkeit des vom Raummasse gerechneten Entrindungsverlustprozentes von der Rindenklasse in den Stössen des Kiefernzellstoffholzes.



Kuva 15. Kiintomitasta lasketun kuorimishäviösadanneksen riippuvuus kuoriluokasta mäntypaperipuupinoissa

Abb. 15. Abhängigkeit des vom festen Masse gerechneten Entrindungsverlustprozentes in den Stössen des Kiefernzells offholzes.

suurenemista kuoriluokan huonontuessa ei voida selvästi havaita. Kiintomitasta laskettu kuorimishäviösadannes sitävastoin osoittaa kuvan 15 mukaan selvää nousua sitä mukaa kuin kuori vahvenee. Tämä on aivan luonnollista, koska kuorimishäviöön vaikuttavana päätekijänä tällöin on kuoren paksuus.

Tässä yhteydessä on syytä tarkastella taulukosta 3, miten tutkimusaineistoon sisältyvien mänty- ja kuusipaperipuiden tyvi- ja latvapölkyt ovat jakautuneet läpimittaluokkiin. Taulukkoon sisältyvien pölkkyjen lisäksi oli aineistossa vielä 111 alle 10 cm:n ja 18 yli 26 cm:n mäntypölkkyä sekä 30 alle 10 cm:n ja 12 yli 27 cm:n kuusipölkkyä. Näin ollen voidaan siis havaita, että mäntypaperipuupölkyt jakautuvat pääasiassa 10 ja 26 cm:n vahvuusluokkien välille ja kuusipaperipuupölkyt 10 ja 27 cm:n vahvuusluokkien välille. Taulukkoa edelleen tarkasteltaessa havaitaan, että alle 20 cm:n vahvuisia pölkkyjä on mäntypaperipuissa noin 85 % ja kuusipaperipuissa yli 90 %. Alle 15 cm:n vahvuisia pölkkyjä on sekä männyissä että kuusissa keskimäärin 60 %. Mänty- ja kuusityvipölkyistä yli 50 %, sekä mäntylatvapölkyistä yli 60 % on alle 15 cm:n vahvuisia. Tästä johtuukin, että tyvi- ja latvapölkkyjen keskimääräiseksi läpimitaksi mäntypaperipuille tulee 14.2 cm ja kuusipaperipuille 14.4 cm. Taulukosta voidaan lisäksi todeta, että tyvipölkkyjen osuus mäntypaperipuista on 34.7 % ja kuusi-

Taulukko 3. Paperipuupölkkyjen jakautuminen läpimittaluokkiin.

Tabelle 3. Verteilung der zellstoffholzblöcke auf die Durchmesserklassen.

Puulaji, rungon osa ja kuoriluokka *Holzart, Stammteil und Rindenklasse*	Kuorellinen läpimitta keskeltä, cm—*Mittendurchmesser mit Rinde, cm* 10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	Yhteensä *Insgesamt*
	kpl ja % — *Stück und %*																		
Kuusi, tyvet	159	348	393	307	303	264	232	186	141	127	115	78	59	41	30	21	7	8	2 819
Fichte, Stammbl. ...	*5.6*	*12.3*	*14.0*	*10.9*	*10.7*	*9.4*	*8.2*	*6.6*	*5.0*	*4.5*	*4.1*	*2.8*	*2.1*	*1.5*	*1.1*	*0.7*	*0.2*	*0.3*	*100.0*
» latvat	316	741	797	701	585	512	382	331	228	181	98	70	45	27	18	12	4	4	5 052
» *Zopfbl. ....*	*6.3*	*14.6*	*15.7*	*13.9*	*11.6*	*10.1*	*7.6*	*6.6*	*4.5*	*3.6*	*1.9*	*1.4*	*0.9*	*0.5*	*0.4*	*0.2*	*0.1*	*0.1*	*100.0*
» Yhteensä	475	1 089	1 190	1 008	888	776	614	517	369	308	213	148	104	68	48	33	11	12	7 871
» *Insgesamt*	*6.0*	*13.8*	*15.1*	*12.8*	*11.3*	*9.9*	*7.8*	*6.6*	*4.7*	*3.9*	*2.7*	*1.9*	*1.3*	*0.9*	*0.6*	*0.4*	*0.1*	*0.2*	*100.0*
Mänty, tyvet 1	26	27	13	10	7	3	2	2	1	1	1	—	1	1	1	—	—		96
Kiefer, Stammbl. 1 ..	*27.1*	*28.2*	*13.6*	*10.5*	*7.3*	*3.1*	*2.1*	*2.1*	*1.0*	*1.0*	*1.0*	—	*1.0*	*1.0*	*1.0*	—	—		*100.0*
» tyvet 2	171	306	294	249	244	226	207	214	162	135	101	76	32	30	20	11	7		2 485
» *Stammbl. 2 ..*	*6.9*	*12.4*	*11.8*	*10.0*	*9.8*	*9.1*	*8.3*	*8.6*	*6.5*	*5.4*	*4.1*	*3.1*	*1.3*	*1.2*	*0.8*	*0.4*	*0.3*		*100.0*
» latvat 1 ...	383	715	674	671	511	454	348	230	171	100	53	38	32	23	6	5	2		4 416
» *Zopfbl. 1 ..*	*8.7*	*16.1*	*15.3*	*15.2*	*11.6*	*10.3*	*7.9*	*5.2*	*3.9*	*2.3*	*1.2*	*0.9*	*0.7*	*0.5*	*0.1*	*0.1*	*0.0*		*100.0*
» latvat 2 ...	7	26	32	36	38	53	53	56	45	36	28	17	13	2	3	4	—		449
» *Zopfbl. 2 ..*	*1.6*	*5.8*	*7.1*	*8.0*	*8.5*	*11.8*	*11.8*	*12.5*	*10.0*	*8.0*	*6.2*	*3.8*	*2.9*	*0.4*	*0.7*	*0.9*	—		*100.0*
» Yhteensä	587	1 074	1 013	966	800	736	610	502	379	272	183	131	78	56	30	20	9		7 446
» *Insgesamt*	*7.9*	*14.4*	*13.6*	*12.9*	*10.7*	*9.9*	*8.2*	*6.7*	*5.1*	*3.7*	*2.5*	*1.8*	*1.0*	*0.8*	*0.4*	*0.3*	*0.1*		*100.0*

paperipuista 35.8 %, siis hieman enemmän kuin kolmas osa. Käyttämällä hyväksi taulukko 2 kuorimishäviösadanneksia läpimittaluokissa 10—14 cm ja 15—19 cm sekä laskemalla edellä esitetyillä tyvipölkkyjen ja latvapölkkyjen keskinäisillä suhteilla näistä sadannesluvuista keskimääräiset kuorimishäviösadannekset saadaan mäntypaperipuille 10.5 ja kuusipaperipuille 13.0. Luvut ovat samaa suuruusluokkaa kuin kiintomitasta lasketut kuorimishäviösadannekset taulukossa 1.

Paperipuupölkkyjen kapeneminen. Osasta aineistoa on tutkittu tyvi- ja latvapölkkyjen kapenemista Pohjanmaalla ja Perä-Pohjolassa. Kapeneminen on laskettu senttimetreissä tyvestä keskelle, keskeltä latvaan ja tyvestä latvaan. Taulukosta 4 nähdään suoritetun tutkimuksen tulokset. Silmiinpistävä toteamus on, että Perä-Pohjolan kuusipaperipuiden kapeneminen on huomattavasti suurempi ja mäntypaperipuiden huomattavasti pienempi kuin Pohjanmaan. Tämä vahvistaa sitä käsitystä, joka jo muissakin tutkimuksissa (Aro ja Nisula 1958) on havaittu, että Perä-Pohjolan kuusipaperipuut ovat huonompimuotoisia ja mäntypaperipuut parempimuotoisia kuin Pohjanmaan. Taulukosta voidaan lisäksi todeta, että tyvipölkkyjen kapeneminen tyvestä puolivälliin on huomattavasti suurempi kuin puolivälistä latvaan, mutta latvapölkyissä päinvastoin kapeneminen tyvipuolella on hieman latvapuolen kapenemista pienempi (Vrt. Aro ja Nisula 1958, ss. 10—11).

Taulukkoon on myöskin laskettu tyvi- ja latvapölkkyjen lukumäärä keskimäärin pinokuutiometriä kohti kapenemistutkimuksiin sisältyvissä pinoissa. Tulokset osoittavat, että kuusipaperipuupinoissa sekä Pohjanmaalla että Perä-Pohjolassa tyvipölkkyjen lukumäärä on huomattavasti pienempi kuin latvapölkkyjen, eli 36—37 % pinon pölkyistä. Mäntypaperipuupinoissa Pohjanmaalla on melkein yhtä paljon tyvipölkkyjä kuin latvapölkkyjäkin (n. 47 %), kun taas Perä-Pohjolassa tyvipölkkyjen osuus on hieman pienempi (n. 33 %) kuin kuusipaperipuilla. Luvut osoittavat, että tämän osa-aineistonkin pinot ovat pölkkykokoomukseltaan olleet suurimmaksi osaksi koko aineiston pinoja vastaavia.

Keskeltämittaus-ksylometrimittaus. Kuten edellä on mainittu, kuutioitiin osa tutkimusaineiston pölkyistä käyttämällä keskeltä mittauksen rinnalla ksylometrimittausta. Seuraavassa taulukossa 5 on esitetty saadut osatutkimuksen tulokset pitämällä ksylometrimittauksella saatua kuutiota oikeana kuutiona. Tutkimustulosten mukaan keskeltämittaus antaa kuorimattomille kuusipaperipuille keskimäärin hieman liian suuren ja kuorimattomille mäntypaperipuille hieman liian pienen kuutiotuloksen. Puolipuhtaiden paperipuiden kuutiotulos sitävastoin näyttää jäävän molemmilla puulajeilla 0.5—1.0 % alle oikeata.

Ksylometrimittaukseen kuuluvat paperipuupölkyt jaettiin läpimittansa perusteella neljään luokkaan: alle 10 cm, 10—14 cm, 15—19 cm ja yli 20 cm.

Taulukko 4. Paperipuupölkkyjen kapeneminen.

Tabelle 4. Abholzigkeit der Zellstoffholzblöcke.

Puulaji, kuorimisaste ja rungon osa *Holzart, Entrindungszustand und Stammteil.*	Pinoja, kpl *Stösse, St*	Pölkkyjä p-m³:ssä *Blöcke in rm*		Pölkyt—*Blöcke*			
				Läpimitta latvasta Dl, cm *Zopfdurchmesser, cm*	Keskimääräinen kapeneminen *Mittlere Abholzigkeit*		
					tyvestä keskelle Dl—D ½ cm *vom dickeren Ende bis zur Mitte cm*	keskeltä latvaan D ½—Dl cm *von der Mitte bis zum Zopf cm*	tyvestä latvaan Dt—Dl cm *vom dickeren Ende bis zum Zopf cm*
		Kpl *St*	%				
Kuusi—*Fichte*							
Kuorelliset—*Unentrindet*				Pohjanmaa			
Tyvet — *Stammblöcke*		9.2	37.2	13.5	2.3	0.9	3.2
Latvat — *Zopfblöcke* ..		15.5	62.8	12.7	0.7	1.0	1.7
Yht. — *Insges.*	10	24.7	100.0	13.0	1.4	0.9	2.3
				Perä-Pohjola			
Tyvet — *Stammblöcke*		7.5	37.1	14.8	2.6	1.2	3.8
Latvat — *Zopfblöcke* ..		12.7	62.9	13.4	1.1	1.3	2.4
Yht. — *Insges.*	13	20.2	100.0	14.0	1.7	1.2	2.9
Puolipuhtaat — *Halbentrindet*				Pohjanmaa			
Tyvet — *Stammblöcke*		10.4	36.2	12.7	2.1	0.7	2.8
Latvat — *Zopfblöcke* ..		17.7	63.8	11.9	0.8	0.9	1.7
Yht. — *Insges.*	10	28.1	100.0	12.2	1.3	0.8	2.1
				Perä-Pohjola			
Tyvet — *Stammblöcke*		7.8	36.3	14.1	2.4	0.9	3.3
Latvat — *Zopfblöcke* ..		13.7	63.7	12.6	1.1	1.2	2.3
Yht. — *Insges.*	13	21.5	100.0	13.1	1.6	1.1	2.7
Mänty—*Kiefer*							
Kuorelliset—*Unentrindet*				Pohjanmaa			
Tyvet — *Stammblöcke*		11.3	47.1	12.7	2.5	1.5	4.0
Latvat — *Zopfblöcke* ..		12.7	52.9	12.8	0.8	0.9	1.7
Yht. — *Insges.*	9	24.0	100.0	12.7	1.7	1.2	2.9
				Perä-Pohjola			
Tyvet — *Stammblöcke*		7.7	32.8	13.9	2.0	1.2	3.2
Latvat — *Zopfblöcke* ..		15.8	67.2	12.6	0.9	1.0	1.9
Yht. — *Insges.*	11	23.5	100.0	13.0	1.3	1.1	2.4
Puolipuhtaat — *Halbentrindet*				Pohjanmaa			
Tyvet — *Stammblöcke*		13.0	46.9	12.0	1.8	0.8	2.6
Latvat — *Zopfblöcke* ..		14.7	53.1	12.4	0.7	0.9	1.6
Yht. — *Insges.*	9	27.7	100.0	12.2	1.3	0.8	2.1
				Perä-Pohjola			
Tyvet — *Stammblöcke*		8.9	32.8	13.1	1.4	0.7	2.1
Latvat — *Zopfblöcke* ..		18.2	67.2	12.1	0.8	0.9	1.7
Yht. — *Insges.*	11	27.1	100.0	12.4	1.0	0.9	1.9

Näissä läpimittaluokissa laskettiin erikseen sekä Pohjanmaan että Perä-Pohjolan kuorellisille ja puolipuhtaille tyvi- ja latvapölkyille keskeltämitatun kuution osuus sadanneksina ksylometrillä mitatusta kuutiosta.

Taulukko 5. Kuutioimistarkkuus keskeltämittausta käytettäessä.
Tabelle 5. Genauigkeit der Kubierung nach der Mittenmessung.

Puulaji ja tutkimusalue *Holzart und Forschungsgebiet*	Pölkyt—*Blöcke*		Pinot—*Stösse*			
	D ½, cm	Kpl-määrä *St*	P-m³-määrä—*rm-Menge*		Keskeltämittauksen mukainen kuutio ksylometrillä mitatusta kuutiosta, % *Kubikmasse nach der Mittenmessung im Prozent von der Masse nach der Xylometermessung*	
			Kuorelliset *Unentrindet*	Puolipuhtaat *Halbentrindet*	Kuorelliset *Unentrindet*	Puolipuhtaat *Halbentrindet*
Kuusi—*Fichte*						
Pohjanmaa (P)						
	14.3	185	7.891	6.850	100.5	98.7
	13.7	214	8.290	7.363	100.9	99.0
	13.8	206	8.053	7.138	100.6	99.2
Yht.—*Insges.*	13.8	605	24.234	21.351	100.7	99.0
Perä-Pohjola (PP)						
	13.8	197	8.015	6.641	100.0	99.4
	15.2	169	8.275	6.992	99.6	99.9
	16.7	134	8.056	6.892	99.9	99.1
	17.0	128	7.834	6.978	100.7	99.6
Yht.—*Insges.*	15.4	628	32.180	27.503	100.0	99.5
P + PP						
Yht.—*Insges.*	14.7	1 233	56.414	48.854	100.4	99.3
Mänty—*Kiefer*						
Pohjanmaa						
	12.2	238	7.983	6.589	100.6	100.7
	14.4	169	7.722	6.355	100.1	97.4
	13.0	196	7.025	6.100	99.4	98.9
Yht.—*Insges.*	13.1	603	22.730	19.034	100.0	99.0
Perä-Pohjola						
	14.5	182	8.042	6.963	98.7	99.9
	15.1	160	8.055	7.124	99.0	99.7
Yht.—*Insges.*	14.9	342	16.097	14.087	98.9	99.8
P + PP						
Yht.—*Insges.*	13.8	945	38.827	33.121	99.5	99.4

Lisäksi on laskettu tyvi- ja latvapölkyille keskimääräiset sadannesluvut läpimittaluokittain, kuitenkin niin, että luokat 10—14 cm ja 15—19 cm on yhdistetty yhdeksi luokaksi (10—19 cm), koska tähän luokkaan sisältyy suurin osa pölkyistä ja koska sadannekset luokan kummassakin puoliskossa eivät kovin suuresti poikkea toisistaan. Tämän laskelman tuloksia esittää taulukko 6. Päähuomio taulukon lukujen tarkastelussa on kiinnitettävä 10—19 cm luokan keskimääräisiin sadanneslukuihin. Luvut osoittavat, että useimmissa tapauksissa pölkkyjen keskeltämittauksen antama kuutiotulos on jonkin verran liian pieni. Poikkeuksen tekevät vain sekä kuusipaperipuiden kuorelliset että puolipuhtaat latvapölkyt ja mäntypaperipuiden puolipuhtaat latvapölkyt, joiden keskeltämittauksen antama kuutiotulos on liian suuri. Kuorellisten mäntypaperipuiden tyvi- ja latvapölkkyjen sekä puolipuhtaiden latvapölkkyjen kuutiotuloksen poikkeama oikeasta ei kuitenkaan tee edes yhtä kokonaista sadannesta. Puolipuhtaiden kuusi-

Taulukko 6. Keskeltämittauksella saadut kuutiot sadanneksina ksylometrillä saaduista kuutioista.

Tabelle 6. Kubikmassen nach der Mittenmessung in Prozenten von den Massen nach der Xylometermessung

	Läpimittaluokat—*Durchmesserklassen*				
	<10	10—14	15—19	>20	Keskimäärin *Im Mittel*
Kuusi—*Fichte*					
Tyvet—*Stammblöcke*			Kuorelliset—*Unentrindet*		
Po	99.60	98.82	98.51	102.32	98.94
PP	95.71	99.76	99.65	99.48	99.60
Po + PP	97.66	99.19		100.90	99.27
Latvat—*Zopfblöcke*					
Po	99.87	100.93	101.22	101.56	101.04
PP	98.15	99.13	100.04	101.52	99.87
Po + PP	99.01	100.33		101.54	100.46
Tyvet—*Stammblöcke*			Puolipuhtaat—*Halbentrindet*		
Po	98.44	97.85	97.48	97.90	97.75
PP	98.02	97.73	97.65	96.97	97.57
Po + PP	98.73	97.68		97.44	97.66
Latvat—*Zopfblöcke*					
Po	99.44	100.31	100.72	100.34	100.41
PP	100.00	100.64	99.86	99.52	100.21
Po + PP	99.72	100.77		99.93	100.31
Mänty—*Kiefer*					
Tyvet—*Stammblöcke*			Kuorelliset—*Unentrindet*		
Po	93.82	99.70	99.85	101.84	99.68
PP	99.34	99.84	100.11	102.31	100.66
Po + PP	96.58	99.88		102.08	100.17
Latvat—*Zopfblöcke*					
Po	95.99	99.45	100.31	102.97	99.83
PP	96.15	97.53	98.73	—	98.02
Po + PP	96.07	99.01		102.97	98.93
Tyvet—*Stammblöcke*			Puolipuhtaat—*Halbentrindet*		
Po	98.71	98.72	97.05	95.70	98.33
PP	99.27	98.46	97.06	99.38	97.54
Po + PP	98.99	97.82		97.54	97.94
Latvat—*Zopfblöcke*					
Po	99.42	101.57	99.41	98.79	100.65
PP	97.53	100.25	99.57	—	99.82
Po + PP	98.48	100.20		98.79	100.24

tyvipölkkyjen kuutiotulos sitävastoin poikkeaa 2.3 ja puolipuhtaiden mäntytyvipölkkyjen 2.2 sadannesta oikeasta kuutiotuloksesta. Käyttämällä aikaisemmin esitettyjä lukuja, jotka osoittavat tyvi- ja latvapölkkyjen osuuden koko tutkimusaineistossa, voidaan taulukko 6 läpimittaluokan 10—19 cm keskimääräisistä sadannesluvuista laskea keskeltämittauksen

kuutiotuloksen osuus sadanneksina erikseen kuorellisille ja puolipuhtaille kuusi- ja mäntypaperipuille. Tämän laskelman tuloksena saadaan seuraavat sadannesluvut. Kuusipaperipuut: kuorelliset 99.92, puolipuhtaat 99.66; mäntypaperipuut: kuorelliset 99.31, puolipuhtaat 99.37. Suoritettu laskelma osoittaa, että keskeltämittaus on antanut niissä läpimittaluokissa, joihin pääosa pölkyistä sisältyy, sekä kuusipaperipuille että mäntypaperipuille muutaman kymmenesosa prosenttia liian pienen kuutiotuloksen. Almqvist ja Hallmans (1946) ovat Uumajan mittausyhdistyksen alueelta kerätyn aineiston perusteella todenneet, että keskeltämittauksella saadaan tyvipölkyille liian pieni kuutiomäärä, mutta väli- ja latvapölkkyjen kuutioiminen tapahtuu hyvällä tarkkuudella. Tyvipölkkyjen liian pieni kuutiomäärä johtuu tyvipaisumasta, joka säännöllisesti jää tyvipölkyn keskikohdan alapuolelle eikä tule huomioiduksi keskeltämittauksessa. Koko aineistolle (Uumajan ja Taalainmaan aineistot) keskeltämittauksen mukainen kuutiomäärä oli keskimäärin 3.3 % pienempi kuin todellinen. Männylle vastaava sadannesluku oli 3.5 ja kuuselle 3.0. Väli- ja latvatukkien vastaava sadannes oli 0.4. Edellyttäen, että tyvipölkkyjä on puolet aineistosta, tulee kaikkien pölkkyjen sadannekseksi 2.2. Jatkotutkimuksissaan Almqvist ja Hallmans (1947) ovat saaneet keskeltämittauksen mukaisen kuutiomäärän kuusi- ja mäntytukeille 1.1 % todellista pienemmäksi, väli- ja latvatukeille männyillä 0.7 % ja kuusilla 0.2 % todellista suuremmaksi. Keskimäärin tämän selvityksen mukaan keskeltämittauksen mukainen kuutiomäärä jää männyillä 0.4 % ja kuusilla 0.6 % todellista pienemmäksi. Pölkkyjen kuutioarvojen vertailu on tapahtunut pituusluokittain, jotka ovat vaihdelleet 12—19 jalkaan. Kuutioimisvirheet näyttävät liikkuvan suunnilleen samojen sadanneslukujen tienoilla kuin käsillä olevassa tutkimuksessakin.

Kuutioiden suhteet on laskettu myöskin pinoittain. Pinojen suuruus on ollut n. 8 p-m³. Tulokset nähdään seuraavasta asetelmasta.

	1 pino		2 pino		3 pino		4 pino		Yhteensä	
	Kuorell.	Puolip.	Kuorell.	Puolip.	Kuorell.	Puolip.	Kuorell.	Puolip.	Kuorell.	Puolip.
	Keskeltämittauksella saatu kuutio sadanneksina ksylometrillä saadusta kuutiosta,									
Kuusi										
Po	100.6	98.7	100.9	99.0	100.6	99.2	—	—	100.7	98.9
PP	100.0	99.4	99.6	99.9	99.9	99.1	100.7	98.6	100.0	99.2
Mänty										
Po	100.6	100.7	100.1	97.4	99.4	98.9	—	—	100.0	99.0
PP	98.7	99.9	99.0	99.7	—	—	—	—	98.8	99.8

Asetelma osoittaa, että useimmissa tapauksissa keskeltämittaus on antanut todellista pienemmän kuution, vaikka vastakkaisiakin tapauksia

esiintyy. Poikkeama jää yleensä alle 1:n sadanneksen, vain yhdessä tapauksessa se nousee 2.6:een. Almqvist ja Hallmansin (1947) tutkimuksissa yksityisten erien keskeltämittauksen mukaiset kuutiot olivat säännöllisesti alle 2 % todellisia kuutioita pienempiä erästä poikkeusta lukuunottamatta.

Latvastamittaus - keskeltämittaus. Kun tutkimusaineiston kaikista pölkyistä mitattiin läpimitta, paitsi keskeltä, myöskin latvasta ja tyvestä, on voitu tehdä vertailuja latvastamittauksen mukaisen ja latva-tyvimittauksen mukaisen kuution suhteesta keskeltämittauksen mukaiseen kuutioon. Taulukossa 7 on esitetty saadut tulokset. Siitä nähdään sekä latvastamittauksen mukaisen kuution että latva-tyvimittauksen mukaisen kuution osuus sadanneksina keskeltämittauksen mukaisesta kuutiosta sekä lisäksi sellaisen kuution osuus keskeltämittauksen mukaisesta kuutiosta, joka on saatu niin, että 2 m pölkky on kuutioitu kahtena yhden metrin pituisena pölkkynä latva-tyvimittausta käyttäen. Tarkasteltaessa ensin latvastamittauksen mukaisen kuution osuutta keskeltämittauksen mukaisesta kuutiosta havaitaan, että sadannekset vaihtelevat, huomioonottaen sekä männyt että kuuset, siis koko aineisto, 80 %:sta 90 %:iin. Tämä merkitsee sitä, että latvastamittaus antaa 10—20 % pienemmän kuution kuin keskeltämittaus (vrt. Almqvist ja Hallmans 1946, 1947, Tuovinen 1948, Aro ja Nisula 1958).

Tarkasteltaessa erikseen kuusi- ja mäntypölkkyjen sadanneslukuja, havaitaan sama ilmiö, josta jo aikaisemmin on mainittu, nimittäin, että Pohjanmaan kuusipaperipuut ovat parempimuotoisia kuin Perä-Pohjolan kuusipaperipuut ja mäntypaperipuut taas päinvastoin huonompimuotoisia kuin Perä-Pohjolan mäntypaperipuut. Sadannesluvuthan osoittavat, että Pohjanmaan kuusipaperipuiden latvastamittauksen mukainen kuutio on lähempänä keskeltämittauksen mukaista kuutiota kuin Perä-Pohjolan kuusipaperipuiden ja mäntypaperipuiden taas kauempana kuin Perä-Pohjolan mäntypaperipuiden. Lisäksi voidaan havaita, että erot latvastamittauksen ja keskeltämittauksen antamien kuutioiden välillä jäävät kuusipaperipuiden tyvipölkyillä pienemmiksi kuin latvapölkyillä. Puolipuhtailla mäntypaperipuilla on asianlaita samanlainen, mutta kuorimattomilla mäntypaperipuilla päinvastoin kuutioiden erot ovat latvapölkyillä pienemmät kuin tyvipölkyillä. Kuoriminen näyttää vaikuttavan rangan muotoon siten, että latvastamittauksen mukaisten kuutioiden erot keskeltämittauksen mukaisista kuutioista jäävät puolipuhtaissa paperipuissa, varsinkin tyvipölkyissä, pienemmiksi kuin kuorimattomissa.

Latva-tyvimittaus - keskeltämittaus. Arvosteltaessa latva-tyvimittauksen mukaisen kuution ja keskeltämittauksen mukaisen kuution suhteita havaitaan ensinnäkin, että tyvipölkyt sekä kuusi- että mäntypaperipuilla tulevat latva-tyvimittauksella kuutioiduiksi liian suuriksi,

Taulukko 7. Latvastamittauksella ja latva-tyvimittauksella saadut kuutiot sadanneksina keskeltämittauksella saaduista kuutioista.

Tabelle 7. Kubikmassen nach der Zopfmessung und Zopf—Stammendemessung in Prozenten von den Massen nach der Mittenmessung.

Puulaji, kuorimisaste ja rungon osa *Holzart, Entrindungszustand und Stammteil*	Lukumäärä, kpl *Anzahl, St*	Läpimitta, *Durchmesser, cm*			Pölkyt—*Blöcke*		
					Latvastamitt. muk. kuutio *Kubikmasse nach der Zopfmessung*	Latva-tyv mitt. muk. kuutio *Kubikmasse nach der Zopf-Stammendemessung*	Latva- tyvimitt. muk. kuutio kahtena 1 m pituisena pölkkynä *Kubikmasse nach der Zopf-Stammendemessung in zwei 1 m langen Blöcken kubiert*
		Dl	D½	Dt	keskeltämitt. mukaisesta kuutiosta, % — *von der Kubikmasse nach der Mittenmessung, %*		
1	2	3	4	5	6	7	8
Kuusi, kuorelliset *Fichte, unentrindet*					Pohjanmaa		
Tyvet — *Stammblöcke*	738	13.5	14.4	16.7	88.1	111.9	105.8
Latvat — *Zopfblöcke*	1 248	12.7	13.7	14.4	86.1	98.7	99.7
Yht. — *Insges.*	1 986	13.0	13.9	15.3	86.9	103.9	102.0
					Perä-Pohjola		
Tyvet — *Stammblöcke*	782	14.8	16.0	18.6	85.4	109.9	104.7
Latvat — *Zopfblöcke*	1 327	13.4	14.7	15.8	82.9	99.2	99.7
Yht. — *Insges.*	2 109	14.0	15.2	16.9	83.9	103.6	101.6
Kuusi, puolipuht. *Fichte, halbentrindet*					Pohjanmaa		
Tyvet — *Stammblöcke*	738	12.7	13.4	15.5	89.9	112.2	106.4
Latvat — *Zopfblöcke*	1 248	11.9	12.8	13.6	86.0	98.9	99.6
Yht. — *Insges.*	1 986	12.2	13.0	14.3	87.5	104.1	101.9
					Perä-Pohjola		
Tyvet — *Stammblöcke*	702	14.1	15.0	17.4	87.1	110.6	105.4
Latvat — *Zopfblöcke*	1 221	12.6	13.8	14.9	83.9	100.4	100.7
Yht. — *Insges.*	1 923	13.1	14.2	15.8	85.1	104.6	102.2
Mänty, kuorelliset *Kiefer, unentrindet*					Pohjanmaa		
Tyvet — *Stammblöcke*	992	12.7	14.2	16.7	80.6	109.5	105.1
Latvat — *Zopfblöcke*	1 116	12.8	13.7	14.5	86.3	99.0	99.3
Yht. — *Insges.*	2 108	12.7	13.9	15.6	83.6	104.1	102.0
					Perä-Pohjola		
Tyvet — *Stammblöcke*	564	13.9	15.1	17.1	84.4	106.5	103.1
Latvat — *Zopfblöcke*	1 155	12.6	13.6	14.5	85.5	99.3	100.0
Yht. — *Insges.*	1 719	13.0	14.1	15.4	85.1	102.0	101.3

1	2	3	4	5	6	7	8
Mänty, puolipuht. *Kiefer, halbentrindet*					Pohjanmaa		
Tyvet — *Stammblöcke*	992	12.0	12.8	14.6	88.2	109.9	105.1
Latvat — *Zopfblöcke*	1 116	12.4	13.3	14.0	87.2	98.8	100.0
Yht. — *Insges.*	2 108	12.2	13.0	14.3	87.7	103.8	101.9
					Perä-Pohjola		
Tyvet — *Stammblöcke*	564	13.1	13.8	15.2	90.0	106.2	103.4
Latvat — *Zopfblöcke*	1 155	12.1	13.0	13.8	86.0	99.2	99.6
Yht. — *Insges.*	1 719	12.4	13.3	14.3	87.1	101.7	101.1

kun taas latvapölkyt tulevat kuutioiduiksi jonkin verran liian pieniksi. Toiseksi havaitaan, että latva-tyvimittaus antaa kuusipaperipuiden tyvipölkyille suuremman eron keskeltämittauksen mukaisesta kuutiosta kuin mäntypaperipuiden tyvipölkyille. Kuorinta ei näytä vaikuttavan tähän kuutioiden suhteeseen.

Kun edellä esitetyn mukaan keskeltämittauksen mukainen kuutiokin jäi muutaman sadanneksen pienemmäksi kuin ksylometrimittauksen mukainen kuutio, jota edellä on pidetty todellisena kuutiona, voidaan todeta, että latva-tyvimittauksella saadaan ainoastaan latvapölkyille lähinnä oikea, todellinen kuutio, kun taas tyvipölkyille saadaan 5—10 % liian suuri kuutio.

Aineiston kaikki pölkyt kuutioitiin myöskin latva-tyvimittauksella kahtena metrin kappaleena. Näin saatua latva-tyvimittauksen mukaista kuutiota on verrattu keskeltämittauksen mukaiseen kuutioon. Taulukon 7 viimeisestä oikeanpuoleisesta sarakkeesta nähdään saadut tulokset, jotka osoittavat, että ei tälläkään tavalla vielä latva-tyvimittauksella päästä täysin keskeltämittauksen mukaiseen kuutioon, vaan näyttää latva-tyvimittaus tässäkin tapauksessa antavan aina tyvipölkyille jonkin verran suuremman ja useimmiten latvapölkyille hieman pienemmän kuution kuin keskeltämittaus.

Almqvist ja Hallmans (1946, 1947) samoin kuin Tuovinenkin (1948) ovat tutkineet latva-tyvimittauksen mukaisen kuution ja todellisen kuution välisiä suhteita. Nämä tulokset eivät kuitenkaan ole tämän tutkimuksen tuloksiin verrattavissa, koska heidän aineistonsa käsittivät pitempiä pölkkyjä kuin käsillä oleva aineisto. Kun eri pituisten pölkkyjen erilaiset kapenemissuhteet sekä tyviläpimitan mittauskohta vaikuttavat latva-tyvimittauksen mukaiseen kuutioon, on vaikea lähteä vertailemaan yksityiskohtaisesti tuloksia. Voidaan vain todeta, että edellämainittujen tutkijain saamat erot latva-tyvimittauksen ja keskeltämittauksen antamien kuutiotuloksien välillä ovat samaa suuruusluokkaa kuin käsillä olevan tutkimuksen tulokset.

Tulosyhdistelmä

P i n o t i h e y s. Kuusi- ja mäntypaperipuiden pinotiheysluvut Perä-Pohjolan ja Pohjanmaan piirikunnissa eivät keskimäärin näytä olevan alempia kuin käytännössä olevat puutavaran mittaussäännön 7a ja 7b §:issä esitettyjä, 2 m paperipuiden muuntolukuja vastaavat pinotiheysluvut, kuusipaperipuilla 0.73 ja mäntypaperipuilla 0.71. Kuitenkin on todettava, että jos pölkyt on karsittu huonosti, jää kuorellisten pinojen pinotiheys keskimääräistä pienemmäksi. Pinon karsimisluokan määrittäminen on kuitenkin siksi vaikea tehtävä ja karsimisesta johtuva pinotiheyden vaihtelu siksi epämääräinen, että mitään keskimääräisiä pinotiheyslukuja ei huonosti karsituille puille voida esittää.

K u o r i m i s h ä v i ö. Kuusi- ja mäntypaperipuilla suurin osa yksityisten, tavallisten pinojen ja eri aineistojen sekä pino- että kiintomitasta lasketuista kuorimishäviösadanneksista on jäänyt käytännössä olevan, puutavaran mittaussäännön 7d §:ssä mainitun kuorimishäviösadannesluvun (14.2) alapuolelle. Kuusipaperipuilla kolmen Perä-Pohjolan osa-aineiston kuorimishäviösadanneksen keskiarvot sekä useimpien poikkeuksellisten Perä-Pohjolan kuusipaperipuupinojen kuorimishäviösadannekset pinomitasta laskettuna ovat suurempia kuin käytännössä oleva sadannes.

Pinomitasta laskettu kuorimishäviösadannes suurenee karsimisen pinoissa huonontuessa sekä mänty- että kuusipaperipuilla. Kiintomitasta lasketussa sadanneksessa tällainen suunta näkyy jossakin määrin kuusipaperipuilla, mutta mäntypaperipuilla se on mieluimmin päinvastainen.

Huonolla karsinnalla on aina sellainen vaikutus kuorimishäviösadanneksiin, että kiintomitasta laskettu sadannes on pinomitasta laskettua sadannesta pienempi. Tämä merkitsee sitä, että puolipuhtaiden pinojen pinotiheys on suurempi kuin kuorellisten pinojen pinotiheys. Luonnollisesti ladonta saattaa myöskin vaikuttaa kuorimishäviösadanneksen suuruuteen.

Mäntytyvipölkkyjen kuorimishäviösadannekset ovat enemmän kuin kaksi kertaa suurempia kuin latvapölkkyjen sadannekset. Eri vahvuisten pölkkyjen välillä ei sensijaan näytä olevan kovin suurta eroa kuorimishäviösadanneksissa.

Kuusipaperipuupinoissa ei pölkkyjen koko eikä myöskään se, mistä osasta runkoa pölkyt ovat, vaikuta sanottavasti pinon kuorimishäviön suuruuteen. Tyvipölkkyjen kuorimishäviösadannes on keskimäärin vain yhden sadanneksen latvojen sadannesta suurempi.

Kuoren erilaisuudesta johtuva kuorimishäviön suuruus on suuresti riippuvainen siitä, mistä rungon osasta pölkyt ovat ja missä suhteessa näitä pölkkyjä pinossa esiintyy.

Pinomitasta laskettuun kuorimishäviösadannekseen on vaikuttamassa niin monia muita tekijöitä, ennen kaikkea erilainen karsinta, että tämän

sadanneksen suurenemista kuoriluokan huonontuessa ei voida selvästi havaita. Kiintomitasta laskettu kuorimishäviösadannes sitävastoin osoittaa selvää nousua sitä mukaa kuin kuori vahvenee. Kuorimishäviöön vaikuttavana päätekijänä tällöin onkin kuoren paksuus.

Mäntypaperipuupölkyt jakautuvat pääasiassa 10 ja 26 cm:n vahvuusluokkien välille ja kuusipaperipuupölkyt 10 ja 27 cm:n vahvuusluokkien välille. Alle 20 cm:n vahvuisia pölkkyjä on mäntypaperipuissa n. 85 % ja kuusipaperipuissa yli 90 % kappalemäärästä. Alle 15 cm:n vahvuisia pölkkyjä on sekä männyissä että kuusissa keskimäärin 60 %. Mänty- ja kuusityvipölkyistä yli 50 % sekä mäntylatvapölkyistä yli 60 % on alle 15 cm:n vahvuisia. Tyvi- ja latvapölkkyjen keskimääräiseksi läpimitaksi mäntypaperipuille tulee 14.2 cm ja kuusipaperipuille 14.4 cm. Tyvipölkkyjen osuus mäntypaperipuista on 34.7 % ja kuusipaperipuista 35.8 %, siis hieman enemmän kuin kolmas osa. Jos edellä esitetyillä tyvipölkkyjen ja latvapölkkyjen keskinäisillä suhteilla lasketaan läpimittaluokkien 10—14 cm ja 15—19 cm kuorimissadanneksista keskimääräiset kuorimishäviösadannesluvut, saadaan niiksi mäntypaperipuille 10.5 ja kuusipaperipuille 13.0. Nämä luvut ovat samaa suuruusluokkaa kuin pinoille kiintomitasta lasketut kuorimishäviösadannekset.

P a p e r i p u u p ö l k k y j e n k a p e n e m i n e n. Perä-Pohjolan kuusipaperipuiden kapeneminen on huomattavasti suurempi ja mäntypaperipuiden huomattavasti pienempi kuin Pohjanmaan. Lisäksi tyvipölkkyjen kapeneminen tyvestä puoliväliin on huomattavasti suurempi kuin puolivälistä latvaan, mutta latvapölkyissä taas päinvastoin kapeneminen tyvipuolella on hieman latvapölkyn kapenemista pienempi.

K e s k e l t ä m i t t a u s - k s y l o m e t r i m i t t a u s. Keskeltämittaus antaa kuorimattomille kuusipaperipuille keskimäärin hieman liian suuren ja kuorimattomille mäntypaperipuille hieman liian pienen kuutiotuloksen verrattaessa ksylometrimittauksen tuloksiin, joita on pidettävä oikeina kuutioina. Puolipuhtaiden paperipuiden kuutiotulos sitävastoin näyttää jäävän molemmilla puulajeilla 0.5—1.0 % alle oikeata.

Keskeltämittaus antaa niissä läpimittaluokissa, joihin pääosa pölkyistä sisältyy, sekä kuusipaperipuille että mäntypaperipuille muutaman kymmenes osa prosenttia liian pienen kuutiotuloksen.

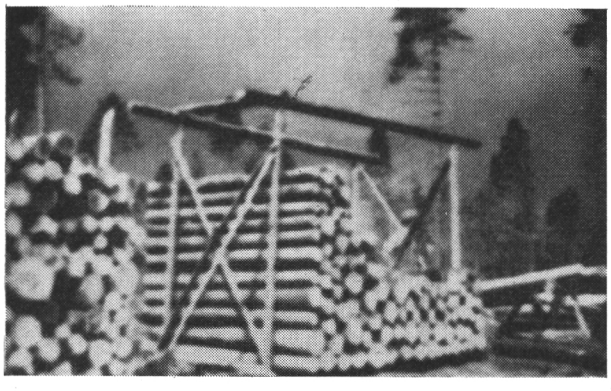
Kokonaisille pinoille keskeltämittaus antaa useimmissa tapauksissa todellista pienemmän kuution, vaikka vastakkaisiakin tapauksia esiintyy. Virhesadannes jää yleensä alle yhden, vain yhdessä tapauksessa se nousee 2.6:een.

L a t v a s t a m i t t a u s - k e s k e l t ä m i t t a u s. Latvastamittaus antaa 10—20 % pienemmän kuution kuin keskeltämittaus. Erot latvastamittauksen ja keskeltämittauksen antamien kuutioiden välillä ovat kuusipaperipuiden tyvipölkyillä pienempiä kuin latvapölkyillä. Puolipuhtailla

mäntypaperipuilla on asianlaita samanlainen, mutta kuorimattomilla mäntypaperipuilla päinvastoin kuutioiden erot ovat latvapölkyillä pienemmät kuin tyvipölkyillä. Kuoriminen näyttää vaikuttavan rangan muotoon siten, että latvastamittauksen mukaisten kuutioiden erot keskeltämittauksen mukaisista kuutioista jäävät puolipuhtaissa paperipuissa, varsinkin tyvipölkyissä, pienemmiksi kuin kuorimattomissa.

Latva - tyvimittaus - keskeltämittaus. Tyvipölkyt sekä kuusi- että mäntypaperipuilla tulevat latva-tyvimittauksella kuutioiduiksi liian suuriksi, kun taas latvapölkyt tulevat kuutioiduiksi jonkin verran liian pieniksi. Latva-tyvimittaus antaa kuusipaperipuiden tyvipölkyille suuremman eron keskeltämittauksen mukaisesta kuutiosta kuin mäntypaperipuiden tyvipölkyille. Kuorinta ei näytä vaikuttavan tähän kuutioiden suhteeseen. Latva-tyvimittauksella saadaan ainoastaan latvapölkyille lähinnä oikea, todellinen kuutio, kun taas tyvipölkyille saadaan 5—10 % liian suuri kuutio.

Siinäkin tapauksessa, että pölkyt kuutioidaan latva-tyvimittauksella kahtena metrin kappaleena, näyttää latva-tyvimittaus antavan aina tyvipölkyille jonkin verran suuremman ja useimmiten latvapölkyille hieman pienemmän kuution kuin keskeltämittaus.



Kuva 16. Koepinon mittakehys
Abb. 16. Messrahmen des Versuchsstosses

Kirjallisuutta

Almqvist, G. ja Hallmans, G. 1946. Redogörelse för undersökning av olika mätningsmetoders noggrannhet. Skogsstyrelsens expertkommitté för virkesmätning. Stockholm. Moniste.

—»— 1947. Redogörelse för kompletterande undersökning av olika mätningsmetoders noggrannhet. Skogsstyrelsens expertkommitté för virkesmätning. S.D.A: Litt Xu 11. Stockholm. Moniste.

Aro, Paavo. 1929. Tutkimuksia kuusipaperipuiden ja kaivospölkkyjen kuorimäärästä ja kuorimishukasta. — Summary: An investigation into the quantity of bark and the wastage of barking in spruce pulp-wood and pit-props. Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 14.4. Helsinki.

—»— 1931. Tavallisimpien suomalaisten pinopuutavarain pinotiheys. — Referat: Über den Festgehalt der wichtigsten finnischen Schichtholzsortimente. Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 14.5. Helsinki.

—»— 1956. Pinopuutavarat. Tapion taskukirja. 13. painos. Helsinki.

—»— ja Nisula, Pentti. 1958. Kuusi- ja mäntypaperipuurankojen kuutio- ja mittaustalukoita. — Referat: Kubik- und Aufnahmetabellen für Fichten- und Kiefern-Faserlangholz. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 49.8. Helsinki.

Asetus lisäyksestä puutavaran mittaussääntöön 19. 2. 1943 (167/43). Suomen Asetuskokoelma.

Ilvessalo, Yrjö. 1927. Suomen metsät. Tulokset vuosina 1921—1924 suoritetusta valtakunnan metsien arvioimisesta. — Summary: The Forests of Suomi. Results of the general survey of the forests of the country carried out during the years 1921—1924. Metsätieteellisen koelaitoksen julkaisuja 11. Helsinki.

Saari, E., Keltikangas, V. ja Wuoti, E. 1939. Kuusi- ja mäntypaperipuitten pinotiheys ja kuorimishukka. Metsätaloudellinen Aikakauslehti, ss. 19—21. Helsinki.

Tuovinen, Arno. 1948. Tutkimuksia paperipuiden hankinnasta Pohjois-Suomessa. I. Kuorimishukka ja kuutiosuhteet. — Summary: Investigations into logging of pulpwood in North-Finland. I. Barking waste and volume ratios. Metsätehon julkaisu n:o 11 a. Helsinki.

ÜBER DEN FESTGEHALT DER STÖSSE, DEN ENTRINDUNGSVERLUST UND DIE KUBIKMASSENVERHÄLTNISSE VON 2 M FICHTEN- UND KIEFERNZELLSTOFFHOLZ AUS NORDFINNLAND

Referat

Der Zweck dieser Untersuchung ist es, die Grösse der Umrechnungszahlen sowie des Entrindungsverlustes von 2 m langem Fichten- und Kiefernzellstoffholz und besonders den Einfluss von schlechter Entästung auf diese Zahlen zu klären.

Durchführung der Untersuchungen.

Das Untersuchungsmaterial wurde in den Jahren 1954 und 1955 in den Distrikten Pohjanmaa und Perä-Pohjola gesammelt. Fichtenzellstoffholzmessungen wurden insgesamt auf 17 Lagerplätzen an 47 Stössen durchgeführt, deren gesamte unentrindete Raummetermenge 375.590 rm betrug, und Kiefernzellstoffholz auf 16 Lagerplätzen an 44 Stössen, deren unentrindete Raummetermenge 353.079 rm betrug (vgl. Tabelle 1).

Die Länge der Versuchsstösse wurde an der oberen und unteren Kante sowie in der Mitte beiderseits auf cm genau gemessen und der Mittelwert der Messungen als Länge des Stosses angenommen. Die Höhe des Stosses wurde in beiden Fällen von den beiden Kanten und nach jeden 50 cm gemessen, also an sechs Stellen auf beiden Seiten auf cm genau bei fallender Klassifizierung. Als Höhe des Stosses wurde der Mittelwert dieser Messungen angenommen. Als Breite der Stösse wurde das nominelle Mass der Blöcke, also 2 m angenommen. In den Stössen, deren festes Mass man mit dem Xylometer bestimmte, wurde die Länge jedes vierten Blockes auf cm genau bei fallender Klassifizierung gemessen und der Mittelwert der Messungen als Breite des Stosses angenommen.

Fur die Bestimmung des festen Masses der Versuchsstösse wurden sowohl unentrindet als auch entrindet von jedem Block vor dem Aufsetzen auf dem Messgestell die Zopf-, Mitten- und Stammendendurchmesser mit einer Genauigkeit von mm aus zwei senkrecht zueinander stehenden Richtungen gemessen. Der Durchmesser der Stammblöcke wurde so weit vom dickeren Ende gemessen, dass die Schwellung des Stammes ausgestaltet war. Bei den Xylometermessungen wurde jeder Block getrennt, unentrindet und auch halbentrindet in das Xylometer gelegt, und auf der Gradeinteilung an der Seite desselben direkt der Festgehalt abgelesen.

Von jedem Block wurde notiert, ob er ein Stamm- oder Zopfblock war, sowie die Entästungsklasse: 1. gut entästet, 2. schlecht entästet. Die Kiefernblöcke wurden ausserdem je nach der Rinde in zwei Klassen eingeteilt: 1. keine Borke, 2. mit Borke.

Untersuchungsergebnisse.

In der Beilagetabelle am Ende der Veröffentlichung sind von jedem untersuchten Stoss die Ergebnisse dargestellt, sowie die Faktoren, die am stärksten diese Ergebnisse beeinflussen. In der Tabelle 1 sind die mittleren Ergebnisse der in beiden Untersuchungsjahren erhaltenen Messungen und die gemeinsamen, mittleren Ergebnisse

beider Jahre für die im Untersuchungs-Distrikt Pohjanmaa wie auch Perä-Pohjola untersuchten Stösse gesammelt. Aus der Tabelle ersieht man auch die entsprechenden Materialmengen.

Festgehalt der Stösse. Beim Prüfen der Umrechnungszahlen bemerkt man, dass die Umrechnungszahl von halbentrindeten Stössen im gesamten Material beider Distrikte entweder gleich gross oder grösser ist als die allgemein verwendete Umrechnungszahl von 2 m Zellstoffholz, die bei Fichten 0.73 und bei Kiefern 0.71 beträgt. In den Umrechnungszahlen bemerkt man ein verhältnismässig starkes Schwanken, und in Abb. 1 sind diese Schwankungen der Umrechnungszahlen der einzelnen Stösse anschaulich dargestellt. Der Festgehalt von unentrindeten Fichtenzellstoffholzstössen schwankt zwischen 0.68 und 0.76, bei unentrindetem Kiefernzellstoffholz zwischen 0.66 und 0.77. Der Festgehalt der Stösse von halbentrindetem Fichtenzellstoffholz schwankt zwischen 0.69—0.77 und von Kiefernzellstoffholz zwischen 0.70—0.77.

Mit Hilfe der Abb. 2 und 3, in denen die untersuchten Stösse nach ihrer Entästungsklasse und ihrer Umrechnungszahl in ein Koordinatensystem gebracht sind, kann man nachprüfen, in welchem Masse eine schlechte Entästung Einfluss auf den Festgehalt der Stösse hat. Wenn auch die Punkte in jeder Entästungsklasse stark schwanken, scheint die Einteilung dennoch darauf hinzuweisen, dass je schlecter die Entästungsklasse ist, desto schlechter auch der Festgehalt der Stösse ist.

In Abb. 4 sieht man, dass zwischen der Rindenklasse und dem Festgehalt keine klare Abhängigkeit festgestellt werden kann. Als Endergebnis der Festgehaltuntersuchung kann man sagen, dass die Umrechnungszahlen von Fichten- und Kiefernzellstoffholz in den Distrikten Perä-Pohjola und Pohjanmaa durchschnittlich nicht niedriger zu sein scheinen als die allgemein verwendeten Umrechnungszahlen.

En muss dennoch festgestellt werden, dass, wenn die Blöcke schlecht entästet sind, der Festgehalt der unentrindeten Stösse kleiner ist als durchschnittlich.

Die Bestimmung der Entästungsstufe ist jedoch eine so schwierige Aufgabe und das von der Entästung herrührende Schwanken des Festgehaltes so unbestimmt, dass man für schlecht entästetes Holz keine mittleren Umrechnungszahlen angeben kann.

Entrindungsverlust. Wenn man die Entrindungsverlustzahlen aus Perä-Pohjola und Pohjanmaa in Tabelle 1 miteinander vergleicht, bemerkt man, dass die Mittelwertzahlen für die Grösse des Entrindungsverlustes sowohl bei Fichten- als auch bei Kiefernzellstoffholz im Perä-Pohjola-Distrikt wesentlich grösser sind als im Pohjanmaa-Distrikt. In Abb. 5, die die Entrindungsverlustprozente in den einzelnen Stössen sowie die Mittelwerte verschiedener Materialteile zeigt, sieht man, dass sowohl bei Fichten- als auch bei Kiefernzellstoffholz der grösste Teil der Entrindungsverlustprozente der einzelnen gewöhnlichen Stösse und der Materialteile unter der normal verwendeten Entrindungsverlustzahl (14.2) liegt. Bei Fichtenzellstoffholz sind die Mittelwerte des Entrindungsverlustprozentes für die drei Materialteile von Perä-Pohjola sowie die Entrindungsverlustprozente mehrerer aussergewöhnlicher Fichtenzellstoffholzstösse von Perä-Pohjola vom Raummass gerechnet grösser als das allgemein verwendete Prozent.

Das zeigt, dass in den Stössen dieser Materialteile eine aussergewöhnliche Menge solcher Blöcke enthalten sind, die den Entrindungsverlust des Stosses vergrössern und den Festgehalt verkleinern.

In den Abb. 6, 7, 8 und 9 sieht man die Abhängigkeit des Entrindungsverlustprozentes von der Entästungsklasse. Wenn auch die Grösse des Entrindungsverlustes in der gleichen Entrindungsklasse stark schwankt, kann man dennoch feststellen, dass das vom Raummass gerechnete Prozent mit dem Ansteigen der Entästungsklasse oder mit der Verschlechterung der Entästung in den Stössen sowohl bei Kiefern- als auch bei Fichtenzellstoffholz grösser wird. In dem vom festen Mass gerechneten Prozent zeigt sich eine solche Richtung in gewissem Umfange bei Fichtenzellstoffholz, bei Kiefernzellstoffholz ist sie dagegen eher entgegengesetzt.

Eine schlechte Entästung wirkt immer dergestalt auf die Entrindungsverlustprozente, dass das vom festen Mass gerechnete Prozent kleiner ist als das vom Raummass gerechnete. Das bedeutet, dass der Festgehalt der halbentrindeten Stösse grösser ist als der der unentrindeten Stösse. Natürlich kann auch das Aufsetzen die Grösse des Entrindungsverlustprozentes beeinflussen.

Die Stärke der Rinde und davon ausgehend auch die Grösse des Entrindungsverlustes ist in grossem Masse, besonders bei Kiefern, davon abhängig, von welchem Teil des Stammes das Zellstoffholz ausgehalten ist. In den Abb. 10, 11, 12 und 13 ist das Schwanken des Entrindungsverlustprozentes von verschieden starken Zellstoffholzblöcken aus Zopfteilen und Endteilen des Stammes in beiden Distrikten einzeln sowie im Mittel dargestellt. Als Stammblöcke werden die am Erdstammabschnitt abgetrennten Blöcke bezeichnet und als Zopfblöcke die aus den anderen Stammteile abgelängten Blöcke. Die Abbildungen zeigen, dass die Entrindungsverlustprozente von Kiefernstammblöcken um mehr als die Hälfte grösser sind als die Prozente von Zopfblöcken. Zwischen verschieden starken Blöcken dagegen scheint kein sehr grosser Unterschied in den Entrindungsverlustprozenten zu bestehen. Wenn zwischen den Entrindungsverlusten von Stamm- und Zopfblöcken grosse Unterschiede bestehen, ist es klar, dass die Entrindungsverlustzahlen von Kiefernzellstoffholzstösse auch stark davon abhängen, welcherart Blöcke der Stoss in erster Linie enthält. In Fichtenzellstoffholzstössen beeinflusst weder die Grösse der Blöcke noch die Tatsache, aus welchem Teil des Stammes die Blöcke sind, nennenswert die Grösse des Entrindungsverlustes des Stosses. Das Entrindungsverlustprozent von Stammblöcken ist durchschnittlich nur um ein Prozent grösser als das der Zopfblöcke.

In Tabelle 2 sind die Mittelwertprozente in den verschiedenen Durchmesserklassen nach den Abb. 10, 11, 12 und 13 dargestellt. Die Prüfung der Tabellenzahlen beweist klar die oben gezeigte Tatsache, dass die Grösse des nur von der Unterschiedlichkeit der Rinden herrührenden Entrindungsverlustes in sehr grossem Masse davon abhängt, aus welchem Stammteil die Blöcke sind und in welchem Mass diese Blöcke im Stoss auftreten. In den Abb. 14 und 15 sieht man die Einteilung der untersuchten Stösse in Rindenklassen sowie das Schwanken des Entrindungsverlustprozentes in den Rindenklassen. Die Zeichnungen zeigen, dass die Rindenklasse mehrerer Stösse 1.3 oder 1.4 ist, also etwa mittelmässig. In Abb. 14 sieht man, dass das vom Raummass gerechnete Entrindungsverlustprozent von so vielen Faktoren beinflusst wird, vor allem von der verschiedenartigen Entästung, dass ein Ansteigen dieses Prozentes bei der Verschlechterung der Rindenklasse nicht klar beobachtet werden kan. Das Entrindungsverlustprozent, gerechnet vom festen Mass, zeigt dagegen laut Abb. 15 einen klaren Anstieg in dem Masse, in dem die Rinde stärker wird. Entscheidender Hauptfaktor des Entrindungsverlustes ist aber in diesem Falle die Stärke der Rinde.

In der Tabelle 3 ist dargestellt, wie sich die Stamm- und Zopfblöcke des zum Untersuchungsmaterial gehörenden Kiefern- und Fichtenzellstoffholzes in Durchmesserklassen verteilen. Die Kiefernzellstoffholzblöcke sind hauptsächlich in die Stärkeklassen 10 bis 26 cm, und die Fichtenzellstoffholzblöcke in die Stärkeklassen 10 bis

27 cm eingeteilt. Unter 20 cm starke Blöcke gibt es bei dem Kiefernzellstoffholz ca. 85 % und bei dem Fichtenzellstoffholz über 90 %. Unter 15 cm starke Blöcke gibt es sowohl bei Fichten als auch bei Kiefern durchschnittlich 60 %. Von den Kiefern- und Fichtenblöcken sind über 50 %, sowie von den Kiefernzopfblöcken über 60 % unter 15 cm stark. Als mittlerer Durchmesser der Stamm- und Zopfblöcke ergibt sich für Kiefernzellstoffholz 14.2 cm und für Fichtenzellstoffholz 14.4 cm. Der Anteil von Stammblöcken am Kiefernzellstoffholz beträgt 34.7 %, und am Fichtenzellstoffholz 35.8 %, also ein wenig mehr als der dritte Teil. Wenn man mit den obigen, mittleren Verhältnissen von Stammblöcken und Zopfblöcken aus den Entrindungsprozenten der Durchmesserklassen 10—14 cm und 15—19 cm die mittleren Entrindungsverlustprozentzahlen errechnet, erhält man für Kiefernzellstoffholz 10.5 und für Fichtenzellstoffholz 13.0. Diese Zahlen liegen in der gleichen Grössenklasse wie die vom festen Mass gerechneten Entrindungsverlustprozente in Tabelle 1.

Die Abholzigkeit der Zellstoffholzblöcke. In Tabelle 4 sieht man die Ergebnisse der Teiluntersuchungen über die Abholzigkeit von Stamm- und Zopfblöcke. Sie zeigen, dass die Abholzigkeit von Fichtenzellstoffholz in Perä-Pohjola wesentlich grösser und die von Kiefernzellstoffholz wesentlich kleiner ist als in Pohjanmaa. Ausserdem ist die Abholzigkeit der Stammblöcke vom dickeren Ende bis zur Mitte wesentlich grösser als die von der Mitte bis zum dünneren Ende, aber bei Zopfblöcken dagegen ist die Abholzigkeit im dickeren Teil ein wenig kleiner als die des dünneren Teils.

Mittenmessung - Xylometermessung. Ein Teil der Blöcke des Untersuchungsmaterials wurde unter Anwendung der Xylometermessung neben der Mittenmessung kubiert. In Tabelle 5 sind die Ergebnisse der Teiluntersuchung dargestellt, die zeigen, dass die Mittenmessung für unentrindetes Fichtenzellstoffholz im Durchschnitt ein klein wenig zu grosses und für unentrindetes Kiefernzellstoffholz ein klein wenig zu kleines Kubierungsergebnis ergibt, verglichen mit den Ergebnissen der Xylometermessung, die man für die richtigen Kubikmasse ansehen muss. Das Kubierungsergebnis von halbentrindetem Zellstoffholz scheint dagegen bei beiden Holzarten um 0.5—1.0 % unter dem richtigen zu liegen.

In Tabelle 6 sind getrennt nach Durchmesserklassen die durchschnittlichen Prozentzahlen errechnet, die in Prozenten den Anteil der durch die Mittenmessung erhaltenen Kubikmasse an der mit dem Xylometer gemessenen zeigen. Da der grösste Teil der Blöcke zu den Klassen 10—14 cm und 15—19 cm gehört, sind diese Klassen zu der Klasse 10—19 zusammengefasst und für diese die durchschnittlichen Prozentzahlen errechnet worden. Diese Zahlen zeigen, dass in vielen Fällen das Kubierungsergebnis, aus der Mittenmessung der Blöcke erhalten, ein wenig zu klein ist. Eine Ausnahme bilden sowohl die unentrindeten als auch die halbentrindeten Zopfblöcke des Fichtenzellstoffholzes und die halbentrindeten Zopfblöcke des Kiefernzellstoffholzes, deren Kubierungsergebnis nach der Mittenmessung zu gross ist. Die Abweichung des Kubierungsergebnisses von unentrindeten Stamm- und Zopfblöcken sowie von halbentrindeten Zopfblöcken des Kiefernzellstoffholzes ergibt jedoch noch nicht einmal ein ganzes Prozent. Das Kubierungsergebnis von halbentrindeten Fichtenstammblöcken dagegen weicht 2.3 % und das von halbentrindeten Kiefernstammblöcken 2.2 % von dem richtigen Kubierungsergebnis ab. Unter Verwendung der erhaltenen Zahlen, die den Anteil der Stamm- und Zopfblöcke am ganzen Untersuchungsmaterial zeigen, ist aus den mittleren Prozentzahlen der Durchmesserklasse 10—19 cm der Anteil des Kubierungsergebnisses der Mittenmessung in Prozent gerechnet getrennt für unentrindetes und halbentrindetes Fichten- und Kiefernzellstoffholz. Als Ergebnis dieser Berechnung erhält man folgende Prozentzahlen. Fichtenzellstoffholz: unentrindet

99.92, halbentrindet 99.66, Kiefernzellstoffholz: unentrindet 99.31, halbentrindet 99.37. Die Berechnung zeigt, dass die Mittenmessung in den Durchmesserklassen, zu denen der grösste Teil der Blöcke gehört, sowohl für Fichtenzellstoffholz als auch für Kiefernzellstoffholz ein um einige Zehntel Prozent zu kleines Kubierungsresultat ergibt.

Die Kubikmassenverhältnisse sind auch nach Stössen berechnet, deren Grösse ca. 8 rm war. Das sieht man in der Aufstellung auf Seite. 30. Die Aufstellung zeigt, dass die Mittenmessung in den meisten Fällen eine kleinere Kubikmasse als die Xylometermessung gibt, wenn auch entgegengesetzte Fälle auftreten. Die Abweichung bleibt im allgemeinen unter ein Prozent, nur in einem Fall steigt es auf 2.6.

Zopfmessung - Mittenmessung. Die in Tabelle 7 dargestellten Ergebnisse über das Verhältnis der Kubikmasse nach der Zopfmessung zu der nach der Mittenmessung zeigen, dass die Zopfmessung eine 10—20 % kleinere Kubikmasse als die Mittenmessung ergibt. Die Unterschiede zwischen den Kubikmassen nach der Zopfmessung und der Mittenmessung sind für Stammblöcke des Fichtenzellstoffholzes kleiner als für Zopfblöcke. Mit halbentrindetem Kiefernzellstoffholz verhält es sich genau so, aber bei unentrindetem Kiefernzellstoffholz sind im Gegensatz dazu die Unterschiede bei Zopfblöcken kleiner als bei Stammblöcken. Das Entrinden scheint die Form des Stammes dergestalt zu beeinflussen, dass die Unterschiede der Kubikmassen nach der Zopfmessung von denen nach der Mittenmessung bei halbentrindetem Zellstoffholz, besonders bei Stammblöcken, kleiner sind als bei unentrindetem.

Zopf - Stammendemessung - Mittenmessung. Die Tabelle 7 zeigt, dass die Stammblöcke sowohl bei Fichten- als auch bei Kiefernzellstoffholz mit der Zopf - Stammendemessung zu gross, wogegen die Zopfblöcke ein wenig zu klein kubiert werden. Die Zopf - Stammendemessung gibt den Stammblöcken des Fichtenzellstoffholzes einen grösseren Unterschied von der Kubikmasse nach der Mittenmessung als den Stammblöcken des Kiefernzellstoffholzes. Das Entrinden scheint dieses Verhältnis der Kubikmassen nicht zu beeinflussen. Als Endergebnis kann man feststellen, dass man mit der Zopf - Stammendemessung nur für Zopfblöcke ein nahezu richtiges, wirkliches Kubikmass erhält. Für Stammblöcke wiederum erhält man ein um 5—10 % zu grosses Kubikmass.

Die ganzen Blöcke des Materials wurden auch mit der Zopf - Stammendemessung in zwei 1 m langen Stücken kubiert. In der Tabelle 7 sieht man in der rechten Spalte, dass man auch auf diese Weise mit der Zopf - Stammendemessung noch nicht vollkommen zu der Kubikmasse nach der Mittenmessung kommt, sondern die Zopf - Stammendemessung scheint auch in diesem Falle den Stammblöcken immer eine etwas grössere und recht häufig den Zopfblöcken eine etwas kleinere Kubikmasse als die Mittenmessung zu geben.

Liitetaulukko. Mitattujen paperipuupinojen laatu sekä pinotiheys- ja kuorimishäviöluvut.

Beilagetabelle. Art, Umrechnungs- und Entrindungsverlustzahlen der gemessenen Zellstoffholzstösse.

Piirikunta ja vuosi *Distrikt und Jahr*	Varastopaikka *Lagerplatz*	Pölkyt pinoissa—*Blöcke in Stössen*						Pinot—*Stösse*				
								Pinotiheysluku *Umrechnungszahl*		Kuorimishäviö *Entrindungsverlust*		
		Kpl-luku—*St.*	Karsimisluokkien keskiarvo — *Mittelwert der Entrindungsklassen*	Kuoriluokkien keskiarvo *Mittelwert der Rindenklassen*	Tyvi-% *Stammblöcke-%*	D ½ k:neen, cm *D ½ unentrindet, cm*	D ½ puolip. cm *D ½ halbentrindet, cm*	kuorellisena *unentrindet*	puolipuhtaana *halbentrindet*	pinomitasta *vom Raummasse*	kiintomitasta *vom festen Masse*	
											D ½ mukaan *nach Mittenmessung*	ksylom. mukaan *nach Xylometermessung*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		Kuusi—*Fichte*										
Pohjanmaa	Pienankajärvi	248	1.28	—	45.3	11.9	11.2	0.735	0.745	13.1	11.8	—
1954	Juorkuna	185	1.52	—	41.1	14.3	13.3	0.749	0.753	13.2	12.8	11.2
»	»	214	1.57	—	35.0	13.7	12.8	0.757	0.746	11.2	12.5	10.8
»	»	206	1.00	—	33.0	13.8	12.9	0.765	0.758	11.4	12.1	10.9
»	»	220	1.60	—	40.5	13.2	12.4	0.758	0.759	12.0	11.8	—
»	»	201	1.58	—	38.3	14.0	13.1	0.750	0.736	10.9	12.5	—
»	»	126	1.61	—	44.4	17.5	16.2	0.745	0.748	14.5	14.1	—
»	»	209	1.61	—	25.8	13.6	12.5	0.743	0.749	15.4	14.7	—
»	»	212	1.37	—	43.2	13.7	12.9	0.755	0.760	11.1	10.5	—
»	Kivivaara	169	1.76	—	34.9	15.3	14.4	0.754	0.754	10.6	10.6	—
1955	Kanervavaara	155	1.52	—	34.2	15.3	14.3	0.747	0.746	12.2	12.3	—
»	»	155	1.72	—	29.7	15.7	14.7	0.728	0.752	14.7	11.9	—
»	Koskelokangas	196	1.16	—	52.0	13.6	12.4	0.702	0.714	16.9	15.5	—
»	»	169	1.17	—	57.4	14.4	13.3	0.697	0.686	13.3	14.6	—
»	Vuornoskangas	170	1.41	—	24.5	14.6	13.8	0.757	0.752	11.3	11.8	—
»	»	178	1.52	—	52.1	14.3	13.6	0.724	0.738	11.9	10.2	—
»	Kalamurto	217	1.15	—	39.6	13.3	12.6	0.738	0.758	12.2	9.8	—
»	»	162	1.25	—	53.7	15.1	14.3	0.726	0.763	14.7	10.4	—
»	Mustinjärvi	225	1.00	—	26.2	13.3	12.4	0.748	0.775	14.9	11.9	—
»	»	173	1.01	—	20.8	15.1	14.3	0.749	0.755	10.8	10.1	—
»	Pajukangas	176	1.01	—	31.3	14.6	13.8	0.748	0.754	11.5	10.8	—
»	»	150	1.01	—	38.0	16.0	15.1	0.729	0.731	11.3	11.1	—
Perä-Pohjola	Kuiviomaa	186	1.91	—	43.0	14.2	13.1	0.729	0.745	16.7	14.9	—
1954	»	179	1.83	—	44.7	14.3	13.3	0.720	0.739	15.6	13.4	—
»	»	168	1.87	—	39.9	15.0	13.9	0.731	0.744	14.9	13.4	—
»	»	201	1.83	—	39.3	13.5	12.5	0.710	0.737	17.1	14.0	—
»	»	176	1.78	—	40.3	14.6	13.5	0.719	0.740	16.4	14.0	—
»	»	169	1.82	—	38.5	14.7	13.7	0.732	0.743	15.6	14.3	—
»	Saunakivalo	164	1.80	—	38.4	14.9	13.8	0.731	0.727	13.1	13.6	—
»	»	163	1.72	—	38.0	14.8	13.8	0.729	0.731	13.2	12.9	—
»	»	141	1.40	—	24.1	16.5	15.5	0.750	0.756	12.3	11.6	—
»	»	99	1.34	—	39.4	20.1	18.9	0.736	0.755	12.9	11.7	—
»	»	197	1.78	—	29.9	13.8	12.7	0.736	0.756	17.1	14.8	14.3
»	»	169	1.75	—	29.6	15.2	14.2	0.738	0.760	15.5	12.9	13.4
»	»	134	1.58	—	40.3	16.7	15.6	0.733	0.744	14.4	13.2	12.5
»	»	128	1.47	—	34.4	17.0	15.8	0.746	0.721	10.9	13.9	12.1
1955	Pello kk.	133	1.98	—	0.8	16.2	15.0	0.705	0.753	19.1	13.7	—
»	»	126	1.98	—	0.8	16.6	15.5	0.714	0.740	16.4	13.3	—

Liitetaulukko (jatkoa) — *Beilagetabelle (Fortsetzung)*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1955	Haarainmaa	135	1.76	—	25.9	15.9	14.5	0.694	0.703	18.8	17.8	—
»	»	147	1.81	—	27.9	15.3	14.0	0.698	0.721	18.9	16.2	—
»	Veittikoskenrova	166	1.59	—	38.6	14.4	13.4	0.692	0.716	16.9	14.0	—
»	»	184	1.60	—	35.9	14.0	13.1	0.704	0.731	16.3	13.1	—
»	Muhankangas	156	1.84	—	50.0	14.7	13.7	0.678	0.727	18.4	12.5	—
»	»	181	1.69	—	49.2	13.9	13.1	0.705	0.740	16.0	11.8	—
»	Sarrio	157	1.00	—	28.0	15.7	14.7	0.762	0.742	10.2	12.5	—
»	»	163	1.91	—	28.8	15.1	14.0	0.722	0.758	17.9	13.8	—
»	Mustavaara	152	1.86	—	32.2	15.4	14.3	0.732	0.743	14.2	13.1	—
								Mänty—*Kiefer*				
Pohjanmaa	Pienankajärvi	198	1.44	1.57	55.1	13.2	12.2	0.695	0.720	17.5	14.6	—
1954	»	190	1.58	1.79	81.6	13.7	12.4	0.701	0.705	18.3	17.7	—
»	»	238	1.63	1.70	67.2	12.2	11.2	0.698	0.713	17.5	15.7	15.7
»	»	169	1.64	1.78	74.0	14.4	13.0	0.710	0.705	17.7	18.3	16.0
»	»	196	1.00	1.74	71.4	13.0	12.1	0.744	0.735	13.2	14.1	13.7
»	Kivivaara	184	1.30	1.21	18.5	14.6	13.9	0.754	0.765	10.3	9.0	—
»	»	210	1.29	1.30	26.2	13.7	13.0	0.753	0.753	10.0	10.1	—
»	»	192	1.33	1.34	29.2	14.2	13.5	0.755	0.759	11.4	11.0	—
»	»	197	1.20	1.29	24.9	14.0	13.3	0.747	0.753	10.1	9.4	—
»	»	186	1.27	1.31	30.6	14.5	13.8	0.752	0.763	10.5	9.2	—
»	»	148	1.25	1.41	34.5	16.3	15.4	0.753	0.750	10.8	11.1	—
1955	Kanervavaara	152	1.38	1.42	36.2	15.6	14.7	0.732	0.744	12.4	11.0	—
»	»	178	1.51	1.39	35.2	14.4	13.7	0.737	0.757	12.1	9.7	—
»	Koskelokangas	189	1.19	1.35	31.2	13.9	13.1	0.739	0.760	13.8	11.4	—
»	»	213	1.05	1.36	32.4	13.4	12.6	0.771	0.769	11.5	11.7	—
»	Vuornoskangas	189	1.47	1.38	25.4	14.6	13.6	0.745	0.754	13.8	12.7	—
»	»	190	1.50	1.36	25.3	14.4	13.5	0.745	0.772	15.3	12.3	—
»	Kalamurto	193	1.30	1.34	35.2	14.0	13.2	0.721	0.710	9.7	11.0	—
»	»	195	1.32	1.43	35.4	13.4	12.5	0.717	0.726	13.6	12.5	—
»	Mustinjärvi	163	1.08	1.41	23.9	15.7	14.7	0.762	0.767	13.0	12.4	—
»	»	156	1.03	1.87	17.3	15.7	14.9	0.761	0.755	10.1	10.9	—
»	Pajukangas	172	1.03	1.41	32.6	14.9	14.0	0.755	0.747	10.9	11.8	—
»	»	172	1.04	1.40	29.1	14.8	14.0	0.746	0.751	10.9	10.3	—
Perä-Pohjola	Kuiviomaa	209	1.53	1.49	48.8	13.4	12.5	0.724	0.731	14.3	13.4	—
1954	»	238	1.75	1.31	48.9	12.2	11.6	0.692	0.727	14.5	10.2	—
»	Saunakivalo	186	1.26	1.36	31.2	14.3	13.4	0.739	0.757	14.7	12.5	—
»	»	203	1.27	1.33	28.1	13.7	12.8	0.745	0.751	12.5	11.8	—
»	»	184	1.28	1.30	26.6	14.6	13.7	0.757	0.747	13.4	11.5	—
»	»	188	1.21	1.30	21.8	14.4	13.7	0.746	0.756	11.7	10.5	—
»	»	169	1.29	1.32	21.6	15.0	14.1	0.740	0.755	13.3	11.6	—
»	»	182	1.35	1.30	24.7	14.5	13.7	0.743	0.772	13.4	10.1	11.1
»	»	160	1.14	1.43	28.8	15.5	14.6	0.748	0.752	11.6	11.0	11.6
1955	Pello	128	1.86	1.23	0.0	16.2	15.6	0.663	0.746	17.3	6.9	—
»	»	127	1.94	1.00	0.0	16.2	15.8	0.668	0.727	12.7	5.0	—
»	Haarainmaa	139	1.47	1.34	30.2	15.3	14.7	0.664	0.714	16.7	8.9	—
»	»	108	1.90	1.07	46.3	17.5	16.7	0.669	0.709	14.1	8.7	—
»	Veittikoskenrova	134	1.43	1.41	38.1	16.2	15.2	0.701	0.713	13.0	11.4	—
»	»	200	1.37	1.28	24.5	13.4	12.7	0.706	0.727	12.3	9.7	—
»	Muhankangas	204	1.07	1.53	49.0	13.7	12.8	0.748	0.758	14.1	12.9	—
»	»	165	1.48	1.35	35.2	14.6	13.7	0.689	0.738	17.4	11.6	—
»	Sarrio	161	1.00	1.40	38.5	15.7	14.9	0.759	0.761	9.8	9.6	—
»	»	166	1.84	1.39	36.7	14.6	13.8	0.694	0.749	18.0	11.6	—
»	Mustavaara	117	1.92	1.03	0.0	17.0	16.4	0.665	0.724	14.4	6.8	—
»	»	150	1.63	1.37	34.7	16.6	15.7	0.745	0.766	13.7	11.1	—

ON THE EFFECT OF ANAEROBIC MEDIA UPON THE ROOTS OF BIRCH, PINE AND SPRUCE SEEDLINGS

OLAVI HUIKARI

KASVUALUSTAN ANAEROBISUUDEN VAIKUTUKSESTA KOIVUN, MÄNNYN JA KUUSEN TAIMIEN JUURISTOIHIN

SUOMENKIELINEN SELOSTUS

HELSINKI 1959

Helsinki 1959. Valtioneuvoston kirjapaino

Foreword

In 1953 the author undertook a flask experiment microbiologically controlled at the Forest Research Institute in order to find out the effect of anaerobic media upon the seedlings of pine, spruce, white birch and common birch used as the experimental plants.

This experiment has been partially described earlier in a publication (H u i k a r i 1954) in which the behavior of birch, pine and spruce seedlings as indicated by the development of the above-surface parts is scrutinized. The experiment was cancelled during the winter of 1953—54. After the cancellation and investigations were concentrated also on the root systems of the seedlings and the measurements made of the stem were checked. Calculation procedures of the investigation results have been delayed by the lack of auxiliary personnel, and they are published now that+here are new additional root investigations at hand with which the results obtained can be compared.

Since the measurements indicated that the root systems of seedlings of different tree species in similar habitats differ from each other and that the reaction of seedling roots to the anaerobic condition of medium and to the activities of microorganisms is dependent on the tree species, the publication of the results obtained has been deemed worthwhile.

In the supervision of the experiment and in the calculation procedures Foresters A l l a n N o u s i a and K i m m o P a a r l a h t i, Forest technician V. K o r h o n e n, Miss A n n i P i e k i ä i n e n and Mrs. L y y l i E k s t r ö m have assisted. The statistical treatment of the material has been planned and supervised by Dr. Y r j ö V u o k i l a. To all these persons I beg to express my deepest gratitude. Acknowledgement is likewise due to those persons who have perused the manuscript for their valuable contributions.

Author

Table of Contents

	Page
Introduction	5
Research method	5
Medium and seedlings	6
Raising of seedlings	7
Condition and development of seedlings	7
Measurement technique and treatment of material	8
Results of the investigation	9
Roots of common birch seedlings	9
Roots of white birch seedlings	9
Roots of pine seedlings	11
Roots of spruce seedlings	11
Comparison of roots of different tree species	12
Conclusions	14
Bibliography	16
Suomenkielinen selostus	15

Introduction

A great deal of valuable knowledge about the requirements of plants has been obtained by means of flask experiments. In an early phase different tree species have also been submitted to flask experiments. A considerable portion of these have been planned to reveal the structure and living requirements of root systems of tree seedlings. The oldest of these experiments have been introduced by L a i t a k a r i (1929). In describing the results of his flask experiments A a l t o n e n (1942) has concluded that the same causalities that govern the later development phases of stands appear also in them. As field experiments involving tree seedlings, such aspects as variations in the depth growth of roots among different tree species (cf. T o u m e y and N e e t h l i n g 1923), dependence of root growth on soil temperature (cf. R o z e 1937), and the behavior of seedling roots towards the root systems of old trees (K a l e l a 1942), have been elucidated, to mention only a few examples.

Results of flask experiments and of those involving seedlings have, in general, proved valuable and applicable to big trees as well, particularly as far as the interdependence of root systems and environment is concerned (cf. L e i b u n d g u t and K r e u t z e r 1958). Consequently, it is quite apparently possible to augment through flask experiments the knowledge obtainable from the investigations carried out in the field. Though it is feasible to study big trees in nature, considerable difficulties are, on the other hand, encountered in trying to specify the varying environmental factors involved. In flask experiments, in turn, the environmental factors can be regulated pecisely and thus the importance of different factors analyzed, but a drawback is presented by the fact that the experiments must be limited to seedlings only. Especially in experiments microbiologically controlled the duration of an experiment is usually only a few months. Results of flask experiments cannot, therefore, be too widely generalized unless the results can be checked through measurements made in the field.

Research method

Establishment of the present flask experiment, composition of the media used, experimental conditions and control methods applied have

been described in an earlier publication (H u i k a r i 1954). Consequently, only the following information is repeated in connection with this.

Medium and seedlings

The experiment took place in a greenhouse using Erlenmeyer flasks of 150 millimetres. A 2-cm. layer of quartz sand, the particles of which varied from 0.5 to 2 mm., served as a medium enriched with 20 millilitres per flask of nutrient solution introduced by M e l i n (1936; cf. also H u i k a r i 1954). The experimental design is shown by the scheme attached (Fig. 1).

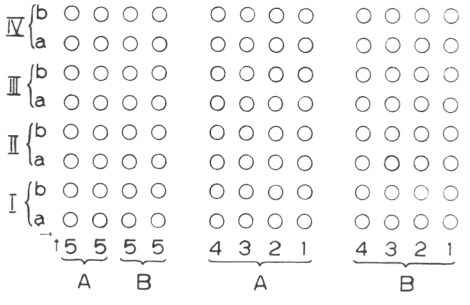


Fig. 1. Scheme of the experimental design.

In addition to quartz and nutrient solution the medium contained:

in rows IV distilled water,
» III peat extract taken from *räme* with high shrubs (LSt, H_2),
» II » » » » *korpi* with herbs (CLt, H_7),
» I » » » » sedgy *neva* with *rimpis* (Ct, H_3).

In rows a the flasks had been sterilized beforehand in an autoclave in the temperature of 120° C.

When the seedlings transferred into the flasks had reached the height of 3 cm., the media of the flasks located in the rows b were covered by a 5-mm. layer of paraffin.

The experiment was carried out by using common birch, white birch, pine and spruce seedlings. The seeds were sterilized and germinated under conditions microbiologically controlled. The seedlings were transferred into the flasks during the period from March 5 to March 15. Into each flask 4 seedlings of similar size were transferred as follows (Fig. 1):

in rows	1	4 seedlings of *Betula verrucosa* (Ehrh.)
»	2	» *Betula pubescens* (Ehrh.)
»	3	» *Pinus silvestris* (L.)
»	4	» *Picea Abies* (L. Karst.)
»	5	1 seedling of each of the 4 tree species

Altogether the material included, thus, 384 seedlings. The purpose of the experiment was to arrive at conclusions statistically supported on the behavior of seedlings of different tree species under aerobic and anaerobic conditions of medium as well as in unsterilized and sterilized environments. Hence, each experimental unit consisted of 32 seedlings. In the media different kinds of peat extracts were used in order to facilitate a thorough representation of the activities of swamp microorganisms. Different tree species were raised both separately and mixed to reveal the possible mutual effects of tree species upon each other.

Raising of seedlings

The development of seedlings was observed daily. In addition to weekly checks, more accurate measurements were made on April 27, June 25, August 10 and September 9, 1953. During these measurement occasions height of seedlings, length and yellowing of leaves and needles, position and condition of seedlings, penetration of roots into the medium and development of microorganisms were determined. When necessary, distilled water was added into the medium. However, before adding water into anaerobic media the oxygen dissolved was removed as completely as possible by boiling and with the aid of nitrogen gas.

Condition and development of seedlings

In order to ascertain the length of the growing period of seedlings, the development of thriving seedlings was carefully observed. It was detected that the leaves of birch seedlings started to turn yellow already during the examination carried out on June 26. The number of yellowed leaves increased gradually to reach almost complete yellowing on September 9. The first pine needles turned yellow at about the time of the examination of August 8; on September 9 yellowed needles were plentiful. Spruce needles showed the first marks of yellowing as late as September 9 and even then in a rather modest degree.

The growth of birch leaves ceased in August, that of pine needles in the beginning of September and that of spruce needles in early August. The height growth of the stem came to an end simultaneously on both birch species, in the beginning of July. A part of the pine seedlings ceased to grow in height already in August while the majority continued to grow until the beginning of September. In unsterilized media the height growth of spruce seedlings stopped, as a rule, in early August, but went on for three more weeks in sterilized ones. Among other tree species no differences were found between the growing seasons of seedlings in different media.

Measurement technique and treatment of material

All the measurements described so far (27. 4., 25. 6., 10. 8. and 9. 9. 1953) were carried out from without the flasks avoiding the movement of flasks as much as possible. Since the observations on the occurrence of microbes indicated that three sterilized anaerobic media of pine seedlings and two such of spruce seedlings were contaminated, it was decided to undo the whole experiment; after this more precise measurements were enabled.

The experiment was cancelled during the winter of 1953—54. From each seedling the medium was carefully washed off. Particular precaution was exercised to preserve the roots unharmed. Of seedlings thus disengaged length of leaves or needles, height of stem from base to end bud, length of roots and number of root branches (short roots) were measured and the form of the root system described. The seedlings were not weighed owing to the fact that sand particles were so firmly attached to the roots that they could not be totally removed. The weights would have proved unreliable dure to the sand affixed to the roots, since the total weight of seedlings is rather small. The form of the root system was classified as follows. First the root type was differentiated into a) shallow root, b) deep root or c) intermediary root system. Afterwards the branchiness of the root system was classified into five groups, (1) one root, (2) few roots, (3) moderate number of roots, (4) abundant roots and (5) very abundant roots. When disengaging seedlings only one root association was discovered. In the medium IV b 5 A (cf. Fig. 1) the seedlings of *Betula verrucosa* and *Betula pubescens* had joined at the thickest point of the root and had, therefore, a combined root system. When treating the material this root system was evenly divided between the two seedlings concerned. In the calculation and interpretation of results all those seedlings have been considered which have survived the whole growing period, the end of which varied by tree species from the beginning of July to the end of September Their number amounted to 289.

Significance of results was determined by the analysis of variance (cf. S n e d e c o r 1950). When presenting the results the 1 % level of significance is referred to as »very significant» and the 5 % level as »significant».

When observing the effect of peat extracts from *räme*, *korpi* and *neva* swamps upon the microorganisms of the media, it was discovered that the media containing peat extracts from *neva* proved rather similar to those containing only water, particularly with regard to the algae. This is partially due to the fact that the peat was taken from a sedgy *neva* with abundant running surface water. Microorganic reaction can, therefore, be mainly noticed in the media with peat extracts taken from *korpi* and *räme*.

Results of the investigation

Tables 1 a, 1 b, 1 c and 1 d give the measurement results and observations by tree species of root length, number of root branches, most general form of the root system and mean height of the stem under different experimental conditions. In Table 1 d also the number of seedlings in varying experimental surroundings is included. Table 2 a, again, presents the lengths of root systems expressed per centimetre of stem height. In Table 2 b appear the densities of root branches, based on the number of root branches found, on an average, per decimetre of root length under different experimental conditions. In the following the results are dealt with according to tree species.

Roots of common birch seedlings

As far as the length and the number of branches of the roots of common birch are concerned, no significant differences were found between the sterilized and unsterilized nor between the aerobic and anaerobic media. On the contrary, however, the relationship between root length and stem height is significantly affected by the sterilization and by the anaerobic condition. With a few exceptions, the relative length of roots has increased as a consequence of both anaerobic condition and microorganic activity, separately and through their interaction. The density of root branches (cf. Table 1 c) has decreased due to anaerobic condition and microorganic activities. The peat extracts taken from *neva*, *korpi* and *räme* have proved significantly different in this sense.

Roots of white birch seedlings

The white birch seedlings have developed, on an average, longer roots in aerobic sterilized media than in aerobic unsterilized ones, but in anaerobic sterilized substrata the roots have been considerably shorter than in anaerobic

Table 1. Length of the roots, height of the stem, number of root branches, most general form of the root system, and number of seedlings.

Taulukko 1. Juurten pituus, verson pituus, juurihaarojen lukumäärä, yleisin juuriston muoto ja taimien lukumäärä.

Medium *Kasvualusta*		a. Length of the roots, cm. *a. Juurten pituus, cm*								b. Mean height of the stem, cm. *b. Verson keskipituus, cm*							
		B. pubescens		B. verrucosa		Pinus silvestris		Picea excelsa		B. pubescens		B. verrucosa		Pinus silvestris		Picea excelsa	
		Aer.	Anaer.	Aer.	Anaer.	Aer.	Anaer.	Aer.	Anaer.	Aer.	Anaer.	Aer.	Anaer.	Aer.	Anaer.	Aer.	Anaer.
I	a	131.7	148.9	112.4	67.1	92.0	7.4	65.5	4.5	9.9	7.4	7.3	7.5	8.2	3.3	5.1	2.7
Räme.	b	80.7	167.8	—	176.6	95.6	6.3	13.5	8.6	2.9	4.8	—	7.7	4.5	3.1	4.7	3.1
II	a	54.7	181.2	94.6	68.8	86.0	7.2	44.5	3.4	8.7	8.0	8.8	8.0	8.3	3.6	3.2	2.4
Neva	b	181.8	452.5	123.4	230.5	60.5	5.4	22.2	20.4	5.9	6.8	11.8	11.2	5.6	4.9	3.8	3.0
III	a	168.1	149.1	99.2	87.7	92.4	7.2	38.1	3.5	9.2	8.9	10.8	6.8	5.5	3.4	3.8	2.8
Korpi	b	80.5	2.5	—	1.5	19.0	1.0	8.9	3.2	2.1	2.0	—	1.0	4.6	0.8	2.2	1.8
IV	a	162.1	170.7	122.5	46.3	67.0	8.0	55.5	5.8	6.9	7.3	6.5	4.9	7.4	3.7	3.6	2.0
Water — *Vesi*	b	192.3	143.8	81.4	179.7	37.3	6.6	40.7	5.6	8.7	4.2	9.1	3.6	4.7	3.4	4.8	1.6
Mean	a	132.7	163.8	108.6	71.0	84.3	7.4	50.6	4.4	8.6	7.9	8.2	7.2	7.3	3.5	4.0	2.4
Keskim.	b	146.0	185.1	98.2	171.8	54.9	5.8	23.4	11.1	5.6	4.6	10.2	6.7	4.9	3.6	4.0	2.5

		c. Number of root branches *c. Juurihaarojen lukumäärä kpl*								d. Most general form of the root system/Number of seedlings *d. Yleisin juuriston muoto*[1]*) Taimien lukumäärä kpl*							
I	a	80.3	73.0	84.0	39.0	39.3	1.8	17.8	1.8	5b/6	4c/5	4c/5	3c/5	4b/6	1c/4	3b/5	1c/5
Räme	b	46.6	66.3	—	68.3	27.3	1.5	5.0	2.8	3c/5	4c/6	—/0	3c/6	2b/4	1c/4	2c/4	1c/5
II	a	31.0	71.0	61.0	48.4	37.4	3.2	15.0	2.2	3c/4	4b/6	4c/4	3b/6	3b/5	1c/5	3b/4	1c/5
Neva	b	83.2	125.0	82.0	118.0	15.7	1.8	6.6	8.0	4c/5	5c/2	4c/4	5c/2	3c/6	1c/4	1c/5	2b/6
III	a	114.8	91.0	69.2	64.0	36.7	1.7	14.0	1.3	5c/4	5b/6	3c/5	4c/5	3c/6	1c/6	3b/6	1c/4
Korpi	b	38.0	1.0	—	1.0	8.3	1.0	2.5	1.0	4c/2	1c/1	—/0	1c/1	3b/3	1c/1	1c/4	1c/2
IV	a	152.3	93.3	74.7	41.0	31.3	1.8	22.6	2.3	5c/6	5c/6	4c/6	4c/2	3b/6	1c/4	3c/5	1c/6
Water — *Vesi*	b	50.0	76.0	101.7	83.6	12.8	2.2	18.7	2.6	5c/6	4b/6	5c/6	2c/3	2c/5	1c/5	3b/6	1c/5
Mean	a	98.9	82.0	72.9	49.3	31.8	2.1	17.3	2.0	5c/20	4b/24	4c/20	4c/19	3b/23	1c/19	3b/20	1c/20
Keskim.	b	56.9	69.9	93.8	74.8	16.2	1.8	9.2	4.3	5c/18	4c/15	4c/10	3c/12	3c/18	1c/14	1c/19	1c/18

a = sterilized, b = unsterilized — *a = steriloitu, b = steriloimaton*

unsterilized ones. The last-mentioned difference clearly presents itself also in the relative length of roots. The number of root branches in unsterilized media has generally been greater than in sterilized ones but the density of root branches has been found to be smaller in unsterilized media in comparison to the sterilized substrata. The aerobic condition of medium has a statistically significant effect in the way that the seedlings growing under anaerobic conditions develop fewer root branches than those grown on the aerobic medium. The peat extracts from *neva*, *korpi* and *räme* introduced to the medium have proved very significantly different. This is most clearly brought out by the complete mortality of seedlings developing on aerobic unsterilized media with *neva*, *korpi* and *räme* peat extracts; the great importance of aerobic and facultatively aerobic microorganisms is in this way strongly emphasized.

Roots of pine seedlings

Pine seedlings of sterilized media have produced longer roots than those of unsterilized substrata, excluding the aerobic medium containing peat extract from *räme*. The number of root branches is greater in sterilized media than in unsterilized ones. The reaction to sterilization mentioned above has been found statistically significant. The importance of the aerobic condition of medium to the roots of pine seedlings is distinct and statistically very significant. In aerobic media roots have grown, on an average, ten times longer than in anaerobic ones. Similarly the number of root branches in aerobic media is tenfold when compared with that in anaerobic ones.

Roots of spruce seedlings

In the length growth of roots of spruce seedlings the aerobic condition of medium presents itself in a manner statistically very significant. The same is true of the interaction of sterilization and aerobic condition. In anaerobic media root lengths have remained considerably smaller than in aerobic ones. The same difference can be noticed also in the relative length of roots. Similarly, the number of root branches observed in the aerobic media has been distinctly greater than that in anaerobic substrata, but as far as the density of root branches is concerned, no significant differences are to be noticed. In sterilized aerobic media seedlings have grown considerably longer roots than in unsterilized ones, but in sterilized anaerobic substrata, on the contrary, shorter roots than in unsterilized anaerobic conditions.

Table 2. Relative length of root systems and the density of root branches.
Taulukko 2. Juuristojen suhteellinen pituus ja juurihaarojen tiheys.

Medium *Kasvualusta*		a. Roots, cm. Stem, cm. *a. Juuria cm/verso-cm*							
		B. pubescens		B. verrucosa		Pinus silvestris		Picea excelsa	
		Aer.	Anaer.	Aer.	Anaer.	Aer.	Anaer.	Aer.	Anaer.
I	a	13.3	9.7	14.7	9.5	10.8	2.1	13.1	1.8
Räme	b	24.6	36.1	—	23.9	19.1	2.1	2.9	2.7
II	a	6.3	21.1	10.8	8.9	11.0	2.0	13.9	1.5
Neva.....	b	29.5	66.5	10.4	20.6	9.9	1.1	5.8	6.5
III	a	18.8	16.6	9.4	12.7	16.2	2.2	8.5	1.5
Korpi.....	b	34.1	1.3	—	1.5	3.8	1.3	3.8	1.8
IV	a	31.7	23.7	18.3	9.4	9.3	2.2	13.8	2.9
Water — *Vesi*	b	22.1	33.5	15.9	32.2	7.7	2.0	7.5	3.8
Mean.....	a	18.5	18.3	13.7	10.1	11.9	2.1	12.1	2.0
Keskim.	b	26.2	36.8	13.7	23.6	10.3	1.7	5.3	4.2
		b. Number of branches per decimetre of root *b. Juurihaaroja kpl/juuri-dm*							
I	a	6.0	5.3	8.0	6.0	4.2	2.7	2.7	3.8
Räme	b	5.9	4.0	—	4.0	2.0	2.4	3.6	3.4
II	a	5.6	4.4	6.4	7.1	4.0	4.3	3.3	6.5
Neva.....	b	4.6	2.8	6.7	5.1	2.3	3.1	2.8	3.5
III	a	6.8	6.0	7.3	7.6	3.6	2.2	3.8	3.6
Korpi.....	b	5.2	4.0	—	6.7	4.0	10.0	2.9	3.3
IV	a	6.8	5.5	6.3	8.9	4.6	2.2	3.8	3.6
Water — *Vesi*	b	5.9	5.2	6.4	7.5	3.3	3.3	5.4	4.6
Mean.....	a	6.3	5.3	7.0	7.1	4.1	2.9	3.4	4.4
Keskim.	b	5.5	4.3	6.5	5.3	2.8	3.5	3.8	3.8

Comparison of roots of different tree species

When comparing the roots of seedlings of different tree species it is noticed that the roots of common birch seedlings have been distinctly longer and richer in branches than the roots of other tree species. As far as the root length and branchiness are concerned, the next place is occupied by the white birch seedlings followed by pine seedlings, while the shortest roots have been found on spruce seedlings. Even better illustration is obtained by comparing the relative lengths of roots and the density of root branches on different tree species. From Tables 2 a and 2 b it is to be noted that, in relation to stem height, the relatively longest roots have been found on common birch, the next longest on white birch. The relative

root lengths of pine and spruce seedlings are about 2/3 of the corresponding figures of common birch. The results are, consequently, similar to those obtained by Laitakari (1927 and 1929). Likewise, the results bear great resemblance to those published by Kalela (1949) on root relations of pine and spruce stands. Heikurainen (1958) has studied the root systems of birch, spruce and pine trees on drained swamps and has also come to conclusions similar to those made in the present investigation. In aerobic media the roots of white birch seedlings have grown only slightly longer than those of pine and spruce seedlings, but considerably shorter than those of common birch seedlings. Under anaerobic conditions the unsterilized media have developed much longer roots on white birch seedlings than the sterilized ones, the same being true of the roots of common birch seedlings. The development of roots of spruce seedlings resembles in this respect that of birch seedlings, since the unsterilized anaerobic media have proved superior to the sterilized ones as far as the root development is concerned. As regards the pine seedlings, no phenomenon of this kind is observed. The most pronounced differences between the tree species are to be found in the root length in anaerobic media. The roots of pine and spruce seedlings have remained very short under anaerobic conditions while the roots of white birch and common birch seedlings are of the same length or even longer than those developing under aerobic conditions. This phenomenon confirms the conclusion expressed earlier by the author (Huikari 1954), based on the development of stems in the same experiment, that the ecological properties of white birch and common birch differ from those of pine and spruce as far as the oxygen-supplying property of soil is concerned. In addition, even white birch and common birch seem to be dissimilar approximately to the same extent as pine and spruce, even though they form their own group differing from the rest.

The descriptions of the form of root systems show distinct differences only in regard to the abundance of branchiness. Spruce and pine seedlings have formed more shallow root systems than birch seedlings in aerobic, particularly unsterilized, media. Again this indicates the aerophilous character of roots of pine and spruce seedlings since, due to the presence of microorganisms, unsterilized aerobic media may be lacking oxygen even close to the surface.

Attempts were made to examine experimentally the effect of different tree species upon each other (cf. p. 7). It was found that the pine and spruce seedlings survived better when grown with birch seedlings than when developing by themselves, but in other respects no significant differences were detected. Due to the limited amount of nutrients present in the media, the possible positive effect may have been counterbalanced by the competition.

Conclusions

In this investigation attempts have been made to ascertain through flask experiments microbiologically controlled the reaction of roots of common birch, white birch, spruce and pine seedlings to certain differences in the medium.

Results of this experiment have been earlier published (Huikari 1954) as far as the development of stem and the general behavior of seedlings are concerned. In this paper the results pertaining to the development of roots are introduced.

Depending on the aerobic condition of medium and the microorganic activities, the roots of common birch, white birch, spruce and pine seedlings comprised by the experiment have developed differently. In anaerobic media the common birch roots have grown longer than in aerobic ones and similarly longer in unsterilized media than in sterilized ones. Provided the medium has been sterilized, the anaerobic condition has proved less beneficial to the root development of white birch seedlings than the aerobic one, but in unsterilized media the relationship in question has been the reverse. As regards the roots of spruce and pine seedlings, the length has been found rather small in anaerobic media when compared with that of aerobic ones. Under unsterilized aerobic conditions the roots of spruce seedlings have not reached the same length as in sterilized aerobic surroundings, but in unsterilized anaerobic media the roots have developed longer than in sterilized anaerobic ones.

The anaerobic condition of the medium seems to strongly suppress the root development particularly of pine and spruce seedlings. As regards the roots of common birch and white birch seedlings, no corresponding phenomenon is to be observed.

Kasvualustan anaerobisuuden vaikutuksesta koivun, männyn ja kuusen taimien juuristoihin

Suomenkielinen selostus

Tässä tutkimuksessa on pyritty mikrobiologisesti kontrolloidun astiakokeen avulla kokeellisesti selvittämään tärkeimpien metsäpuittemme hieskoivun, rauduskoivun, kuusen ja männyn taimien juuristojen reagointia eräisiin kasvualustan eroihin nähden.

Kokeen tuloksista on aikaisemmin (vrt. H u i k a r i 1954) julkaistu tietoja versojen pituuskehityksen ja taimien yleismenestymisen perusteella. Tässä julkaistut tulokset kohdistuvat erikoisesti juuristojen kehitykseen.

Kokeessa käytettyjen raudus- ja hieskoivun sekä männyn ja kuusen taimien juuristot ovat kehittyneet toisistaan poikkeavasti kasvualustan aerobisuudesta ja pieneliöstötoiminnasta riippuen. Anaerobisessa kasvualustassa hieskoivun taimien juuristot ovat kehittyneet pitemmiksi kuin aerobisessa, samoin myös steriloimattomissa pitemmiksi kuin steriloiduissa. Rauduskoivun taimien juuristot ovat kehittyneet anaerobisissa kasvualustoissa hiukan lyhyemmiksi kuin aerobisissa, mikäli kasvualusta on ollut steriloitu, mutta steriloimattomissa suhde on ollut päinvastainen. Männyn ja kuusen taimien juuristot ovat jääneet anaerobisissa kasvualustoissa erittäin selvästi lyhyemmiksi kuin aerobisissa. Kuusen taimien juuristot ovat jääneet steriloimattomissa aerobisissa kasvualustoissa lyhyemmiksi kuin steriloiduissa aerobisissa, mutta kehittyneet steriloimattomissa anaerobisissa pitemmiksi kuin steriloiduissa anaerobisissa.

Kasvualustan anaerobisuus näyttää täten tuntuvan voimakkaasti erityisesti männyn ja myös kuusen juuriston kehitystä hidastavana tekijänä. Hieskoivun ja rauduskoivun taimien juuristoissa vastaavaa ilmiötä ei ole havaittavissa.

Bibliography

Aaltonen, V. T. 1942. Muutamia kasvukokeita puuntaimilla. Referat: Einige Vegetationsversuche mit Baumpflanzen. Acta forest. fenn. 50.

Heikurainen, Leo. 1958. Mänty-kuusi-koivusekametsiköiden juuristoista ojitetulla suolla. Referat: Der Wurzelaufbau der Kiefer-Fichte-Birke-Mischwälder auf entwässerten Moorboden. Acta forest. fenn. 67.

Huikari, Olavi. 1954. Experiments on the effect of anaerobic media upon birch, pine and spruce seedlings. Selostus: Kokeita kasvualustan anaerobisuuden vaikutuksesta koivun, männyn ja kuusen taimiin. Comm. inst. forest. fenn. 42.

Kalela, Erkki K. 1942. Männyn taimien juurien suhtautumisesta emäpuun juuriin. Referat: Das Verhalten der Wurzeln von Kiefernpflanzen zu den Wurzeln des Mutterbaumes. Acta forest. fenn. 50.

—»— 1949. Männiköiden ja kuusikoiden juurisuhteista I. Summary: On the horizontal roots in pine and spruce stand. I. Acta forest. fenn. 57.

Laitakari, Erkki. 1927. Männyn juuristo, morfologinen tutkimus. Summary: The root system of pine *(Pinus silvestris)*. A morphological investigation. Acta forest. fenn. 33.

—»— 1929. Koivun juuristo. Summary: The root system of birch (*Betula verrucosa* and *odorata*). Acta forest. fenn. 41.

Leibundgut, Hans und Kreutzer, Karl. 1958. Untersuchungen über die Wurzelkonkurrenz. 1. Mitteilung über den Vorwald. Mitt. schweiz. Anst. forstl. Versuchsw. Vol. 34, Heft 5. Zürich.

Rože, E. 1937. Pruzu un egln stadn dsinumsaknu garuma pieangsanas gaita. Referat: Der Gang des Längenzuwachses der Kiefern- und Fichtentriebwurzeln. Latvijas Mezu petisanas stacijas Raksti, VII. Riga.

Snedecor, Georg W. 1950. Statistical methods applied to experiments in agriculture and biology. Fourth edition. Ames, Iowa.

Toumey, James W. and Neethling, Ernst J. 1923. Some effects of cover over coniferous seedbeds in southern New England. Yale Univ. School of Forestry, Bull. 9.