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

41

HELSINKI 1953

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

41

HELSINKI 1953

Helsinki 1953. Valtioneuvoston kirjapaino

COMMUNICATIONES
INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE
41

41, 1 Sarvas, Risto, 1952. Pohjois-Suomen kuivien kangasmetsien ekologiasta. *Summary:* On the ecology of dry moss-lichen forests in North Finland .. 1— 27

41, 2 Juutinen, Paavo, 1953. Männyn toipuminen Kolilla talven 1947—48 lumituhojen jälkeen. *Deutsches Referat:* Die Erholung der Kiefer auf der Koli-Anhöhe nach den Schneebruchschäden im Winter 1947—48 ..... 1— 43

41, 3 Juutinen, Paavo, 1953. Pikkukäpylinnun (Loxia curvirostra L.) ravinnosta ja metsätaloudellisesta merkityksestä. *Deutsches Referat:* Über Nahrung und Forstwirtschaftliche Bedeutung des Fichtenkreuzschnabels (Loxia curvirostra L.) ..... 1— 41

41, 4 Heiskanen, Veijo, 1953. Polttopuiden kuivumisesta ja sen huomioonottamisesta varastoinnissa. *Summary in English:* On the drying of firewood and on its consideration in storing ..... 1— 48

41, 5 Heikinheimo, Olli, 1953. Puun rungon luontaisesta karsiutumisesta. *Summary:* On natural pruning of tree stems ..... 1— 39

41, 6 Sarvas, Risto, 1953. Measurement of the crown closure of a stand. *Suomenkielinen selostus:* Puuston latvusyhteyden mittaaminen ..... 1— 13

41, 7 Holopainen, Viljo, 1953. Fluctuations in the United Kingdom imports of sawn softwood and their causes in 1921—1950. *Suomenkielinen selostus:* Britannian havusahatavaran tuonnin vaihtelut ja niiden syyt vuosina 1921—1950 ..... 1—106

POHJOIS-SUOMEN KUIVIEN KANGASMETSIEN EKOLOGIASTA

RISTO SARVAS

ON THE ECOLOGY OF DRY MOSS-LICHEN FORESTS IN NORTH FINLAND

SUMMARY

HELSINKI 1952

Helsinki 1952. Valtioneuvoston kirjapaino

Pohjois-Suomen kuivien kangasmetsien ekologiasta

Esitelmä

Sodan jälkeen ovat kansamme katseet entistä useammin kääntyneet Pohjois-Suomeen. Erityisesti on harkittu keinoja Pohjois-Suomen talouselämän kaikinpuoliseksi kohentamiseksi. Myös metsätieteessä ja erityisesti metsänhoitotieteessä tämä on ilmennyt lisääntyneenä mielenkiintona Pohjois-Suomea kohtaan, mikä onkin varsin ymmärrettävää, sillä perustuuhan Pohjois-Suomen koko talouselämä ja sen tulevaisuus olennaisesti juuri metsiin ja niiden järkevään käsittelyyn.

Kun meikäläinen metsänhoitotiede yleensä rakentuu varsin kiinteästi metsätyyppien pohjalla tapahtuvalle kasvupaikkojen biologiselle luokittelulle, ei liene vailla mielenkiintoa hieman tarkastella Pohjois-Suomen osalta tämän luokittelun ekologista taustaa. Tehtävän helpottamiseksi rajoitutaan seuraavassa vain ns. kuiviin kangasmetsiin.

Palautettakoon aluksi mieleen, että esim. siinä metsätyyppiluettelossa, jonka C a j a n d e r (1949 a) esittää viimeisessä metsätyyppejä koskevassa julkaisussaan ja joka lienee katsottava myös pisimmälle kehitetyksi, ja joka yleensä on saanut laajimman käytön maassamme, luetaan varsinaisista Pohjois-Suomen metsätyypeistä jäkälätyyppi, varpu-jäkälätyyppi, kanervatyyppi, variksenmarja-mustikkatyyppi ja variksenmarja-puolukkatyyppi kuivien kangasmetsien luokkaan, kun taasen Suomen eteläpuoliskossa kuivien kangasmetsien tärkeimmät metsätyypit ovat jäkälätyyppi, kanervatyyppi ja puolukkatyyppi. Pohjois-Suomessa näyttäisi siis olevan käytännöllisesti tärkeitä kuivien kankaiden metsätyyppejä enemmän kuin Etelä-Suomessa.

Yleisesti tunnettua on myöskin, että Pohjois-Suomessa kuivien kankaiden ala on suhteellisesti paljon laajempi kuin Etelä-Suomessa. Niinpä toisen valtakunnan metsien arvioinnin mukaan (I l v e s s a l o 1942, s. 264) sodan edellisessä Suomen pohjoispuoliskossa kuivat kankaat valtaavat kaikkiaan n. 73 % koko kasvullisen kovan metsämaan pinta-alasta vastaavan sadanneksen ollessa Suomen eteläpuoliskossa vain 33. Ensimmäisen valtakunnan metsien arvioinnin mukaan nämä sadannekset olivat 80 ja 45 (I l v e s s a l o 1927, taul. 19). Kuivien kankaiden ala on Pohjois-Suomessa osoittautunut siis n. kaksi kertaa niin suureksi kuin

Etelä-Suomessa. Ero on varsin olennainen eikä sen vuoksi voi mitenkään johtua esim. metsätyyppien arvioimiseen mahdollisesti liittyvästä subjektiivisuudesta. Merkillepantavaa on vielä, että lisäys on suhteellisesti suurin Pohjois-Suomessa Etelä-Suomeen verrattuna kuivimpien metsätyyppien, jäkälätyypin ja varpu-jäkälätyypin, kohdalla. Niiden osuus on Pohjois-Suomessa 19.6 %, mutta Etelä-Suomessa vain 0.2 % kasvullisten kovien maiden alasta.

Tämä kaikki tietysti kovasti korostaa kuivuuden merkitystä Perä-Pohjolan metsien ekologiassa ja nostaa ennen kaikkea kysymyksen, mikä on syynä tähän kuivuuden lisääntymiseen.

Ennen kuin lähdetään tätä kysymystä lähemmin selvittelemään, tarkasteltakoon kuitenkin hieman yleisemmin nyt puheena olevaa ilmiötä.

Paitsi jo edellä mainittuja eroja Pohjois-Suomen ja Etelä-Suomen välillä, nähdään valtakunnan metsien arviointien tuloksista lisäksi, että vielä Pohjois-Suomessakin on tärkeitä eroja eri vyöhykkeiden välillä: pohjoista kohti kuivien kankaiden suhteellinen määrä yhä lisääntyy. Niinpä Jäämeren vesistöalueessa, joka lähinnä edustaa varsinaista Lappia, kuivien kankaiden osuus nousee 88 %:iin kaikesta kasvullisen kovanmaan metsäalasta. Erityisen voimakas on lisäys runsasjäkäläisten metsätyyppien, jäkälätyypin ja varsinkin varpu-jäkälätyypin kohdalla. Ilmiöllä näyttää siis olevan selvästi regionaalinen luonne. Tämä regionaalisuus näkyy myös siinä, että eteläisimmässä Suomessa yleisin metsätyyppi on mustikkatyyppi, Keski-Suomessa puolukkatyyppi, Perä-Pohjolassa variksenmarja-mustikkatyyppi ja varsinaisessa Lapissa (varpu-) jäkälätyyppi (vrt. Ilvessalo 1930, liitekuva 16).

Tässä yhteydessä on syytä tarkastella myös niitä tietoja, joita on käytettävissä kasvillisuuden yleisestä kokoonpanosta ja sen ulkoasusta eli fysiognomiasta muualta pohjoisesta havumetsävyöhykkeestä.

Ruotsin ensimmäisen valtakunnan metsien arvioinnin yhteydessä, joka toimeenpantiin vuosina 1923—1929, kohdistettiin huomiota myös metsien pintakasvillisuuteen (Riksskogstaxeringsnämnden 1932). Kovanmaan kasvupaikat jaettiin jäkälävaltaisiin, sammalvaltaisiin ja ruohovaltaisiin metsiin. Jäkälävaltaiset metsät vastannevat suunnilleen meikäläisiä jäkälä-, kanerva- ja varpu-jäkälätyyppejä. Arviointitulosten mukaan jäkälävaltaisten metsien ala lisääntyy suuresti etelästä pohjoiseen siirryttäessä. Niinpä Keski-Ruotsissa, Tukholman, Upsalan, Södermanlandin, Västmanlandin, Örebron ja Värmlannin lääneissä, jotka kutakuinkin vastaavat sijainniltaan ja korkeussuhteiltaan Etelä-Suomea, jäkälävaltaisten metsien ala vaihtelee 1.5:stä 5.1 %:iin kasvullisen metsämaan alasta, mutta nousee Norrbottenin läänin pohjoisosassa 22.0 %:iin, eli siis n. 4—15-kertaiseksi. Vertailua vaikeuttaa kuitenkin Pohjois-Ruotsin vuorisuus sekä siitä johtuva suuri vaihtelu lämpö- ja kosteusoloissa samankin vyöhykkeen piirissä. Niinpä Kopparbergin läänissä

joka on suunnilleen Tampereen korkeudella, mutta josta suurin osa lankeaa Kölin vuoriston itärinteille, jäkälävaltaista kasvillisuutta on n. 24 % koko kasvullisen maan alasta. Vuorisuudesta johtuen on vertailujen tekeminen Norjan kohdalla vielä vaikeampaa.

Muista maista ei tarkkaan tilastoon perustuvia tietoja ole käytettävissä, vaan on tyydyttävä enemmän tai vähemmän rajoitettuihin erikoistutkimuksiin. Venäläisen Sambukin (1932) kasvillisuuskuvaukset Pohjois-Venäjältä Petshoran alueen metsistä osoittavat, että sielläkin tavataan vallitsevina pohjoisen metsänrajan läheisyydessä pääasiassa runsasjäkäläisiä metsäkasviyhdyskuntia, joita hän nimittää *Piceetum cladinosumiksi*, *Pinetum cladinosum borealeksi* ja *Pinetum-Clado-Empetrosum polareksi*. Näissä päätyypeissä voidaan helposti tuntea meidän jäkälätyyppimme ja varpu-jäkälätyyppimme sijaistyypit. Kauempaa idästä saadaan tietoja mm. venäläisten Dedovin (1933), Soczawan (1933) ja Gorodkovin (1933) tutkimuksista. Niistä käy ilmi, että Siperian taigakin metsänrajaa lähestyttäessä on erittäin laajalti jäkälävaltaisten metsäkasviyhdyskuntien luonnehtimaa.

Kanadasta (ja Yhdysvaltojen pohjoisosasta) saadaan varsinkin Ilvessalon (1929), Kujalan (1945) ja Hustichin (1949, 1950 ja 1951) tutkimuksista erittäin mielenkiintoisia tietoja. Kaksi ensiksi mainittua tutkijaa on liikkunut varsinaisessa metsävyöhykkeessä, joka laajoilla aloilla on melkoisesti vastannut eteläsuomalaista metsäluontoa, Hustich taas paljon lähellä metsänrajaa Labradorin niemimaalla meikäläistä Perä-Pohjolaa vastaavilla alueilla. Ilvessalon ja Kujalan kuvaamissa eteläisissä metsissä jäkälävaltaisen kasvillisuuden osuus on varsin vähäinen, Hustichin kuvaamassa se taas on leimaa-antavaa koko kasvillisuudelle. Hustich onkin tutkimuksissaan useaan otteeseen kiinnittänyt huomiota jäkälävaltaisen kasvillisuuden sirkumpolaariseen levinneisyyteen miltei kaikkialle pohjoisen havumetsävyöhykkeen pohjoisimpiin osiin. Kanadan keskiosista, Mackenzien vesistöalueen kasvillisuudesta, on kanadalainen Raup (1946) julkaissut varsin mielenkiintoisen tutkimuksen, josta siitäkin käy selvästi ilmi jäkälävaltaisen kasvillisuuden yleistyminen arktisella metsänrajalla.

Poikkeuksena on kuitenkin mainittava havumetsävyöhykkeen maritiimiset osat, joissa runsasjäkäläisten metsäkasviyhdyskuntien merkitys näyttäisi olevan suhteellisen vähäinen.

Tehtyämme näin kierroksen havumetsävyöhykkeen pohjoisrajalla on syytä vielä vilkaista sen toisellekin puolelle, arktiselle kylmäaavikolle eli tundralle. Esim. Warmingin (1896), Schimperin (1898) ja Schimper-Faberin (1935) kasvimaantieteen käsikirjoista käy ilmi, että täälläkin kuivien kankaiden yleisleima on vallitseva, ja että nimenomaan erilaisella jäkälävaltaisella kasvillisuudella on erittäin suuri

merkitys. — Kaiken kaikkiaan on sanottava, että mitä laajemmasta näkökulmasta pohjoisten metsien kasvillisuutta tarkastellaan, sitä ilmeisemmäksi käy, että kuivien kankaiden pohjoista kohti tapahtuva lisääntyminen on aivan yleinen regionaalinen ilmiö pohjoisessa havumetsävyöhykkeessä.

Tämä toteamus yhäkin korostaa jo edellä tehtyä kysymystä, mikä tai mitkä ovat syyt tähän mielenkiintoiseen ja pohjoisten metsien kannalta niin suurimerkityksiseen ilmiöön. — Tällaisen kysymyksen asettaessaan tosin voi jo etukäteen aavistella, varsinkin huomioon ottaen todella luotettavien tietojen niukkuuden, että vastaus tuskin voi olla muuta kuin vain orientoiva luonteeltaan.

Ryhtyessämme etsimään vastausta tähän kysymykseen kiintyy huomio ensinnä maahan, sillä viittaahan kuiva kangas terminä ehkä välittömimmin juuri maahan ja erityisesti sen vesitaloudellisiin ominaisuuksiin.

Varsinkin eteläisimmässä osassa Suomea on verrattain selvästi havaittavissa, että kuivimmiksi käsitetyt metsätyypit, jäkälätyyppi ja kanervatyyppi, keskittyvät pääasiallisesti karkeille maalajeille hiekka- ja someromaille. Tämä yleinen havainto on vielä saanut vahvistusta Ilvessalon (1933) ja Aaltosen (1941) tutkimuksista, jotka perustuvat I:ssä ja II:ssa valtakunnan metsien arvioinnissa suoritettuihin tutkimuksiin.

Herää näin ollen kysymys, onko Perä-Pohjolassa karkeita maalajeja enemmän kuin Etelä-Suomessa?

Toisen valtakunnan metsien arvioimisen tulokset osoittavat Aaltosen (1941) mukaan, että maannostumisalueessa 1., joka hyvin kuvaa Pohjois-Suomea, oli karkeita maalajeja (someroa ja hiekkaa) 15 % kasvullisen metsämaan alasta, keskikarkeita (hietaista moreenia ja hietaa) 80 % ja hienoja maalajeja 5 %. Maannostumisalueessa 4., johon kuuluu suurin osa Etelä-Suomea, vastaavat sadannekset ovat: karkeita maalajeja 12 %, keskikarkeita 77 % ja hienoja maalajeja 11 %. Hienoja maalajeja on siis enemmän Suomen eteläpuoliskossa kuin pohjoispuoliskossa. Suurin piirtein on kuitenkin kasvullisen metsämaan jakaantuminen eri maalajien kesken kutakuinkin samanlainen sekä pohjoisessa että etelässä. Tästä seuraa välttämättömänä johtopäätöksenä, että Pohjois-Suomessa tavataan kuivia kangasmetsiä suhteellisesti enemmän keskikarkeilla maalajeilla kuin Etelä-Suomessa, mikä taas viittaisi siihen, että Pohjois-Suomessa kuivat kankaat käsittävät kasvien vesitalouden kannalta keskimäärin parempia maita kuin Etelä-Suomessa.

On kuitenkin selvää, että yksistään maalajien nojalla, varsinkaan kun niiden määritystä ei ole voitu perustaa laboratorioanalyyseihin, ei voida tehdä kovin pitkälle meneviä johtopäätöksiä maan yleisistä vesitaloudellisista ominaisuuksista. Tarvittaneen vielä paljon erikoistutki-

muksia, ennen kuin on mahdollista päätellä, mitä eroja Pohjois- ja Etelä-Suomen välillä on maassa yleensä ja nimenomaan sen vesitaloudellisissa ominaisuuksissa.

Mitä maan kivennäisravinteisiin tulee, niin Aaltosen (1935, 1939) tutkimukset viittaavat siihen, etteivät Pohjois-Suomen maat siinäkään suhteessa jäisi jälkeen Etelä-Suomesta — pikemmin päin vastoin. Tiedetään myös, että Pohjois-Suomessa kallioperä suurena kokonaisuutena ottaen sisältää enemmän emäksisiä kivilajeja, varsinkin metabasiitteja, kuin Etelä-Suomessa ja että toisaalta kallioperustan vaikutus tuntuu verrattain selvästi sen päällä olevissa irtaimissa maalajeissa (vrt. esim. Saxén 1928, Granlund ja Wennerholm 1935, Okko 1941 ja 1944). Myös Pohjois-Ruotsista on tunnettua, että siellä jäkälävaltaista kasvillisuutta tavataan pohjoista kohti enenevässä määrässä maalla, jota ei voida pitää kuivana eikä liioin ravinteista köyhänä (Wretlind 1934, Tamm 1950, s. 203—204). Selityksenä on mainittu mm. kyseessä olevien maiden tilapäisesti huono tila (temporary poor state), kasvukauden suhteellisen vähäinen sademäärä ja lumen sulamisvesien nopea valuminen pysyvästi (persistant) jäätyneen maan pinnalta.

Ei myöskään maan happamuus näytä Aaltosen (1935, 1939) tutkimusten mukaan olevan — vastoin melko yleistä käsitystä — Pohjois-Suomen kuivilla kankailla suurempi kuin Etelä-Suomessa.

Kun Pohjois-Suomen maat ovat pääosaltaan supra-akvaattisia ja Etelä-Suomen subakvaattisia, saattaisi ehkä ajatella tämän jotenkin vaikuttavan kuivien ja tuoreiden kankaiden jakaantumiseen. Tarkempi vertailu osoittaa kuitenkin, että subakvaattiset maat eivät ainakaan Suomen eteläpuoliskossa ole kuivempia kuin supra-akvaattiset, vaan pikemminkin päin vastoin. Lisäksi on huomattava, että suuressa osassa pohjoista havumetsävyöhykettä ei yleensä ole olemassa selvää jakoa supra- ja subakvaattisiin maihin, vaan maat kuuluvat yleensä supra-akvaattisiin.

Kaiken kaikkiaan on sanottava, etteivät maata koskevat tietomme ainakaan toistaiseksi näytä tarjoavan selitystä kuivien kankaiden suureen runsauteen Perä-Pohjolassa.

Tarkastelkaamme tämän jälkeen ilmastoa ja erityisesti niitä ilmaston tekijöitä, jotka ovat tärkeitä kasvien vesitalouden kannalta. Ilmastoon kiintyy huomio myös erityisesti siitä syystä, että on varsin yleisesti tunnettua sademäärän vähentyminen Etelä-Suomesta Pohjois-Suomeen käsin, ja ilmastollisiin tekijöihin viittaa edellä todettu nyt tarkasteltavana olevan ilmiön suuri regionaalisuuskin.

Sademäärän tarkastelussa voidaan verrata esim. Tamperetta, Sodankylää ja Enontekiötä toisiinsa. N. 40 vuoden keskimääränä vuotuinen

sademäärä on Tampereella 587 mm, Sodankylässä 511 mm ja Enontekiöllä 402 mm. Erot varsinaisen kasvukauden, Tampereella toukosyyskuun ja Sodankylässä kesä-elokuun, sademäärissä ovat kuitenkin vähäisiä. Niinpä Tampereen 60 mm/kk. vastaa Sodankylässä 64 mm/kk.

Harkittaessa sademäärän vaikutusta kasvien vesitalouteen on kuitenkin tärkeätä tarkastella myös haihtumista.

Ehkä luotettavin selvitys haihtumisen yleisestä luonteesta suurilla alueilla saadaan vertaamalla sademäärää ja pääväylien kautta tapahtuvaa valumista toisiinsa. Jos näet on käytettävissä mittauksia riittävän pitkältä ajanjaksolta, on tietyn päälaskujoen vesistöalueella keskimääräinen haihtuminen = keskimääräinen sademäärä — keskimääräinen valuminen. Tällaisia laskelmia on maassamme ensinnä julkaissut Renqvist (1936) ja myöhemmin pitempiin, n. 30-vuotisiin, mittaussarjoihin perustuen Sirén (1949) hydrografisen toimiston puolesta. Sirénin tutkimustuloksista käy varsin selvästi ilmi haihtumisen huomattava pieneneminen Etelä-Suomesta Pohjois-Suomea kohden. Tämä haihtumisen pieneneminen on niin tuntuva, että Pohjois-Suomessa pienemmästä sademäärästä huolimatta jää maahan (tai maan pinnalle) ja valuu vesistöihin huomattavasti enemmän vettä kuin Etelä-Suomessa. Esim. Uudellamaalla on sademäärän ja haihtumisen erotus keskimäärin n. 250 mm, mutta Sodankylän-Enontekiön alueella n. 300 mm. Talvinen lumipeitekään tuskin voi aiheuttaa maan kosteuden kannalta mainittavia eroja, sillä sekä Pohjois- että Etelä-Suomessa lumien sulamisvedet joutunevat kutakuinkin välittömästi vesistöihin, ja lumipeitteen vesiarvotkin ovat maan pohjois- ja eteläpuoliskossa lähes samansuuruiset (Johansson 1936). Kun vielä muistetaan, että sateet Pohjois-Suomessa erityisesti keskittyvät kesäaikaan, on ilmeistä, että kasvien vesitalouden kannalta Pohjois-Suomen ilmastoa on pidettävä Etelä-Suomea humiidisempana.

Ilmaston humiidisuutta on usein kuvattu myös ns. humiidisuusindekseillä l. humiidisuusluvuilla, joista tunnetuin on ranskalaisen Martonnen (1926) käytäntöön ottama. Martonnen humiidisuusluvussa jonkin alueen humiidisuus ilmaistaan jakamalla vuotuinen keskimääräinen sademäärä vuoden keskilämmön ja 10:n erotuksella. Jos keskimääräistä sademäärää merkitään *S*:llä ja vuoden keskilämpötilaa *L*:llä, on Martonnen humiidisuusluku *(M)* siis

$$M = \frac{S}{L—10}$$

Martonne (1941) on tätä indeksiään soveltaen laatinut kartan humiidisuuden ja ariidisuuden vaihteluista maapallolla, ja tästä kartastakin käy ilmi humiidisuuden lisääntyminen Etelä-Suomesta Pohjois-Suomea kohden. Samalla on lisäksi mielenkiintoista todeta, että tämä humiidisuuden lisääntyminen pohjoista kohden on aivan yleistä koko

havumetsävyöhykkeessä. Erityisesti kiinnittää huomiota, että mm. Labrador, jossa jäkälävaltaiset kasviyhdyskunnat Hustichin e. m. tutkimusten mukaan ovat erittäin leimanantavia, kuuluu havumetsävyöhykkeen kaikkein humiidisimpiin osiin. Labradorin kohdalla nähdään lisäksi, että metsänraja siellä kylmän Labrador-viran johdosta kulkee suunnilleen 56—57 leveysasteen paikkeilla eli siis melkoisesti Helsinkiä etelämpänä. Ja muutenkin se jäkälävaltainen metsäkasvillisuus, joka näyttää olevan leimanantavaa koko pohjoisen havumetsävyöhykkeen pohjoisimmalle osalle sijaitsee suureksi osaksi meidän Perä-Pohjolaamme huomattavasti etelämpänä. Tästä voitaneen päätellä, ettei pohjoiselle Fennoskandialle luonteenomaisella pitkällä kesäpäivällä liene ratkaisevaa merkitystä nyt tarkastettavana olevassa ilmiössä.

Ilmaston kosteustekijätkään eivät siis näytä selittävän kuivien kangasmetsien regionaalista lisääntymistä etelästä pohjoiseen, kuten Kujalakin (1936) jo aikaisemmin on todennut. Pikemminkin pohjoista kohti lisääntyvä humiidisuus tekee kysymyksen yhä vaikeammaksi.

Näin näennäiseen umpikujaan joutuneina on syytä palata kuivien kankaiden käsitteeseen ja itse kasvillisuuden lähempään tarkasteluun.

Kuivat kangasmetsät Cajander (1949) määrittelee metsiksi, joiden kasvillisuuden yleisluonne on kutakuinkin kserofiilinen (eli kuivuutta suosiva). Kasvillisuuden muista yleispiirteistä hän mainitsee, että jäkäläkasvillisuutta on melkein aina olemassa, kuivimmilla, karuimmilla kankailla yhtämittaisena peittona; sammalkasvillisuuden runsaus on päinvastainen jäkäläkasvillisuudelle. Ruohoja ja heiniä on niukalti. Varpuja on enimmäkseen runsaasti ja useimmat ovat hyvin selvästi kserofiilisiä. Pensaita on yleensä hyvin vähän. Vallitsevana puulajina on Suomessa tavallisimmin mänty.

Kuten huomataan, tässä kuivien kankaiden määrittelyssä pannaan varsin suuri paino kasvillisuuden kserofiiliselle yleisluonteelle. Ja kun muistamme, että Cajander metsätyyppikäsitteen määrittelyssä yleensäkin panee suuren painon kasvillisuuden lajikokoomuksen rinnalla sen yleiselle ekologis-biologiselle luonteelle ja siitä johtuvalle ulkonaiselle fysiognomialle, ymmärrämme, että Cajander juuri tässä on nähnyt ratkaisevimman erilaisia kuivia kangasmetsiä yhdistävän piirteen. Kun seuraavassa joudutaan usein käyttämään sanoja kserofiilinen ja kseromorfinen, mainittakoon vielä selvyyden vuoksi, että kserofiilisilla kasveilla tarkoitetaan nykyään kasveja, jotka yleisesti kasvavat kuivilla kasvupaikoilla, ja joilla on vähäiset vaatimukset veteen nähden (Schimper-Faber 1935, Daubenmire 1948, Braun-Blanquet 1951). Kseromorfisilla kasveilla taas tarkoitetaan kasveja, joilla on erikoisia rakenneominaisuuksia, jotka voidaan tulkita veden haihtumista ehkäiseviksi tai veden varastointia tarkoittaviksi tai muuten kuivassa paikassa toimeentuloa helpoittaviksi. Edellinen käsite on siis

ekologinen, jälkimmäinen morfologinen. Vastaavasti on ymmärettävä käsitteet mesofiilinen ja mesomorfinen sekä hygrofiilinen ja hygromorfinen.

Vaikkakaan muissa maissa kuivien kankaiden käsite ei ole yhtä täsmällisesti vakiintunut kuin Suomessa, voidaan kuitenkin yleensä todeta, että meikäläisessä mielessä kuivat kankaat on yleensä muuallakin pohjoisessa havumetsävyöhykkeessä tulkittu enemmän tai vähemmän kuiviksi (esim. Eneroth 1936, Ronge 1936, Arnborg 945, Raup 1946).

Tarkastelkaamme nyt siis hieman lähemmin, millaisia ovat ne muutokset kasvillisuudessa, joiden johdosta kuivien kankaiden ala Pohjois-Suomessa on käsitetty huomattavasti suuremmaksi kuin Etelä-Suomessa.

Etelä- ja Pohjois-Suomen kasvullisten kovanmaan metsien kasvillisuutta voidaan tietysti verrata useallakin tavalla. Varsin kouraantuntuva kuva muutosten suurista linjoista saadaan vertaamalla tärkeimpien kasvilajien keskinäistä runsautta Etelä- ja Pohjois-Suomessa toisiinsa. Tähän onkin hyvät mahdollisuudet, kun valtalajit ovat pääasiassa samoja.

Taulukko 1. Eräiden metsäkasvien kokonaispeittävyys sadanneksina kasvullisten kovien metsämaiden alasta.

Table 1. The total cover of some forest plant species as an approximate percentage of the productive firm forest land area.

Kasvilaji *Plant species*	Etelä-Suomi *South-Finland*	Pohjois-Suomi *North-Finland*
	%	
Cladonia spp.	1	26
Dicranum undulatum	12	8
Dicranum fuscescens	+	8
Pleurozium Schreberi	41	53
Hylocomium proliferum	32	15
Ruohot ja heinät — *Herbs and grasses*	12	3
Calluna vulgaris	3	16
Vaccinium vitis-idaea	15	35
Vaccinium myrtillus	17	37
Vaccinium uliginosum	+	1
Empetrum spp.	1	14
Linnaea borealis	1	3

Taulukossa 1 nähdään tulos tällaisesta vertailusta. Vasemmalla on Etelä-Suomea ja oikealla Pohjois-Suomea koskeva laskelma. Itse laskelmat on suoritettu metsätyypeittäin ottamalla huomioon kunkin lajin keskimääräinen peittävyys eri metsätyypeissä ja eri metsätyyppien suhteellinen osuus koko kasvullisten kovien maiden alasta. Vaikkakin tällaista laskelmaa tietysti on pidettävä varsin karkeana, antanee se kuitenkin suurin piirtein oikean kuvan muutoksien suuruusluokasta.

Ehkä silmäänpistävin on muutos jäkälien kohdalla. Etelä-Suomessa niiden on arvioitu peittävän vain n. 1 % kasvullisen kovan metsämaan kokonaisalasta, mutta Pohjois-Suomessa n. 26 %. (Jäämeren vesistöalueessa jäkälien voidaan laskea peittävän jopa n. 40 % koko kasvullisen kovan metsämaan alasta.) Ilmeisesti juuri jäkälien runsaus Pohjois-Suomen metsissä onkin ollut voimakkaasti korostamassa näiden metsien karua ulkoasua.

Sammalkerroksessa huomattavin ero Etelä- ja Pohjois-Suomen välillä näkyy *Hylocomium proliferumin* kohdalla. Sitä on Pohjois-Suomessa — ehkä vastoin yleistä käsitystä — paljon vähemmän kuin Etelä-Suomessa.

Ruohoja ja heiniä on Pohjois-Suomessa yleisesti paljon vähemmän kuin Etelä-Suomessa.

Varvuista kiinnittää ensinnäkin huomiota kanerva, jota Pohjois-Suomessa on siitäkin huolimatta enemmän kuin Etelä-Suomessa, että se siellä jo kasvaa varsin lähellä levinneisyysalueensa pohjoisrajaa. Puolukkaa ja mustikkaa on Pohjois-Suomessa runsaammin kuin Etelä-Suomessa, joskin niiden keskinäinen runsaussuhde näyttää olevan kautta koko maan kutakuinkin sama. Variksenmarjaa on Pohjois-Suomessa kovilla mailla huomattavasti runsaammin kuin Etelä-Suomessa, kuten yleisesti onkin tunnettua. Huomattakoon samalla, että varpujen kokonaispeittävyys nousee Pohjois-Suomessa paljon suuremmaksi kuin Etelä-Suomessa, mikä tosin sekin lienee melko yleisesti tunnettua.

Muutokset Etelä-Suomesta Pohjois-Suomeen ovat siis sellaisia, että kasvillisuuden kseromorfiset ainekset huomattavasti lisääntyvät.

Tämä toteamus osoittaa, että edellä todettu kuivien kangasmetsätyyppien lisääntyminen etelästä pohjoista kohden ei voi olla mikään vain metsätyyppien luokittelutekniikasta mahdollisesti johtuva, enemmän tai vähemmän subjektiivinen asia, vaan että kasvillisuudessa todella tapahtuu olennaisia muutoksia siihen suuntaan, että kseromorfiset ainekset lisääntyvät pohjoisessa. Samalla suoritettu vertailu osoittaa ne kasvilajit, joihin ilmiötä tutkittaessa on syytä kiinnittää erikoista huomiota.

Nyt suoritetun niin sanoakseni kvantitatiivisen vertailun lisäksi on syytä suorittaa myös kvalitatiivista vertaamalla Etelä- ja Pohjois-Suomen sijaistyyppejä eli paralleelityyppejä toisiinsa. Kun K u j a l a (1936) jo aikaisemmin on varsin seikkaperäisesti esittänyt tällaisen vertailun, voidaan tässä tyytyä vain kertaamaan pääkohdat ja nimenomaan nyt esillä olevan kysymyksen kannalta tärkeät osat hänen tutkimustuloksistaan.

Kuivien kankaiden sijaistyyppejä toisiinsa verrattaessa, esim. eteläistä *Calluna—Cladina*-tyyppiä ja pohjoista varpu-jäkälätyyppiä tai eteläistä puolukkatyyppiä ja pohjoista variksenmarja-mustikkatyyppiä verrattaessa nähdään, että pohjoisissa tyypeissä jäkälän, variksenmarjan ja mustikan määrä yleensä lisääntyy eräiden sammalten, heinien ja ruohojen määrän vähentyessä. Erityisesti mustikan yleistyminen jopa

varsin jäkälärikkaillakin kankailla on varmaan herättänyt monia kysymyksiä Pohjois-Suomen kasvillisuuden tarkastelijoissa. Myös suovarpujen, kuten suopursun, juolukan ja vaivaiskoivun »nouseminen» näille jäkälärikkaille kankaille on ollut erikoispiirre, joka on antanut paljon ajattelemisen aihetta. Metsätähden runsaanlainen esiintyminen eräissä jäkälärikkaissa metsätyypeissä kuuluu myös tähän ryhmään.

Mainittakoon näiden Suomessa tehtyjen havaintojen lisäksi vielä se meikäläisen metsämiehen näkökulmasta merkillinen ilmiö, että laajoilla aloilla maapallolla pohjoisen metsänrajan muodostaa kuivilla jäkäläkankaillakin kuusi, Pohjois-Venäjällä ja Siperiassa *Picea obovata* ja Kanadassa *Picea mariana*.

Kaiken kaikkiaan kasvillisuuden kvalitatiiviset muutokset ovat sen suuntaisia, että ne panevat epäilemään eteläisten ja pohjoisten sijaistyyppien ekologian samankaltaisuutta.

Näihin Pohjois- ja Etelä-Suomen metsäkasvillisuuden välisiin eroihin on meillä kiinnittänyt K u j a l a (1936) aikaisemmin Keski- ja Pohjois-Suomen välistä kasvillisuusrajaa koskevassa tutkimuksessaan huomiota. Hän toteaa Etelä- ja Pohjois-Suomen metsäkasvillisuuden välillä tärkeitä eroja kilpailusuhteissa, mistä edelleen johtuu vaatimattoman kasvillisuuden levittäytymistä Pohjois-Suomessa suhteellisesti laajemmalle kuin Etelä-Suomessa.

Varsinkin se seikka, että Pohjois-Suomen kuivilla kankailla kasvillisuuden kseromorfiset ja mesomorfiset ainekset näyttävät viihtyvän rintarinnan paremmin kuin Suomen eteläpuoliskossa, nostaa esiin joukon kysymyksiä. Käsillä olevan aiheen kannalta ovat tärkeitä mm. seuraavat: 1. mihin tuloksiin kokeellis-ekologinen tutkimus on yleensä tullut niiden kseromorfisten kasvilajien kserofiilisyydestä, jotka ovat leimaa-antavia Pohjois-Suomen kuiville kankaille, 2. millainen on näiden kasvilajien vesitalous Pohjois-Suomessa ja 3. mikä on todennäköisin syy kseromorfisen kasvillisuuden runsauteen Pohjois-Suomessa. Tarkastelkaamme näitä kysymyksiä lyhyesti kutakin erikseen.

Kysymys kseromorfisten kasvilajien ekologiasta ja nimenomaan kysymyös niiden kserofiilisyydestä on viime 35 vuoden kuluessa ollut varsin vilkkaan mielenkiinnon kohteena ja jo nyt on olemassa laaja kirjallisuus tämän kysymyksen selvittämiseksi suoritetusta kokeellisekologisesta tutkimuksesta. Tässä ei olekaan mahdollista kuin viitata esillä olevan aiheen kannalta keskeisiin päätuloksiin.

Jäkälien ekologiaa ovat tutkineet erityisesti G o e b e l (1926), S t o c k e r (1927) ja S t å l f e l t (1936). Sitä ovat paljon valaisseet myös B u c h i n (1947) tosin ensi sijaisesti sammaliin kohdistuneet ekologiset tutkimukset. Näistä tutkimuksista käy m. m. selvästi ilmi, että esim. poronjäkäliä ei voida pitää ainakaan sanan varsinaisessa merkityksessä kseromorfisina kasvilajeina. Jäkälillähän ei yleensä ole mitään

haihduntaa ehkäiseviä laitteita, vaan yleensä ne runsaidenkin sateiden jälkeen kuivuvat varsin nopeasti, nopeammin kuin useimmat muut metsiemme kasvit. Edellä mainituista tutkimuksista käy lisäksi ilmi, että jäkälät voivat assimiloida hiilidioksidia vain verrattain kosteina ja että ne tämän vuoksi nopean kuivumisen huomioon ottaen itse asiassa ovat varsin riippuvaisia kosteudesta. Kun jäkälät eivät ainakaan sanottavassa määrässä tyydytä veden tarvettaan maasta, vaan ilmasta käsin, ovat ne siis erityisesti riippuvaisia atmosfäärisestä kosteudesta. Jäkälät tosin voivat suuremmitta vaurioitta täydellisesti kuivua jopa muutaman viikonkin ajaksi, mutta rajaton ei niiden kestävyys tässä suhteessa ole. Erikoista jäkälien ravintotaloudelle on lisäksi, että niiden CO_2-assimilation maksimi sattuu verrattain alhaisiin lämpötiloihin, n. 10—15° C:een. Kuten monet sammallajit, ovat jäkälätkin kutakuinkin riippumattomia kasvualustansa ravinteista ja sellaisina mitä tyypillisimpiä oligotrafenttejä. Kaiken kaikkiaan on sanottava, että jäkälien erikoinen fysiologia tekee ne toisaalta kuivuutta kestäviksi, mutta toisaalta myös varsin riippuvaisiksi atmosfäärisestä kosteudesta. Minään tyypillisinä kserofiileinä ei niitä voitane pitää.

Kseromorfisten varpujen ekologiaa koskeva tutkimus on viime vuosikymmeninä ollut erittäin vilkasta. Varsinkin varpurikkaiden soiden kasvillisuuden ekologian tutkiminen on opettanut perusteellisesti tarkistamaan monia vanhoja käsityksiä. Warmingin (1896), Schimperin (1898) ym. tunnettujen kasvimaantieteilijäin kehittämänä on meilläkin aikanaan varsin yleisesti omaksuttu se käsitys, että tietyt suot suoveden erikoisten ominaisuuksien, ehkä lähinnä niiden happamuuden, vuoksi olisivat ns. fysiologisesti kuivia kasvupaikkoja, joilla ainakin korkeampien kasvien olisi vaikea tyydyttää veden tarvettaan. Näin selitettiin mm. kseromorfisten varpujen runsas esiintyminen mainitunlaisilla soilla. Myöhemmin kuitenkin varsinkin Montfortin (1918), Boysen-Jensenin (1919) ja Stockerin (1923) julkaisemat tutkimukset osoittivat kiistattomasti, että mainitut varvut kasvukauden aikana haihduttavat soilla vettä varsin runsaasti ja jopa runsaamminkin kuin monet niiden rinnalla kasvavat mesomorfiset kasvit. Veden ottaminen suosta ei näyttänyt tuottavan niille vaikeuksia. Näin oli teoria soiden fysiologisesta kuivuudesta osoitettu kestämättömäksi, ja samalla koko kserofyyttikäsite joutui tarkistettavaksi. Tämä tarkistustyö tosin vielä jatkuu, mutta eräs tärkeä tulos on kuitenkin saavutettu: on opittu näkemään, että kasvien ulkonäön eli fysiognomian ja niiden erikoisen morfologian nojalla tehdyt päätelmät niiden ekologiasta johtavat erittäin helposti harhaan. On lisäksi opittu ymmärtämään, että monen kasvin ekologinen amplitudi on yllättävän laaja, minkä vuoksi samankin kasvilajin yleinen fysiologinen toiminta voi olla varsin erilaista erilaisilla kasvupaikoilla. Edellä mainittujen tutkimusten pohjalla voidaan mm. Pohjois-

Suomen kuiville kankaille leimanantavista varvuista, puolukasta, kanervasta, variksenmarjasta ja suopursusta sanoa, että ne tosin ovat tunnusomaisia monille todella kuiville kasvupaikoille, joilla niitä voidaan pitää kserofiileinä, mutta sen ohessa niitä tavataan runsaina toisenlaisillakin kasvupaikoilla, kuten esim. soilla, joissa niitä on pidettävä mesofiileinä tai jopa hygrofiileinäkin kasvilajeina.

Näin joudummekin lähelle toista kysymystämme, millainen on edellä mainittujen kseromorfisten varpujen yleinen vesitalous niiden kasvaessa pohjoisessa lähellä metsänrajaa eli toisin sanoen, ovatko ne siellä kserofiilejä vai mesofiilejä. Tätä kysymystä on yksityiskohtaisimmin selvitellyt Stocker (1931). Hän suoritti tutkimuksia kesällä 1928 arktisella metsänrajalla Abiskon luonnontieteellisellä koeasemalla Ruotsissa. Tutkimukset käsittivät seuraavat kasvilajit: *Vaccinium vitis-idaean*, *Linnaea borealisin* ja *Rhododendron lapponumin*, jotka edustivat aineistossa kseromorfista lehtirakennetta, ja mesomorfista rakennetta edustavat *Rubus chamaemorusin*, *Viola bifloran*, *Trollius europaeusin*, *Astragalus alpinusin*, *Pedicularis palustrisin* ja *Betula tortuosan*. Tutkimuspaikkoina oli eräs rinnesuo, kuiva kangas *(eine kleine Heidelichtung im Birkenwald)* ja puron varsi. Joitakin erikoistutkimuksia tehtiin lisäksi aivan koeaseman pihaan liittyvällä kuivalla kankaalla. Tutkimukset suoritettiin kasvukauden alussa, joka sattuu Abiskossa kesäkuun loppupuolelle, ja kasvukauden keskivaiheilla, heinäkuun lopulla.

Tutkimuksen tuloksena todettiin tutkittavaksi otettujen kasvilajien kasvukauden aikainen vesitalous erittäin suotuisaksi. Erityisesti Stocker kiinnittää huomiota siihen, ettei kasveissa yleensä keskipäivälläkään ollut todettavissa haihtumisen vähentymistä ilmarakojen sulkeutumisen vuoksi, kuten aivan yleisesti tapahtuu varsinaisilla kuivilla kasvupaikoilla. Tämä koski kaikkia koekohtia, myös kuivia kankaita, sekä myös kaikkia tutkittavaksi otettuja kasvilajeja, niin hyvin ainavihantia kseromorfisia varpuja kuin kesävihantia meso-hygrofiilisiä ruohojakin. Veden haihtuminen oli riippuvainen lämpötilasta ja varsinkin auringon paisteesta, mutta kumma kyllä, ei sanottavasti tuulista, kuten yleensä varsikin Kairamon (1890) tekemiin havaintoihin perustuen on otaksuttu. Eri kasvilajeja verrattaessa kävi edelleen ilmi, että sekä kseromorfisten että meso-hygromorfisten lajien joukossa oli sekä runsaasti että heikonlaisesti haihduttavia lajeja; morfologian perusteella ei ollut mahdollista täälläkään tehdä päätelmiä haihtumisen runsaudesta. Myös Ståhlfeltin (1925), Müllerin (1928) ja Kostytshewin (1930) pohjoisella metsänrajalla suorittamat fotosyntesiä koskevat tutkimukset ovat antaneet tuloksia, jotka ovat samansuuntaisia Stockerin tutkimustulosten kanssa.

Tässä yhteydessä on syytä palauttaa mieleen, että jo kauan on kiinnitetty huomiota kseromorfisten rakennemuotojen yleisyyteen arktisessa

kasvillisuudessa ja että varsin yleisesti tässä on nähty Schimperin (1898) ajatuksiin yhtyen tulos maan kylmyydestä johtuvasta fysiologisesta kuivuudesta. Stockerin tutkimukset ovat siis kumonneet tämän teorian, samoin kuin jo aikaisemmin oli hylätty teoria soiden fysiologisesta kuivuudesta.

Lyhyesti kerraten edellä sanottu, on siis toiseen kysymykseemme vastattava, että Pohjois-Suomen kasvillisuudelle leiman antavat jäkälät ja kseromorfiset varvut eivät ainakaan alueen pohjoisosassa yleensä ole kserofiilejä, eivät edes ns. kuivilla kankailla, kaikkein kuivimpia mahdollisesti lukuun ottamatta.

Näin jää yhä mielenkiintoisemmaksi kolmas kysymyksemme, mistä siis johtuu kseromorfisen kasvillisuuden runsaus Pohjois-Suomessa.

Tähänkin kysymykseen on Stocker tutkimuksissaan tuonut ainakin suunnistavan vastauksen. Lopullisena tuloksena tutkimuksistaan hän näet toteaa, että hänen tutkimiensa kasvien jatkuvasti suuri vesipitoisuus ja siitä johtuva ilmarakojen jatkuva aukiolo luovat erittäin edulliset fysiologiset edellytykset CO_2-assimilatiolle ja tekevät mahdolliseksi pitkän arktisen päivän mahdollisimman tehokkaan hyväksikäyttämisen. Stocker päätteleekin tutkimustensa perusteella, että juuri suotuisan vesitalouden ja assimilation yhteistoiminnassa arktinen kasvillisuus voittaa todellisen päävaikeutensa, nimittäin vaikeuden hankkia toimeentulolle välttämätön assimilatioylijäämä lyhyen kasvukaunden kuluessa.

Vasta ilmestyneessä kasvitieteen oppikirjassaan Stocker (1952) vielä useassa kohdassa palaa arktisten kasvien erikoiseen ekologiaan. Pääkohdat yhdistäen hänen käsityksensä on, että suurimmalle osalle lähellä arktista metsänrajaa kasvavaa kasvillisuutta on ominaista lyhyen kasvukauden mahdollisimman tehokas hyväksikäyttö ja samalla vähäiseen assimilatioylijäämään tyytyvä kokonaistalous. Ainavihannoivat, enemmän tai vähemmän oligotrofiset varvut ja varsinkin »ainavihannat» ekstreemin oligotrofiset jäkälät näyttävät aivan erityisesti täyttävän nämä ehdot.

Metsätaloudessa on nyt tärkeätä huomata, että ilmeisesti nämä Stockerin ym. tutkijain arktista kasvillisuutta koskevat tutkimustulokset ovat pääosiltaan sovellettavissa vielä kaukana metsänrajan eteläpuolellakin suuressa osassa pohjoisten metsien kasvillisuutta. Täälläkin ainavihannat varvut ja jäkälät ovat laajoilla aloilla leimanantavia nähtävästi samoista syistä kuin arktisella metsänrajallakin. Kun ainavihannuuteen vähänkin maanpinnasta kohoavilla kasveilla Pohjolan ilmastossa talven ja kevään fysiologisen kuivuuden vuoksi eräänlaisena välttämättömyytenä liittyy tietty kseromorfia, on ymmärrettävää, että kseromorfinen fysiognomia on erityisen leimaa-antavaa Pohjois-Suomen kasvillisuudelle. Toisaalta on myös ilmeistä, että vaikka tämä kasvillisuus onkin kseromorfista, se ei ainakaan pääasiallisesti ole kserofiilistä.

Itse asiassa pitäisi sen jo aikaisemmin todetun seikan, että mesomorfiset kasvilajit Pohjois-Suomessa viihtyvät kseromorfisten rinnalla paremmin kuin Etelä-Suomessa, osoittaa, että kseromorfistenkaan lajien kohdalla ei voi olla ensi sijaisesti kysymys kserofiilisyydestä.

Tässä kohden on myös hyvä muistaa, että esim. kaikilla havupuilla on erittäin kseromorfiset lehdet, mutta siitä huolimatta tiedetään hyvin, etteivät ne edes suurimmaksi osaksi ole kserofyyttejä sanan varsinaisessa mielessä. Ajateltakoon vain esim. Keski-Euroopan *Abies pectinataa* tai omaa kuustamme *(Picea excelsaa)* tai monia muita vain tuoreilla kasvupaikoilla hyvin menestyviä havupuita. Niinpä esim. Schimper-Faberin (1935) kasvimaantieteen oppikirjassa huomautetaankin, että havupuiden lehtien kseromorfinen rakenne ei ole mikään syy lukea niitä kserofyyteiksi, vaan koko elämäntapansa mukaan havupuut kuuluvat tropofyytteihin. Tropofyyteillä e. m. tutkijat tarkoittavat (s. 5) kasveja, jotka eri vuodenaikoina elävät erilaisissa kosteusoloissa, esim. talvella kuivassa ja kesällä tuoreessa kasvupaikassa, ja ovat sen mukaisesti järjestäneet vesitaloutensa.

Samalla tavoin kuin havupuiden kseromorfia, on nähtävästi myös Pohjois-Suomen metsien aluskasvillisuudessa yleisesti tavattava kseromorfia suureksi osaksi tulkittava lähinnä juuri tropofyyttiseksi eikä kserofiiliseksi ominaisuudeksi.

Tässä tehty rinnastus pohjoista kohti yleistyvien kseromorfisten varpujen ja havupuiden välillä on muuten sikäli mielenkiintoinen, että, kuten tunnettua, myös havupuut tulevat yhä leimanantavimmiksi havumetsävyöhykkeen pohjoisosissa. On itse asiassa yllättävää todeta, että toistaiseksi ei vielä ole esitetty tyydyttävää selitystä tälle ilmiölle, mutta nyt joutuu kysymään, onko kyseessä paralleeli-ilmiö kseromorfisten varpujen yleistymisen kanssa, ja ovatko syytkin näihin molempiin ilmiöihin mahdollisesti osittain samat.

On myös paikallaan kiinnittää huomiota niihin puiden sädekasvun aikakautisia vaihteluita koskeviin tutkimuksiin, joita viime vuosina mm. Erlandsson (1936), Hustich (1947) ja Mikola (1950) ovat suorittaneet pohjoisella metsänrajalla. Näistä tutkimuksista käy mm. selville, että paksuuskasvun vaihtelut ovat kyseessä olevalla alueella ensi kädessä riippuvia kasvukauden lämpöoloista, mutta ettei riippuvaisuussuhdetta sädemäärään voida todeta kuivillakaan kankailla. Esim. Keski-Euroopassa ja Pohjois-Amerikan kaakkoisvaltioissa, missä kasvukauden lämpöolot ovat varsin suotuisat, ovat tutkimukset sitä vastoin osoittaneet (esim. Lodewick 1930), että sademäärästä muodostuu eräs sädekasvun minimitekijöistä. Puiden sädekasvuakin koskevat tutkimukset osoittavat siis, että pohjoisen kasvillisuuden kannalta lämpöoloilla on ratkaiseva merkitys, ja että kosteus jää niiden rinnalla vähemmän merkitsevälle sijalle.

Kuvaavia kasvillisuuden yleisille toimeentulon edellytyksille Pohjois-Suomessa ovat myös maataloudesta saadut kokemukset. Perusteellisia tutkimuksia maataloudellisten kasvien vuodentulon riippuvaisuudesta ilmasto-oloista maamme eri osissa on suorittanut K e r ä n e n (1931). Puuttumatta yksityiskohtaisemmin hänen mielenkiintoiseen tutkimukseensa mainittakoon vain, että K e r ä s e n mukaan sateen merkitys jää Oulun läänissä kokonaan varjoon lämpötilan rinnalla. Maan eteläpuoliskossa sateen merkitys sitä vastoin on paljon suurempi.

Todettuamme näin, että Pohjois-Suomen metsille leimanantava kseromorfinen kasvillisuus ilmeisestikin on tulkittava enemmänkin tropofyyttiseksi ja oligotrofiseksi kuin kserofiiliseksi ja että kuivuuden merkitys Pohjois-Suomen metsien ekologiassa ilmeisesti ei ole läheskään niin suuri kuin tähän asti on yleensä otaksuttu, jää vielä jäljelle kysymys siitä, miten tämä mahdollisesti on otettava huomioon Pohjois-Suomen metsätyyppijärjestelmässä ja sen kautta myös metsien hoidossa.

Nykyään käytännössä oleva metsätyyppien keskinäinen ryhmittäminen rakentuu pääasiassa sille perusnäkemykselle, että kasvillisuuskuvassa esiintyvät vaihtelut johtuvat ensi sijaisesti kasvupaikkojen erilaisista kosteusoloista, ja tämän mukaan metsätyypit on ryhmitetty lisääntyvän kosteusasteen mukaan kuivista tuoreisiin. Tyyppijärjestelmän kehittämisen kannalta on tietysti kuitenkin erittäin tärkeätä, että kasvillisuuden ekologia kokonaisuudessaan tulkitaan mahdollisimman oikein. Antaahan C a j a n d e r k i n nimenomaan kasvillisuuden ekologis-biologiselle luonteelle erittäin suuren merkityksen jo metsätyypin määritelmässä. Tämän vuoksi näyttäisi tarpeelliselta, että kiinnitettäisiin yhä enemmän huomiota myös niihin eroihin kasvillisuudessa, jotka primäärisesti johtuvat erilaisista lämpöoloista. Nyt käytännössä olevan kuiva—kostea variatiosuunnan rinnalle olisi asetettava myös variatiosuunta lämmin—kylmä. Tämä koskee erityisesti Pohjois-Suomea, jossa ilmaston ankaruudesta johtuen suhteellisen pienetkin paikalliset ilmastolliset muutokset ovat kasvillisuuden kannalta tärkeitä. Esimerkkinä siitä, mitä tämä käytännössä saattaa merkitä, esitettäköön luonnos tällaiselle pohjalle rakentuvaksi kangasmetsätyyppien ryhmitykseksi. (Luonnoksesta on paksusammaltyyppi jätetty pois, koska sen ekologiasta saataneen lähitulevaisuudessa yksityiskohtaisia tietoja.)

Kylmyys lisääntyy → *Cold encreases*

EMT	ErClT	ClT		
EMT	EMT	ErClT	ClT	
pMT	EVT	pCT	(ErClT)	ClT

Kuivuus lisääntyy → *Dryness encreases*

pMT = pohjoinen *Myrtillus*-tyyppi — *Northern Myrtillus (nigra) type*,
EVT = *Empetrum—Vaccinium*-tyyppi — *Empetrum—Vaccinium (vitis-idaea) type*,
pCT = pohjoinen *Calluna*-tyyppi — *Northern Calluna type*,
ErClT = *Ericaceae—Cladonia*-tyyppi — *Ericaceae—Cladonia type*,
ClT = *Cladonia*-tyyppi — *Cladonia-type*.

Tällaisen ryhmittämisluonnoksen tarkoituksena ei tietysti ole muuta kuin havainnollistaa, mitä edellä mainituilla kahdella variatiosuunnalla tarkoitetaan. Eri tyyppien keskinäiset suhteet on tietysti lopullisesti selvitettävä paljon tarkemmin erikoistutkimuksilla. Vaikkakaan tyyppien järjestäminen täten kahden variatiosuunnan periaatteen mukaisesti ei varsinaisesti tuo mitään uutta metsätyyppioppiin, se kuitenkin nähtävästi monessa suhteessa paljon helpottaa asioiden ymmärtämistä ja toivottavasti luo myös suurempaa selkeyttä Pohjois-Suomen suhteellisen vaikeaksi osoittautuneeseen metsätyyppikysymykseen. Kiinnitettäessä täten enemmän huomiota kasvupaikkojen lämpöoloihin tietysti kuitenkin samalla muistetaan, että lämpötekijän seurausilmiöt ovat varsin monitahoiset tuntuen mm. maassa ja mikroilmastossa, kuten valaistussuhteissa y. m. Itse asiassa yrittäessämme järjestää kasvillisuutta luonnolliseksi järjestelmäksi joudumme nähtävästi ottamaan huomioon monia muitakin variatiosuuntia, kuten Sukatshew (1932), Eneroth (1936) ja meillä varsinkin Tuomikoski (1943) ovat korostaneet.

Niinpä variksenmarja-mustikkatyypin paikka on kahden variatiosuunnan järjestelmässä niin sanoakseni luonnollisempi kuin vain yhden järjestelmässä, jossa käytännönkin miehet ovat kiinnittäneet huomiota siihen, että variksenmarja-mustikkatyyppi, joka jo nimeltään ja kasvillisuudeltaan liittyy osittain läheisesti mustikkatyyppiin, joutuu variksenmarja-puolukkatyypin ja varpu-jäkälätyypin väliin. Kahden variatiosuunnan järjestelmässä käyvät myös varsin havainnollisiksi ne olennaiset ekologiset erot, jotka on tärkeätä huomata jäkälätyypin ja varpu-jäkälätyypin pohjoisten ja eteläisten varianttien välillä: edelliset ovat ensisijaisesti »kylmiä» metsätyyppejä, jälkimmäiset todennäköisesti osittain myös todella kuivia.

Kun siis nykyiset tietomme varsin vahvasti viittaavat siihen, että suuri osa Pohjois-Suomen tähän mennessä kuiviksi tai kuivanpuoleisiksi luetuista kangasmetsistä on sellaisia, että kasvien vesitalous niillä nähtävästi on varsin tyydyttävä, kysyttäneen ehkä myös, minne sitten on vedettävä kuivien ja tuoreiden metsien raja.

Kuiva ja tuore ovat tietysti suhteellisia käsitteitä, ja niitä voitaneen tietyllä varovaisuudella käyttää Pohjois-Suomessakin, sillä onhan ilmeistä, että sielläkin eräät metsätyypit ovat toisia kuivempia. Etelä-

suomalaisessa mielessä kuivia kankaita lienee Pohjois-Somessa kuitenkin vähemmän kuin Etelä-Suomessa ja siis vain vähäinen osa nykyisin siellä kuiviin kankaisiin luetuista.

Usean variatiosuunnan näkökulmasta katsottuna tuskin kuitenkaan lienee lainkaan tarkoituksenmukaista puhua Pohjois-Suomessa kuivista tai tuoreista kankaista, vaan riittänee, kun mainitaan metsätyypit niitä pääluokkiin ryhmittelemättä. Näyttää näet olevan vaara tarjolla, että luokituksesta tässä tapauksessa voi tulla enemmänkin asioiden todellista ymmärtämistä vaikeuttava kuin sitä helpoittava tekijä.

Varsinaisessa metsänhoidon tekniikassa tulevat tässä kosketellut kysymykset ehkä tärkeimpinä esiin metsien uudistamista joko luontaisesti tai metsänviljelyä käyttäen suunniteltaessa. Itse asiassa juontaakin koko nyt suoritettu Pohjois-Suomen n. s. kuivien kankaiden ekologinen tarkastelu alkunsa juuri uudistumistutkimuksista (S a r v a s 1950). Tutkittaessa männyn luontaista uudistumista Pohjois-Suomen kuivilla kankailla saatettiin näet todeta, että uudistumistapahtuman ekologinen pohja oli Pohjois-Suomessa olennaisesti toinen kuin Etelä-Suomessa. Männyn luontaista uudistumista Etelä-Suomen kuivilla kankailla pahiten uhkaavalla vaaralla, kuivuudella, ei Pohjois-Suomessa ollut samaa ratkaisevaa merkitystä. Jo tässä tutkimuksessa siis osoittautui, etteivät kuivat kankaat Pohjois-Suomessa ole samassa mielessä kuivia kuin Etelä-Suomessa. Tässä ei ole mahdollista lähteä yksityiskohtaisemmin tarkastelemaan, millaisiksi metsien uudistamistoimenpiteet yksityiskohdittain on suunniteltava Pohjois-Suomessa, mutta selvää on, että käytännölliset toimenpiteet monissa kohdin saavat kokonaan eri muodon riippuen siitä, käsitetäänkö kuivuus vai kylmyys (kasvukauden lyhyys) uudistumisen primääriseksi minimitekijäksi.

Ne ajatukset, joita tässä on esitetty Pohjois-Suomen metsien ekologiasta, muodostavat yrityksen tarkastella Pohjois-Suomen metsäluontoa eräiden kokeellis-ekologisen kasvillisuuden tutkimuksen uudempien tutkimustulosten valossa. Selvää kuitenkin on, että tällaisella tarkastelulla ei voi vielä tällä hetkellä olla kuin orientoiva luonne, ja se onkin ollut tarkoitettu vain jonkinlaiseksi lähtökohdaksi ja alustukseksi seikkäperäisemmälle kokeelliselle tutkimustyölle.

Nyt puheena olevien, koko pohjoisen havumetsävyöhykkeen metsien ekologian ja niiden hoidon kannalta tärkeiden kysymysten selvittelyyn on käsittääkseni Suomessa olemassa hyvät edellytykset. Maamme ulottuu pinnanmuodostukseltaan verrattain tasaisena, leveänä kaistaleena havumetsävyöhykkeen eteläpuolelta ohi sen pohjoisimman rajan ja antaa siten tutkimustyölle ainutlaatuisen eheän poikkileikkauksen koko vyöhykkeestä. Maassamme on toteutettu C a j a n d e r i n metsätyyppijärjestelmässä kasvupaikkojen luonnollinen luokittelu ja tälle pohjalle

laadittu metsien luontaista kehitystä erikseen Etelä- ja Pohjois-Suomessa esittelevät kasvu- ja tuottotaulukot (Ilvessalo 1920 ja 1937). Meillä on lisäksi jo kohta kolmen valtakunnan metsien arviointien tuloksissa verrattomat tilastot edellä mainittujen luonnollisten kasvupaikkaluokkien runsaussuhteista maan eri osissa sekä metsien todellisesta rakenteesta ja kehityksestä. Valtakunnan metsien arviointien perusteella on lisäksi voitu hankkia varsin yksityiskohtaisia tilastoja myös maasta. Tämän lisäksi on suoritettu paljon nyt puheena olevien kysymysten kannalta tärkeätä erikoistutkimusta, joka huomattavalta osalta on kohdistunut myös maamme pohjoisimpaan osaan. Mainittakoon vain jo aikaisemmin mainittujen lisäksi esim. Aaltosen (1919), Heikinheimon (1920 a, 1920 b, 1921 ja 1922) ja Kujalan (1929) tutkimukset.

Kaiken kaikkiaan on sanottava, että nämä myönteiset ja arvokkaat perusedellytykset, joille jo tämä pieni esitys on olennaisesti rakentunut, tulevaisuudessa varmaan takaavat nyt puheena olevalle tutkimustyölle erittäin hyvät menestymisen edellytykset.

Kirjallisuutta

Aaltonen, V. T. 1919. Kangasmetsien luonnollisesta uudistumisesta Suomen Lapissa. I. *Referat:* Über die natürliche Verjüngung der Heidewälder im finnischen Lappland. I. MTJ 1.

—»— 1935. Zur Stratigraphie des Podsolprofils. I. *Selostus:* Valaisua podsolimaan kerrallisuuteen. I. MTJ 20.

—»— 1939. Zur Stratigraphie des Podsolprofils. II. *Selostus:* Valaisua podsolimaan kerrallisuuteen. II. MTJ 27.

—»— 1941. Metsämaamme valtakunnan metsien toisen arvioinnin tulosten valossa. *Referat:* Die finnischen Waldböden nach den Erhebungen der zweiten Reichswaldschätzung. MTJ 29.

Arnborg, Tore. 1945. Det nordsvenska skogstypsschemat. Stockholm.

Bazyrina, K. Ks. Kostytschew, S., Tschesnokov, W. ja Bazyrina, K.

Boysen-Jensen, P. 1919. Studies on transpiration in high-moor plants. (IV: Henning E. Petersen, Maglemose i Grib Skov.) Botanisk Tidsskrift, Bind 36. København.

Braun-Blanquet, J., 1951. Pflanzensoziologie. 2. Aufl. Wien.

Buch, Hans. 1947. Über die Wasser- und Mineralstoffversorgung der Moose. II. Societas scientiarum fennica, Commentationes biologicae, IX, 20. Helsingfors.

Cajander, A. K. 1949 a. Metsätyypit ja niiden merkitys. AFF 56.

—»— 1949 b. Forest types and their significance. AFF 56.

Daubenmire, R. F. 1948. Plants and environment. 2. printing. New York, London.

Dedov, A. A. 1933. Character of the natural feeding grounds of the Taimyr circuit. Orig. Russ. The Soviet reindeer industry. Vol. 2. Leningrad.

Eneroth, Olof. 1934. Om skogstyper och föryngringsförhållanden inom Lappmarken. Norrlands skogsvårdsförbunds tidskrift 1934. Stockholm.

—»— 1936. Om skogstyperna och deras praktiska betydelse. Kungl. landtbruksakademiens handlingar och tidskrift för år 1936, 75 årgången. Stockholm.

Erlandsson, Stellan. 1936. Dendro-chronological studies. Data, 23 fr. Stockholms högskolans geokronol. inst. Uppsala.

Goebel, K. 1926. Die Wasseraufnahme der Flechten. Berichte der Deutschen botanischen Gesellschaft, 44. Band. Berlin—Dahlem.

Gorodkov, B. N. 1933. Natural grazing lands of the tundra part of the Far-Eastern Province. Orig. Russ. The Soviet reindeer industry. Vol. 2. Leningrad.

Granlund, Erik ja Wennerholm, Sten. 1935. Sambandet mellan moräntyper samt bestånds- och skogstyper i Västerbottens Lappmarker. Sveriges geologiska undersökning. Ser. C. N:o 384. Stockholm.

Heikinheimo, Olli. 1920 a. Suomen lumituhoalueet ja niiden metsät. *Referat:* Die Schneeschadengebiete in Finnland und ihre Wälder. MTJ 3.

—»— 1920 b. Pohjois-Suomen kuusimetsien esiintyminen, laajuus ja puuvarastot. *Referat:* Vorkommen, Umfang und Holzvorräte der Fichtenwälder in Nord-Finnland. MTJ 3.

—»— 1921. Suomen metsänrajametsät ja niiden vastainen käyttö. *Referat:* Die Waldgrenzwälder Finnlands und ihre künftige Nutzung. MTJ 4.

—»— 1922. Pohjois-Suomen kuusimetsien hoito. *Referat:* Über die Bewirtschaftung der Fichtenwälder Nordfinnlands. MTJ 5.

Hustich, I. 1947. On variations in climate, in crop of cereals and in growth of pine in Northern Finland 1890—1939. Fennia 70, n:o 2. Helsingforsiae.

—»— 1949. On the forest geography of the Labrador peninsula. A preliminary synthesis. Acta geographica 10, n:o 2. Helsinki.

—»— 1950. Notes on the forests on the east coast of Hudson Bay and James Bay. Acta geographica 11, n:o 1. Helsinki.

—»— 1951. The lichen woodlands in Labrador and their importance as winter pastures for domesticated reindeer. Acta geographica 12, n:o 1. Helsinki.

Ilvessalo, Yrjö. 1920. Kasvu- ja tuottotaulut Suomen eteläpuoliskon mänty-, kuusi- ja koivumetsille. *Referat:* Ertragstafeln für die Kiefern-, Fichten- und Birkenbestände in der Südhälfte von Finnland. AFF 15.

—»— 1927. Suomen metsät. Tulokset vuosina 1921—1924 suoritetusta valtakunnan metsien arvioimisesta. *Summary:* The forests of Suomi (Finland). Results of the general survey of the forests of the country carried out during the years 1921—1924. MTJ 11.

—»— 1929. Notes on some forest (site) types in North America. AFF 34.

—»— 1930. Suomen metsät viljavuusalueittain kuvattuina. *Summary:* The forests of Suomi (Finland) described by areas of fertility. MTJ 15.

—»— 1933. Metsätyyppien esiintyminen eri maalajeilla. *Summary:* Occurrence of forest types on the different soils. MTJ 18.

—»— 1937. Perä-Pohjolan luonnon normaalien metsiköiden kasvu ja kehitys. *Summary:* Growth of natural normal stands in central North-Suomi (Finland). MTJ 24.

—»— 1942. Suomen metsävarat ja metsien tila. II valtakunnan metsien arviointi. *Referat:* Die Waldvorräte und der Zustand der Wälder Finnlands. II Reichswaldabschätzung. *Summary:* The forest resources and the condition of the forests of Finland. The second national forest survey. MTJ 30.

Johansson, Osc. V. 1936. Ilmasto. Suomen maantieteen käsikirja. Helsinki.

Kairamo, A. Osw. Ks. Kihlman, A. Osw.

Keränen, J. 1931. Vuodentulon riippuvaisuudesta kasvukauden lämpö- ja sadeoloista Suomen eri lääneissä. *Referat:* Über die Abhängigkeit der Ernteerträge von den Temperaturen und Regenmengen während der Vegetationszeit in Finnland. Suomen maataloustieteellisen seuran julkaisuja. Acta agralia fennica, 23. Helsinki.

Kihlman, A. Osw. (Kairamo) 1890. Pflanzenbiologische Studien aus Russisch Lappland. Helsingfors.

Kostytschew, S., Tschesnokov, W. ja Bazyrina, K. 1930. Untersuchungen über den Tagesverlauf der Photosynthese an der Küste des Eismeeres. Planta, 11. Band. Berlin.

Kujala, Viljo. 1929. Untersuchungen über Waldtypen in Petsamo und in angrenzenden Teilen von Inari-Lappland. *Selostus:* Tutkimuksia Petsamon ja siihen rajoittuvien Inarin Lapin osien metsätyypeistä. MTJ 13.

—»— 1936. Tutkimuksia Keski- ja Pohjois-Suomen välisestä kasvillisuusrajasta. *Referat:* Über die Vegetationsgrenze von Mittel- und Nord-Finnland. MTJ 22.

—»— 1945. Waldvegetationsuntersuchungen in Kanada. Annales academiae scientiarum fennicae. A. IV. Biologica. Helsinki.

Lodewick, J. Elton. 1930. Effect of certain climatic factors on the diameter growth of longleaf pine in western Florida. Journal of agricultural research. Vol. 41. Washington, D. C.

Malmström, Carl. 1949. Studier över skogstyper och trädslagsfördelning inom Västerbottens län. *Referat:* Studien über Waldtypen und Baumartenverteilung im Län Västerbotten. Medd. från Statens skogsforskningsinstitut, band 37. Stockholm.

De Martonne, Emm. 1926. Une nouvelle fonction climatologique: l'indice d'aridité. La Météorologie. Paris.

—»— 1941. Nouvelle carte mondiale de l'indice d'aridité. La Météorologie. Paris.

Mikola, Peitsa, 1950. Puiden kasvun vaihteluista ja niiden merkityksestä kasvututkimuksissa. *Summary:* On variations in tree growth and their significance to growth studies. MTJ 38. Helsinki.

Montfort, Camill. 1918. Die Xeromorphie der Hochmoorpflanzen als Voraussetzung der »physiologischen Trockenheit» der Hochmoore. Zeitschrift für Botanik, 10. Jhrg. Jena.

Müller, D. 1928. Die Kohlensäureassimilation bei arktischen Pflanzen und die Abhängigkeit der Assimilation von der Temperatur. Planta, 6. Band. Berlin.

Okko, V. 1941. Über das Verhältnis der Gesteinszusammensetzung der Moräne zum Felsgrund in den Gebieten der Kartenblätter von Ylitornio und Rovaniemi im nördlichen Finnland. Geologische Rundschau, Band XXXII, 1941, Heft 4/5. Stuttgart.

—»— 1944. Moränenuntersuchungen im westlichen Nordfinnland. Bulletin de la commission géologique de Finlande, n:o 131. Helsinki.

Raup, Hugh, M. 1946. Phytogeographic studies in the Athabaska—Great Slave Lake region, II. Journal of the Arnold Arboretum, Vol. XXVII, Cambridge.

Renqvist, Henrik. 1936. Sisävedet. Suomen maantieteen käsikirja. Helsinki.

Riksskogstaxeringsnämnden. 1932. Uppskattning av Sveriges skogstillgångar. Verkställd åren 1923—1929. Statens offentliga utredningar, 1932 : 26. Jordbruksdepartementet. Stockholm.

Ronge, Eric. 1936. Skogsmarktyper och beståndsbehandling. Norrlands skogsvårdsförbunds tidskrift 1936. Stockholm.

Saksela, Martti. Ks. Saxén, Martti.

Sambuk, F. 1932. Wälder des Petschora-Gebietes. Orig. Russ. Travaux du Musée botanique, XXIV. Académie des sciences de L'union des républiques soviétiques socialistes. Leningrad.

Sarvas, Risto. 1950. Tutkimuksia Perä-Pohjolan harsimalla hakattujen yksityismetsien luontaisesta uudistumisesta. *Summary:* Investigations into the natural regeneration of selectively cut private forests in northern Finland. MTJ 38.

Saxén (Saksela), Martti. 1928. Über den Einfluss des Gesteinsgrundes auf die Vegetation. Fennia 50, n:o 32. Helsinki.

Schimper, A. F. W. 1898. Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage. Jena.

—»— 1935. Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage. Dritte Auflage herausgegeben von F. C. von Faber. Jena.

Sirén, Allan. 1949. Die Bestimmung der Verdunstung und ihrer Einwirkung auf die Wasserläufen von Finnland. Hydrografisen toimiston tiedonantoja XII. Meddelanden från hydrografiska byrån XII. Helsinki.

Soczawa, Victor. 1933. Natural grazing lands of the tundra zone of Yakutia. Orig. Russ. The Soviet reindeer industry. Vol. 2. Leningard.

Stocker, Otto. 1923. Die Transpiration und Wasserökologie nordwestdeutscher Heide- und Moorpflanzen am Standort. Zeitschrift für Botanik, 15. Jhrg. Jena.

—»— 1927. Physiologische und ökologische Untersuchungen an Laub- und Strauchflechten. Flora. Neue Folge, 21. Band. Jena.

—»— 1931. Transpiration und Wasserhaushalt in verschiedenen Klimazonen. I. Untersuchungen an der arktischen Baumgrenze in Schwedisch-Lappland. Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, Band LXXV, Heft 3. Leipzig.

—»— 1952. Grundriss der Botanik. Berlin, Göttingen, Heidelberg.

Stålfelt, M. G. 1925. Die Lichtökonomie der arktischen Pflanzen. Svensk - botanisk tidskrift, bd. 19, h. 2. Uppsala.

—»— 1936. Über die Beziehung zwischen den Assimilations- und Atmungsgrössen. Svensk botanisk tidskrift, bd 30, h. 3. Uppsala.

Sukatschew, W. N. 1932. Die Untersuchung der Waldtypen des osteuropäischen Flachlandes. Übersetzt aus dem Russischen. Abderhaldens Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Abt. XI, Teil 6. Berlin, Wien.

Tamm, Olof. 1940. Den nordsvenska skogsmarken. Stockholm.

—»— ja Wadman, Erik. 1945. Om skogens naturliga betingelser i Hamra revir. *Summary:* Factors of site and of climate correlated to yield and type of forest in Hamra, North Sweden. Svenska skogsvårdsföreningens tidskrift 2. Bilaga. Norrtälje.

—»—1950. Northern coniferous forest soils. Translated from Swedish. Oxford.

Tschesnokov, W. Ks. Kostytschew, S., Tschesnokov, W. ja Bazyrina, K.

Tuomikoski, R. 1942. Untersuchungen über die Untervegetation der Bruchmoore in Ostfinnland. I. Zur Methodik der pflanzensoziologischen Systematik. *Selostus:* Tutkimuksia korpien aluskasvillisuudesta Itä-Suomessa. I. Kasvisosiologisen systematiikan metodiikkaa. Suomalaisen eläin- ja kasvitieteellisen seuran Vanamon kasvitieteellisiä julkaisuja, osa 17, n:o 1. Helsinki.

Wadman, Erik. Ks. Tamm, Olof ja Wadman, Erik.
Warming, Eugenius. 1896. Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie. 1896. Berlin.
Wennerholm, Sten. Ks. Granlund, Erik ja Wennerholm, Sten.
Wretlind, J. E. 1934. Naturbetingelserna för de nordsvenska järnpodsolerade moränmarkernas tallhedar och mossrika skogssamhällen. *Referat:* Die Naturbedingungen für die Entstehung der Kiefernheiden und *Hylocomium*-reichen Waldgesellschaften der nordschwedischen eisenpodsolierten Moränenböden. Svenska skogsvårdsförenings tidskrift, 32 årg. Stockholm.

Lyhennyksiä — Abbreviations

AFF = Acta forestalia fennica. Helsinki.
MTJ = Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen (koelaitoksen) julkaisuja. Communicationes Instituti forestalis Fenniae (Communicationes ex Instituto questionum forestalium Finlandiae editae). Helsinki.

ON THE ECOLOGY OF DRY MOSS-LICHEN FORESTS IN NORTH FINLAND

Summary

According to the second national forest survey (Ilvessalo 1942, p. 264) the forest site types classed as dry [1]) are about twice as common in the northern half of Finland (approximately between 70° and 65° lat.) as in the southern half (between 65° lat. and 60° lat.); the author investigates the reason for this.

A closer examination of the distribution of the different forest site types reveals that the area occupied by dry types increases still more in a northerly direction, comprising 88 % of the productive firm forest land in the northernmost part of the country (between 68° lat. and 70° lat.)

The available data concerning other parts of the boreal forest formation (Ilvessalo 1929, Sambuk 1932, Dedov 1933, Soczawa 1933, Gorodkov 1933, Kujala 1945, Hustich 1949, 1950 and 1951) are reviewed, and the author concludes that an increase of the lichenrich and xeromorphic vegetation towards the north seems to be a general regional phenomenon, the maritime parts of this zone perhaps excepted. According to Warming's (1896), Schimper's (1898) and Schimper-Faber's (1935) textbooks of plant geography this type of vegetation seems to be a very characteristic feature of the arctic tundra also.

In looking for the causes of this interesting phenomenon, which has an important bearing on the management of the northern forests, the author first analyzes the soil.

According to statistics based on the second national forest survey (Aaltonen 1941) the soil of the productive forest land in the northern half of Finland is coarse (gravelly soil and sand) in 15 % of the area, medium coarse (loamy moraine and loam) in 80 % and fine in 5 %. The corresponding figures for the southern half are 12 %, 77 % and 11 %. Thus the distribution of the productive forest land according to the texture of the soil is largely the same in the north and in the south. In North Finland, therefore, the dry moss-lichen forests occupy relatively larger areas in which the soil is favourable from the viewpoint of the water economy of the plants; in the south of Finland they are usually encountered on coarse soil (Aaltonen 1941). As regards mineral nutrients the soil in North Finland does not seem to be poorer than that of South Finland (Aaltonen 1935, 1939), which may partly be due to the fact that in the north of Finland the bedrock contains more basic minerals than in the south. In Sweden, too, lichenrich vegetation on soil that cannot be regarded as dry or particularly poor in nutrients is increasingly common towards the north (Wretlind 1934, Tamm 1950, p. 203—204).

---

[1]) The following of the commonest Finnish forest site types are called by Cajander. (1949 a) dry moss-lichen forests (dry and dryish land forest class): *Cladonia* type, *Calluna* type, *Empetrum—Myrtillus (nigra)* type, *Empetrum—Vaccinium (vitis-idaea)* type, and *Vaccinium (vitis-idaea)* type.

The climate is then discussed, in particular the factors influencing the water economy of the plants.

The author points out that precipitation decreases in the direction south—north, as is well-known. In Tampere (lat. 61° 30′, long. 23° 46′ E., 95 m. above sea level) the annual precipitation is 587 mm. against 511 mm. in Sodankylä (lat. 67° 22′, long. 26° 39′ E., 180 m. above sea level). During the growing season the rainfall is, however, approximately the same in the south and in the north (in Tampere during May-September 60 mm. monthly, in Sodankylä during June-August 64 mm.).

When evaluating the importance of precipitation for the water economy of plants it is, however, necessary to consider evaporation also. Renqvist (1936) and Sirén (1949) showed that less water evaporates in the north of Finland than in the south, the amount remaining in the soil and running into watercourses being greater in the north. Neither is it probable that any appreciable difference in soil moisture is caused by the snow cover considering that both in North and South Finland the melting snow is almost straightway conveyed to the watercourses, and that the water value of snow is roughly the same in both parts of the country (Johansson 1936).

With regard to the so-called humidity values it is also found that humidity increases in the boreal forest formation in the direction south—north, broadly speaking (Martonne 1941). This is particularly obvious if the growing season only is taken into account (Kujala 1936, p. 13).

The climatic factors do not seem, then, to afford any explanation for the present problem. Hence it seems reasonable to subject the vegetation itself to closer examination.

The author has tried to estimate the cover of the principal forest plant species on productive firm forest land in South and North Finland as a percentage of the total area; the results are given in Table 1, p. 10. A consideration was made of the distribution of the different forest site types in the different parts of the country and of the average cover of each species in the different forest site types. A comparison between the northern and southern parts shows that the xeromorphic constituents of the vegetation increase towards the north. Furthermore there are important qualitative differences between forests of a corresponding type in South and North Finland. In the north, xeromorphic and mesomorphic species grow together on the same sites much more often than in the south. It may be mentioned as an example that *Vaccinium myrtillus*, *V. uliginosum*, *Betula tortuosa* and *B. nana* are common on lichen-rich sites and that for instance *Trientalis europaea* is found there too.

The question arises whether the xeromorphic vegetation common in North Finland is also xerophilic.

The ecology of lichens has been investigated particularly by Goebel (1926), Stocker (1927) and Stålfelt (1936). The investigations of Buch (1947), though chiefly concerned with the ecology of mosses, have also thrown much light on questions relating to the lichens. It was demonstrated by these investigators that the peculiar physiology of the lichens, while rendering them resistant to drought, makes them, on the other hand, very dependent on atmospheric humidity inasmuch as they dry rapidly but are incapable of assimilating CO_2 unless they are relatively moist. The lichens cannot in any case be regarded as typically xerophilic.

In recent years the xeromorphic dwarf shrubs have been the subject of many experimental ecological investigations, which have shown that the ecological amplitude of the species here concerned, for instance *Calluna*, *Vaccinium vitis-*

idaea, V. uliginosum and *Empetrum,* is surprisingly large. They can obviously be regarded as xerophilic on some sites but not on others. On high-moors, for instance, they seem to be comparable to meso- or hygrophils as far as water economy is concerned (Montfort 1918, Boysen-Jensen 1919 and Stocker 1923). Apparently this holds good also with regard to Northern Fennoscandia as was at least preliminarily shown by Stocker (1931) in investigations performed at the Abisko research station in Sweden. No »physiological» dryness, resulting from cold, of the kind Schimper (1898) conceived of was encountered by Stocker. He demonstrated, on the contrary, that the main problem of arctic vegetation is the difficulty of securing the necessary surplus of assimilation during the short growing season, and that this difficulty is overcome by a favourable water economy acting in combination with the assimilation of CO_2. This view is supported by the investigations on photosynthesis performed at the northern tree-limit by Stålfelt (1925), Müller (1928) and Kostytshew (1930).

From the viewpoint of forestry it is important to note that the results of Stocker and others, who investigated arctic vegetation, apparently have a bearing also on a large part of the vegetation of the northern forests far south of the tree-limit.

The author draws attention to the fact that all conifers, for instance, are xeromorphic, although many of them are not xerophilic. It seems reasonable to assume that the xeromorphic vegetation characteristic of the forests of North Finland is tropophytic and oligotrophic rather than xerophilic, just as the xeromorphy of the conifers should apparently be regarded chiefly as a tropophytic quality (cf. Schimper-Faber 1935, p. 826—827).

Investigations on the periodical variations of the diameter growth of trees (Erlandsson 1936, Hustich 1947 and Mikola 1950) and on cereal crops (Keränen 1931) have also shown that in North Finland the water factor is much less important than the temperature factor.

In the author's opinion this means that the importance of the variation warm—cold in the ecology of the forests of North Finland has hitherto been much overlooked, the variation moist—dry having been mostly emphasized. If the classification of forest site types is rendered two-dimensional in the manner adopted by Sukatshew (1932), Eneroth (1936), Ronge (1936), Arnborg (1945), and others, both variation directions appear clearly. A first attempt at classifying some of the forest site types of North Finland in this way is presented on page 17. In North Finland, where the temperature factor (the length of the growing season) begins to be the minimum factor for the survival of plants, even local climatic differences are so decisive that in the author's opinion it is not possible to eliminate the temperature factor by dividing the area into zones, as is succesfully done further south.

It appears from the classification outlined on page 17 that many of the lichen-rich forests in the northernmost part of Finland are »dry,» no doubt, but that others, which are obviously in the majority, are primarily »cold». The author concludes that dry moss-lichen forests as this word is conceived of in South Finland seem to be less common in the north of Finland than in the south, and that a large part of those hitherto regarded as »dry» are actually »cold».

MÄNNYN TOIPUMINEN KOLILLA TALVEN 1947—48 LUMITUHOJEN JÄLKEEN

PAAVO JUUTINEN

DIE ERHOLUNG DER KIEFER AUF DER KOLI-ANHÖHE NACH DEN SCHNEEBRUCHSCHÄDEN IM WINTER 1947—48

DEUTSCHES REFERAT

HELSINKI 1953

Helsinki 1953. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkusanat.

Aineisto käsillä olevaan tutkielmaan on koottu Pielisjärven Kolilla Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen toimesta suoritetun talvella 1947—48 sattuneiden lumen ja jään tuhojen selvittelyn yhteydessä pääasiallisesti kesä—syyskuussa 1950, eräitä täydentäviä havaintoja on tehty syys—lokakuussa 1951.

Tutkimusaineistoa voidaan ehkä eräin kohdin pitää vähäisenä. Tähän on ratkaisevasti vaikuttanut käytettävissä olleen työvoiman pienuus, jonka takia eräitä aikaisemmin laajemmiksi suunniteltuja töitä täytyi supistaa. Mm. puiden neulasmassan ja varsinkin yksittäisten neulasten mittaaminen osoittautui paljon enemmän aikaa vieväksi kuin mitä ennakolta oli arvioitu.

On lisäksi otettava huomioon, että varsinkin kun tuhosta tutkimusta suoritettaessa oli kulunut melko lyhyt aika, käsillä oleva tutkielma ei pyrikään antamaan mitään lopullista vastausta männyn toipumiskysymykseen. Sen tarkoituksena on lähinnä osoittaa mihin suuntaan kehitys todennäköisesti tulee kulkemaan.

Tutkimusta suunnitellessani ja suorittaessani olen prof. E s k o K a n k a a l t a useaan otteeseen saanut varsin suuriarvoista ohjausta.

Prof. V. K u j a l a on ystävällisesti lukenut käsikirjoituksen ja neuvonut minua työtä lopulliseen asuun laatiessani.

Heille molemmille pyydän tässä yhteydessä esittää parhaat kiitokseni.

Helsingissä 30. p:nä tammikuuta 1952.

Paavo Juutinen

Sisällysluettelo.

Sivu

Johdanto 5
Tutkimusalue ja tuhon ankaruus sen erilaisissa metsiköissä 6
Tutkimusmenetelmä 7
Ehjät männyt 9
Latvuksen eri osien neulasto 9
Neulasten mitat ja tiheys 9
Neulasten ikä 13
Kääpiöversojen neulasten lukumäärä 14
Neulasmassan paino 15
Eri vuosikertojen neulasten mitat ja tiheys 18
Lumen vioittamat männyt 18
Neulasten mitat ja tiheys 18
Myöhäisversot 21
Paksuuskasvu 23
Uuden latvan muodostuminen 25
Latvan muodostuminen talven 1947—48 tuhojen jälkeen 25
Latvan muodostuminen aikaisempien tuhojen jälkeen 26
Toipumismahdollisuudet ilman lisävaurioita 28
Seuraustuhot 30
Tuhohyönteiset 30
Tuhosienet 31
Mäntyjen toipumismahdollisuudet seuraustuhot huomioon ottaen 32
Loppupäätelmät 33
Kirjallisuusluettelo 35

Referat 36

Johdanto.

Lumituhot eivät maamme metsissä ole suinkaan harvinaisia. Varsinaiset tuhoalueet, joissa lumi aiheuttaa huomattavaa, usein toistuvaa vahinkoa, ovat kuitenkin rajoittuneet Pohjois-Suomen itäosiin, Sallaan ja Kuusamoon (H e i k i n h e i m o 1920). Etelämpänä sattuvilla lievillä vaurioilla ei tavallisesti ole kovin suurta taloudellista merkitystä. Huomattavan poikkeuksen teki kuitenkin talvi 1947—48, jolloin lumi ja jää aiheuttivat suurta tuhoa Pohjois-Karjalassa, Pohjois-Savossa, Keski-Suomessa Jyväskylän ympäristössä sekä Kainuussa. Mainituilla alueilla on ainakin 100 000 ha kohtalaisesti tai runsaasti (30—100 % puustosta lumen vioittamaa) vaurioitunutta metsää, josta n. $^1/_4$ (n. 25 000 ha) on täydellisesti pilalla. Suurimmat tuhoalueet ovat Pohjois-Karjalassa, missä edellä mainitusta 100 000 ha:sta on n. $^2/_3$ eli n. 65 000 ha (K a n g a s 1948 b).

Pohjois-Karjalassa ei muisteta koskaan aikaisemmin näin suurta tuhoa tapahtuneen. Syynä talven 1947—48 tuhojen syntymiseen olivatkin varsin poikkeukselliset ilmastolliset olosuhteet. Joulukuun alussa — ainakin 4.—5. 12. — satoi näet kaikilla tuhoalueilla vettä, joka ilman lämpötilan ollessa jonkin verran alle 0° C heti koskettaessaan puiden latvuksia jäätyi peittäen oksat jopa 1—2 cm:n vahvuisella jääkerroksella. Tammikuun puolella satoi runsaasti lunta, eräillä seuduilla jopa parikin viikkoa melkein yhtä mittaa. Lumi tuli yleensä melko kosteana. Jään peittämät latvukset kokosivat tavallista enemmän lunta puihin, ja kun suojasäiden aikana puut vain alavilla paikoilla pystyivät puhdistumaan lumipeitteestään, alkoivat latvuksiin kertyneet lumi- ja jäämassat painollaan murtaa oksia ja katkoa puiden runkoja. Oksien ja puiden katkeileminen oli voimakkaimmillaan tammi—helmikuun vaihteessa. Paikka paikoin sanottiin metsässä liikkumisen tähän aikaan olleen maahan sortuvien latvusten takia suorastaan vaarallista.

Tuhojen ankaruus oli, kuten vaaramailla tavallisesti, varsin selvässä suhteessa vaarojen korkeuteen. Vaarojen lailla tapahtunut vahinko oli suurin vähentyen alaspäin mentäessä. Esim. Pielisjärven Kolilla tuhoalueen raja oli n. 170 m merenpinnasta lukien.

Pääpuulajeistamme kärsivät tuhoista eniten mänty ja koivu, kun sen sijaan kuusi on selvinnyt pienimmin vaurioin. Yksittäisissä puissa va-

hingon suuruus vaihteli vähäisestä latvan tai oksien menetyksestä tai rungon taipumisesta aina lyhyeksi kannoksi katkeamiseen saakka. Koivut ovat yleensä katkenneet mistä kohdasta runkoa tahansa tai, varsinkin nuorehkoissa metsiköissä, taipuneet jopa niin, että latva koskettaa maahan (mikä on melko tavallista lievempinäkin tuhovuosina). Männyt ovat katkeilleet kuten koivut, kuuset useimmiten vain aivan latvasta. Sekä koivut että männyt ovat lievimmissäkin tapauksissa helposti menettäneet yksittäisiä oksia, mitä kuusessa ei ole tapahtunut.

Mitä metsikköjen ikään tulee, tuhoja sattui niin hyvin nuorissa kuin tukkipuiksi varttuneissakin metsiköissä.

Lumen ja jään aiheuttamat murtumat merkitsivät jo sinänsä varsin tuntuvaa puuston arvon alenemista. Lisäksi suuri osa siitä puustosta, joka ilman lisävaurioita olisi pysynyt hengissä, sortui tai oli vaarassa sortua tuhosienten (varsinkin koivikot) tai -hyönteisten hyökkäykseen ja jouduttiin poistamaan metsästä sekä myymään — jos yleensä saatiin myydyksi — tarjonnan runsaudesta johtuen varsin alhaisiin hintoihin.

Maassamme sattuvien lumituhojen laajuuden vuoksi on metsänhoidolliselta kannalta tärkeätä tietää, kuinka lumen ja jään eri tavoin vaurioittamat puut pystyvät toipumaan tai edes jatkuvasti pysymään hengissä tuhon jälkeen. Käsillä olevassa tutkielmassa otetaan tämä kysymys männyn osalta talven 1947—48 tuhojen perusteella selviteltäväksi.

Tutkimusalue ja tuhon ankaruus sen erilaisissa metsiköissä.

Tutkimusalue sijaitsi Kolin vaararyhmään kuuluvan n. 310 m korkean Mäkrävaaran rinteillä, n. 63° 4′ pohjoista leveyttä, 29° 5′ itäistä pituutta. Tutkitut metsiköt kasvoivat vaaran etelä-, lounais- ja länsirinteillä, n. 220—250 m:n korkeudella.

Kolin vaaroilla lumenmurrot eivät ilmastollisesti normaalisinakaan vuosina runsaiden lumisateiden takia ole harvinaisia. H e i k i n h e i m o (1920) mainitsee Kolin seudun »verrattain tyypillisenä» lumituhoalueena. Hänen tutkimuksessaan tuhoalueet on lumivahinkojen yleisyyden mukaan kaikkiaan jaettu kolmeen luokkaan. Tämä tuhoalue, jonka pinta-alaksi mainitaan n. 3 km², on viety tuholuokkaan II.

Talven 1947—48 lumituhot olivat Kolilla erittäin suuret, paikoitellen on 100 % puustosta kärsinyt vaurioita. Suurimmat vahingot sattuivat ylärinteiden ja vaarojen lakien männiköissä ja koivikoissa.

Tutkimusalueen erilaatuisten metsikköjen lumituhoista saanee selvimmän käsityksen kesällä 1949 kyseisten metsikköjen halki vedetyiltä arvioimislinjoilta lasketuista tuloksista. Kun metsiköt N:o *1* ja *2*, joista suurin osa koepuista on otettu, ovat laadultaan toisiinsa verrattavissa, vain pienehkön niityn toisistaan erottamia, käsitellään niitä seuraavassa yhdessä.

Metsiköt N:o 1 ja 2 (4 m:n levyistä arvioimislinjaa yht. 500 m). Tiheys vaihtelevaa (0.6—0.8). Tyyppi VT. Keskipituus 10 m. Ikä 80—100 v.

Puulaji	% runkoluvusta	Lumen vioittamia %
Mänty	45.6	46.3
Koivu	26.1	31.9
Kuusi	14.4	7.7
Haapa ym.	13.9	16.0

Kun siis männyistä lähes puolet ja koivuista melkein kolmannes on kärsinyt vaurioita, on vioittuneiden kuusten lukumäärä alle 8 %. Koko metsikössä oli vaurioituneita puita 32.8 %. Vioittuneista männyistä oli 47.4 % katkennut »kannoiksi» ts. niissä ei enää ollut latvusta yhtään jäljellä. Pääpuulajiemme erilainen kestävyys lumituhoja vastaan ilmenee jo näistäkin luvuista varsin selvästi.

Metsikkö N:o 3 (4 m:n levyistä arvioimislinjaa 200 m). Tiheys 0.8. Tyyppi VT. Keskipituus 8 m. Ikä 70 v.

Puulaji	% runkoluvusta	Lumen vioittamia %
Mänty	81.0	29.4
Koivu	17.5	0
Haapa	1.5	0

Männyistä oli kannoiksi katkenneita 33.3 %, koko metsikössä vaurioituneita puita 23.8 %.

Tutkimusmenetelmä.

Prof. K a n k a a n johdolla Metsätieteellisessä tutkimuslaitoksessa suoritetuissa lumituhotutkimuksissa käytettyä puiden luokittelua on tässä tutkielmassa käytetty seuraavassa muodossa:

I = ehjät puut;
II = taipuneet puut;
III = latvuksesta tuhoutunut kolmannes tai vähemmän;
IV = latvuksesta tuhoutunut enemmän kuin kolmannes, kuitenkin korkeintaan kaksi kolmannesta;
V = latvuksesta tuhoutunut enemmän kuin kaksi kolmannesta, mutta puussa kuitenkin jäljellä vielä ainakin yksi vihreä oksa;
Vk = juurineen kaatuneet puut;
K = kannot, ei yhtään vihreätä oksaa jäljellä.

Pitkätkin kannot ovat viimeistään toisena tuhon jälkeisenä kasvukautena alkaneet pilaantua. Myöskään juurineen kaatuneilla männyillä ei voida otaksua olevan mitään toipumismahdollisuuksia, vaikkakin sellaiset puut, joiden juuristo on lievimmin vioittunut, saattavat toistaiseksi pysyä hengissä. Varttuneissa metsissä, joista tässä tutkielmassa on kysymys, ei lumen ja jään painosta taipuneita mäntyjä (II lk.) ole, vaan taipuneet puut ovat säännöllisesti katkenneet. Näin ollen tulevat vain tuholuokkiin III, IV ja V kuuluvat puut tässä yhteydessä kysymykseen.

Männyn toipumista koskevat tutkimukset jakaantuivat tavallaan kolmeen osaan: 1) menetetyn neulaston korvautumisen ja tämän yhteydessä terveen männyn latvuksen rakenteen selvittelyyn, 2) puiden paksuuskasvun tutkimiseen sekä 3) uuden latvan muodostumista koskevien havaintojen tekoon.

Neulaston korvautumisen tarkempaa selvittelyä varten otettiin yhteensä 12 koepuuta, kolme kustakin kysymykseen tulevasta tuholuokasta (III—V) ja vertailupuiksi kolme ehjäksi jäänyttä mäntyä. Koepuiksi pyrittiin valitsemaan normaalitiheyksissä kasvaneita luokkiensa tyypillisiä edustajia, äärimmäisiä tapauksia välttäen.

Koepuista tehtiin metsässä seuraavat muistiinpanot: 1) puun asema metsikössä, 2) tuholuokka, 3) latvuskerros (katkenneista puista alkuperäinen arvioiden), 4) ikä (kannosta laskien), 5) rinnankorkeusläpimitta, 6) puun pituus, 7) latvuksen alaraja (alin oksakiehkura, jossa vähintään yksi rehevä oksa), 8) maassa olevan katkenneen latvuksen osan pituus.

Neulasten ja kasvainten mittausta varten kunkin kaadetun koepuun latvus jaettiin kolmeen yhtä pitkään osaan ja kunkin latvuskolmanneksen keskiväliltä otettiin jokaiselta pääilmansuunnalta yksi oksa, latvuksen alarajalta samoin pääilmansuuntien mukaan niin monta oksaa kuin saatavissa oli, sekä rangan latva. Näyteoksia tuli näin ollen täysin ehjästä puusta latvan lisäksi 4 × 4 kpl eli 16 kpl. Vioittuneista puista näyteoksat otettiin vastaavista kohdista kuin terveistäkin, mutta vahingon suuruuden mukaan niitä siis saattoi tulla huomattavasti vähemmän. Niinpä sellaisesta männystä, jonka latvuksesta hieman yli kaksi kolmannesta oli tuhoutunut, saatiin alimman latvuskolmanneksen keskivälistä sekä latvuksen alarajalta kummastakin neljä oksaa eli yhteensä vain kahdeksan näytettä.

Ehjien mäntyjen neulasmassan painon määrittämiseksi kaadettiin 3.—4. 10. 1951 kaksi täysin ehjää mäntykoepuuta. Kumpaisenkin latvus jaettiin kolmeen yhtä pitkään osaan, joista jokaisesta kerättiin erilleen ne oksat, joissa oli neulasia. Oksia säilytettiin huonelämmössä, jolloin jonkin ajan kuluttua neulaset voitiin helpommin karistaa ja ottaa talteen sekä punnita.

Vaurioista johtuneiden paksuuskasvun muutosten mittausta varten otettiin 1.—2. 9. 1950 kairanlastu rinnankorkeudelta eri laatuisista koe-

puista. Näitä oli luokista III, IV ja V kustakin 20 kpl, sekä ehjiä vertailupuita 41 kpl, yhteensä siis 101 koepuuta. Vertailupuut pyrittiin ottamaan mahdollisimman läheltä vaurioituneita koepuita, mikäli mahdollista saman rinnankorkeus-läpimittaluokan puista.

Uuden latvan muodostumisen selvittelemiseksi tehtiin lokakuussa 1951 havaintoja kaikkiaan sadasta eri luokkiin kuuluvasta männystä (puita kaatamatta) sekä kaadettiin tarkempaa tutkimusta varten kaksi puuta, joista kumpaisenkin lumi oli kolme kertaa katkaissut. Nämä analysoitiin 1 m:n pölkkyinä, tarpeen mukaan myös pituussuunnassa halkaisten.

Laboratoriotyönä suoritettiin kesällä 1950 neulasaineiston mittaus. Neulasten punnitseminen sekä kairanlastujen tutkiminen suoritettiin talvella 1950—51, neulasmassan painoa koskevat punnitukset joulukuussa 1951.

Ehjät männyt.

Täysin terveidenkin puiden eri vuosikertojen neulasten koossa on havaittavissa vaihtelua. Tällainen vaihtelu lienee paitsi puiden keskinäisestä kilpailusta ja hakkuista johtuvasta valaistus- ym. kasvuolosuhteiden muuttumisesta myöskin ilmastollisista tekijöistä riippuvainen.

Paitsi eri vuosikertojen, ts. eri vuosina syntyneissä, on samankin vuosikerran neulasissa samassa puussa havaittavissa selvää vaihtelua mm. neulasten koossa ja tiheydessä eri osissa latvusta. Kun lumituhot männyssä rajoittuvat tavallisesti varsin selvästi latvuksen yläosaan, on puiden toipumismahdollisuuksia selviteltäessä tärkeätä tietää millaisia nämä erot latvuksen eri osien neulastossa ovat.

Kun tutkimusmateriaalia kerättäessä neulasaineistoa otettiin myös ehjiksi jääneistä puista, on lumen murtamien mäntyjen neulastossa tapahtuneita muutoksia voitu verrata samanaikaisesti terveissä puissa tapahtuneeseen kehitykseen ja siten eliminoida pois muiden tekijäin neulastossa aiheuttamat muutokset lumituhojen välillisesti aiheuttamista muutoksista.

Latvuksen eri osien neulasto.

Neulasten mitat ja tiheys.

Neulasten mittausta varten kesällä 1950 kaadettujen koepuiden kasvupaikat ja tärkeimmät mitat ilmenevät taulukosta 1.

Mitä valaistussuhteisiin tulee, kaikkein vähimmin valoa sai puu N:o *12*, jonka latvus 4. latvuskerrokseen kuuluvana oli kokonaan jäänyt ympäröivien puiden latvusten varjoon. Latvuksen eri osien valonsaannissa — aivan ylintä osaa lukuun ottamatta — ei ollut suuria eroavaisuuksia.

Taulukko 1. Ehjien koepuiden kasvupaikka, ikä ja tärkeimmät mitat.

Tabelle 1. Standort, Alter und wichtigste Masse der heilen Probebäume.

Puun N:o *Nr. des Baumes*	Kasvupaikka ja metsätyyppi *Standort und Waldtyp*	Puun pituus, m *Höhe des Baumes, m*	Latvuksen pituus, m *Länge der Krone, m*	D 1.3, cm	Ikä, v. *Alter, J.*	Latvuskerros *Kronenschicht*
1	Etelärinne, VT — *Südabhang, VT*	10.6	7.4	15.0	50	1
2	Länsirinne, VT — *Westabhang, VT*	18.5	9.0	20.0	75	1
12	Kaakkoisrinne, MT — *Südostabhang, MT*	10.9	4.6	10.3	55	4

Kokonaisuudessaan enimmän valoa on saanut N:o *2*:n latvus. Metsikkö, jossa puu kasvoi, oli jo ehtinyt verrattain väljään kehitysvaiheeseen ja puut puhdistautuneet alaoksistaan varsin pitkälle, latvuksen alaoksatkaan eivät näin ollen jääneet sanottavimmin varjoon. Koepuu N:o *1* sijaitsi verrattain nuoressa metsikössä, jonka tiheys oli suurempi kuin edellisessä tapauksessa, eivätkä puut vielä olleet sanottavammin puhdistautuneet oksistaan. Sen verrattain pitkä latvus joutui näin ollen alaosiltaan naapuripuiden varjostamaksi, kun sen sijaan latvaosat saivat runsaasti valoa. Valon saannissa koepuu N:o *1* sijoittuu siten edellisten väliin.

Latvuksien pituudet koko puun pituudesta olivat: N:o *1* 69.8 %, N:o *2* 48.6 % ja N:o *12* 42.0 %.

Koepuista otetuista oksanäytteistä mitattiin kustakin kolmesta viimeisimmästä täysin kehittyneestä (vv:n 1949, —48 ja —47) vuosikasvaimesta vähintäänkin viiden, seuraavista kasvaimista kolmen neulasen pituus ja leveys. Sellaisista vuosikasvaimista, joista suurin osa neulasista jo oli karissut, otettiin — ellei täyttä määrää saatu — niin monta neulasta kuin saatavissa oli. Pituuden mittaus suoritettiin tavallista millimetrimittaa käyttäen, leveyden mittaus ns. lustomikroskoopilla neulasen puolivälistä. Neulasen paksuuden mittaamisesta liiaksi aikaa viepänä luovuttiin. Leveydellä tarkoitetaan tässä neulasen pituutta vastaan kohtisuoraan mitattua suurempaa, paksuudella pienempää halkaisijaa. Kaikkiaan on mitattu 3 694 neulasen pituus ja leveys.

Neulasten mittauksen yhteydessä määritettiin myös neulasten tiheys kussakin tarkastetussa vuosikasvaimessa (kpl/cm). Samoin merkittiin muistiin paljonko vuosikerran neulasista oli jäljellä, paljonko jo karissut.

Tämän jälkeen neulaset kuivattiin huonelämmössä ja punnittiin laboratoriossa analyysivaa'alla. Kunkin oksan jokaisesta vuosikerrasta punnittiin kymmenen neulasen näyte; milloin neulasia oli vähemmän, näytteen

neulasluku vaihteli 9—2. Tuloksia vertailtaessa on käytetty keskimääräistä yhden neulasen painoa $^1/_{10}$ mg:n tarkkuudella lausuttuna.

Koepuista mitattujen neulasten pituus, leveys, paino ja tiheys ilmenevät havainnollisimmin piirroksista 1—4. Kustakin latvusvyöhykkeestä on esitetty sen kaikkien (kaikista vuosikerroista mitattujen) neulasten keskiarvot. Latvusvyöhykkeistä käytetään seuraavia lyhennyksiä: L = latva, $^1/_3$ = ylimmän, $^2/_3$ = keskimmäisen ja $^3/_3$ = alimman latvuskolmanneksen keskiväli, A = alin oksakiehkura.

Mainittakoon vielä neulasten pituuden ja leveyden keskiarvot eri koepuista laskettuna pääilmansuuntien mukaan (taulukko 2).

Taulukko 2. Ehjien koepuiden eri ilmansuunnilla kasvaneiden neulasten keskimääräinen pituus ja leveys.

Tabelle 2. Durchschnittliche Länge und Breite der Nadeln in den verschiedenen Hauptthimmelsrichtungen bei den heilen Probebäumen.

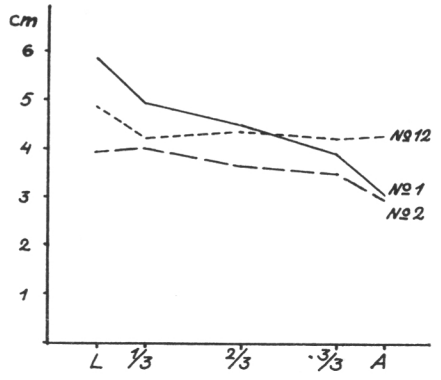
Puun N:o *Nr. des Baumes*	Neulasten pituus, cm *Länge der Nadeln, cm*				Neulasten leveys, cm *Breite der Nadeln, cm*			
	Pohj. *Nord*	Itä *Ost*	Etelä *Süd*	Länsi *West*	Pohj. *Nord*	Itä *Ost*	Etelä *Süd*	Länsi *West*
1	4.18	3.86	4.17	4.20	1.38	1.33	1.39	1.38
2	3.74	3.64	3.75	3.50	1.35	1.32	1.34	1.32
12	4.48	4.12	3.96	4.34	1.18	1.16	1.12	1.20

Piirroksessa 5 esitetään lopuksi ehjien puiden neulasten pituuden, leveyden, painon ja tiheyden eri latvusvyöhykkeiden keskimäärien vaihtelu toisiinsa verrattuna. Kunkin eri latvusvyöhykkeen arvot on esitetty prosentteina, pitäen lähtökohtana (= 100 %) latvasta mitattujen neulasten keskiarvoja.

Edellä esitettyjä mittaustuloksia tarkasteltaessa havaitaan seuraavaa:

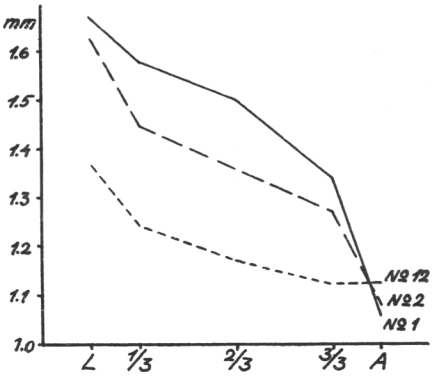
1) Neulasten pituus ja leveys. Kaikista ehjistä puista eri latvusvyöhykkeistä mitattujen neulasten pituuden ja leveyden keskiarvot (piirros 5) ovat suurimmat latvassa ja pienenevät melkein samoin prosenttiluvuin alaspäin mentäessä. Alaoksista mitatut arvot ovat pienimmät, vain n. 70 % vastaavista latvan arvoista. Eri puolilla latvusta, so. eri ilmansuunnilla kasvaneiden neulasten mitoissa ei ainakaan näin pienessä aineistossa voitu havaita mitään säännönmukaisuutta.

Eri koepuiden neulasten keskimääräiset mitat vaihtelivat varsin huomattavasti (vrt. piirroksia 1 ja 2). Suurimmat vaihtelut neulasten pituudessa ja leveydessä havaitaan koepuussa N:o *1*, jossa myös valaistussuhtei-



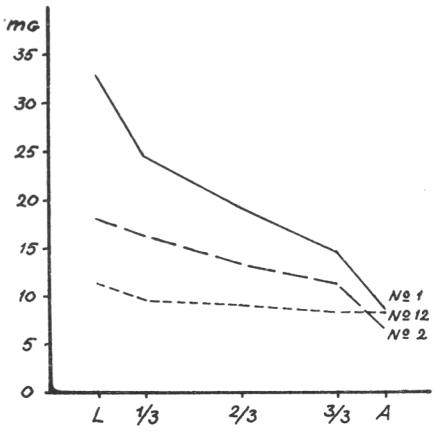
Piirros 1. Neulasten keskimääräinen pituus ehjien puiden eri latvusvyöhykkeissä.

Diagr. 1. Mittlere Länge der Nadeln in den verschiedenen Kronenabschnitten der heilen Bäume.



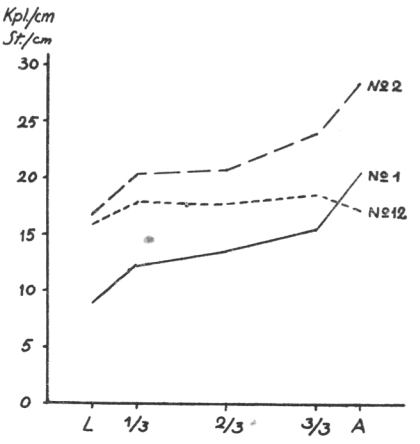
Piirros 2. Neulasten keskimääräinen leveys ehjien puiden eri latvusvyöhykkeissä.

Diagr. 2. Mittlere Breite der Nadeln in den verschiedenen Kronenabschnitten der heilen Bäume.



Piirros 3. Neulasten keskimääräinen paino ehjien puiden eri latvusvyöhykkeissä.

Diagr. 3. Mittleres Gewicht der Nadeln in den verschiedenen Kronenabschnitten der heilen Bäume.

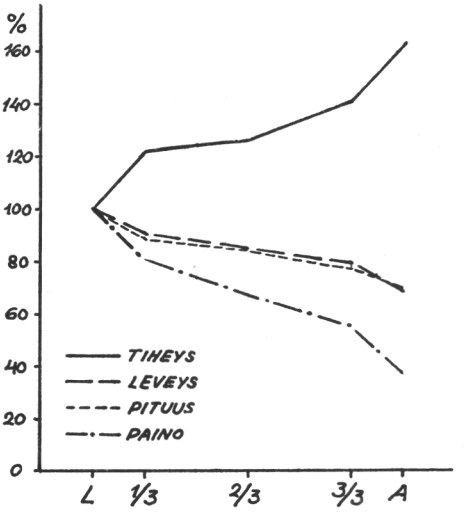


Piirros 4. Neulasten keskimääräinen tiheys ehjien puiden eri latvusvyöhykkeissä.

Diagr. 4. Mittlerer Dichtstand der Nadeln in den verschiedenen Kronenabschnitten der heilen Bäume.

den ero latvuksen ylä- ja alaosissa oli suurin, pienimmät tasaisemmin valaistuissa koepuissa N:o *2* ja *12*. Kun puiden yksilölliset vaihtelut ovat varsin suuret, ei eri koepuiden neulasten mittoja näin vähäisen aineiston perusteella kuitenkaan voida lähemmin verrata toisiinsa.

2) Neulasten paino. Neulasten painon havaitaan pienenevän melko jyrkästi latvasta alaspäin siirryttäessä. Mahdollista lienee, että painon vähenemiseen vaikuttaa paitsi neulasten ulkonaisten mittojen pieneneminen, myös niiden sisäisen rakenteen muuttuminen. Neulasten keskimääräinen paino on latvan neulasiin verrattuna latvuksen puolivälissä 67.5 %, alaoksissa vain 37.5 %.



Piirros 5. Ehjien puiden neulasten pituuden, leveyden, painon ja tiheyden keskimääräinen vaihtelu latvuksen eri osissa.

Diagr. 5. Mittlere Variation von Länge, Breite, Gewicht und Dichtstand der Nadeln in den verschiedenen Kronenabschnitten der heilen Bäume.

3) Tiheys. Neulasten pituus, leveys ja paino ovat kääntäen verrannolliset tiheyteen. Selvimmin tämä suhde ilmenee painon ja tiheyden välillä. Suuri tiheys osoittaa oksiston hidasta kasvua.

Neulasten ikä.

Kuten tunnettua kolmen viimeisimmän vuosikerran neulaset muodostavat maamme etelä- ja keskiosissa pääosan männyn neulastosta. Vanhempiakin neulasia kuitenkin tavataan, aina 8 v. vanhoihin asti. Kauimmin mainitaan neulasten pysyvän puussa ilmastollisesti tai muuten epäedullisissa olosuhteissa (C a j a n d e r 1917, p. 283).

Koepuista N:o *2* ja *12* tehtyjen havaintojen mukaan näissä puissa oli (kesä—elokuussa 1950) eri latvusvyöhykkeissä vuosikertojen I—VII (1—7 v. vanhoista) neulasista jäljellä taulukossa 3 esitetyt prosenttimäärät (8 v. vanhoja tai vanhempia neulasia ei tarkastetuissa kasvaimissa tavattu yhtään kappaletta; alaoksat, joissa eri vuosikertojen määrittäminen ei ollut täysin varmaa, on jätetty pois taulukosta).

Koepuussa N:o *2* (vallitsevan latvuskerroksen puu) on siis latvassa jäljellä vain kolmen viimeisimmän vuosikerran neulasia, näistäkin vanhimmasta vain 20.0 %. Alempiin latvusvyöhykkeisiin siirryttäessä tavataan yhä vanhempia neulasia. Alimman latvuskolmanneksen puolivälissä ovat kaikki seitsemän vuosikertaa edustettuina, ja vielä viidennestäkin on jäljellä lähes 60 %. Aluspuuna varjossa kasvaneessa koepuussa N:o *12* eri

Taulukko 3. Koepuiden N:o *2* ja *12* eri vuosikerroissa jäljellä olevien neulasten määrä (%).

Tabelle 3. Mengenprozente der an den verschiedenen Triebjahrgängen der Probebäume Nr. 2 und 12 noch festsitzenden Nadeln.

Puun N:o *Nr. des Baumes*	Latvusvyöhyke *Kronenabschnitt*	Vuosikerta *Triebjahrgang*						
		I	II	III	IV	V	VI	VII
2	L	100	100	20.0	—	—	—	—
	1/3	100	100	83.3	66.7	5.6	—	—
	2/3	100	100	100	67.9	31.8	0.5	—
	3/3	100	100	100	67.4	59.7	17.5	1.9
12	L	100	100	50.0	7.6	—	—	—
	1/3	100	100	100	47.8	8.7	—	—
	2/3	100	100	97.1	31.0	7.3	—	—
	3/3	100	85.4	91.7	41.4	1.7	—	—

latvusvyöhykkeiden välillä on huomattavasti vähäisempi ero. Latvassa on nytkin kaikkein vähimmin neulasia (neljä vuosikertaa, kolmannestakin vain 50 %), mutta alemmissa latvusvyöhykkeissä eroavaisuudet ovat varsin pienet.

Kääpiöversojen neulasten lukumäärä.

Paitsi normaalisia 2-neulaisia kääpiöversoja tavattiin eräissä koepuissa useita versoja, joissa oli kolme, jopa kerran neljäkin neulasta. Näitten versojen sijainti koepuiden eri latvusvyöhykkeissä ilmenee selvimmin taulukosta 4.

Taulukko 4. 3-neulaisten kääpiöversojen runsaus ehjien koepuiden eri latvusvyöhykkeissä.

Tabelle 4. Reichlichkeit der Kurztriebe mit drei Nadeln in den verschiedenen Kronenabschnitten der heilen Probebäume.

Puun N:o *Nr. des Baumes*	Latvusvyöhyke *Kronenabschnitt*					Yhteensä *Zusammen*
	L	1/3	2/3	3/3	A	
1	26	3	2	—	—	31
2	4	1	—	—	—	5
12	—	—	—	—	—	—

Kolmineulaskimput sijaitsivat säännöllisesti kasvainten kärkiosissa lähinnä päätesilmua. Enimmän niitä tavattiin siis koepuussa N:o *1*, muutamia myöskin N:o *2*:ssa, ei yhtään N:o *12*:ssa. Suurin osa kolmineulas-

kimpuista oli rangan latvassa (puussa N:o *1* 83.9 %, puussa N:o *2* 80.0 %), kaikki tai lähes kaikki ylimmässä latvuskolmanneksessa (vastaavasti 93.5 % ja 100 %).

Koepuusta N:o *1* mitattiin rangan latvasta vuosikerrasta 1948 erikseen 3-neulaisten kääpiöversojen neulasten pituudet, jolloin todettiin, että tällaisten neulasten pituus oli keskimäärin 4.92 cm, normaalisten neulasten pituuden ollessa 5.12 cm. Suuressakin aineistossa on todettu 3-neulaisten kääpiöversojen neulasten olevan yleensä normaalisia lyhyempiä (L a i t a k a r i 1934).

Kun tällaiset kääpiöversot ovat varsin yleisiä reheväkasvuisissa männyn taimissa ja nyt käsiteltävissä koepuissa esiintyivät vain puun latvuksen yläosissa — lukuun ottamatta yhtä huonokasvuista aluspuuta, jossa niitä ei tavattu ollenkaan — voidaan sanoa 3- tai useampineulaisten kääpiöversojen esiintyvän ykeisimmin sellaisissa puissa tai latvuksen osissa, joissa kasvu on vilkasta (vrt. L a i t a k a r i 1934).

Neulasmassan paino.

Edellä esitettyjä neulasten mittaustuloksia tarkasteltaessa on ilmennyt, että neulaset latvuksen yläosissa ovat kooltaan niin pitempiä kuin leveämpiäkin sekä varsinkin painavampia kuin latvuksen alaosissa. Yhden neulasen yhteyttämiskyky on näin ollen arvattavasti suurempi latvuksen ylä- kuin alaosissa. Toiselta puolen taas neulasten tiheys suurenee alaspäin mentäessä ja ainakin vallitsevan latvuskerroksen puissa neulaset pysyvät alaoksissa kauemmin varisematta kuin latvassa. Neulasmassan suuruutta eri osissa männyn latvusta ja eri latvuksen osien merkitystä puun yhteyttämistoiminnassa ei näin ollen voidakaan edellä esitettyjen havaintojen perusteella suorastaan määrittää. Tämän takia kaadettiin 3.—4. 10. 1951 Kolin Mäkrävaaralla kaksi koepuuta (N:o *13* ja *14*), joista määritettiin eri latvuskolmannesten neulasmassan suuruus.

Koepuut otettiin Mäkrävaaran länsirinteeltä, VT-kankaalta. Kumpikin oli vallitsevan latvuskerroksen puita. (Myöskin vallituista latvuskerroksista oli tarkoitus ottaa koepuita, mutta melkoisen suuren työmäärän ja vähäisen käytettävissä olleen työvoiman takia tästä oli luovuttava.) Koepuiden tärkeimmät mitat ja ikä ilmenevät taulukosta 5 sekä neulasten paino ja lukumäärä eri koepuissa latvusvyöhykkeittäin taulukosta 6.

Taulukko 5. Koepuiden N:o *13* ja *14* ikä ja tärkeimmät mitat.
Tabelle 5. Alter und wichtigste Masse der Probebäume Nr. 13 und 14.

Puun N:o *Nr. des Baumes*	D 1.3 cm	Pituus m *Höhe, m*	Latvuksen pituus, m *Länge der Krone m*	Ikä, v. *Alter, J.*
13	15.5	15.70	4.90	75
14	20.0	19.10	9.45	75

Koepuista koottu kuivattu neulasaineisto punnittiin latvusvyöhykkeittäin. Kustakin latvuskolmanneksesta otettiin lisäksi 2—4 edustavaa (n. 6—10 g:n suuruista) näytettä. Näytteet punnittiin yhden mg:n tarkkuudella ja laskettiin niissä olleiden neulasten lukumäärä, jolloin suurin piirtein voitiin laskea paljonko neulasia oli kussakin latvuskolmanneksessa ja koko puussa.

Taulukko 6. Neulasten paino ja lukumäärä koepuissa N:o *13* ja *14* latvusvyöhykkeittäin.

Tabelle 6. Gewicht und Anzahl der Nadeln in den verschiedenen Kronenabschnitten der Probebäume Nr. 13 und 14.

Puun N:o *Nr. des Baumes*	Latvuksen osa *Kronenabschnitt*	Neulasmassan paino, g *Gewicht der Nadelmasse, g*	Neulasia, kpl *Anzahl der Nadeln*
13	Yläkolmannes — *Oberes Drittel*	765	99 000
	Keskikolmannes — *Mittleres Drittel*	1 755	291 000
	Alakolmannes — *Unteres Drittel*.....	825	125 000
	Yhteensä — *Insges.*	3 345	515 000
14	Yläkolmannes — *Oberes Drittel*	1 000	84 000
	Keskikolmannes — *Mittleres Drittel*	2 850	341 000
	Alakolmannes — *Unteres Drittel*.....	1 990	264 000
	Yhteensä — *Insges.*	5 840	689 000

Tutkittujen mäntyjen latvus oli verraten pieni. Dengler (1937) on tutkinut neljä 156—166-vuotista mäntyä, joiden neulaston (ilma-) kuivapaino oli 51 390—7 980 g ja neulasten lukumäärä 3 454 800—702 400 kpl.

Koepuista N:o *13* ja *14* keskimäärät laskien eri latvuskolmannesten neulasmassojen suuruudet koko puun neulasmassasta ovat: ylin kolmannes 20.0 (kuivapaino-) %, keskimmäinen kolmannes 50.6 % ja alin kolmannes 29.4 %.

Millainen on sitten latvuksen eri osien merkitys puun yhteyttämistoiminnassa?

Stålfeltin (1921) tutkimuksen mukaan mäntykoepuissa eri neulasten saamat suhteelliset keskimääräiset päivittäiset (klo 9—18) valomäärät olivat seuraavat: valoneulaset 74 %, varjoneulaset 20 %. Näitä valomääriä vastaavat yhteytetyt CO_2-määrät (mg/t. tuoreen neulasmassan yhtä grammaa kohden) suhtautuvat karkeasti arvioiden (p. 256 — piirros N:o 13) kuin 18 : 10, eli siis valoneulasten yhteyttämät määrät olisivat neulas-

massan kutakin painoyksikköä kohden 1.8 kertaa niin suuret kuin varjoneulasten yhteyttämät. Koko puun hyväksi tulevien yhteyttämistulosten määrä on kuitenkin jonkin verran pienempi, sillä valoneulasten hengitys on suhteellisesti huomattavasti vilkkaampaa kuin varjoneulasten (p. 263, taulukko 13).

Kun tässä yhteydessä on tarkoitus määrittää puun eri latvuskolmannesten yhteyttämiskyky lähinnä sitä varten, että voitaisiin arvioida lumen vioittamien puiden toipumis- ja hengissäpysymismahdollisuuksia, ei ehjälle puulle määritettyä eri latvuksen osien yhteyttämiskyvyn suhdetta voida tässä tapauksessa suorastaan käyttää hyväksi. Stålfeltin (1921, p. 257) mukaan näet varjoneulasten yhteyttämiskyky on valaistuksen voimakkuuden ollessa sama suurempi kuin valoneulasten. Se vastaa suunnilleen valo- ja varjoneulasten painoyksikköä kohden laskettuja lehtivihreämääriä, joiden suhde on 1.8 : 2.0. Sellaisessa metsikössä, jossa lumituhoja on sattunut, puiden latvusten alimpien osien valonsaanti on parantunut sen johdosta, että metsikkö kokonaisuudessaan on väljentynyt ja useiden puiden latvuksen yläosa tuhoutunut. Varjoneulaset saattavat siis eräissä tapauksissa — mitä valonsaantimahdollisuuteen tulee — joutua suorastaan valoneulasten asemaan. Lumen vioittamien puiden jäljelle jääneen latvuksen osan suhteellisen yhteyttämiskyvyn määrittäminen olisi näin ollen vaatinut oman erikoistutkimuksensa, jonka suorittamista tässä yhteydessä ei ole katsottu täysin välttämättömäksi.

Pohjana eri tuholuokkien puiden toipumis- ja hengissäpysymismahdollisuuksia arvioitaessa voidaan joka tapauksessa käyttää taulukossa 7 olevia lukuja, jotka ilmaisevat kuinka monta paino- % kussakin luokassa keskimäärin on neulasmassaa ollut jäljellä heti tuhon tapahduttua.

Taulukko 7. Välittömästi lumituhon jälkeen jäljellä olevien neulasten määrä tuholuokissa III—V.

Tabelle 7. Menge der an den Bäumen der Klassen III—V unmittelbar nach der Schneebruchkatastrophe noch vorhandenen Nadeln.

Tuholuokka *Baumklasse*	Neulasia jäljellä paino-% *Nadeln vorhanden, Gewichts-%*		
	Maks. — *Max.*	Min. — *Min.*	Keskim. — *Mittel*
III	100	80.0	90.0
IV	80.0	29.4	54.7
V	29.4	3.0	16.2

Kun on kysymys vain likiarvoista, on eri luokkien välisiä raja-arvoja käytetty sekä miniminä että maksimina (esim. III lk:n minimi = IV lk:n maksimi). III lk:n maksimi on näin ollen 100 %, V lk:n minimi ei kuiten-

kaan ole 0 %, koska huonoimmassakin tämän luokan puussa on vähintäänkin yksi vihreä oksa jäljellä, miniminä on tämän vuoksi käytetty (arvioitua) 3 %:a.

Eri vuosikertojen neulasten mitat ja tiheys.

Ehjien puiden neulasten keskimääräinen pituus, leveys, tiheys ja paino vuosikerroittain ilmenevät seuraavasta asetelmasta.

Vuosikerta	Pituus cm	Leveys mm	Tiheys kpl/cm	Paino mg
1945	—	—	16.7	16.0
1946	4.15	1.4	16.9	15.5
1947	4.31	1.3	18.2	14.4
1948	3.95	1.3	18.1	13.2
1949	4.15	1.3	18.8	12.8

Eri vuosikertojen neulasten pituudessa ja leveydessä vaihtelu on siis verraten vähäistä ilman selvää suuntaa. Neulasten paino sen sijaan on selvästi suurempi vanhemmissa vuosikerroissa. Painon lisääntyminen johtunee suurimmaksi osaksi kuona-aineiden kerääntymisestä neulasiin. On kuitenkin otettava huomioon, että tiheys on ollut vanhemmissa vuosikerroissa jonkin verran vähäisempi.

Lumen vioittamat männyt.

Neulasten mitat ja tiheys.

Edellä on osoitettu, että neulasten koko ja paino on erilainen saman puuyksilön eri latvusvyöhykkeissä, mutta saman vyöhykkeen eri vuosikasvainten neulasten koko vaihtelee vähän, painon sen sijaan lisääntyessä iän kasvaessa. Lumituhojen jälkeen syntyneet neulaset ovat sen sijaan kooltaan vanhempia selvästi suurempia. Seuraavassa esitettävät mittaukset selvittävät tätä ilmiötä tarkemmin.

Neulasten mittaus suoritettiin kesä—elokuussa 1950 samalla tavalla kuin ehjistäkin puista yhdeksästä koepuusta, joiden kasvupaikat ja tärkeimmät mitat on esitetty taulukossa 8.

Neulasten eri vuosikertojen pituuden, leveyden, painon ja tiheyden keskimääräiset arvot kunkin tuholuokan puissa ilmenevät piirroksista 6—9. Niitä tarkasteltaessa on huomattava, että eri tuholuokkien koepuiden neulasten keskimääräisiä mittoja osoittavat käyrät piirroksissa 6—8 eivät ole toisiinsa verrattavissa. Pahimmin vaurioituneissa puissa on näet suhteellisesti enemmän mitattu latvuksen alaosien neulasia, jotka mitoiltaan

Taulukko 8. Koepuiden N:o *3—11* kasvupaikka, tuholuokka, ikä ja tärkeimmät mitat.

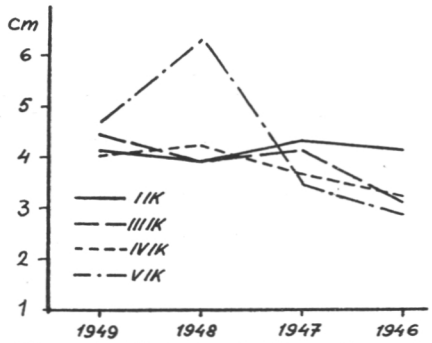
Tabelle 8. Standort, Klasse, Alter und wichtigste Masse der Probebäume Nr. 3—11.

Puun N:o *Nr. des Baumes*	Kasvupaikka ja metsätyyppi *Standort und Waldtyp*	Tuholuokka *Baumklasse*	Puun pituus, m *Höhe des Baumes, m*	Latvusta puussa *Existierende Krone*		Katkennut latvus, m *Abgebrochener Kronenabschnitt, m*	D 1.3, cm	Ikä, v. — *Alter, J.*	Latvuskerros *Kronenschicht*
				m	%				
3	Etelärinne, MT — *Südabhang, MT*	V	8.1	2.4	30.0	5.6	14.0	55	2
4	Etelärinne, VT — *Südabhang, VT*	V	5.6	2.6	39.4	4.0	13.5	90	1
5	Länsirinne, VT — *Westabhang, VT*	V	7.8	0.6	18.8	2.6	10.5	100	2
6	Lounaisrinne, MT — *Südwestabhang, MT*	IV	7.8	2.9	49.2	3.0	13.0	40	2
7	Kaakkoisrinne, VT — *Südostabhang, VT*	III	13.2	6.0	68.2	2.8	18.2	70	2
8	Kaakkoisrinne, VT — *Südostabhang, VT*	IV	7.7	3.2	53.3	2.8	14.5	55	1
9	Etelärinne, CT — *Südabhang, CT*	IV	10.2	4.4	64.7	2.4	16.5	95	2
10	Etelärinne, MT — *Südabhang, MT*	III	9.9	6.6	78.7	1.8	14.0	55	1
11	Vaaran laki, VT — *Gipfel des Berges, VT*	III	12.2	6.0	83.3	1.2	18.5	65	1

ovat yläosien neulasia pienemmät. Tästä syystä kaikissa mainituissa piirroksissa neulasten mitat ennen tuhotalvea (vuosikerroissa 1945—47) keskimäärin yleensä pienenevät terveistä puista enemmän vaurioituneisiin puihin mentäessä. Neulasten tiheys (piirros 9) on samasta syystä IV ja V lk:ssa suurempi kuin III lk:ssa ja ehjissä puissa. Kunkin tuholuokan eri vuosikertojen arvot ovat sen sijaan toisiinsa verrattavissa, samoin kuin myöskin eri tuholuokat toisiinsa piirroksessa 10.

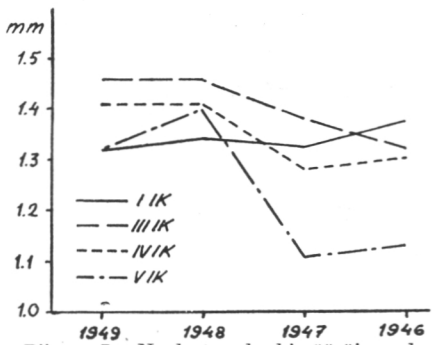
Piirroksista havaitaan, että tuhon jälkeen neulasten mitoissa tapahtuneet muutokset ovat olleet paljon suuremmat neulasten pituudessa kuin leveydessä, myös paino on huomattavasti muuttunut.

Jyrkimmät vaihtelut ovat tapahtuneet V lk:n puissa. Ensimmäisenä tuhon jälkeisenä kasvukautena (kesällä 1948) neulaset ovat kasvaneet suorastaan jättiläismäisiksi (vrt. kuva 1). Pisin mitattu neulanen oli 8.80 cm ja neulasten keskimääräinen pituus 6.34 cm eli 182 % edelliseen vuoteen verrattuna. Pituuteensa verrattuna neulaset olivat suhteettoman kapeita (keskimäärin 1.4 mm), jopa absoluuttisestikin kapeampia kuin IV ja III lk:n tämän vuosikerran neulaset. Leveyden suureneminen on kuitenkin ollut V lk:ssa prosentuaalisesti kaikkein voimakkain (vrt. piirros 10 C) johtuen siitä, että jäljellä olevat vanhemmat neulaset ovat melkein yksin-



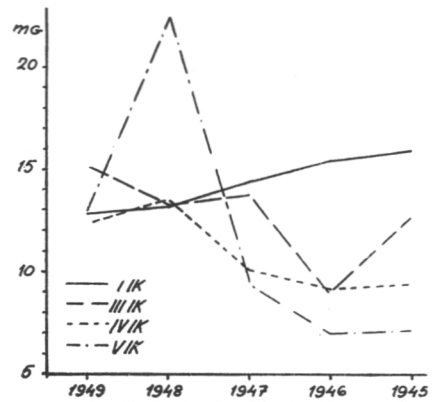
Piirros 6. Neulasten keskimääräinen pituus vuosikerroittain lumen vioittamissa ja ehjissä puissa.

Diagr. 6. Mittlere Länge der Nadeln an den verschiedenen Triebjahrgängen der heilen und beschädigten Bäume.



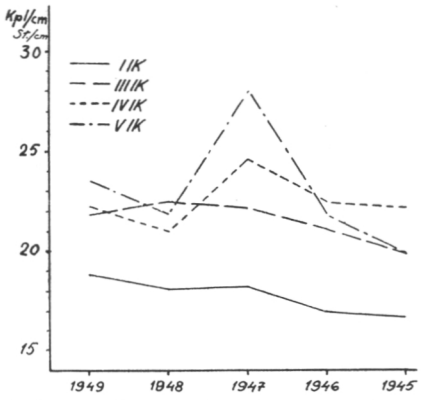
Piirros 7. Neulasten keskimääräinen leveys vuosikerroittain lumen vioittamissa ja ehjissä puissa.

Diagr. 7. Mittlere Breite der Nadeln an den verschiedenen Triebjahrgängen der heilen und beschädigten Bäume.



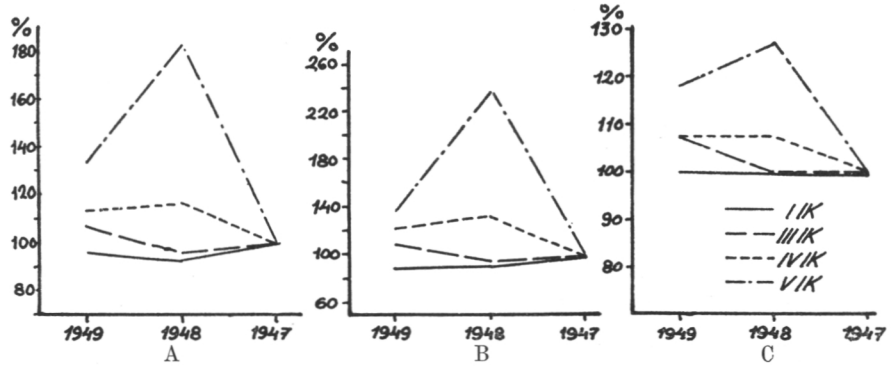
Piirros 8. Neulasten keskimääräinen paino vuosikerroittain lumen vioittamissa ja ehjissä puissa.

Diagr. 8. Mittleres Gewicht der Nadeln an den verschiedenen Triebjahrgängen der heilen und beschädigten Bäume.



Piirros 9. Neulasten keskimääräinen tiheys vuosikerroittain lumen vioittamissa ja ehjissä puissa.

Diagr. 9. Mittlerer Dichtstand der Nadeln an den verschiedenen Triebjahrgängen der heilen und beschädigten Bäume.

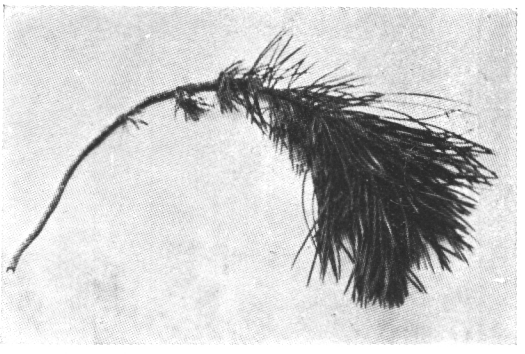


Piirros 10. Neulasten pituus (A), paino (B) ja leveys (C) lumen vioittamien ja ehjien puiden vuosikerroissa 1947—49, ilmaistuna prosentteina vuoden 1947 vastaavista arvoista (= 100 %).

Diagr. 10. Länge (A), Gewicht (B) und Breite (C) der Nadeln an den Triebjahrgängen 1947—49 der heilen und beschädigten Bäume, in Prozenten von den entsprechenden Werten des Jahres 1947 (= 100 %).

omaan kapeita varjoneulasia. Neulasten paino on valtavasti lisääntynyt. Kun keskimääräinen paino v. 1947 oli 9.4 mg, se v. 1948 oli peräti 22.4 mg (239 %).

V. 1949 puhjenneiden neulasten mitat ovat huomattavasti pienemmät kuin v. 1948. Keskimääräinen pituus on kuitenkin vielä suurempi kuin v. 1947, samoin leveys ja paino. Neulasten tiheys, joka v. 1947 oli 28 kpl/cm ja v. 1948 pieneni 22 kpl:een/cm, on jälleen alkanut nousta (23.6 kpl/cm).



Kuva 1. Erään V lk:n puusta otetun oksan kärkiosa.
Abb. 1. Zweigspitze eines Baumes aus der V. Klasse.
Valok. — *Aufn.* 5. 7. 50. E. Kangas.

V:n 1950 kasvaimista ei neulasten mittausta ole enää suoritettu, mutta silmämääräisesti arvioiden koko on edelleen pienentynyt ja tiheys kasvanut.

IV lk:n puiden neulasten mitoissa on myös tapahtunut muutoksia. V. 1948 niin pituus ja leveys kuin painokin olivat suuremmat kuin v. 1947. Neulasten pituus oli 116.5 %, leveys vain 107.5 % ja paino 133 % v:n 1947 vastaavista arvoista. Tiheys on pienentynyt (v. 1947 24.6 kpl/cm, v. 1948 21 kpl/cm).

V. 1949 syntyneiden neulasten leveys on yhtä suuri kuin edellisenä vuonna, pituus ja paino sen sijaan pienemmät. Kaikki arvot ovat kuitenkin vielä suuremmat kuin v. 1947.

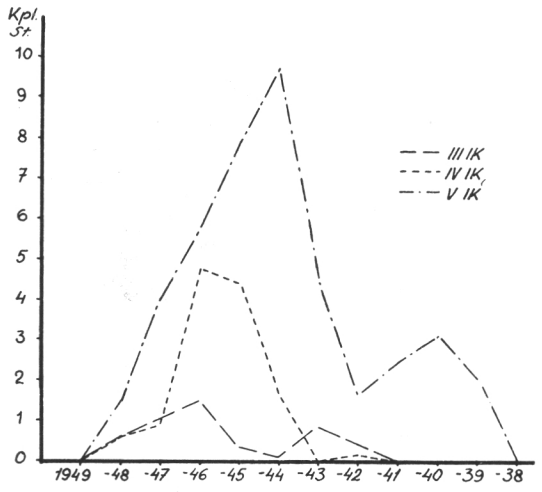
IV lk:n puissa ovat neulasten mitoissa tapahtuneet muutokset siis samansuuntaiset kuin V lk:ssakin, mutta vaihtelu on ollut huomattavasti lievempää.

III lk:n puiden neulasten keskimääräinen pituus oli v. 1948 vuoteen 1947 verrattuna laskenut 96 %:iin, mutta v. 1949 noussut 107 %:iin. Leveyden vastaavat arvot ovat 100 % ja 107 %. Paino oli v. 1948 96 %, v. 1949 lähes 110 %. Havaitaan siis, että vaihtelu on ollut suunnaltaan päinvastaista kuin IV ja V lk:n puissa ja on kaikkein lähimpänä ehjien puiden mitoissa tapahtunutta vaihtelua.

Myöhäisversot.

Tuhoista kärsineissä puissa havaittiin myös uinuvista silmuista kehittyneitä neulasia ja versoja.

Onko menetetyn neulaston korvautumista tapahtunut uusien neulasten koon suuren lisääntymisen ja myöhäisversojen kehittymisen ohella myös siten, että vanhemmat neulaset olisivat uudelleen alkaneet kasvaa, ei voida sanoa (vrt. V a a r t a j a 1949). Huomattavaa kuitenkin on,



Piirros 11. Uinuvista silmuista puhjenneihin versoihin v. 1949 muodostuneiden neulasten keskimääräinen lukumäärä tarkastettujen oksien kutakin pitkäverson vuosikasvainta kohden.

Diagr. 11. Durchschnittliche, auf die verschiedenen Triebjahrgänge der untersuchten Äste bezogene Anzahl der an den infolge des Schneebruchs ausgetriebenen Adventivästen i. J. 1949 entstandenen Nadeln.

että varsinkin vuosikerrassa 1947, joskus myös 1946, neulaset etenkin pituudeltaan vaihtelivat melkoisesti. Tasapituisten neulasten joukossa esiintyi usein sellaisia, jotka olivat jopa parikin cm muita pitempiä.

Jaccardin (1925) mainitsemaa ilmiötä, 3—5-neulaisten kääpiöversojen syntymistä lumen vioittamiin puihin, ei myöskään voitu todeta, vaikka näiden esiintymistä sen mukaan mitä ss. 14—15 on esitetty olisikin ollut odotettavissa.

Uinuvien silmujen puhkeamista on havaittu ehjiksikin jääneissä puissa. Tähän lienee paitsi ytimennävertäjien kasvainvioituksilla myöskin puuston harvenemisella ja muulla kasvuolosuhteiden paranemisella oma osuutensa (vrt. Vaartaja 1949).

Varsinkin lumen pahimmin vioittamissa puissa on uinuvien silmujen puhkeaminen ollut yleistä, joskin syntynyt neulaston lisäys on jäänyt melko vähäiseksi. Yleensä oksakiehkuroiden uinumaan jääneet silmut ovat näin kehittyneet lyhyiksi versoiksi. Kääpiöversojen muuttumista pitkäversoiksi (vrt. esim. Boas 1923, pp. 506—507) en ole voinut havaita.

Syntyneissä myöhäisversoissa oli kesällä 1950 vain aniharvoissa kolme vuosikasvainta, suurimmassa osassa (99 %:ssa tarkastetuista) vain yksi vuosikasvain ja sen päässä parhaillaan aukeava silmu. Vaikka onkin mahdollista, että jotkut kyseisistä versoista heti tuhon jälkeen (v. 1948) synnyttyään ovat lakanneet kasvamasta, lienee kuitenkin ilmeistä, että valtavasti suurin osa niistä on syntynyt vasta v. 1949.

Myöhäisversojen neulaset olivat yleensä varsin pieniä, keskimäärin n. 1.5 cm:n pituisia ja 0.7—0.8 mm:n levyisiä.

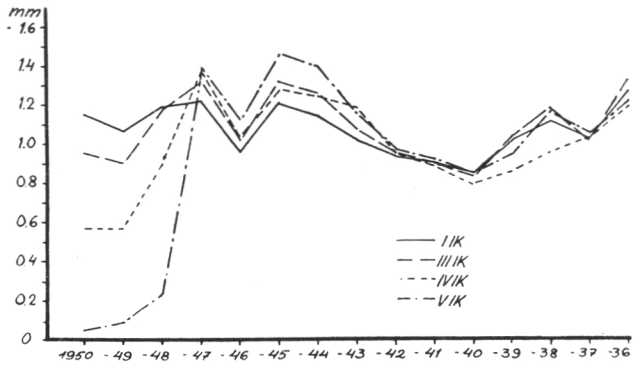
Uinuvista silmuista puhjenneihin versoihin v. 1949 muodostuneiden neulasten keskimääräinen lukumäärä ilmenee piirroksesta 11. Kaikkiaan tarkastettiin III lk:n puista 484 kasvainta, IV lk:sta 374 ja V lk:sta 88 kasvainta. Enimmän oli myöhäisversoja vuosien 1943—47 kasvaimissa, sekä eri tuholuokista V lk:n puissa.

Myöhäisversojen neulasten osuus tarkastettujen kasvainten koko neulasmäärästä on määritetty vain V lk:n puista, joissa se oli keskimäärin 6.5 (kuiva-) paino- %. Lievemmin vaurioituneissa luokissa näin syntynyt neulaston lisäys on ollut — kuten piirroksesta 11 voidaan päätellä — huomattavan paljon vähäisempää.

Paksuuskasvu.

Koepuiden valintaa paksuuskasvun mittausta varten on lähemmin selostettu s. 8. Kun vuosilustoja mitattaessa näytti siltä, ettei eräissä lumen katkaisemissa puissa vuosina 1948—50 ollut muodostunut vuosilustoa ollenkaan, piirrettiin kaikista oman ryhmänsä muodostavista koe- ja vertailupuista mittaustulokset millimetripaperille. Vertailemalla näitä käyriä toisiinsa voitiin todeta, missä koepuissa tuhon jälkeisinä vuosina oli vuosilustoja jäänyt muodostumatta.

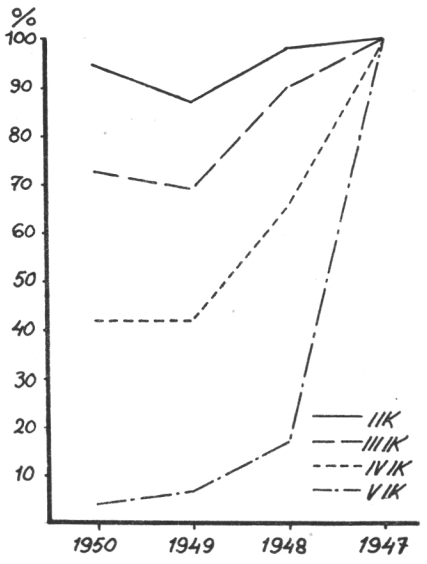
Vuosiluston keskimääräinen yksinkertainen leveys kunakin vuonna ja kussakin tuholuokassa on esitetty piirroksessa 12.



Piirros 12. Koepuiden vuosiluston leveys vv. 1936—50.
Diagr. 12. Breite der Jahresringe 1936—50 bei den Probebäumen.

Käyrissä (piirros 12) havaittava varsin selvä kasvun pieneneminen kasvukautena 1946 on ilmeisesti huomattavalta osalta johtunut kuivuudesta, joka Kolin jyrkästi viettävillä kallioperäisillä mailla ei voine olla vaikuttamatta puiden kasvuun. (Valitettavasti käytettävissä olevat lämpöhavainnot keväältä ja kesältä 1946 ovat hyvin vajavaiset.) Kuivuuden vaikutuksesta yleensä vrt. esim. Laitakari (1920), Schubert (1931) ja Mikola (1950).

Ilmatieteelliseltä keskuslaitokselta saamieni havaintosarjojen mukaan (havaintopaikka tosin Pielisjärven itäpuolella) touko—kesäkuun yhteinen sademäärä oli v. 1946 99.3 mm, v. 1947 vain 34.5 mm, mutta heinäkuun



Piirros 13. Eri tuholuokkien puiden keskimääräinen sädekasvu verrattuna vuoden 1947 kasvuun (= 100 %).

Diagr. 13. Mittlerer Radialzuwachs der heilen und beschädigten Bäume, verglichen mit demjenigen des Jahres 1947 (= 100 %).

sademäärä sen sijaan v. 1946 vain 26.0 mm, v. 1947 148.6 mm. (Keskimäärin on sadetta tullut tähänastisten havaintojen mukaan touko—kesäkuussa 113.0 mm, heinäkuussa 70.0 mm.) Ilmeisesti sademääristä johtuva vuosilustojen rakenteen erilaisuus vuosina 1946 ja 1947 on koepuissa ollut varsin selvä. V:n 1946 lustossa on tavallisesti ollut aivan ohut kesäpuurengas, kun sen sijaan v. 1947 kesäpuun osuus on usein ollut lähes yhtä suuri kuin kevätpuun.

Koska eri luokissa vuosilustojen keskimääräinen leveys tuhoa edeltäneinä kasvukausina on ollut eri suuri, saa selvimmän kuvan lumituhojen aiheuttamasta kasvun pienenemisestä piirroksesta 13, missä jokaisen luokan kunkin vuoden keskiarvot on ilmaistu prosentteina v:n 1947 keskiarvosta (= 100 %).

Tarkasteltaessa näitä käyriä huomataan varsin selvä, melko säännönmukainen riippuvaisuussuhde tuhon voimakkuuden ja sädekasvun pienenemisen välillä. V lk:ssa kasvun pieneneminen on ollut tietystikin voimakkain, suorastaan romahdusmainen. V. 1948 sädekasvu oli ainoastaan 16.3 % v:n 1947 kasvusta. Seuraavan vuoden lusto on terveissäkin puissa kapeampi kuin v. 1948, mutta vielä v. 1950:kin kasvun pieneneminen on V lk:ssa jatkunut. Viimeksi mainitun vuoden kasvu on keskimäärin enää 3.6 % tuhoa edeltäneestä vuotuisesta sädekasvusta. Vain yhdessä koepuussa kasvu on v. 1950 ollut hieman suurempi kuin v. 1949. Sen sijaan paksuuskasvu oli kokonaan pysähtynyt jo v. 1948 7:ssä, v. 1949 lisäksi 4:ssä sekä v. 1950 näiden lisäksi vielä 5:ssä puussa. V. 1950 siis jo 80 % V lk:n koepuista oli lakannut kasvamasta paksuutta.

IV lk:n puissa on kasvun pieneneminen ollut myös varsin huomattavaa. Sädekasvu on v. 1948 ollut 65.0 % edelliseen vuoteen verrattuna. V. 1949 kasvu on edelleenkin pienentynyt ollen vain 41.6 %vuoteen 1947 verrattuna, ja vielä v. 1950 on kasvu 35 %:ssa koepuita ollut pienempi kuin edellisenä kasvukautena, mutta keskimäärin kuitenkin tässä luokassa kokonaisuudessaan lasku on jo pysähtynyt.

III lk:ssa sädekasvu oli v. 1948 keskimäärin 89.3 % ja v. 1949 vain 68.7 % vuoden 1947 kasvusta. Samaan aikaan on tosin myös ehjien puiden kasvu pienentynyt, vastaavat luvut ovat 97.5 % ja 86.9 %. Kuitenkin jo v. 1950 III lk:n puiden kasvu on jälleen alkanut voimistua, vaikkakin

luston leveys on vielä vain 72.5 % v:n 1947 keskimääräisestä arvosta (ehjissä puissa 94.3 %). Niinkin lievästi vaurioituneissa kuin III lk:n puissa on paksuuskasvun pieneneminen ollut siis melko huomattava.

Kuten jo on mainittu on terveidenkin puiden paksuuskasvu tuhotalven jälkeen ollut eri vuosina huomattavan erilainen. Kaikkina vuosina se on ollut vähäisempi kuin v. 1947 ja erikoisen pieni v. 1949. Ei voida varmasti sanoa, onko kasvun pieneneminen johtunut sääsuhteista vaiko tuhojen välillisistä vaikutuksista, ennen kaikkea puiden muuttuneesta asemasta.

Mikäli näiden tekijäin vaikutus eliminoidaan pois siten, että kunakin vuonna ehjien puiden paksuuskasvua merkitään 100:lla ja lasketaan eri tuholuokkien puiden keskimääräinen kasvu prosentteina kunakin vuonna ehjien puiden saman vuoden keskimääräisestä paksuuskasvusta, havaitaan, että tämän mukaan paksuuskasvun pieneneminen olisi tuholuokissa III—V jatkunut vielä v. 1950:kin, joskin luokissa III ja IV pieneneminen on ollut niin vähäistä, että kasvu kumpanakin vuonna on käytännöllisesti katsoen ollut samaa suuruusluokkaa. Sen sijaan V lk:n puiden kasvun pieneneminen on tämänkin vertailun mukaan jatkunut sangen huomattavana. (V:n 1950 arvot ovat v:n 1949 arvoista III lk:ssa 98.8 %, IV lk:ssa 96.3 % ja V lk:ssa 46.7 %.)

Uuden latvan muodostuminen.

Lumen murtamien puiden toipumiselle on varsin tärkeätä uuden latvan muodostuminen, joka turvaa paitsi puun normaalisen pituuskasvun myös neulaston jatkuvan suurenemisen. Neulaston suurenemisesta on taas seurauksena puun paksuuskasvun lisääntyminen.

Seuraavassa tarkastellaan lähemmin uuden latvan muodostumistapaa sekä tähän kuluvaa aikaa eräitten tutkimusalueella tehtyjen havaintojen perusteella.

Latvan muodostuminen talven 1947—48 tuhojen jälkeen.

Uuden latvan muodostumisen selvittämiseksi tarkastettiin puita kaatamatta lokakuun alussa 1951 kaikkiaan 100 koepuuta, joista tehtiin paitsi latvaa myöskin ikää, kasvupaikkaa ja katkenneen latvuksen pituutta koskevat havainnot. Tarkastetuista oli 42 kpl III lk:n, 40 kpl IV lk:n ja 18 kpl V lk:n puita.

Useimmassa tapauksessa uusi latva oli kehittymässä joko yhdestä tai useammasta ylimmän kiehkuran oksasta. Vain yhdessä tapauksessa voitiin todeta latvan syntyneen ylimmän oksan joko sivusilmusta tai -versosta ja muodostavan lähes suoran kulman oksan kanssa.

Kaikkiaan 35:ssä puussa latvaksi muodostuva oksa (tai oksat) oli siinä asennossa — noussut vähintään pystysuoraan tai taipunut rangan akseliin

päin — että uusi latva oli selvästi havaittavissa. Nämä jakautuivat eri luokkien kesken seuraavasti:

III lk. ..... 32 kpl (76.2 % ko. lk:n puista),
IV lk. ..... 3 kpl (7.5 » » » »),
V lk. ..... 0 kpl (0 » » » »).

Kun lievimmin vaurioituneenkin ryhmän — III lk:n — puiden uusi latva siis useimmissa tapauksissa tulee syntymään siten, että oksa ensin taipuu ylöspäin kunnes saavuttaa ainakin rangan akselin jatkeen ja vasta sen jälkeen alkaa kasvaa suoraan ylöspäin, on edellä mainitussa 76.2 %:ssakin suurimmassa osassa latvan muodostus vielä kesken. Vain viidessä tapauksessa (11.9 %) on katsottava latvan lopullisesti muodostuneen. Näin ollen voidaan sanoa, että III lk:n puillakin kuluu keskimäärin vähintään 5—6 v. uuden latvan kehittymiseen. Kuinka pitkä tämä aika on IV lk:ssa, ei nyt käsiteltävästä aineistosta ole vielä pääteltävissä.

Tuhosta kulunut aika oli myöskin liian lyhyt, että tutkimusta tehtäessä jo olisi voitu päätellä, kuinka suurella osalla toipuvista puista tuho johtaa pysyvään monilatvaisuuteen.

Kun tutkimusalueen männiköt ovat verraten vanhoja ja kaikki jokseenkin karulla maaperällä kasvavia, ei iän ja kasvupaikan vaikutuksesta toipumisaikaan ole suoranaista aineistoa esitettävänä. Kuitenkin voidaan sanoa, että toipuminen on silminnähtävän hidasta vanhoissa ja kaikkein karuimmilla paikoilla kasvavissa männiköissä. (S c h w e r d t f e g e r (1932) on todennut, että mäntymittarin tuhojen jälkeen toipuminen on suorassa suhteessa maaperän hyvyyteen.)

Latvan muodostuminen aikaisempien tuhojen jälkeen.

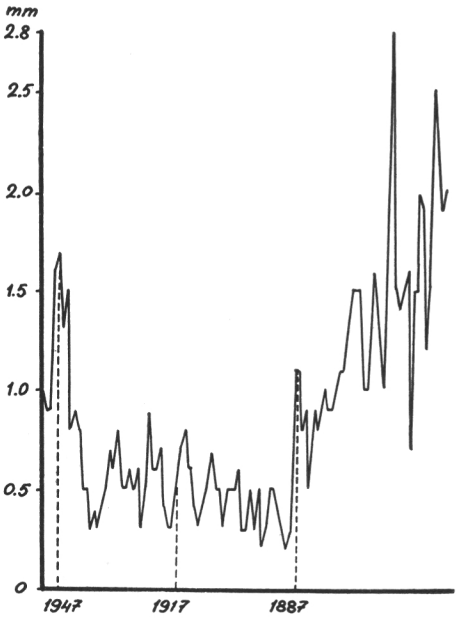
Kun latvan muodostuminen pahoin vaurioituneissa puissa on varsin hidas tapahtuma, on toipumisajan selville saamiseksi analysoitu eräitä aikaisemmin vioittuneita puita, jotka tuhon tapahduttua ovat pystyneet toipumaan. Seuraavassa selostetaan kaksi tutkittua mäntyä, joista kumpaisenkin lumi on kolme eri kertaa katkaissut.

Koepuu N:o 15. Mäkrävaaran lounaisrinteellä kivikkoisella VT-kankaalla kasvanut 114-vuotias mänty. Analysoitu 3. 10. 1951. Lumi katkaissut latvan talvina 1887—88, 1917—18 ja 1947—48 (täsmälleen 30 v:n väliajoin!). V:n 1918 tuhon jälkeen on muodostunut kaksi haaraa, jotka kummatkin ovat katkenneet talvella 1947—48. Murtumakohtiin mitattuna puun pituus oli 10.5 ja 11.0 m.

Talvella 1887—88 tapahtunut vaurio on ollut vakavin. Puu on tällöin ollut 50-vuotias ja katkennut latvus n. puolet koko latvuksen pituudesta. Ylimmän runkoon jääneen oksakiehkuran oksat ovat kahta lukuun otta-

matta tuhoutuneet. Toinen näistä oksista on kaartunut ensin ylöspäin rangan akselin jatkeeseen saakka ja sen jälkeen alkanut kasvaa kohtisuoraan ylös alkuperäisen rangan suunnasta vain hiukan poiketen. Koko tapahtuma on ollut niin hidas, että vuosilustojen rakenteesta ja puun pituuskehityksestä päätellen siihen on kulunut vähintäänkin 15 v.

Seuraava katkeaminen, joka tapahtui talvella 1917—18 eli puun ollessa 80-vuotias, ei ollut laadultaan yhtä vakava kuin ensimmäinen. Puu on epäilemättä tuhon jälkeen kuulunut III lk:aan joskin tässä ryhmässä pahimmin vaurioituneisiin. Uuden latvan syntymiseen (kaksi samanveroista latvaa) on kulunut huomattavasti vähemmän aikaa kuin ensimmäisellä kerralla, korkeintaan 9 v.



Piirros 14. Koepuu N:o *15*, vuotuisen sädekasvun kehitys.

Diagr. 14. Dickenwachstumskurve des Probebaumes Nr. 15.

Viimeksi tapahtuneen tuhon (1947—48) jälkeen ei lopullista uutta latvaa vielä ollut muodostunut.

Puun pituus oli kaadettaessa 11 m (pitempi haara), samassa metsikössä samanikäisten puiden valtapituus 17—18 m, joten lumen aiheuttamat vauriot ovat vaikuttaneet varsin haitallisesti puun pituuskehitykseen. Myöskin paksuuskasvuun on varsinkin ensiksi tapahtuneella tuholla ollut selvästi huomattava vaikutus. Piirros 14 esittää koepuusta 1 m:n korkeudelta kairatusta lastusta mitatun sädekasvun kehityksen. Piirroksesta havaitaan, että vaikkakin kasvu jo ennen v. 1887 on ollut yleensä pienenemään päin, kasvua osoittavassa käyrässä on jyrkkä lasku v:sta 1887 v:een 1888 siirryttäessä. Talven 1917—18 tuho on vaikuttanut vähemmän kuin mitä tapahtuneen vaurion perusteella voisi päätellä. Vuotta 1947 seuranneeseen kasvun vähenemiseen on varmasti ollut vaikuttamassa muitakin syitä (mm. luultavasti puun muuttunut asema metsikössä) kuin verrattain vähäinen lumen aiheuttama neulaston menetys.

Koepuu N:o 16. Mäkrävaara, tasaisella VT-kankaalla kasvanut 47-vuotias mänty. Lumivaurioita talvina 1924—25, 1935—36 sekä 1947—48. Ensimmäisenä tuhotalvena lumi ei kokonaan ole katkaissut puun latvaa, vaan taittanut latvakasvaimen n. puolivälistä siten, että kasvain on jäänyt — edelleenkin elävänä — puuhun kiinni, mutta halkeillut pituussuunnassa. Seurauksena tästä on ollut suurehkon mutkan muodostuminen. Toipumisaika ei ole tarkkaan määritettävissä.

Talvella 1935—36 tapahtunut tuho on myöskin ollut verraten lievä, latva on katkennut viimeisen ja toiseksi viimeisen oksakiehkuran väliltä, lähempää viimeksi mainittua. Uuden latvan muodostumiseen on kulunut vain 2—3 v.

Viimeisen tuhon jälkeen ei latva tässäkään puussa vielä ollut lopullisesti muodostunut.

Toipumismahdollisuudet ilman lisävaurioita.

Tarkasteltakoon ensiksi millaiset ovat männyn toipumismahdollisuudet pelkästään lumen ja jään vioituksellaan aiheuttaman puun alentuneen kunnon perusteella arvioituina.

Lumen katkaisemien mäntyjen voidaan katsoa toipuneen siinä tapauksessa, että ne ovat pystyneet muodostamaan uuden kehityskelpoisen latvan katkenneen tilalle ja että niiden keskimääräinen pituus- ja paksuuskasvu on noussut yhtä suureksi kuin mitä se ennen tuhoa on ollut — olettaen, ettei metsikön muissa kasvuun vaikuttavissa olosuhteissa toipumisaikana ole tapahtunut muutoksia.

Vaikkakin ainakin pahimmin vaurioituneiden puiden toipuminen on varsin hidasta, voidaan kuitenkin vertailemalla keskenään aikaisemmin vioittuneiden mäntyjen toipumista ja havaintoja neulastossa ja paksuuskasvussa tapahtuneista muutoksista sekä uuden latvan muodostumisesta talven 1947—48 tuhon jälkeen jo edellä esitetyn aineiston perusteella arvioida toipumismahdollisuuksia ainakin eri tuholuokkien puitteissa.

Tuhon tapahduttua on V lk:n puihin jääneen neulasmassan todettu olleen painoltaan keskimäärin vain 16.2 % tuhoa edeltäneestä. Neulaston menetys on ollut niin suuri, että puut ovat epäilemättä joutuneet varsin kriitilliseen tilaan.

Selvänä osoituksena puiden heikontuneesta kunnosta on sädekasvun jyrkkä pieneneminen. Ilmeisesti runkoon varastoituneen vararavinnon turvin on ensimmäisenä tuhon jälkeisenä kasvukautena (v. 1948) suurin osa V lk:n puista vielä kyennyt muodostamaan vähäisen vuosiluston, mutta jo v. 1950 $^4/_5$ oli kokonaan lakannut kasvamasta paksuutta.

Vararavinnon turvin ovat myös menetettyä neulastoa korvaamaan syntyneet neulaset kasvaneet v. 1948 suorastaan jättiläismäisiksi, mutta jo seuraavan kesän neulaset ovat huomattavasti pienempiä. Kasvainta kohden lasketun neulasmassan suuruus ei kuitenkaan ole vähentynyt yhtä paljon kuin mitä neulasten mitoista voisi päätellä. V. 1949 näet kasvainten pituus ja samalla myös neulasten tiheys on suurempi kuin v. 1948. Tämän lisäksi tulevat uinuvista silmuista erittäin runsaasti puhjenneet neulaset, joiden merkitys yhteyttämistoiminnalle tänäkin vuonna kuitenkin on ollut melko vähäinen. Tarkastetuissa oksissa (kuivattujen) neulasten paino oli keskimäärin kasvainta kohti v. 1947 n. 0.5 g, v. 1948 1.37 g ja v. 1949

1.28 g. Neulasmassan määrä kasvainta kohden mitattuna on siis joka tapauksessa v. 1949 pienempi kuin edellisenä vuonna.

Kaikki edellä esitetty on epäilemättä katsottava puiden kunnon jatkuvaksi huononemiseksi. Vaikkakin syksyllä 1951, neljännen tuhon jälkeisen kasvukauden päätyttyä, Kolilla voitiin todeta mm. erään männyn, jossa oli vain kaksi vihreää oksaa jäljellä, edelleenkin pysyneen hengissä (luultavasti on kysymyksessä juurianastomoosi), varmaa on, että suurin osa V lk:n puista varsin pian tulee ennenaikaisesti kuolemaan ilman ulkopuolisten haitallisten tekijäin vaikutustakin. Kuitenkaan ei liene mahdotonta, että ainakin Kolin huonokasvuisissa kalliometsissä, joissa puiden elontoiminta on hidasta ja niiden energian tarve vähäistä, jotkut parhaimmista V lk:n puista jäisivät kituvina edelleenkin henkiin.

Yhdessäkään tarkastetussa V lk:n puussa ei syksyllä 1951 voitu havaita minkäänlaista merkkiä uuden latvan muodostumisen alkamisesta.

IV lk:n puihin on todettu tuhon jälkeen jääneen neulasia keskimäärin 54.7 paino-% tuhoa edeltäneestä määrästä. Neulaston menetys on siis ollut sangen huomattava. Neulasten mitoissa tapahtunut kehitys on täysin samansuuntainen kuin edellisessä tuholuokassa, mutta vaihtelu on laajuudeltaan ollut huomattavasti pienempää. Paksuuskasvu on vv. 1948—49 tuntuvasti pienentynyt. Vielä v. 1950 se oli n. $^1/_3$:ssa koepuita pienempi kuin edellisenä vuonna. Keskimäärin koko luokassa kasvun väheneminen on kuitenkin jo pysähtynyt.

Uuden latvan muodostuminen oli syksyllä 1951 vasta aivan alullaan. Niissäkin puissa, joissa se oli pisimmällä, sen arvioitiin kestävän vielä pari vuotta eli siis kaikkiaan 5—6 v. tuhon tapahtumisesta. Erään analysoidun, talvella 1887—88 n. puolet latvuksestaan menettäneen männyn uuden latvan muodostumisen laskettiin kestäneen vähintäänkin 15 v.

Kasvun pienenemisen pysähtyminen on ilmeisesti osoitus siitä, että puiden kunto vähitellen alkaa kohota jo saavuttamastaan »aallonpohjasta». Niistä puista, joissa paksuuskasvu pieneni vielä v. 1950, osa todennäköisesti tulee kuolemaan, osa taas lienee sellaisia, joissa tuhon jälkeinen paksuuskasvun väheneminen on tilapäistä, kapeimpien vuosilustojen muodostuessa vain jonkin verran myöhemmin kuin pääosassa tämän luokan puita. Huonoimmista puista on siis sanottava samaa kuin V lk:n parhaista puista, ne tulevat ennen pitkää suurimmaksi osaksi kuolemaan, mahdollisesti jotkut jäävät henkiin, mutta eivät pysty toipumaan. Keskinkertaiset ja paremmat puut (tarkkaa rajaa on mahdoton määrittää) tulevat kaiken todennäköisyyden mukaan jäämään henkiin ja toipumaan. Toipumisaika vaihtelee kuitenkin melkoisesti.

III lk:n puut ovat tuhon johdosta menettäneet neulastostaan keskimäärin vain 10.0 %. Paksuuskasvu on kuitenkin kahtena ensimmäisenä tuhon jälkeisenä kasvukautena selvästi pienentynyt (huomattavasti enemmän kuin ehjissä puissa), mutta v. 1950 jo alkanut nousta. Neulasten mitoissa tapah-

tuneet muutokset ovat päinvastoin kuin IV—V lk:ssa melko vähäisiä. Syksyyn 1951 mennessä uuden latvan muodostuminen oli jo n. $^3/_4$:ssa koepuita selvästi alkanut, joskin latvan voitiin katsoa lopullisesti muodostuneen vain 11.9 %:ssa. Aikaisemmin vioittuneissa koepuissa todettiin toisessa latvan muodostumisen kestäneen 2—3 v., toisessa 9 v.

III lk:n puiden paksuuskasvussa ja neulasten mitoissa tapahtuneet muutokset ovat varsin samansuuntaisia kuin ehjissäkin puissa. Tuhon vaikutukset tuntuvat siis tämän luokan puiden elontoiminnoissa vain vähän, ja puiden toipuminen onkin aivan ilmeistä.

Seuraustuhot.

Tuhohyönteiset.

Tarkasteltaessa mäntyjen toipumismahdollisuuksia ei voida jättää huomioon ottamatta myöskään lumen tuhoista välillisesti johtuvina seurauksina esiintyvien hyönteis- ja sienituhojen vaikutusta.

Kun seuraustuhoja kuitenkin toisten tutkimusten yhteydessä tullaan yksityiskohtaisemmin käsittelemään, ei tässä ole syytä muuta kuin aivan ylimalkaisesti viitata hyönteis- ja sienituhojen merkitykseen.

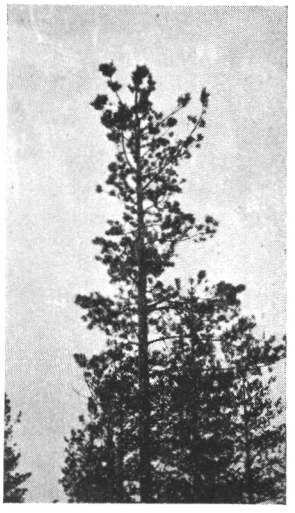
Luonteenomaista hyönteistuhojen kehitykselle on ollut, että ensimmäisenä tuhon jälkeisenä kesänä katkenneet latvukset, kannot ja yleensä varsin heikkokuntoinen materiaali on ollut hyönteisten sikiämispaikkana. Seuraavina vuosina hyönteiset (tärkeimpinä ovat esiintyneet ytimennävertäjät *(Blastophagus)* ja pikikärsäkkäät *(Pissodes)*) ovat tappaneet edellä mainittuja lievemmin vaurioituneita, ensiksi V lk:n ja sittemmin jopa huonoimpia IV lk:n puita. Tämä johtuu paitsi hyönteisille sopivimpien huonompikuntoisten puiden niin vähenemisestä kuin laadullisestakin muuttumisesta K a n k a a n (1950) mukaan myös tuholaisten lisääntyneestä aktiivisuudesta.

On ilmeistä, että lähivuosina jokin määrä yhä parempikuntoisia puita tulee edelleenkin kuolemaan. Ottaen kuitenkin huomioon, että hyönteiskannan pieneneminen ja toiselta puolen puiden kunnon paraneminen asettavat tämänsuuntaiselle kehitykselle yhä suurempia esteitä, voitaneen ainakin Kolilla syksyllä 1951 tehtyjen havaintojen mukaan olettaa, että huonot IV lk:n puut ovat edelleenkin vaarassa, mutta paremmat saman luokan puista — joilla on latvuksen pituudesta enemmän kuin puolet jäljellä — tulevat todennäköisesti, poikkeustapauksia lukuun ottamatta, säilymään (vrt. K a n g a s 1948 a).

Toipumiseen vaikuttavana tekijänä on otettava huomioon — kuten jo mainittiin — myöskin ytimennävertäjien männyn kasvaimissa aiheuttama tuho.

Kasvaintuho on yksittäisissä puissa eri latvusvyöhykkeissä jonkin verran erilainen ollen suurimmillaan ylimmissä osissa (vrt. T r ä g å r d h

1921). Tämän mukaisesti on oletettavissa, että lumen pahimmin vaurioittamat puut joutuvat kasvaintuhoista kärsimään vähemmän kuin III lk:n ja, koska tuho on täysin primaarista, ehjiksi jääneet puut. Neulasten mittausten yhteydessä tehdyt havainnot osoittavat samaa. Kaadetuista koepuista otettiin näet sattumanvaraisesti yksi puu luokista III—V, ja näistä eri latvusvyöhykkeistä kerätyn edustavan aineiston perusteella määritettiin kasvaintuhojen suuruus. III lk:n puusta (koepuu N:o *10*) tarkastettiin 291 kasvainta, joista 43 kpl eli 14.8 % oli ytimennävertäjien turmelemaa. IV lk:n puusta (N:o *8*) tarkastettu kasvainmäärä oli 268 kpl, joista vioitettuja 18 kpl eli 6.7 %. V lk:n puissa ei missään havaittu kasvaintuhoja.



Kuva 2. Ytimennävertäjien kasvaintuhoja. Koli, Mäkrävaara 2. 10. 1951.

Abb. 2. Triebbeschädigungen durch Waldgärtner. Koli, Mäkrävaara, 2. 10. 1951.

Vaikka neulaston menetys saattaa olla varsin tuntuva, jopa niin suuri, että sen vaikutus on havaittavissa selvänä puun paksuuskasvun pienenemisenä (Mattson Mårn 1921), on kasvaintuhoja, koska ne kohdistuvat verraten hyväkuntoisiin puihin, pidettävä lähinnä puiden toipumisaikaa pidentävänä, ei niinkään niiden hengissä pysymistä uhkaavana tekijänä. Nimenomaan kohdistuessaan ylimpään jäljelle jääneeseen oksakiehkuraan ne epäilemättä hidastavat uuden latvan muodostumista (vrt. kuva 2).

Tärkeätä on, että seuraustuhojen välttämiseksi metsiköiden hygieenisyyden parantamiseen kiinnitetään asianmukaista huomiota.

Tuhosienet.

Tuhohyönteisten lisäksi toisena tärkeänä seuraustuhoja aiheuttavana tekijänä ovat lumituhoalueilla puuta lahottavat sienet.

Koivu saa lumenmurtojen jälkeen hyvin helposti nopeasti etenevän lahovian (Kangas 1949).

Kuusella esiintyy myöskin sangen yleisesti katkeamakohdasta puuhun leviävää lahoa (vrt. esim. Heikinheimo 1920).

Männyllä sen sijaan lahovikojen syntyminen lumituhojen jälkeen on Kolilla tehtyjen havaintojen mukaan (ainakin v:een 1951 saakka) huomattavasti vähäisempää kuin koivulla ja kuusella. Tästä johtuen tuhosienet eivät esiinny läheskään yhtä suuressa määrässä männyn hengissäpysymistä ja toipumista vaarantavana tekijänä kuin koivulla ja kuusella. Voitaneen olettaa, että niitä puita, jotka säilyvät sortumatta tuhohyönteisten hyökkäyksiltä, eivät tuhosienetkään pysty tappamaan.

Mäntyjen toipumismahdollisuudet seuraustuhot huomioon ottaen.

Tarkasteltaessa mäntyjen toipumismahdollisuuksia pelkästään lumen ja jään aiheuttaman alentuneen kunnon perusteella ottamatta huomioon seuraustuhojen vaikutusta todettiin, että männyt voitiin jakaa toipumiskykynsä perusteella useampaan ryhmään.

Todettiin, että sangen useassa tapauksessa lumen murtamat männyt toipuvat täydelleen, ts. vauriosta ei muodostu puun elontoiminnoille pysyvää haittaa, vaan ennemmin tai myöhemmin toipuvat puut muodostavat uuden latvan ja niiden pituus- ja paksuuskasvu saavuttaa tuhoa edeltäneen suuruuden.

Näiden vastakohtana ovat puut, jotka lumen ja jään tuhojen aiheuttamista syistä lyhyemmän tai pitemmän ajan kuluttua tuhon jälkeen kuolevat.

Kolmannen ryhmän muodostavat kahden edellä esitetyn äärimmäistapauksen välillä olevat männyt, jotka ovat kunnoltaan siksi hyviä, että ne jatkuvasti pysyvät hengissä, mutta eivät kuitenkaan pysty toipumaan. Useimmiten tällöin on kysymys puista, joihin tuhon jälkeen on jäänyt vain niiden hengissä pysymisen minimitarvetta vastaava neulasmäärä. Niiden pituuskasvu on kokonaan lakannut ja paksuuskasvukin on kovin vähäistä. Tällaisia mäntyjä voi tavata Kolin vanhoissa hidaskasvuisissa kalliometsissä.

Edellä tultiin siihen tulokseen, että suurin osa V lk:n puista sekä huonoimmat IV lk:n puut tulevat melko pian tuhon jälkeen kuolemaan. Parhaimmat V lk:n puista ja eräät huonoista IV lk:aan kuuluvista tulevat joissakin tapauksissa jäämään henkiin, mutta eivät kykene toipumaan. Kaikki muut parempikuntoiset männyt toipuvat, joskin toipumisaika vaihtelee sangen huomattavasti.

Toipumismahdollisuuksia tarkasteltaessa ei kuitenkaan voida jättää huomioon ottamatta seuraustuhojen — nimenomaan hyönteistuhojen — vaikutusta. Hyönteisten vaikutuksesta tulevat muutaman vuoden kuluessa tuhon tapahtumisesta kaikki sellaiset puut, joilla on latvusta jäljellä vähemmän kuin puolet sen tuhoa edeltäneestä pituudesta, todennäköisesti kuivumaan. Kun tällaisiin puihin kuuluu mm. suurin osa niistä, jotka ilman seuraustuhoja jäisivät henkiin, mutta eivät pystyisi toipumaan, voidaan vioittuneet puut käytännöllisesti katsoen jakaa lopullisesti vain kahteen ryhmään, kuivuviin ja toipuviin, jolloin keskimääräisenä rajana on pidettävä jäljellä olevaa puolta latvuksen pituutta.

Suurin osa kuolevista puista kuivuu todennäköisesti 5—6 v:n kuluessa tuhon tapahtumisesta.

Tervehtyvien puiden toipumisaika vaihtelee melkoisesti ja sen pituuteen vaikuttavat useat tekijät. Tärkeä merkitys on sillä mihin tuholuokkaan puu kuuluu. Mitä alempaa puu on katkennut, sitä vanhempi oksa joutuu uuden latvan muodostamaan ja sitä pitempi aika tähän kuluu.

Samanlainen merkitys on arvattavasti puun iällä, nuoremmat puut toipuvat paremmin kuin vanhat. Kasvupaikalla voi myös olla jonkin verran vaikutusta, ainakin toipuminen on ollut silminnähtävän hidasta huonokasvuisissa kalliometsissä. Toipumista hidastavina tekijöinä on vielä mainittava ytimennävertäjien kasvainvioitukset sekä puun muuttunut asema metsiköissä.

Sellaisissakin metsiköissä, joissa tuhot eivät yleensä ole olleet laadultaan kovin vakavia, voi näet olla jonkin verran alimpiin tuholuokkiin kuuluvia pahoin vaurioituneita puita. Kun näillä uuden latvan muodostumiseen saattaa kulua sangen pitkä aika, on selvää, että puu tänä aikana voi jäädä niin pahasti ympäröivien parempikuntoisten puiden varjoon, että tämä saattaa haitata toipumista. Näin on asianlaita varsinkin silloin kun männikössä on joko sekapuuna tai alikasvoksena kuusta. Sellaisissa metsiköissä, joissa tuho on ollut huomattavan ankara, suurin osa puista on vioittunut. Puusto on myöskin tavallisesti niin paljon harventunut (osa puista on katkeillut kannoiksi), ettei parempikuntoisten puiden aiheuttamalla varjostuksella ole samaa merkitystä kuin edellä mainituissa tapauksissa. Sen sijaan tällaisissa metsiköissä sopeutuminen tuhon jälkeen ennen kaikkea voimakkaampaan valaistukseen voi esiintyä ensimmäisinä vuosina toipumista haittaavana tekijänä.

Kun käsillä oleva tutkimus suoritettiin melko pian tuhon tapahtumisen jälkeen, ei kaikkien mainittujen tekijöiden vaikutusta vielä ole voitu selvittää, eikä toipumisajan pituudesta voida sanoa muuta kuin mitä jo on mainittu käsiteltäessä toipumismahdollisuuksia ilman seuraustuhoja.

Loppupäätelmät.

Tutkimusalueella — Pielisjärven Kolin Mäkrävaaralla — lumi ja jää vaurioittivat talven 1947—48 erikoislaatuisissa olosuhteissa pääpuulajeistamme pahimmin mäntyä.

Yksittäisissä puissa vahingon suuruus vaihteli vähäisestä oksien menetyksestä aina lyhyeksi kannoksi katkeamiseen saakka, josta johtuen eri puiden hengissäpysymis- ja toipumismahdollisuudet ovat varsin erilaiset.

Ilman ulkopuolisten haitallisten tekijäin vaikutusta pysyvät hengissä vielä nekin männyt, joilla on latvuksesta jäljellä vain $^1/_3$—$^1/_2$ sen tuhoa edeltäneestä pituudesta. (Milloin lumi on katkonut myös alaoksia on tämä otettava huomioon.)

Lumituhojen aiheuttamista seuraustuhoista ovat hyönteistuhot pahimmat. Varsinkin ytimennävertäjien ja pikikärsäkästen vaikutuksesta kuivuvat 5—6 v:n aikana tuhon tapahduttua kaikki huonokuntoiset muuten henkiin jäävät puut. Lopullisesti todennäköisesti vain sellaiset männyt, joilla on vähintään n. puolet latvuksen pituudesta jäljellä, jäävät henkiin.

Lahottajasienien vaikutus on männyllä vähäisempi kuin koivulla ja kuusella. Hyönteistuhoilta henkiin jääneet puut ovat yleensä kunnoltaan niin hyviä, että ne säilyvät lahoiltakin.

Henkiin jääneet männyt pystyvät yleensä tuhon seurauksista toipumaan, joskin toipumisaika vaihtelee varsin suuresti.

Menetetyn neulaston korvautumista on tapahtunut välittömimmin tuhon tapahduttua siten, että ensimmäisenä tuhon jälkeisenä kasvukautena (v. 1948) puhjenneet neulaset ovat kehittyneet vanhempia huomattavasti suuremmiksi ja uinuvat oksakiehkurasilmut ovat ennen kaikkea toisena tuhon jälkeisenä kasvukautena (v. 1949) puhjenneet ja muodostaneet lyhyitä versoja. Kääpiöversojen muodostumista pitkäversoiksi ei ole todettu. Pitkien neulasten syntyminen ja uinuvien silmujen puhkeaminen on ollut voimakkainta pahimmin vioittuneissa puissa.

Toipuminen on ratkaisevasti riippuvainen uuden latvan muodostumisesta. Uuden latvan muodostuminen turvaa puun normaalisen pituuskehityksen sekä neulaston jatkuvan suurenemisen, josta taas on seurauksena tuhon jälkeen pienentyneen paksuuskasvun elpyminen.

Uusi latva on tavallisimmin syntynyt ylimmän jäljelle jääneen oksakiehkuran oksasta (tai oksista) siten, että latvaa muodostava oksa (oksat) on taipunut ylöspäin vähintään rangan akselin jatkeeseen saakka ja sitten alkanut kasvaa suoraan ylöspäin. Poikkeuksellisesti uusi latva saattaa muodostua ylimmän oksan sivuversosta tai -silmusta. Uuden latvan muodostumisesta on seurauksena pienempi tai suurempi mutka tahi (harvemmin) monilatvaisuus.

Mutkan suuruus ja toipumiseen kuluva aika ovat ratkaisevasti riippuvaisia latvaksi muodostuvan oksan iästä. Mitä vanhempi puu on tai mitä suurempi osa sen latvuksesta on katkennut sitä suurempi mutka syntyy ja sitä kauemmin toipuminen kestää.

Osaksi talven 1947—48 osaksi aikaisemmista tuhoista tehtyjen havaintojen mukaan on korkeintaan kolmanneksen latvuksensa pituudesta menettäneillä puilla uuden latvan muodostumisen todettu kestäneen 2—9 v., puilla, joiden latvuksesta $^1/_3$—$^1/_2$ on tuhoutunut, vastaava aika on 5—15 v. Siinä tapauksessa, että latvakasvain murtuu, mutta jää edelleen eloon, toipumisajan pituus ja syntyvä mutka ovat suuremmat kuin jos latva olisi kokonaan katkennut.

Toipumisaikaa pidentävästi vaikuttavat kasvupaikan huonous, muuttuvat valaistussuhteet sekä ytimennävertäjien kasvainvioitukset.

Puiden toipumismahdollisuuksia voidaan parantaa siten, että metsästä tuhon tapahduttua poistetaan kaatuneet puut, pitkät katkenneet latvukset, pitkät kannot sekä sellaiset puut, joiden latvuksesta on vähemmän kuin $^1/_3$ jäljellä. Näillä metsän hygieenisyyden parantamiseen tähtäävillä toimenpiteillä estetään näet tuhon jälkeinen puiden hengissä pysymistä ja toipumista vaarantava tuhonaiheuttajakantojen ylenmääräinen lisääntyminen.

Kirjallisuusluettelo.

Boas, J. E. V. 1923 — Dansk Forstzoologi, 2. Udg., Köbenhavn.

Cajander, A. K. 1917 — Metsänhoidon perusteet II, Porvoo.

Dengler, A. 1937 — Kronengrösse, Nadelmenge und Zuwachsleistung von Altkiefern. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwes. 69, pp. 321—336.

Heikinheimo, O. 1920 — Suomen lumituhoalueet ja niiden metsät. Metsätiet. koelait. julk. 3, pp. 1—134.

Jaccard, P. 1925 — Abnorme Nadelbildung bei der gemeinen Föhre zufolge Verletzung der Langtriebe. Schweiz. Zeitschr. f. Forstwes. 76, pp. 261—266.

Kangas, E. 1948 a — Eräitä näkökohtia viime talven lumituhoalueiden metsien käsittelystä. Metsälehti N:o 20, pp. 4—5.

—»— 1948 b — Lumituhoalueiden metsistä n. $^1/_4$ täydellisesti pilalla. Metsälehti N:o 39, p. 1.

—»— 1949 — Koivun pilaantumisesta talven 1947—48 lumituhoalueilla. Metsälehti N:o 31—32, pp. 4—5.

—»— 1950 — Über die Objektwahl des Schadenurhebers bei einigen Waldschäden. S. hyönt. aikakk. 16, pp. 145—177.

Laitakari, E. 1920 — Tutkimuksia sääsuhteiden vaikutuksesta männyn pituus- ja paksuuskasvuun. Acta forest. fenn. 17, pp. 1—53.

—»— 1934 — Männyn kääpiöversojen ja kasvainten välisistä suhteista. Acta forest. fenn. 40, pp. 853—891.

Mattson Mårn, L. 1921 — Märgborrens kronskadegörelse och dess inverkan på tallens tillväxt. Medd. fr. stat. skogsförsöksanst. 18, pp. 81—101.

Mikola, P. 1950 — Puiden kasvun vaihteluista ja niiden merkityksestä kasvututkimuksissa. Metsätiet. tutkimusl. julk. 38, pp. 1—131.

Schubert, J. 1931 — Niederschlag und Kiefernwachstum. Zeitschrift f. Forst- u. Jagdwes. 63, pp. 638—642.

Schwerdtfeger, F. 1932 — Die Erholungsfähigkeit von Kiefernbeständen nach Spannerfrass. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwes. 64, pp. 641—679.

Stålfelt, M. G. 1921 — Till kännedomen om förhållandet mellan solbladens och skuggbladens kolhydratsproduktion. Medd. fr. stat. skogsförsöksanst. 18, pp. 221—280.

Trägårdh, I. 1921 — Undersökningar över den större märgborren, dess skadegörelse och bekämpande. Medd. fr. stat. skogsförsöksanst. 18, pp. 1—80.

Vaartaja, O. 1949 — Erikoisista kasvuilmiöistä, erityisesti uudennuksesta männyn latvuksessa. Luonnon Tutkija 53, pp. 11—13.

DIE ERHOLUNG DER KIEFER AUF DER KOLI-ANHÖHE NACH DEN SCHEEBRUCHSCHÄDEN IM WINTER 1947—48.

Referat.

Einleitung.

(S. 5—6).

Schneebrüche sind in den Wäldern Finnlands keineswegs selten. Die eigentlichen Schneebruchgebiete liegen in den östlichen Teilen Nordfinnlands, in den Kirchspielen Salla und Kuusamo (Heikinheimo 1920). Südlicher treten Schäden besagter Art im allgemeinen nur in jungen Beständen und Waldkulturen ein. Eine bemerkenswerte Ausnahme bildete der Winter 1947—48, als Wälder allen Alters vielenorts in Mittelfinnland und im Kainuu-Gebiet von ernsten Verheerungen durch Schnee und Eis betroffen wurden. Hier wurde der Wald auf einer zusammengerechneten Fläche von mindestens 100 000 Hektaren mässig bis stark (30—100 % von sämtlichen Bäumen) beschädigt; davon dürfen etwa ein Viertel als völlig verdorben gelten (siehe Kangas 1948 b).

Die Ursache der Schäden war eine mehr als gewöhnlich reichliche Anhäufung von Schnee auf den Bäumen, nachdem diese in den ersten Tagen des Dezember, als es in den besagten Gegenden auf weiten Flächen regnete, von einer Eiskruste bedeckt wurden, die sich beim momentanen Gefrieren des auf die Äste anprallenden übergekühlten Regenwassers bildete.

Indem es nun vom Standpunkt der Waldpflege überaus wichtig ist zu wissen, wie die von Schnee und Eis beschädigten Bäume fähig sind, sich vom Schaden wieder zu erholen, ist diese Frage im vorliegenden Zusammenhang betreffs der Kiefer auf Grund der Verheerungen des Winters 1947—48 einer Betrachtung unterworfen worden.

Die Untersuchung hat lediglich als richtunggebend zu gelten und gibt uns keineswegs eine endgültige Antwort auf die Frage nach der Erholung der Kiefer.

Das Untersuchungsgebiet und der Grad der Zerstörung in dessen verschiedenen Waldbeständen.

(S. 6—7.)

Das Material zur vorliegenden Studie wurde in Nordkarelien, an den Abhängen des zum Koli-Massiv gehörenden Berges Mäkrävaara im Kirchspiel Pielisjärvi (etwa 63° 04′ n. Br., 29° 05′ ö. L. Greenw.) in 220—250 m Höhe ü. d. M. eingesammelt.

Über den Umfang der Schäden, von welchen die Wälder hier im Schneebruchwinter 1947—48 getroffen wurden, erhält man eine Vorstellung aus den Resultaten der im Sommer 1949 durchgeführten Linientaxierungen. Diesen gemäss waren in

den Beständen Nr. *1* und *2*, denen die meisten der im vorliegenden Zusammenhang untersuchten Bäume entnommen sind, von allen Kiefern 46.3 %, von den Birken 31.9 %, von den Fichten 7.7 % und von den übrigen Holzarten (Espen usw.) 16.0 % beschädigt. Im Bestand Nr. *3* wurden von den Kiefern 29.4 % beschädigt vorgefunden, während die Birken und Espen überhaupt nicht gelitten hatten.

Die verschiedene Widerstandsfähigkeit der Holzarten gegen Schneebruch tritt aus diesen Zahlen recht anschaulich zutage.

Methodisches.

(S. 7—9.)

Bei den Untersuchungen, die anlässlich der Schneebruchkatastrophe in der Forstlichen Forschungsanstalt unter der Leitung von Professor Dr. Esko Kangas eingeleitet wurden, ist folgende Klassifikation der Bäume nach dem Grad der Beschädigung appliziert worden, die auch im vorliegenden Zusammenhang Verwendung fand:

I = Bäume völlig verschont.
II = » unter der Schneelast gebogen.
III = Höchstens $^1/_3$ von der Krone zerstört.
IV = $^1/_3$—$^2/_3$ von der Krone zerstört.
V = Mehr als $^2/_3$ von der Krone zerstört, jedoch mindestens noch ein lebender Ast vorhanden.
Vk = Wurzelwürfe.
K = Verschieden hohe astlose Stümpfe.

Weil die Stümpfe und Wurzelwürfe nicht mehr erholungsfähig sind und im Kiefernderbwald auch keine unter der Schneelast gebogenen Bäume vorkommen, kommen hier von den obigen nur die Klassen III—V in Betracht.

Die Untersuchungen über die Erholung der Kiefer zerfallen in drei Abschnitte: 1) Ersatz des verlorenen Nadellaubes und, in Verbindung damit, Kronenaufbau des heilen Baumes; 2) Dickenwachstum der Bäume; 3) Ersatz des verloren gegangenen Wipfels.

Zwecks Untersuchung des Nadelersatzes wurden im Juni—August 1950 aus jeder in Betracht kommenden Baumklasse drei Probebäume gewählt, dazu drei heil gebliebene Kiefern zur Kontrolle.

Für die Messung der Nadeln und Triebe wurde die Krone jedes gefällten Probebaumes in drei gleichlange Abschnitte geteilt. Auf der Mitte eines jeden solchen Kronendrittels wurde sodann in jeder Haupthimmelsrichtung je ein Ast, an der unteren Grenze der Krone deren entsprechend so viele wie erhältlich und schliesslich der oberste Wipfel (die Stammspitze) zur Untersuchung beiseitegenommen. Den beschädigten Bäumen wurden die Probeäste an entsprechenden Stellen entnommen; je nachdem, wie starken Schaden der Baum gelitten hatte, konnte ihre Anzahl jedoch sogar beträchtlich herabgesetzt sein.

Zur Gewichtsbestimmung des Nadellaubes der heilen Bäume wurden am 3. und 4. 10. 1951 zwei völlig unversehrte Kiefern gefällt, ihre Kronen wie oben in drei Abschnitte geteilt und aus jedem Abschnitt getrennt die benadelten Äste verwahrt. Diese wurden dann eine Zeitlang unter Dach bei Zimmertemperatur aufbewahrt, damit die Nadeln leichter abfielen und bequemer für die Wägungen aufgesammelt werden konnten.

Zur Ermittlung der durch die Beschädigung verursachten Veränderungen im Dickenwachstum der Kiefer wurde am 1. und 2. 9. 1950 insgesamt 101 Versuchsbäumen ein Bohrspan entnommen.

Die Beobachtungen über den Wipfelersatz wurden an stehenden Bäumen (100 Bäume aus verschiedenen Klassen im Oktober 1951) gemacht. Dazu wurden zwecks genauerer Analysierung zwei Kiefern gefällt, welche beide bereits dreimal vom Schnee gebrochen worden waren.

Im Laboratorium wurden ausgeführt: im Sommer 1950 die Messung des Nadelmaterials, im Winter 1950—51 das Wägen der Nadeln und die Untersuchung der Bohrspäne und im Dezember 1951 die Wägungen zur Ermittlung des Gewichtes der Nadelmasse.

Heile Kiefern.

(S. 9.)

Um die eventuellen Einwirkungen des Schneebruchs auf das Nadellaub der Kiefer zu ermitteln, wurde der Kontrolle halber Nadelmaterial auch von unbeschädigten Kiefern eingesammelt.

Das Nadellaub in den verschiedenen Teilen des Geästs.

Massverhältnisse und Dichtstand der Nadeln.

(S. 9—13.)

Die Standorte und Massverhältnisse der Versuchsbäume erhellen aus Tabelle 1 (S. 10).

Die Längen- und Breitenmessungen der Nadeln erfolgten, soweit Material erhältlich, an je fünf Nadeln der Triebjahrgänge 1947—49 — bei den älteren an je dreien — der den Probebäumen entnommenen Astproben, jene unter Bedienung des gewöhnlichen Millimetermasses, diese mit dem sog. Jahresringmikroskop; als Breite gilt dabei der grössere Querschnittsdurchmesser der Nadel. In Verbindung mit den Messungen wurde auch der Dichtstand der Nadeln (= Nadeln je cm) ermittelt, ebenso wurde notiert, ein wie grosser Teil der Nadeln bei den Trieben der verschiedenen Jahrgänge bereits abgefallen war.

Die Nadeln wurden bei Zimmertemperatur getrocknet und im Laboratorium auf der Analysenwaage gewogen. Von jedem Triebjahrgang der Probeäste wurden jedesmal 10 oder — wenn nicht hinreichend vorhanden — 9—2 Nadeln gewogen.

Länge, Breite, Gewicht und Dichtstand der Nadeln erhellen am besten aus den Diagrammen 1—5 (S. 12—13). In diesen gelten für die unterschiedenen Kronenabschnitte folgende Abkürzungen: L = Wipfel, $^1/_3$, $^2/_3$ und $^3/_3$ = Mitte des obersten, mittleren und untersten Kronendrittels, A = unterster Astquirl. In Abb. 5: »tiheys» = Dichtstand, »leveys» = Breite, »pituus» = Länge, »paino» = Gewicht.

Die mittleren Längen und Breiten der Nadeln der einzelnen Probebäume sind, nach den Haupthimmelsrichtungen gruppiert, in Tabelle 2 (S. 11) angegeben.

Bei einem Blick auf die Messungsergebnisse ist festzustellen, dass sowohl Länge als Breite der Nadeln im Wipfel am grössten sind und von dort nach unten hin abnehmen, so dass sie an den untersten Ästen nur etwa 70 % von den entsprechenden Werten des Wipfels ausmachen. Zwischen den verschiedenen Haupthimmelsrichtungen sind dagegen keine regelmässigen Unterschiede nachweisbar. Von Baum zu Baum variieren die Masse beträchtlich.

Auch das Gewicht der Nadeln nimmt in der Krone nach unten hin ab. Dagegen stehen die Nadeln in den unteren Teilen der Krone bedeutend dichter als in den oberen.

Alter der Nadeln.

(S. 13—14.)

Die Menge der an den Trieben der Jahrgänge I—VII bei der Besichtigung im Juni—August 1950 noch festsitzenden Nadeln ist für die Probebäume Nr. *2* und *12*, in Prozenten ausgedrückt, in Tabelle 3 (S. 14) angegeben. Achtjährige oder noch ältere Nadeln wurden bei den Besichtigungen nicht angetroffen.

Anzahl der Nadeln am Kurztrieb.

(S. 14—15).

Neben normalen Kurztrieben mit zwei Nadeln wurden bei einigen Bäumen auch mehrere Triebe mit drei, einmal sogar ein solcher mit vier Nadeln angetroffen. Die Lage dieser Triebe in den verschiedenen Kronenabschnitten der Probebäume erhellt aus Tabelle 4 (S. 14). Die Dreinadelbündel befanden sich der Regel nach in den Endteilen der Triebe.

Nadelgewicht.

(S. 15—18.)

Die Wägung der in der auf S. 37 beschriebenen Weise aufgesammelten lufttrocknen Nadelmasse erfolgte im Dezember 1951. Jedem Kronendrittel wurden darüberhinaus 2—4 repräsentative (etwa 6—10 g grosse) Proben entnommen. Die Proben wurden mit der Genauigkeit von einem Milligramm gewogen und die in ihnen enthaltenen Nadeln gezählt, woraus sich dann in groben Zügen die Anzahl der Nadeln in jedem Kronendrittel und dadurch im ganzen Baum berechnen liess.

Die wichtigsten Masse der Probebäume sowie Gewicht und Anzahl der Nadeln erhellen aus den Tabellen 5 und 6 (S. 15 und 16).

Die Gewichtsanteile der Nadelmassen der einzelnen Kronenabschnitte, bezogen auf das Nadelgewicht des ganzen Baumes, waren durchschnittlich (in Gewichtsprozenten des lufttrocknen Materials): oberer Kronenabschnitt 20.0 %, mittlerer Kronenabschnitt 50.6 %, unterer Kronenabschnitt 29.4 %.

Aus Tabelle 7 (S. 17) ist zu ersehen, ein annähernd wie grosser Teil von der ursprünglichen Nadelmasse bei den den verschiedenen Klassen zufallenden Bäumen unmittelbar nach der Verheerung noch vorhanden war. Für die am stärksten beeinträchtigten Bäume der Klasse V gilt der geschätzte Wert von 3 %.

Massverhältnisse und Dichtstand der Nadeln verschiedener Triebjahrgänge.

(S. 18.)

Bei heilen Bäumen sind keine grossen Unterschiede in der Länge und Breite der Nadeln bei den Trieben verschiedener Jahrgänge zu beobachten. Dagegen sind ältere Nadeln schwerer als junge.

Schneebruchkiefern.

Massverhältnisse und Dichtstand der Nadeln.

(S. 18—21.)

Die Messung der Nadeln erfolgte ähnlich wie bei den heilen Bäumen an neun Probebäumen, deren Standorte und wichtigsten Masse in Tabelle 8 (S. 19) angegeben sind.

Die Mittelwerte für Länge, Breite, Gewicht und Dichtstand der Nadeln an den verschiedenen Triebjahrgängen der Probebäume der verschiedenen Klassen sind graphisch in den Diagrammen 6—10 (S. 20) dargestellt. In diesen bedeutet »lk» — Klasse. Die schroffsten Schwankungen sind, wie man sieht, innerhalb der V., die geringsten wiederum innerhalb der III. Klasse zu verzeichnen.

Adventivsprossbildung.

(S. 21—23.)

Zumal bei den schlimmsten Schneebrüchen kam es insbesondere im Sommer 1949 allgemein zum Austreiben der Adventivknospen, doch ist der dadurch entstandene Zuschuss an Nadelmasse gering geblieben. Im Juli 1950 belief sich der Anteil der an solchen Adventivsprossen entstandenen Nadeln in der V. Klasse auf 6.5 % vom Trockengewicht der Nadelmasse des gesamten Baumes. Meistens sind die Adventivsprosse kurz geblieben. Umbildung von Kurztrieben zu Langtrieben konnte nicht festgestellt werden.

Dickenwachstum.

(S. 23—25.)

Aus den Diagrammen 12 und 13 (S. 23 und 24) ergibt sich ein recht deutliches Abhängigkeitsverhältnis zwischen der Stärke der Beschädigung und dem Radialzuwachs. Die Zuwachsstörung ist am stärksten, geradezu katastrophal, in der V. Zustandsklasse. Im Jahre 1950 hatten schon 80 % von den Bäumen dieser Klasse ihr Dickenwachstum eingestellt. Auch in der IV. Klasse ist das Dickenwachstum der Bäume durch die Schneebrüche recht stark beeinträchtigt worden. Noch i. J. 1950 war bei 35 % der Versuchsbäume dieser Klasse das Dickenwachstum demjenigen der vorhergehenden Vegetationsperiode gegenüber geschwächt. Auch noch in der III. Klasse, in welcher ja von einer starken Beschädigung der Bäume nicht gesprochen werden kann, hat das Dickenwachstum infolge der Schäden abgenommen, befindet sich aber seit 1950 wieder in Zunahme.

Wipfelersatz.

Die Wipfelbildung nach den Verheerungen des Winters 1947—48.

(S. 25—26.)

Im Oktober 1951, am Ende der vierten Vegetationsperiode nach der Schneebruchkatastrophe, hatte sich nur bei 11.9 % von den untersuchten Bäumen der III. Klasse der neue Wipfel endgültig gebildet. Im ganzen dürfte wohl geschätzt werden

können, dass die Wipfelbildung bei den Bäumen dieser Klasse eine durchschnittliche Zeit von 5—6 Jahren erfordert. Wie sich diese Verhältnisse bei den Bäumen der IV. Klasse gestalten, kann auf Grund des vorliegenden Materials noch nicht geschlossen werden.

Die Wipfelbildung nach früheren Beschädigungen.

(S. 26—28.)

Unter den analysierten Kiefern befand sich eine 114jährige (Probebaum Nr. *15*), die ihren Wipfel wiederholt in den Wintern 1887—88, 1917—18 und jetzt zuletzt 1947—48 verloren hatte. Die erstgenannte Beschädigung war von allen die ernstlichste gewesen, denn der Baum hatte in jenem Winter etwa die Hälfte von der Länge seiner Krone verloren. Die Bildung des neuen Wipfels hatte in diesem Falle etwa 15 Jahre beansprucht. Die zweite Beschädigung versetzte den Baum in die III. Klasse, und die Erholung hat sich höchstens über die Zeit von 9 Jahren erstreckt. Nach dem Schneebruch des Winters 1947—48 hat sich ein neuer Wipfel bei diesem Baum noch nicht gebildet.

Der zweite von den analysierten Bäumen, der Probebaum Nr. *16*, hatte gleichfalls dreimaligen Schneebruch erlitten. Beim ersten Mal war der Wipfel nicht vollständig gebrochen, sondern der Länge nach zerspalten und umgebogen. Als Anzeichen dieser Beschädigung zeigt der Baum an der betreffenden Stelle heute eine ziemlich starke Krümmung. Die Zeitdauer der Erholung ist schwierig zu beurteilen. Auch beim zweiten Mal war die Beschädigung ziemlich leicht (III. Klasse), und die Bildung des neuen Wipfels hat sich innerhalb der Zeit von 2—3 Jahren vollzogen. Nach dem letzten Schneebruch im Winter 1947—48 ist auch bei diesem Baum noch kein neuer Wipfel entstanden.

Erholungsmöglichkeiten beim Ausbleiben nachträglicher Beschädigungen.

(S. 28—30.)

Die Entwicklung des Nadellaubes und des Dickenwachstums bei den Bäumen der V. Klasse lässt schliessen, dass der grösste Teil von ihnen auch beim Ausbleiben jeglicher Folgeschäden alsbald dem Tode verfallen sein wird. Höchstens einige von den besten Exemplaren mögen sich noch vorläufig halten können, von einer Erholung wird aber nicht die Rede sein.

Für die am stärksten beeinträchtigen Bäume der IV. Klasse gilt dasselbe wir für die Bäume der V. Klasse. Die mittelmässigen und besseren Vertreter der Klasse werden sich erholen, auch wenn dies zwar eine sehr verschieden lange Zeit erfordern wird. Die Bildung eines Ersatzwipfels beansprucht, wie auf Grund der Verheerungen des Winters 1947—48 und an Hand früherer Beschädigungen geschlossen werden darf, 5—15 Jahre Zeit.

Die Bäume der III. Klasse werden sich ganz offensichtlich erholen. Dies wird eine Zeit von 2—9 Jahren beanspruchen.

Folgeschäden.

(S. 30—31).

Weil die Folgeschäden der Schneeverheerungen des Winters 1947—48 in anderem Zusammenhang eingehend zur Behandlung aufgenommen werden, wird hier nur in aller Kürze auf die Bedeutung der Insekten- und Pilzschäden hingewiesen.

Schadeninsekten.

Von Insekten sind als wichtigste Urheber von Folgeschäden in den untersuchten Gebieten zumal die Waldgärtner *(Blastophagus)* und die Rüsselkäfer *(Pissodes)* aufgetreten.

Infolge der Insektenschäden vertrocknen auch noch die schwächsten Vertreter der IV. Klasse binnen einiger Jahre nach der Beschädigung. Bäume, die mehr als die Hälfte ihrer ursprünglichen Kronenlänge beibehalten haben, werden sich aller Wahrscheinlichkeit nach erhalten.

Als ein die Erholung der leicht beschädigten Bäume verzögernder Faktor muss auch die Triebbeschädigung durch die Waldgärtner berücksichtigt werden. Bei den ärgsten Schneebrüchen wurden solche Triebbeschädigungen nicht angetroffen.

Schädliche Pilze.

Fäulepilze sind bei der Kiefer nach den Verheerungen des Winters 1947—48 in weit geringerem Masse als bei Birke und Fichte aufgetreten. Es dürfte anzunehmen sein, dass Bäume, die vor den Angriffen der Insekten verschont bleiben, auch den Pilzen erfolgreich Widerstand zu leisten vermögen.

Die Erholungsmöglichkeiten der Kiefer unter Mitberücksichtigung der Folgeschäden.

(S. 32—33.)

Endgültig erholungsfähig sind nur solche Kiefern, die mindestens die Hälfte ihrer ursprünglichen Kronenlänge beibehalten haben. Die Länge der Erholungsdauer wird von mehreren Faktoren bestimmt. Wichtig ist der Grad der mechanischen Beschädigung. Auf je geringerer Höhe über dem Erdboden der Stamm gebrochen ist, ein desto älterer Ast tritt zur Bildung des neuen Wipfels heran und eine desto längere Zeit wird zum Ersatz des Wipfels nötig sein. Ähnlich wirkt das Alter des Baumes. Ungünstige Standortsverhältnisse und Triebbeschädigungen durch Waldgärtner können gleichfalls die Erholung hemmen, desgleichen die veränderte Lage des Baumes im Bestand (zunehmende Beschattung durch benachbarte, heil gebliebene Bäume, insbesondere Fichte, oder in anderen Fällen Anpassung an erhöhte Lichtzufuhr nach der Schneebruchkatastrophe).

Schlussbetrachtungen.

(S. 33—34.)

Bei der auf weiten Flächen in Mittelfinnland und Kainuu im Winter 1947—48 eingetretenen Schneebruchkatastrophe wurde die Kiefer im Untersuchungsgebiet dem Berg Mäkrävaara im Koli-Massiv, am stärksten beeinträchtigt.

Bei den einzelnen Bäumen schwankte der Grad der Beschädigung von leichten Astbrüchen bis zum Brechen des ganzen Baumes dicht über dem Erdboden.

Von den Folgeschäden der erwähnten Schneebruchkatastrophe stehen die durch Insekten, insbesondere durch die Waldgärtner und Rüsselkäfer verursachten an erster Ställe. Die Fäulepilze sind bei der Kiefer von geringerer Bedeutung als bei Birke und Fichte.

Unter Mitberücksichtigung der Folgeschäden bleiben aller Wahrscheinlichkeit nach nur solche Bäume fortgesetzt am Leben, bei denen die Hälfte oder mehr von der

ursprünglichen, vor der Schneebruchkatastrophe vorhandenen Kronenlänge erhalten geblieben ist.

Bäume, die durch den Schneebruch nicht zum Tode verurteilt worden sind, vermögen sich im allgemeinen zu erholen, doch variiert die Erholungszeit innerhalb sehr weiter Grenzen.

Der unmittelbarste Ersatz des durch den Schneebruch verloren gegangenen Nadellaubes ist auf die Weise erfolgt, dass die in der ersten Vegetationsperiode nach der Katastrophe (1948) ausgebrochenen Nadeln zu einer beträchtlicheren Grösse als die älteren ausgewachsen sind, sowie dass insbesondere in der zweiten Vegetationsperiode nach der Katastrophe (1949) zahlreiche kurze Sprosse aus austreibenden Adventivknospen entstanden sind.

Entscheidend für die Erholung ist indessen der Wipfelersatz. Der neue Wipfel ist gewöhnlich aus einem oder mehreren Ästen des obersten noch erhalten gebliebenen Astquirls auf die Weise entstanden, dass der wipfelbildende Ast (bzw. die Äste) sich aufwärts zumindest bis zu der Fortsetzung der Hauptachse gekrümmt hat und danach geradeaus nach oben zu wachsen begonnen hat. Der Wipfelersatz führt zu einer stärkeren oder schwächeren Krümmung des Stammes oder zu Vielgipfeligkeit.

Auf Grund von Beobachtungen teils im Schneebruchwinter, teils aus früherer Zeit ist festgestellt worden, dass die Bildung eines neuen Wipfels bei Bäumen, die höchstens ein Drittel von der ursprünglichen Länge ihrer Krone eingebüsst haben, die Zeit von 2—9 Jahren erfordert. Bei Bäumen, die $^1/_3$ bis $^1/_2$ ihrer Krone verloren haben, bildet sich der Wipfel in 5—15 Jahren.

Ist der zum Ersatz des Wipfels herantretende Ast sehr alt, so wird die Erholung des Baumes verzögert. In der gleichen Richtung wirken ungünstige Standortsverhältnisse, die veränderte Lage des Baumes im Bestand und Triebbeschädigungen durch die Waldgärtner.

Die Erholungsmöglichkeiten der Bäume lassen sich durch zweckmässige Massnahmen zur Erhöhung der Waldhygiene nach stattgefundenem Schaden erheblich fördern.

PIKKUKÄPYLINNUN *(LOXIA CURVIROSTRA L.)* RAVINNOSTA JA METSÄTALOUDELLISESTA MERKITYKSESTÄ

PAAVO JUUTINEN

ÜBER NAHRUNG UND FORSTWIRTSCHAFTLICHE BEDEUTUNG DES FICHTENKREUZSCHNABELS *(LOXIA CURVIROSTRA L.)*

DEUTSCHES REFERAT

HELSINKI 1953

Helsinki 1953. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkusanat

Ryhtyessäni keväällä 1947 tutkimaan käpylintujen ravintoa ja taloudellista merkitystä, luulin ottaneeni käsiteltäväksi mielenkiintoisen tutkimusaiheen, johon tarvittavan aineiston hankkiminen ei kirjallisuudessa esiintyvien tietojen mukaan varmaankaan tuottaisi suuria vaikeuksia. Toisin on kuitenkin käynyt. Mielenkiintoinen on tehtävä epäilemättä ollut, mutta aineiston hankkiminen ravintoanalyysejä varten on osoittautunut — kesäaikaa lukuun ottamatta — eri seikoista johtuen niin hankalaksi, että useaan otteeseen olen jopa harkinnut tutkimuksen keskeyttämistä. (Isonkäpylinnun kohdalla näin on käynytkin, vrt. J u u t i n e n 1952 a). Huomattavimpana syynä tähän on ollut käpylintukannan suuri vaihtelevuus, jopa lähes täydellinen puuttuminen etenkin talvisin useana vuonna niillä alueilla, joilla tutkimuksia on ollut tilaisuus suorittaa. Esimerkkinä mainittakoon, että vuoden 1950 aikana, jolloin käytettävissäni oli yksi apulainenkin, saimme yhteensä ammuttua vain yhden käpylinnun. Lisäksi ovat erinäiset muut tehtävät talvisaikaan sitoneet minua enemmän kuin käsillä olevan tutkielman kannalta olisi ollut suotavaa. Onneksi käpylintuja oli talvella 1951—1952 hyvän kuusen siemenvuoden ansiosta niin runsaasti, että suurimmat puutteellisuudet saatiin ravintoanalyysisarjasta poistettua. Analyysejä on tästä huolimatta varsin vähän. Kun kuitenkin pikkukäpylinnun ruokavalion kokoonpanossa on voitu todeta selvä vuodenajoista johtuva vaihtelu, eikä meikäläisissä oloissa tavallisesti kysymykseen tulevia ravintolajejakaan ole kuin muutama, voitaneen pikkukäpylinnun ravinnosta jo tämänkin aineiston perusteella saatua kuvaa pitää oleellisesti oikeana.

Työtä suunniteltaessa on prof. U u n i o S a a l a s ystävällisesti antanut monia varteen otettuja ohjeita. Prof. E s k o K a n k a a l t a olen saanut apua varsinkin ravintoanalyyseissä tavattujen hyönteisten, samoin kuin maist. S a k a r i S a a r n i j o e l t a kasviravinnon määrittämisessä. Toht. L a u r i S i i v o n e n on hyväntahtoisesti lukenut käsikirjoituksen ja antanut useita arvokkaita neuvoja. Heille kaikille esitän tässä yhteydessä parhaat kiitokseni.

Helsingissä 7. p:nä tammikuuta 1953.

Paavo Juutinen

Sisällysluettelo

	Sivu
Johdanto	5
Ravinto	7
Kirjallisuuskatsaus	7
Ravintoanalyysit	10
Tutkimusmenetelmä	10
Analyysitulokset	11
Lihasmahan kivistä	14
Muut havainnot	15
Ruokavalion kokoonpano ja sen vaihtelu eri vuodenaikoina	18
Havupuiden siemensadon runsauden vaihtelun vaikutus vaellusten syntymiseen	19
Metsätaloudellinen merkitys	22
Kuusen siemensadolle aiheutunut vahinko	23
Tuhottujen käpyjen määrä	23
Käpyihin jääneen siemenen määrä ja laatu	25
Siemenen kariseminen pudotetuista kävyistä	25
Vahingon suuruus eri vuosina ja vuodenaikoina	26
Männyn siemensadolle aiheutunut vahinko	28
Verso- ja silmuvioitukset	29
Käpylintujen tekemän hyödyn ja vahingon vertailua	33
Loppupäätelmät	34
Kirjallisuusluettelo	36
Referat	40

Johdanto

Pikkukäpylintu *(Loxia curvirostra L.)* on Suomessa yleinen havumetsissä — niin pienissä viljelysten ympäröimissä metsiköissä kuin aivan asumattomissa erämaissakin — etelärannikolta Lappiin saakka. Kiertelevänä sitä tavataan jopa meren ulkosaaristosta lähtien, missä ei ollenkaan kasva havupuita, aina koivuvyöhykkeeseen asti pohjoisessa. Kannan suuruus vaihtelee kuitenkin varsin huomattavasti. Joinakin vuosina käpylintuja on hyvinkin runsaasti, mutta toisina taas ne puuttuvat varsinkin talvisin lähes täydelleen suurimmasta osasta maata.

Merikallion (1946) suorittamien arviointien mukaan pikkukäpylintujen määrä on etelä-Suomessa 498 000, 66. leveysasteen eteläpuolella 625 000 ja koko maassa 812 000 paria.

Muuallakin Euroopan mantereella pikkukäpylinnun levinneisyysalue ulottuu pohjoisessa havumetsänrajaan saakka. Aivan satunnaista on lajin esiintyminen Islannissa ja Fär-saarilla (Jensen 1929) sekä Karhusaarella (Mela 1903). Grönlannissa sitä on tavattu ainakin kerran (Salomonsen 1936). Suuren yhtenäisen pesimisalueen muodostaa pohjoinen havumetsävyöhyke. Tanskassa tavataan pesiviä lintuja vain Jyllannin pohjoisosissa (Jensen 1929), keski-Euroopassa havumetsien sijainnista johtuen etupäässä vuoristoissa. Euroopan länsiosissa laji on pesivänä jokseenkin harvinainen, sitä tavataan Skotlannissa ja harvinaisena eräissä osissa Irlantia (Kirkman — Jourdain 1930), Hollannissa se on Detmersin (1912) mukaan pesinyt vain kerran. Yhtä harvinainen se lienee suurimmassa osassa Ranskaa ja Belgiaa vuoristoja lukuun ottamatta Etelä-Euroopassa pikkukäpylintu pesii Espanjassa (Witherby 1928), Baleareilla, Korsikassa, Italian niemimaan pohjoisosissa, harvoin etelämpänä (Whitaker 1910), Jugoslaviassa, muualla Balkanilla ainakin Bulgarian vuoristoissa (Boettcher 1919, Scharnke — Wolf 1938), Kreikassa hyvin harvinaisena (Lindermayer 1860 mainitsee lajin pesineen Parnassos-vuorella). Etelä-Venäjällä pikkukäpylintua tavataan varsinkin vuoristoissa Krimille ja Kaspian meren rannoille saakka ainakin kiertelevänä (Goebel 1874, Suschkin 1914).

Afrikassa esiintyvän, hyvin vaalean alalajin (Whitaker 1898) levinneisyysalue käsittää vain Atlasmaat Välimeren rannikolla.

Välimeren piirissä pikkukäpylintua tavataan myös Aasian puolella. Kyproksen mäntymetsissä asustaa erikoisen vahvanokkainen alalaji, jonka

mainitaan esiintyneen sikäläisten hotellien ruokalistoilla tunnustettuna herkkuna (Bucknill 1910), ja päämuotoa on ainakin Vähän-Aasian pohjoisosissa (Kummerlöwe — Niethammer 1934), onpa sitä tavattu Palestiinassa saakka (Aharoni 1931).

Levinneisyysalueen pohjoisraja Aasiassa kulkenee jokseenkin lähellä metsänrajaa. Idässä laji pesii vielä Kamtshatkalla (Heinroth 1926) ja Kurileilla (Yamashina 1931) sekä Japanin pääsaarilla, joskaan ei kovin yleisenä (Jahn 1942). Kaakkois-Aasiassa sitä tavataan Ranskan Indo-Kiinaan (Delacour 1929) ja Filippiineille saakka (esim. Grant 1894). Etelässä pikkukäpylintu pesii Himalajan rinteillä 3 500—4 200 m:n korkeudessa (Schäfer 1938).

Amerikan mantereella pikkukäpylintua tavataan havumetsäalueilla Hondurasista, Guatemalasta ja Meksikosta lähtien Alaskan ja Kanadan pohjoisimpiin metsäalueisiin saakka (Baird — Brewer — Ridgway 1875, Heinroth 1926).

Laji on siis pohjoisella pallonpuoliskolla laajalle levinnyt. Suurimmassa osassa pesimisaluettaan se on lisäksi varsin yleinen.

Levinneisyysalueen laajuus on osaltaan vaikuttanut siihen, että pikkukäpylintua on useiden maiden ornitologisessa kirjallisuudessa käsitelty jokseenkin laajasti. Etenkin systematiikkaan on kiinnitetty paljon huomiota. Lajista on mm. selitetty — useinkin varsin vähäisen aineiston perusteella — kolmisenkymmentä enemmän tai vähemmän selvää alalajia. Lisäksi myös käpylintujen erikoislaatuinen nokka, sen kehittyminen ja toiminta, höyhenpuvun värien suuri vaihtelevuus sekä värien himmeneminen häkkilintuina pidetyillä yksilöillä, pesiminen muista linnuista poiketen useinkin vielä kovien pakkasten ja runsaan lumen aikaan sekä epäsäännöllisin väliajoin sattuvat suuret vaellukset ovat antaneet aiheita moniin mielenkiintoisiin tutkimuksiin.

Käpylintujen ravinnostakin on yksittäisiä havaintoja melko runsaasti, mutta mitään yhtenäistä esitystä ruokavaliosta ja sen kokoonpanon mahdollisista vaihteluista eri vuodenaikoina ei tiettävästi ole olemassa. Taloudellisesta merkityksestä ei myöskään ole tietääkseni esitetty muuta kuin silmävaraisia arviointeja. Tämän huomioon ottaen ja varsinkin kun pikkukäpylintu on meillä niin yleinen (Merikallion 1946 mukaan on maassamme vain seitsemän sitä runsaslukuisempaa lintulajia), ettei se metsätaloudellisesti luultavasti ole täysin merkityksetön, on katsottu olevan syytä lähemmin tutkia sen ravintoa ja taloudellista merkitystä.

Ravinto

Kirjallisuuskatsaus

Vaikkakin pikkukäpylintuja on mm. systemaattisia tutkimuksia varten ammuttu varsin runsaasti, esiintyy kirjallisuudessa tietoja ravintoanalyyseistä hyvin niukasti.

Eckstein (1887) on tarkastanut kolme yksilöä (13., 20. ja 23. I. 1887) ja todennut niiden syöneen yksinomaan kuusen siemeniä.

Munsterhjelm (1911) ilmoittaa 2. VII. 1910 ammutun naarasyksilön kuvusta löytyneen jonkin hyönteisen siipiä ja jalkoja.

Vietinghoff von Rieschin (1928) mukaan on Baer tarkastanut Ottendorfissa kesäkuussa 1905 ammuttuja käpylintuja ja todennut niiden kuvuissa olleen tammikääriäisen (*Tortrix viridana L.*) toukkia ja koteloita.

Salomonsen (1927) mainitsee pohjois-Ruotsissa ampuneensa 9. VII. 1927 kaksi nuorta naarasta. Toisen vatsassa oli kaksi, toisen viisi toukkaa.

Zedlitz (1928) on Ruotsissa ampunut 15.—16. X. 1927 kaurapellolta kaksi pikkukäpylintua, joiden kuvut olivat aivan täynnä siemeniä, etupäässä kauraa.

Edellä esitetyt ravintoanalyysit ovat ainoat kirjallisuudesta löytämäni. Muita havaintoja on sen sijaan melko runsaasti.

Kaikissa lähteissä, joissa käsitellään käpylintujen ravintoa, mainitaan tärkeimpinä havupuiden siemenet. Pääasiallisimmaksi ravinnoksi ilmoitetaan yleensä kuusen siemenet, muiden havupuiden — esim. männyn ja lehtikuusen — siemenillä on vasta toisarvoinen merkitys. Eräät suomalaiset tutkijat (Suomalainen 1908, Reinikainen 1937, Merikallio 1946) korostavat kuitenkin sitä, että keväällä ja varsinkin kesällä käpylinnut syövät enimmäkseen männyn siemeniä. On myös mainittava, että männyn siemenet ovat eräiden alalajien pääasiallisimpana ravintona, tällaisia ovat mm. *Loxia curvirostra poliogyna Whitaker* (Southern 1945), *L. c. scotica Hartert* ja *L. c. guillemardi Madarasz* (Lack 1944). Niiden laajoihin *Picea-*, *Pinus-*, *Abies-* ja *Larix*-sukuihin kuuluvien havupuiden luetteleminen, joiden siemeniä käpylintujen on todettu käyttäneen ravinnokseen, ei liene paikallaan, sillä kirjallisuudessa esitettyihin tietoihin nojaten luettelosta tulisi kovin vajavainen. Muiden havupuiden siementen

käytöstä on joitakin havaintoja. Pohjois-Amerikassa mainitaan käpylintujen syövän »sypressien» *(Thuya?)*, punapuiden (Baird — Brewer — Ridgway 1875) ja *Tsuga*-lajien siemeniä (Aldrich 1939). Palestiinassa on Aharoni (1931) havainnut pikkukäpylintuja sypressin *(Cupressus sempervirens L.)* käpyjen kimpussa. Arnold (1897) mainitsee myös katajan, Turček (1952) useiden havupuiden siementen joukossa *Pseudotsugan* siemenet.

Monien tutkijain mukaan käpylinnut katkovat kuusen kasvaimia ja tuhoavat silmuja (vrt. lähemmin ss. 29—32). Kerran on niiden nähty syövän kuusen neulasia (Giller 1943).

Lehtipuiden siemenistä mainitaan yleisimmin pihlajan siemenet (Lönnberg 1927, Jensen 1929 ym.). Toistaiseksi lienee tällaisia havaintoja Suomesta vain kirjosiipi- (Siivonen 1943) ja isosta- (Fellman 1906), mutta ei pikkukäpylinnusta. (Mainittakoon myös, että rajakers. J. Koponen on minulle kertonut nähneensä Ilomantsissa isojakäpylintuja pihlajan siemeniä syömässä.) Lepän (Grenquist 1938 ym.) samoin kuin eräissä tapauksissa vaahteran ja valkopyökin (Boas 1923), pyökin, lehmuksen ja seljan (Turček 1952) sekä orapihlajan (Jensen 1929) siementen mainitaan myös kuuluvan pikkukäpylinnun ruokavalioon. Erikoislaatuinen on ilmoitus, että sen on todettu vioittaneen pyökin taimien sirkkalehtiä (Hess — Beck 1927).

Käpylinnut saattavat joskus tehdä tuhoa hedelmätarhoissakin kaivamalla varsinkin omeniin suuria koloja siemeniin käsiksi päästäkseen. Ensimmäiset tällaiset havainnot ovat ainakin jo v:lta 1593 Englannista (Yarrell 1856). Vaellusvuotena 1930 käpylinnut aiheuttivat melkoisia vahinkoja Ranskan omena- ja päärynätarhoissa (Chalaux 1931). Eräässä omenatarhassa kerrotaan niiden tuhonneen 70 kg, toisessa 290 kg omenia (Lewis 1930). Witherby (1930) mainitsee käpylintujen samana vuonna syöneen Sropshiressä Englannissa eräässä puutarhassa kasvaneesta puusta kaikista omenista siemenet, ja Tipperaryssa niiden ilmoitetaan lokakuussa syöneen vuorotellen männyn ja metsäomenan siemeniä (Carroll 1930). Myös Italiassa on käpylintuja havaittu hedelmätarhoissa tuhojaan tekemässä (Whitaker 1910).

Muusta kasviravinnosta mainittakoon variksenmarjat (Lönnberg 1927), eri ohdakelajien, takiaisten, ruusun, nokkosen ja retiisin (Jensen 1929), kuusaman, sireenin ja vadelman siemenet (Turček 1952), eräiden puutarhakasvien kukkasilmut (Steinbacher 1928), sekä eräiden kasvien kukat (Whitaker 1910). Helgolantiin v:n 1909 vaelluksen aikana jääneet linnut, joista monet sopivan ravinnon puutteessa suorastaan kuolivat nälkään, ryöstivät ensiksi kirsikat parista saarella kasvavasta puusta, sittemmin ne siirtyivät suuriin jalaviin, joista söivät luultavasti siemeniä. Puutarhoissa niiden nähtiin syövän herneitä, kaikenlaisia silmuja ja rikkaruohojen siemeniä. Loppukesästä ne käyttivät ravinnokseen suuria määriä maltsan ja voikukan siemeniä (Weigold 1910).

Zedlitzin (1928) havainnot, joiden mukaan käpylinnut olivat syöneet kauraa viljapelloilta, eivät ole ainoat laatuaan. Lönnberg (1927) mainitsee samanlaisen tapauksen Ruotsista vaellussyksynä 1927. Länsi-Mainessa Pohjois-Amerikassa pikkukäpylinnut esiintyivät syyskesällä 1868 suurin joukoin ja niiden sanotaan aiheuttaneen kaurapelloilla jopa suurtakin vahinkoa. Sen jälkeen kun sato oli korjattu ei lintuja enää näkynyt (Baird — Brewer — Ridgway 1875).

Useiden tutkijain mukaan myös hyönteiset kuuluvat käpylintujen ruokavalioon. Kirvoista on lukuisia mainintoja. Naumannin (1905) mukaan Brehm ilmoittaa käpylintujen syöneen kesäaikaan suuria määriä kirvoja luumupuista. Naumann (1. c.) mainitsee myös erään häkissä pidetyn yksilön syöneen mielellään kärpäsiä, sääskiä ja hyönteistoukkia. Useat havainnoitsijat ovat todenneet käpylintujen nokallaan halkovan erilaisia äkämiä ja syövän niiden sisästä hyönteisten munat tai toukat. Stamm (1909) on julkaissut Tanskassa tekemiään havaintoja. Myös Jensen (1929) ilmoittaa pikkukäpylintujen nähdyn aukovan *Chermes abietis*-äkämiä, samoin Turček (1951). Naumannin (1905) mukaan on Greisiger havainnut niiden puutarhoissa etsiskelevän ravintoa jalavan lehdissä olevista äkämämuodostuksista. Richardson (1938) ilmoittaa tutkineensa Pohjois-Amerikassa käpylintujen aukomia katajissa olleita äkämiä ja todenneensa lintujen syöneen niissä olleet äkämien aiheuttajan *(Rhopalomyia sabinae)* munat tai toukat. Weigold (1910) kertoo niiden Helgolannissa syöneen viikkokausia yksinomaan kirvoja. Yksipuolinen ravinto ei linnuille kuitenkaan ollut sopiva, sillä monet kuolivat siitä huolimatta nälkään.

Nimimerkki »Carpus» (1950 b) mainitsee nähneensä käpylinnun Kainuussa erään kerran noukkivan mäntypistiäisen toukkia männyn oksilta. Vietinghoff von Rieschin (1924) mukaan nunnaperhosen vihollisina mainitaan kirjallisuudessa mm. käpylinnut *(Loxia sp.)*.

Lopuksi mainittakoon vielä eräitä erikoislaatuisia ravintohavaintoja. Pohjois-Amerikassa on pikkukäpylintujen todettu kielellään »nuolevan» suolaa joko erilaisista kallioilla olevista suolamuodostuksista tai hevosia ja hirviä varten varatuista suolakivistä (Aldrich 1939, Marshall 1940). Pennsylvaniassa ilmoitetaan lintujen talvella esiintyneen suurin parvin ja pysytelleen syvän lumen aikaan ihmisasuntojen läheisyydessä, jolloin ne nokkivat talojen seinistä rappaukseen käytettyä savea (Baird — Brewer — Ridgway 1875). Samantapaisia havaintoja on Suomestakin, mutta vain isostakäpylinnusta. »Carpus» (1950 a) kertoo seuranneensa kuinka käpylintu nokki kittiä erään ilomantsilaisen erämaatalon ikkunasta, ja Sovinen (1950) kirjoittaa: »Kuhmon Jauhovaarassa kertoi kev. 1949 metsätekn. K. Lukkari, että isokäpylintuparvi *(Loxia pytyopsittacus)* oli jyrsinyt aitan nurkkaa, johon oli imeytynyt ruokasuolaa. Nurkkaan oli syntynyt selvä, kauas näkyvä lovi!»

Poikasten ravinnosta, jota tässä tutkielmassa ei tulla lähemmin käsittelemään, mainittakoon joitakin havaintoja. Christiansen (1935) ilmoittaa eräässä mäntymetsikössä pesineiden pikkukäpylintujen ruokkineen poikasiaan koko pesässäoloajan männyn siemenillä. Yarrell (1856) mainitsee erään tarkastamansa pesueen poikasten syöneen pääasiassa lehtikuusen siemeniä. Kivirikko (1947) ilmoittaa poikasten ravinnoksi männyn ja kuusen siemenet, Nolte (1930) kuusen siemenet.

Yleensä siis mainitaan poikasia ruokitun havupuiden siemenillä, joiden laatu nähtävästi vaihtelee pesimispaikasta ja -ajasta johtuen. Palmgren (1913) on kuitenkin eräässä tapauksessa todennut käpylintujen noutavan ruokaa pesäänsä havupuiden kasvaimista eikä kävyistä.

Kuten nähdään ovat edellä esitetyt kirjallisuudesta poimitut tiedot jokseenkin irrallisia. Useat havainnoista on tehty vaeltavista linnuista — maamme rajojen ulkopuolella — sellaisissa tapauksissa, jolloin linnut ovat joutuneet tavanomaisesta elinpiiristään täysin poikkeavaan ympäristöön. Eräät niistä on julkaistu lähinnä siitä syystä, että todetun ravinnon katsotaan tekevän harvinaisen poikkeuksen normaalisena pidettävästä ruokavaliosta. Yhtenäisen käsityksen saaminen pikkukäpylinnun ruokavalion kokoonpanosta ja sen mahdollisista vuodenajoittaisista vaihteluista meikäläisissä oloissa ei kirjallisuudessa esitettyjen tietojen perusteella olekaan mahdollista.

Ravintoanalyysit

Tutkimusmenetelmä

Ravintoanalyysejä varten on ammuttu eri vuodenaikoina yhteensä 21 pikkukäpylintua, joiden ampumispaikat ja -ajat ilmenevät taulukosta 1. Kuten havaitaan, suurin osa niistä on Pohjois-Karjalasta, Rääkkylästä (8 yks.) ja Pielisjärveltä (8 yks.), loput (5 yks.) Tuusulan Ruotsinkylästä. Analyysejä on runsaimmin keskikesältä ja syys—lokakuulta, marras—joulukuulta samoin kuin maaliskuulta ei ole yhtään.

Ammutuista linnuista on kuvun ja lihasmahan sisältö tutkimista varten otettu talteen ja ellei sitä ole heti voitu mitata ja määrittää, säilytetty alkoholissa; ravinnon laadun määrittäminen suolen sisällön perusteella osoittautui täysin epävarmaksi, joten siitä luovuttiin heti ensimmäisten yritysten jälkeen. Eräissä tapauksissa (4 yks.) kupu on ollut tyhjä, joillakin yksilöillä on ammuttaessa joko kupu tai lihasmaha niin pahoin vioittunut, ettei siitä ole jäänyt paljoakaan jäljelle.

Analysoitaessa on ensimmäisenä tehtävänä ollut kivien poistaminen lihasmahan sisällöstä. Milloin niitä on ollut vähän, on erotteleminen yksin kappalein esim. preparoimisneulalla suurennuslasia apuna käyttäen käynyt helposti päinsä. Kun eräissä analyyseissä kiviä on ollut kovin runsaasti

(jopa lähes 400 kpl), on ajan voittamiseksi käytetty toista tapaa. Tällöin käsiteltävä materiaali tyhjennetään kellonlasille, jolle kaadetaan 4—5 ml alkoholia. Lasia varovasti heilutellen asettuvat kivet raskaimpina pohjalle. Tämän jälkeen alkoholi kaadetaan pois, jolloin kaikki kevyet osaset poistuvat sen mukana. Kun menettely uusitaan 2—3 kertaa, jää kellonlasille lopulta jäljelle kivien lisäksi vain ehkä joitakin painavampia siemenkuoren ym. kappaleita, jotka ovat kivistä vähällä vaivalla erotettavissa. Käytetty alkoholi ja sen mukana huuhtoutuneet ainekset otetaan huolellisesti talteen. Alkoholi haihdutetaan, jolloin jäljelle jää varsinaisesti analysoitava materiaali.

Lihasmahan ja kuvun sisällöstä on tämän jälkeen eroteltu pois ja määritetty kaikki hyönteisravinnon jätteet.

Lopuksi on analysoitu jäljelle jäänyt kasviravinto. Kaikkein vaikeinta on ollut määrittää lihasmahassa useassa tapauksessa tavattuja pahoin kuluneita, kovia solukon kappaleita, jotka ulkonäöltään ovat kovin toistensa kaltaisia, mutta maseroituina ovat osoittautuneet useammanlaatuisiksi. Vertailemalla niitä kuusen kaarnasta, siemenkuoresta, käpysuomusta ym. otettuihin näytteisiin on niidenkin alkuperästä kuitenkin päästy selvyyteen lukuun ottamatta paria tapausta, joissa on ollut kysymys vain vähäisistä määristä.

Kunkin ravintolajin tilavuus on erikseen mitattu alkoholilla osaksi täytetyssä, sisähalkaisijaltaan 5.7 mm:n (eräissä analyyseissä 6.8 mm:n) mittaisessa lasiputkessa (vrt. Siivonen 1939, Pynnönen 1943).

Useassa tapauksessa on esim. hyönteisravintoa ollut niin vähän, ettei sen määrää ole voitu todeta (merkitty taulukossa 1 ristillä (+)). Tällaisia määriä ei ole otettu huomioon eri ravintolajien osuutta prosentteina määritettäessä.

Analyysitulokset

Taulukkoon 1 on koottu suoritettujen ravintoanalyysien tulokset. Siitä nähdään , että suurin osa ravinnosta on ollut havupuiden siemeniä. Niitä oli kaikissa analyyseissä yhtä lukuun ottamatta (N:o 7). Mainittu tapaus ei kuitenkaan muodosta mitään jyrkkää poikkeusta, vaan toistenkin samoihin aikoihin ammuttujen lintujen on todettu syöneen vähemmän siemeniä kuin muina vuodenaikoina. 7. IV.—7. VII. välisellä ajalla suoritetuissa analyyseissä on siementen osuus keskimäärin vain 53.5 %, sen muina aikoina ollessa 95.0 % (12 tapauksessa 100 %). Kaikki analyysit huomioon ottaen on havupuiden siemeniä ollut keskimäärin 81.1 %.

Eri puulajien siementen määrittäminen ei ole ollut mahdollista. Kuvussa ovat siemenet tosin yleensä kokonaisia, joissakin on jopa pieniä siemenkuoren kappaleita, mutta yleensä linnut jo suussaan poistavat sekä kuoren

Taulukko 1. Tulokset suoritetuista ravintoanalyyseistä.
Tabelle 1. Die Ergebnisse der Magenanalysen.

N:o	Paikka *Ort*	Pvm. *Datum*	Havupuiden siemeniä *Nadelbaum-samen*		Hyönteisiä *Insekten*		Kuusen silmuja *Fichtenknospen*		Puuta *Holz*	Pihkaa *Harz*	Kuusen neulasia *Fichtennadeln*	Männyn hedekuk. *Männl. Blüten von Kiefer*
			cm³	%	cm³	%	cm³	%				
1	Tuusula	31. I. 52	0.38	100.0	+				+			
2	Rääkkylä ...	26. II. 52	0.10	100.0			+		+	+		
3	Pielisjärvi ...	7. IV. 50	0.11	57.9	+		0.08	42.1	+			
4	Tuusula	29. IV. 52	0.04	66.7	0.02	33.3					+	
5	»	26. V. 52	0.10	83.3	0.02	16.7			+			
6	Rääkkylä ...	12. VI. 47	0.36	87.8	0.05	12.2						+
7	Pielisjärvi ...	29. VI. 49			2.72	100.0						
8	» ...	7. VII. 49	0.06	50.0	0.06	50.0			+			
9	» ...	7. VII. 49	0.02	28.6	0.05	71.4			+			
10	Rääkkylä ...	17. VII. 48	0.14	100.0								
11	» ...	17. VII. 48	0.17	100.0								
12	» ...	21. VII. 49	0.04	80.0	0.01	20.0						
13	» ...	29. VII. 47	0.13	100.0								
14	» ...	29. VII. 47	0.45	100.0								
15	» ...	8. VIII. 47	0.40	100.0								
16	Pielisjärvi ...	25. IX. 51	0.08	100.0					+			
17	» ...	27. IX. 51	0.10	100.0					+			
18	» ...	27. IX. 51	0.10	100.0	+							
19	» ...	5. X. 51	0.05	50.0			0.05	50.0	+			
20	Tuusula	31. X. 51	0.13	100.0								
21	»	31. X. 51	0.05	100.0					+			
Keskimäärin — *Im Mittel*				81.1		14.5		4.4				

että lenninsiiven. Lihasmahassa ne sen sijaan ovat jauhautuneet pieniksi palasiksi, eräissä tapauksissa on löydetty vain yksinomaan — jopa runsaastikin — siemenkuoren (myös jossain määrin käpysuomun) kappaleita. Tästä päätellen kovimmat osaset saattavat pysyä mahassa pitkähköjäkin aikoja, jota muuten jo näiden kovin kulunut ja pyöristynyt ulkomuotokin todistaa. Grote (1942) mainitsee, että pyyn lihasmahaan jäävät kovaseinäiset siemenet pysyvät siellä jopa viikkokausiakin ja vaikuttavat kivien tavoin ruoan hienontumiseen.

Ruokavalion toisena huomattavana osana ovat hyönteiset. Kymmenen eli lähes puolet tarkastetuista linnuista oli syönyt niitä, joskin kolmessa tapauksessa hyönteisjätteitä oli niin vähän, ettei niitä voitu mitata. Hyönteisten osuus on keskimäärin 14.5 %.

Eri analyyseissä esiintyi seuraavia lajeja:

N:o *1.* Pistiäistoukkia 3 kpl. *(2 yks. Callimome sp.).*
N:o *3.* Käpykääriäisen *(Laspeyresia strobilella L.)* toukkia.
N:o *4.* Hämähäkki *(Araneida)* 1 yks., 1 pikkuperhostoukka *(Microlepidoptera).*

N:o *5*. Kuusen käpylude *(Gastrodes abietis L.)* 1 yks.
N:o *6*. Pikikärsäkkäitä *(Pissodes sp.)*
N:o *7*. Kirvoja *(Aphididae)*. Pieni tukkikärsäkäs *(Hylobius pinastri Gyll.)* 1 yks.
N:o *8* ja *9*. Tavallinen keräkärsäkäs *(Strophosomus rufipes Steph.)* 1 yks., ison havukirvan *(Chermes abietis L.)* äkämiä.
N:o *12* ja *18*. Kuusen käpykoisan *(Dioryctria abietella Schiff.)* toukkia.

Viidessä tapauksessa on siis kysymys sellaisista hyönteisistä, jotka elävät kuusen kävyissä. Näitä tavattiin tammi-, huhti-, touko-, heinä- ja syyskuussa eli siis kaikkina vuodenaikoina. Muita hyönteisiä — havupuiden latvuksissa eläviä tai tilapäisesti esiintyviä lajeja — tavattiin ainoastaan 29. IV.—7. VII. välisellä ajalla. Kaikkein eniten olivat käpylinnut syöneet hyönteisiä sinä aikana, jolloin havupuiden siementen osuus ruokavaliossa on pienimmillään (7. IV.—7. VII.). Kaikissa mainittuna aikana tehdyissä analyyseissä tavattiin hyönteisiä ja niiden osuus oli 40.5 %, muina vuodenaikoina keskimäärin vain 1.4 %.

Kolmessa analyysissä (helmi-, huhti- ja lokakuussa) on todettu kuusen silmuja. Runsaimmin niitä esiintyi analyysissä N:o *3*, jossa ne myös olivat helpoimmin määritettävissä. Silmun sisäosista ei tässäkään tapauksessa ollut enää mitään jäljellä, mutta silmujen kannat olivat säilyneet melkein kokonaisina. Helmikuussa ammutun linnun (N:o *2*) lihasmahassa oli runsaasti pieniä neulasten kantoja sekä kuusipuun palasia, joissa ydin oli niin ohut, että puu ilmeisesti on peräisin kaikkein hienoimmista kasvaimista. Kolmannessa tapauksessa (N:o *19*) lihasmahassa oli poikkeuksellisen paljon silmujen suojussuomuja sekä ohuiden kasvaimien kuorisolukkoa. Koskaan ei puupalasia ole ollut niin paljoa, että voitaisiin olettaa lintujen syöneen silmujen lisäksi enemmälti myös itse kasvainta.

Kuusen silmujen keskimääräinen osuus on ravintoanalyysien mukaan vain 4.4 % — siis sangen vähäinen. (Varsinkin esitettyjä prosenttimääriä tarkastettaessa on otettava huomioon ravintoanalyysiaineiston niukkuus.)

Edellä mainitun ravinnon lisäksi on ammuttujen lintujen todettu syöneen myös vähäisiä määriä männyn hedekukkia, puuta, pihkaa ja kuusen neulasia. Männyn hedekukkia tavattiin vain kerran (12. VI. 47). Puuta esiintyi — tavallisesti n. 1—2 mm:n pituisina tikkuina — kaikkiaan kymmenessä tapauksessa, runsaimmin analyyseissä N:o *1*, *2* ja *16*. Puu, samoin kuin neulasetkin, on joutunut lintujen ruoansulatuskanavaan ilmeisesti niiden irroittaessa käpyjä puusta tai silmuja syödessä. Puupalasten kokoontumisesta lihasmahaan on sanottava samaa kuin mitä edellä mainittiin siemenkuoren kappaleista. Pihkaa on esiintynyt mainittavasti vain yhdessä tapauksessa (N:o *2*), jolloin sitä oli melko runsaasti meripihkan näköisinä, pieninä pyöreähköinä osasina.

Lihasmahan kivistä

Kun eräät linnut ovat ammuttaessa pahasti vioittuneet, on vain 14 yksilön lihasmahan kivet saatu tarkemmin tutkittaviksi. Kivien lukumäärä ja paino eri analyyseissä on esitetty taulukossa 2.

Keskellä talveakin (31. I. 52) ammutulla yksilöllä oli varsin runsaasti kiviä, mutta sen sijaan kesä—heinäkuussa tarkastetuilla linnuilla on kaikilla ollut huomattavan vähän, keskimäärin vain 92 kpl. Kivien vähyys voinee johtua siitä, että käpylinnut tuohon aikaan syövät runsaasti hyönteisiä sekä varsinkin heinäkuussa raakoja, vielä pehmeitä siemeniä. Ei näet liene mahdotonta, että helposti hienontuvan ravinnon käyttö johtaisi pienempään kivivaraston täydentämisen tarpeeseen. Kivimäärien vaihteluun ei tämä kuitenkaan voi olla yksinomaisena syynä, sillä myös lokakuussa on kiviä ollut varsin vähän.

Enimmäkseen valkeat, värittömät tai punertavat kivet olivat kooltaan varsin vähäisiä, pienimpiä analyysissä N:o *5* (keskim. 0.3 mg/kpl), jossa niitä lukumäärältään oli kaikkein eniten.

Taulukko 2. Pikkukäpylinnun lihasmahan kivien lukumäärä ja paino analyyseittäin.

Tabelle 2. Anzahl und Gewicht der im Muskelmagen der analysierten Vögel gefundenen Steine.

N:o	Pvm. *Datum*	Lukumäärä *Anzahl*	Paino mg — *Gewicht mg*	
			Yht. *Alle*	Keskim. *Durchschn.*
1	31. I. 52	251	156	0.6
4	29. IV. 52	210	137	0.7
5	26. V. 52	393	105	0.3
7	29. VI. 49	110	105	0.9
8	7. VII. 49	136	87	0.6
9	7. VII. 49	96	75	0.8
10	17. VII. 48	54	—	—
11	17. VII. 48	23	—	—
12	21. VII. 49	130	78	0.6
16	25. IX. 51	326	124	0.4
17	27. IX. 51	221	114	0.5
18	27. IX. 51	200	105	0.5
19	5. X. 51	47	41	0.9
21	31. X. 51	105	56	0.5
Keskimäärin - *Im Mittel*		165	99	0.5

Vertailun vuoksi mainittakoon, että neljällä — 8. VI. 49, 21. VII. 47, 31. VII. 49 ja 20. VIII. 49 — ampumallani isollakäpylinnulla oli keskimäärin 1.1 mg:n painoisia kiviä 2—99 kpl. Kiviä oli siis (myös yhteispainoltaan) vähemmän kuin pikkukäpylinnuilla, mutta ne olivat jo silmin nähden selvästi suurempikokoisia.

Muut havainnot

Seuraavassa (taulukko 3) esitetään pikkukäpylinnun ravinnosta joukko havaintoja, joista useimmat on tehty sellaisissa tapauksissa, jolloin lintuja jostakin syystä ei ole voitu ampua. (Taulukkoon on merkitty myös mitä kunakin päivänä analysoitujen lintujen on ennen ampumista todettu syöneen.) Näillä havainnoilla ei luonnollisestikaan ole samaa merkitystä kuin ravintoanalyyseillä. Nehän ovat enemmän tai vähemmän ylimalkaisia. Lintuja ampumatta ei esim. ole mahdollista todeta käyttävätkö ne kuusen siemeniä syödessään myös kävyissä esiintyviä perhostoukkia ja muita hyönteisiä ravinnokseen tai syövätkö ne silloin tällöin käpyä vaihtaessaan myös jonkun silmun. Hyönteisiä on käpylintujen todettu syöneen vain silloin kun ne ovat pyydystelleet puiden oksistossa liikkuvia lajeja. Esim. kirvoja poimiva, oksaa pitkin hitaasti siirtyvä käpylintu on varsin tunnusomaisen näköinen.

Epäilemättä nämä havainnot kuitenkin täydentävät ravintoanalyysien avulla pikkukäpylinnun ruokavaliosta saatua kuvaa. Havaintoja tekemällä on ennen kaikkea voitu todeta millainen on eri havupuulajien siementen osuus eri vuodenaikoina, mihin kysymykseen ravintoanalyysien perusteella ei saatu selvyyttä, koska siemeniä ei voitu tarkasti määrittää.

Taulukko 3. Metsässä tehtyjä havaintoja pikkukäpylinnun ravinnosta.
Tabelle 3. Beobachtungen in der Natur über die Nahrung des Fichtenkreuzschnabels.

Paikka *Ort*	Pvm. *Datum*	Siemeniä — *Samen*				Hyönteisiä *Insekten*	Kuusen silmuja *Fichtenknospen*
		kuusen *Fichte*	männyn — *Kiefer*		lehtikuusen *Lärche*		
			1—v. *1—j.*	2—v. *2—j.*			
Tuusula	29. I. 52	+					
»	31. I. 52	+					
Rääkkylä	15. II. 52	+					
»	26. II. 52	+					
Liperi	29. II. 52	+					
Tuusula	10. III. 52	+					
»	21. III. 52	+					
Rääkkylä	29. III. 50	+					
Pielisjärvi	7. IV. 50	+					
Tuusula	29. IV. 52					+	
Pielisjärvi	1. V. 50	+					
Tuusula	10. V. 52	+					
»	14. V. 49			+		+	
Pielisjärvi	15. V. 50	+					
Espoo	25. V. 52	+					
Tuusula	26. V. 52	+					
Kuusjärvi	29. V. 47			+			
Liperi	1. VI. 48			+			
Rääkkylä	6. VI. 48			+			
»	7. VI. 48			+			
Tuusula	8. VI. 51			+			
Espoo	8. VI. 52			+			
Pielisjärvi	9. VI. 49					+	

Paikka *Ort*	Pvm. *Datum*	Siemeniä — *Samen*				Hyönteisiä *Insekten*	Kuusen silmuja *Fichtenknospen*
		kuusen *Fichte*	männyn — *Kiefer*		lehtikuusen *Lärche*		
			1—v. *1—j.*	2—v. *2—j.*			
Rääkkylä	12. VI. 47			+			
Pielisjärvi	19. VI. 49					+	
Juuka	21. VI. 49			+			
Rääkkylä	22. VI. 49			+			
Rovaniemi	27. VI. 52			+			
Pielisjärvi	29. VI. 49					+	
Rääkkylä	1. VII. 49—				+		
	22. VII. 49						
Pielisjärvi	5. VII. 50					+	
»	7. VII. 49	+					
Rääkkylä	16. VII. 48		+				
»	17. VII. 48				+		
»	19. VII. 49		+		+		
»	21. VII. 49				+		
Pielisjärvi	23. VII. 50					+	
Joensuu	23. VII. 51		+				
Rääkkylä	24. VII. 47				+		
Sammatti	24. VII. 51				+		
Tuusula	27. VII. 51	+					
Rääkkylä	29. VII. 47		+				
Pielisjärvi	29. VII. 49	+					
Pielisensuu	31. VII. 49	+					
Rääkkylä	7. VIII. 47		+				
»	8. VIII. 47	+	+				
»	11. VIII. 47		+				
Mäntsälä	14. VIII. 51	+					
Kuhmo	20. VIII. 48	+					
Helsinki	11. IX. 49	+					
Pielisjärvi	20. IX. 49	+					
Tuusula	22. IX. 49	+					
Pielisjärvi	25. IX. 51	+					
»	26. IX. 51	+					
»	27. IX. 51	+					
»	5. X. 51	+					
»	20. X. 49	+					
Rääkkylä	22. X. 49	+					
Tuusula	30. X. 49	+					
»	31. X. 51	+					+
Helsinki	13. XI. 49	+					
Tuusula	27. XI. 51	+					
»	18. XII. 51	+					

Useimmassa tapauksessa (n. 92 %) on käpylintujen siis havaittu syöneen joko osaksi tai yksinomaan havupuiden siemeniä. Eri puulajien siemeniä ei kuitenkaan ole käytetty tasaisesti samassa suhteessa kautta vuoden, vaan siemenravinnon kokoonpanossa on havaittavissa selvä vuodenajoittainen vaihtelu.

Kuusen siementä on todettu käytetyn vuoden alusta melko yhtäjaksoisesti aina toukokuun loppuun saakka. Tämän jälkeen seuraa pitkä tauko. Aivan poikkeuksellisesti on käpylintujen nähty keskellä kesääkin (7. VII.) etsiskelevän siementä jo täysin auenneista kävyistä. Heinäkuun lopulla tai elokuun alussa niiden on jälleen huomattu alkavan hakea ra-

vintoaan tuoreista kävyistä, joissa siemenet tähän aikaan vielä ovat raakoja. Aivan ensimmäisiksi havaituista maahan pudotetuista kävyistä on usein vain muutama suomu avattu, eikä siementä ole paljoakaan syöty. Elokuun puolivälin jälkeen aina vuoden loppuun saakka on käpylintujen todettu syövän melkein yksinomaan kuusen siemeniä (vain kerran sen lisäksi myös kuusen silmuja).

Kun havaintoja tehtäessä on helposti voitu todeta milloin linnut syövät yhden milloin kahden vuoden vanhaa männyn siementä, on nämä esitetyssä taulukossakin pidetty erillään. Kahden vuoden vanhaa siementä on havaittu ensimmäisen kerran käytetyn 14. V., mutta suurimmillaan sen osuus on vasta kesäkuun aikana, jolloin lintujen ei ole todettu syövän mitään muita siemeniä. Heinäkuulta ei ole enää yhtään havaintoa, mutta sen sijaan 16. VII.—11. VIII. välisenä aikana käpylinnut ovat käyttäneet raakaa yhden vuoden vanhaa männyn siementä. Kun vihreät kävyt ovat kovin pihkaisia, on tuona aikana ammuttujen lintujen nokka ollut ainakin ulkoa, mutta joskus myös sisältä, paksujen likaisenharmaiden pihkakerrosten peitossa. Pahimmin tahraantuneilla yksilöillä ovat jopa kielen yläpinta ja rintahöyhenetkin likaantuneet. Pihkasta linnut yrittävät puhdistautua mm. ahkerasti »hiomalla» nokkaansa puiden oksiin. Merkille pantavaa on, ettei käpylintujen ole koskaan syksyn ja talven aikaan havaittu syövän männyn siemeniä.

Lehtikuusen siementen ravinnoksi käytöstä on taulukossa havaintoja vain sangen rajoitetulta ajalta (1. VII.—27. VII.). Osaksi tämä johtunee siitä, että havaintoja on kaikkiaan kovin vähän, mihin on syynä lehtikuusen harvinaisuus useilla niistä paikkakunnista, joilla tutkimuksia on suoritettu. Osaksi taas eräät havainnot viittaavat siihen, että pikkukäpylinnut meillä tosiaankin käyttäisivät runsaimmin lehtikuusen siementä juuri tuohon aikaan. Isostakäpylinnusta tekemäni havainnot ovat aivan samansuuntaisia (vrt. J u u t i n e n 1952 a). Useana vuonna varsinkin kesäisin olen mm. tarkkaillut Rääkkylässä Kankaanrinnan talon puutarhassa kasvavassa kahdessa suuressa lehtikuusessa käyviä käpylintuja, mutta olen aina todennut niitä vain keskikesällä. Muina vuodenaikoina en pudotettuja käpyjäkään ole nähnyt kuin korkeintaan aivan vähäisiä määriä. Esimerkiksi kesällä 1947 käpylinnut pudottivat heinäkuun aikana näistä puista useita tuhansia käpyjä, joista useimmat olivat samankesäisiä, ylivuotisia oli vain murto-osa.

29. IV. 52 kiinnitti maist. S. S a a r n i j o k i Tuusulan Ruotsinkylässä huomiotani siihen, että käpylinnut olivat pudotelleet puista *Larix americanan* käpyjä lumen ollessa maassa, joten ne siis kyllä syövät lehtikuusen siementä talvisinkin.

Hyönteisiä on käpylintujen todettu syövän seitsemän kertaa, 29. IV.—23. VII. välisenä aikana. Useimmissa tapauksissa lienee ollut kysymys kirvoista.

Kuusen silmuista on vain yksi havainto. 31. X. 51 havaitsin Ruotsinkylässä pienen parven runsaskäpyisessä kuusikossa. Ainakin pari linnuista söi kuusen siementen ohella myös silmuja, koskapa silmusuomuja varisi ajoittain runsaastikin maahan. Samasta parvesta ammuin kaksi yksilöä, joista kummankaan ei kuitenkaan voitu todeta syöneen silmuja.

Ruokavalion kokoonpano ja sen vaihtelu eri vuodenaikoina

Edellä esitettyjen ravintoanalyysien ja muiden havaintojen mukaan pikkukäpylinnun ravintona ovat Suomessa havupuiden siemenet, hyönteiset ja kuusen silmut.

Havupuiden siemenistä ovat kuusen siemenet tärkeimmät. Ne muodostavat pääravinnon vuoden alusta (vrt. Eckstein 1887) aina toukokuun loppuun saakka. Kesä- ja heinäkuun aikana kuusen siementä käytetään vain poikkeustapauksissa. Tämä johtuu siitä, että suurin osa kuusen siemenestä karisee maahan jo varhain keväällä, Heikinheimon (1932) mukaan kaikkein runsaimmin huhtikuussa. Jos kevät ja kesä ovat sateisia, voi karisemista jatkua verraten pitkään, mutta toukokuun puolivälin jälkeen on kävyissä oleva siemenmäärä kuitenkin vain vähäinen osa siemensadosta. Jo heinä—elokuun vaihteessa ovat uudet kuusen kävyt kehittyneet sen mittaisiksi, että käpylinnut alkavat aukoa niiden suomuja ja syödä siementä. Elokuun puolivälistä alkaen koko syksyn ja talven ajan ovat kuusen siemenet melkein yksinomaisena ravintona.

Männyn siemen karisee keskimäärin myöhemmin kuin kuusen. Hangelle sitä tulee tuskin ollenkaan. Varsinainen karisemisaika on touko—kesäkuussa, myöhäisempinä kesinä pääasiallisesti viimeksi mainitussa (Heikinheimo l. c.). Kuusen siemenen keväällä karistua käpylinnut alkavatkin syödä kahden vuoden vanhaa männyn siementä. Sitä niiden on todettu käyttäneen toukokuun puolivälistä heinäkuun alkuun, runsaimmin kesäkuussa. Kun kypsä männyn siemenkin on karissut, linnut käyvät käsiksi vihreisiin, yhden vuoden vanhoihin männyn käpyihin, joista syövät siementä heinäkuun alkupuolelta elokuun puoliväliin saakka (vrt. Suomalainen 1908, Reinikainen 1937 ja Merikallio 1946).

Lehtikuusen siemenellä ei pikkukäpylinnun ruokavaliossa meikäläisissä oloissa tämän puulajin vähäisyyden vuoksi ole suurtakaan merkitystä, runsaimmin on sitä todettu käytetyn keskikesällä (heinäkuussa).

Eri osissa maata sekä eri vuosina voinee siemenravinnon kokoonpano sääsuhteista johtuvan siementen karisemisaikojen erilaisuuden takia jonkin verran vaihdella, luultavimmin kuitenkin vain vähän. Esim. siementen karisemisajat ovat eri osissa maata suurin piirtein samat, Lapissa kuitenkin pari viikkoa myöhäisemmät kuin etelässä, joskin pitkinä ja lämpiminä syksyinä suuri osa kuusen siemensadosta saattaa karista pohjois-Suomessa jo kukkimisvuoden syksyllä (Heikinheimo 1944).

Hyönteisiä pikkukäpylintu käyttää ravinnokseen analyysitulosten mukaan kaikkina vuodenaikoina, syksyllä ja talvella kuitenkin vain hyvin pieniä määriä kuusen kävyissä eläviä toukkia, joita linnut ilmeisesti eivät erikoisesti etsiskele, vaan joita ne syövät vain niitä kävyistä sattumalta löytäessään. Sen sijaan keväällä ja kesällä, huhtikuusta heinäkuuhun, hyönteisillä on merkittävä osuus ruokavaliossa (ajalla 7. IV.—7. VII. ravintoanalyyseissä n. 40 % (vrt. myös Munsterhjelm 1911, Vietinghoff von Riesch 1924 ja Salomonsen 1927). Tänä aikana käpylinnut syövät enimmäkseen havupuiden latvuksissa tavattavia hyönteisiä, varsinkin kovakuoriaisia ja kirvoja.

Kuusen silmuja on käpylintujen todettu käyttäneen ravinnokseen talvella, keväällä ja syksyllä. Kesällä, jolloin silmut ovat jo auenneet ja uudet ovat vielä aivan kehittymättömiä, niitä ei olekaan saatavissa. Ravintoanalyysien mukaan havupuiden siementen osuus ruokavaliossa on 81.1 %, hyönteisten 14.5 %, mutta kuusen silmujen vain 4.4 %, joten silmuravinnon käyttö on vähäistä.

Kuusen siemen on siis pikkukäpylinnun pääravintoa. Vain sinä aikana vuodesta, jolloin sitä ei ole saatavissa, käpylinnut syövät männyn siementä sekä runsaasti hyönteisiä, joita näin ollen on pidettävä jonkinlaisen korvikeravinnon luonteisina.

Kun näin on asianlaita, voitaneen kysyä millaiseksi käpylintujen ruokavalion kokoonpano muodostuu sellaisilla alueilla, joilla kuusen siemensato on hyvin huono tai siementä ei talvisaikaan ole ollenkaan. Ruokavalion tutkimiseen tällaisissa tapauksissa ei ole ollut mitään mahdollisuuksia, sillä useampana vuotena tekemieni havaintojen mukaan käpylinnut eivät koskaan jää talveksi katoalueille, vaan hakeutuvat aina sellaisiin seutuihin, joissa siementä on saatavissa (vrt. lähemmin s. 21). Mistään erikoisesta katovuosien ravinnosta — kuten esim. oravalla (Vartio 1946) — ei maassamme näin ollen voidakaan puhua.

Kuusen siementä etsiessään käpylinnut joutuvat varsinkin syksyisin tietysti tilapäisesti myös katoalueille. Ilmeisesti niiden tällöin on syötävä kuusen silmuja, männyn siementä, hyönteisiä (milloin sääsuhteet ovat sellaiset, että niitä on vielä liikkeellä) tai erilaisia siemeniä, joista kirjallisuuskatsauksen yhteydessä mainittiin lukuisia esimerkkejä.

Havupuiden siemensadon runsauden vaihtelun vaikutus vaellusten syntymiseen

Käpylintujen vaelluksia ei tässä yhteydessä ole aihetta tarkemmin käsitellä. Koska kuitenkin näiden vaellusten pääasiallisimpana syynä pidettäneen yleisesti havupuiden siemensadon runsauden vaihtelua, esitetään seuraavassa eräitä näkökohtia siemenvuosien ja siemenkatojen mahdollisesta vaikutuksesta vaellusten syntymiseen.

Ensimmäiset tiedot käpylintujen vaelluksista Euroopassa ovat ainakin keskiajalta, Yarrell (1856) mainitsee näet erään muistiinpanon Englannista jo vuodelta 1254. Kuluvalla vuosisadalla ovat varsinkin vv. 1909, 1927, 1929—30 ja 1935 olleet huomattavia »käpylintuvuosia», joilta kirjallisuudessa on sangen runsaasti havaintoja.

Yleispiirteinä mainittakoon, että vaeltavia lintuja havaitaan tavallisesti ensiksi — kesäkuun alussa — Euroopan itäisissä osissa, mistä vaellus leviää nopeasti länteen päin. Esim. v. 1927 käpylinnut saapuivat Shetlantiin ja Fär-saarille jo kesäkuun aikana, heinäkuun ensimmäisinä päivinä todettiin lentäviä lintuja Atlantilla Fär-saarten ja Islannin välillä kulkevista laivoista ja 20. VII. nähtiin 1 yks. jo etelä-Islannissa (Jensen 1929). Vaelluksen nopeus voi kuitenkin (varsinkin myöhemmin kesällä) huomattavastikin vaihdella, mitä osoittavat myös rengastetuista käpylinnuista tehdyt havainnot (Ghigi — Duse 1931). Myös vaellusten laajuus vaihtelee. Suurimpina vaellusvuosina useinkin huomiota herättävän kesyjä käpylintuja tavataan melkein kaikkialla Euroopassa, jopa — kuten mainittiin — kaukana mantereelta olevilla meren saarillakin. Tällaisina vuosina arvattavasti suuri osa vaeltavista linnuista hukkuu, kuolee nälkään tai tuhoutuu muulla tavoin jouduttuaan niille täysin vieraisiin olosuhteisiin.

Useat käpylintujen vaelluksia käsitelleet tutkijat, mm. Whitaker (1910) ja Jensen (1929), ovat sitä mieltä, että vaellusten syynä on ollut havupuiden siementen vähyys käpylintujen pohjoisilla ja itäisillä pesimisalueilla. Myös päinvastaisia syitä on esitetty. On näet väitetty kuusella olleen vaellusvuosina niin runsaasti siementä, että se on johtanut vaelluksina purkautuvaan käpylintukannan ylenmääräiseen lisääntymiseen. Weigold (1910) pitää vaellusten luultavimpana syynä liikakansoitusta, joka sitten on johtanut ravinnon puutteeseen.

Ennen kuin lähemmin tarkastellaan missä määrin nämä olettamukset saavat vahvistusta edellä esitettyjen ravintotutkimusten tuloksista, on kuitenkin ensiksi mainittava, että käpylinnut kiertelevät säännöllisesti joka vuosi pesimisajan loputtua — siis sellaisinakin vuosina, jolloin ei tapahdu varsinaista suurvaellusta.

Tällaisen kiertelyn alkamisaika on useasti varsin selvästi havaittavissa. Kesällä 1948 alkoi käpylintuja näkyä Kuhmossa — Kuopion ja Oulun läänin rajamailla — runsaammin kesäkuun puolivälin jälkeen. Suuria — 30—40 yks. käsittäviä parvia — havaittiin vielä heinäkuun alkupuoliskolla, mutta sen jälkeen linnut vähenivät huomattavasti, joskin kierteleviä pikku parvia näkyi vielä myöhemminkin.

V. 1949 kumpikin käpylintu oli Pielisjärven Kolilla jokseenkin yleinen kesäkuun alkupuoliskolla. Kuun puolivälin jälkeen — arvattavasti poikkeuksellisen kylmien ja sateisten ilmojen takia — niitä näkyi vähän. Kun yhtämittainen sade 28. VI. vihdoinkin lakkasi, oli äänekkäästi huutelevia, rauhattomasti metsiköstä toiseen lenteleviä käpylintuparvia erittäin run-

saasti liikkeellä. Vielä 30. VI. havaittiin kolmen suuren parven — yhteensä 100-kunta yks. — lentävän Mäkrän niittynotkelmia seuraten täsmälleen samaan suuntaan (kaakkoon). Tämän jälkeen heinä- ja elokuussa käpylinnut olivat harvinaisia. Myöhemmin (17.—20. IX.) Kolilla käydessäni havaitsin jälleen vaeltavia lintuja pienehköinä parvina.

Keväällä 1950 pesiviä käpylintuja oli Kolilla tuskin nimeksikään. Tästä syystä ei myöskään kesäkuun alkupuoliskolla nähty yhtään yksilöä. Ensimmäiset havaitsin vasta 15. VI. Koko kesän niitä oli hyvin niukasti, runsaimmin heinäkuussa. Kaikki havaitut parvet lensivät aivan samaan suuntaan toiselta puolen Pielisjärven, toisaalta Jeronjärven ja Herajärven rajoittamaa kannasta seuraten.

Tuusulan Ruotsinkylässä en toukokuun loppupuolella v. 1952 tavannut ollenkaan käpylintuja, ennen kuin vasta 31. V. (1 yks.). 7. VI. havaittiin ensimmäinen pikku parvi, ja tästä lähtien lintuja näkyi koko kesäkuun ajan melkein päivittäin.

Vuotuisen kiertelyn voidaan siis sanoa alkavan yleensä kesäkuussa, tavallisimmin ehkä kuun alkupuoliskolla eli ajankohtana, jolloin kuusen siemen jo suurimmaksi osaksi on karissut ja käpylinnut alkavat syödä männyn siementä.

On vaikeata sanoa kuinka kauan kiertelyä kestää, luultavimmin sitä jatkuu aina pesimiskauden alkamiseen saakka. Kiertelylle on tunnusomaista, että se syksystä lähtien, jolloin käpylinnut alkavat käyttää kuusen siementä ravinnokseen, selvästi suuntautuu sellaisille alueille, joissa siementä on saatavissa. Tästä on seurauksena, ettei käpylintuja talvisaikaan lainkaan tavata siemenkatoalueilla (vrt. Reinikainen 1937). Esimerkkeinä siemensadon määrän vaikutuksesta käpylintukannan suuruuteen mainittakoon talvina 1947—48, 1948—49, 1949—50 ja 1951—52 tekemäni havainnot.

Ensiksi mainittuna talvena havaintopaikkanani oli joulu—tammikuussa Rääkkylän kirkonkylän ympäristö Pohjois-Karjalassa. Kuusen siemenkato oli tällä alueella käytännöllisesti katsoen täydellinen. Käpyjä oli kyllä jonkin verran, mutta esim. ottamistani näytekävyistä (eri määriä yhteensä 15 kuusesta, joista äärimmäisten etäisyys toisistaan oli n. 12 km) ei ollut yhtään ainoata täysin tervettä. Hyönteisten ja sienien aiheuttama tuho oli niin suuri, että terveitä siemeniä oli keskimäärin vähemmän kuin 1 kpl käpyä kohden. Oravia oli talvella vähän, muistiin on merkitty vain kolmesta paikasta syömisjälkiä, kahdessa tapauksessa kuusen silmuja, kolmannessa männyn siemeniä. Myös taviokuurnat söivät kuusen silmuja, ja käpylinnut, joita oli pieninä parvina koko kesäajan liikkunut paikkakunnalla, olivat tyystin kadonneet. Vain käpytikan nähtiin kerran puhelinpylvääseen perustamassaan karistamossa takuttelevan kuusen käpyjä. Usein senkin oli käpyä vaihdettava, ehkä se söi niistä myös tuholaistoukat.

Talvella 1948—49 käpylintuja näkyi Helsingin Lauttasaaressa jokseenkin runsaasti aina kevätpuolelle saakka, jolloin suurimman osan käpysadosta jo tultua heitetyksi maahan ne hävisivät melkein kokonaan (vrt. s. 27).

Talven 1949—50 havaintoni ovat etupäässä Tuusulan Ruotsinkylästä ja Helsingin ympäristöstä. Koko syksyn käpylinnut olivat harvinaisia (syys-, loka- ja marraskuun aikana havaittu yhteensä vain 23 yks.) ja talven tultua niitä ei näkynyt ollenkaan. Kuusen siemensato oli — kuten suurimmassa osassa maata — hyvin huono. Sen sijaan talvella 1951—52, jolloin kuusessa oli kohtalaisesti tai runsaasti käpyjä ja siemeniä, käpylintujakin oli Ruotsinkylässä syyskuusta aina toukokuuhun saakka, talvella ajoittain sangen runsaastikin.

Käpylintukannan suuruus on siis talvisaikaan täysin riippunut kuusen siemensadon määrästä.

Varsinaisten suurvaellusten syihin palataksemme voidaan todeta, että vaellukset ja jokavuotinen kiertely alkavat jokseenkin samoihin aikoihin. Tuona aikana kuusen siemen on jo suurimmaksi osaksi karissut, ja käpylinnut syövät pääasiallisesti männyn siementä ja hyönteisiä. Kuusen siemenen puute tähän vuodenaikaan on siis jokavuotinen ilmiö ja on tuskin syynä epäsäännöllisin väliajoin kertautuviin suuriin vaelluksiin. Kun käpylinnut syksyisin ja talvisin aina siirtyvät pois katoalueilta, olisi todennäköisintä, että vaellukset, mikäli ne johtuisivat kuusen siemenen puutteesta, sattuisivat juuri tänä aikana, jolloin kuusen siemen on käpylintujen tärkeinpänä ravintona. Käpylintukannan suuruuden riippuvaisuus talvisaikaan kuusen siemensadon runsaudesta ei siis myöskään todista sitä, että siementen puute olisi suurten vaellusten tärkeimpänä syynä. Todennäköisempää sen sijaan on, että pikemminkin kuusen siemensadon runsaus kuin vähyys olisi aiheena vaellusten syntymiseen, joskin havainnot ovat riittämättömät tämän kysymyksen tarkempaa selvittelyä varten.

Koska käpylinnut vaellusten alkamisaikaan yleensä käyttävät ravinnokseen männyn siemeniä (ja hyönteisiä), voitaisiin myös ajatella, että männyn siemenen puute olisi syynä vaellusten syntymiseen. Tämä on kuitenkin epätodennäköistä, sillä täydelliset katovuodet ovat männyllä paljon harvinaisempia kuin kuusella (vrt. Heikinheimo 1944), eivät ainakaan niin yleisiä kuin mitä käpylintujen vaellukset tällä vuosisadalla ovat olleet.

Metsätaloudellinen merkitys

Siitä, ovatko käpylinnut hyödyllisiä vai vahingollisia, ovat eri metsäeläintieteen ja -tuhotieteen oppi- ja käsikirjojen tekijät yleensä varsin yksimielisiä. Melkein poikkeuksetta niitä näet pidetään metsätaloudellisesti vahingollisiin lintuihin luettavina (Laurop 1811, Ratzeburg 1860,

Altum 1880, Ritzema Bos 1891, Fürst—Kauschinger 1912, Boas 1923, Hess—Beck 1927). Schwerdtfeger (1944) esittää käpylinnut »osaksi hyödyllisten osaksi vahingollisten lintujen» ryhmässä. Lintutieteellisessä kirjallisuudessa on esitetty päinvastaisiakin mielipiteitä. Eräät tutkijat arvioivat käpylintujen tekevän niin paljon hyötyä syömällä metsälle vahingollisia hyönteisiä, että tämä runsaasti korvaa niiden havupuiden siemensadolle aiheuttaman vahingon (Hortling 1929). Brehm (1928) pitää käpylintuja hyödyllisinä lähinnä siitä syystä, että ne runsaina siemenvuosina käpyjä pudottelemalla keventävät ylikuormitettuja kuusen latvuksia.

Vahingon suuruudesta ovat kirjallisuudessa esitetyt tiedot varsin niukat. Boas (1923) mainitsee erään tapauksen Tanskasta, jolloin käpylintujen todettiin tuhonneen n. puolet karistamista varten kerättyjen vuorimännyn käpyjen siemenistä. Nekrasovin (1948) mukaan käpylinnut tuhoavat Kuolassa runsaina siemenvuosina n. $^3/_4$ kuusen koko siemensadosta.

Seuraavassa esitetään eräitä suorittamiani tutkimuksia, joiden tarkoituksena on määrittää pikkukäpylinnun tekemän vahingon ja hyödyn suuruus sekä verrata näitä toisiinsa lajin metsätaloudellisen merkityksen selvittämiseksi.

Ravintotutkimuksien mukaan käpylinnut tekevät vahinkoa syömällä kuusen ja männyn siemeniä sekä kuusen silmuja, hyötyä ne taas saavat aikaan tuhoamalla eräitä metsälle vahingollisia hyönteisiä.

Kuusen siemensadolle aiheutunut vahinko

Kuusen siemensadolle aiheutuneen vahingon määrää arvioitaessa on ensiksi määritetty käpylintujen maahan heittämien käpyjen osuus kuusikoiden koko käpysadosta. Tätä tarkoitusta varten on otettu erilaisista metsiköistä vaihtelevan suuruisia koealoja, joilta on laskettu kaikki kävyt.

Tämän jälkeen on määritetty paljonko pudotetuissa kävyissä vielä on siementä jäljellä ja lopuksi on tutkittu käpyihin jääneen siemenen laatua sekä sen karisemismahdollisuuksia.

Tuhottujen käpyjen määrä

Koealoja on vv. 1949—52 otettu kaikkiaan 77 kpl. Suurin osa niistä on Pohjois-Karjalasta (Pielisjärvi 55, Juuka 5 ja Rääkkylä 4 kpl), vain 13 kpl Helsingin ympäristöstä ja Tuusulasta. Ne ovat olleet neliön tai suorakaiteen muotoisia, pinta-alaltaan 67 kpl on 10 m²:n, 6 kpl 25 m²:n, 2 kpl 100 m²:n sekä 1 kpl 35 m²:n ja 16 m²:n suuruista. Mitä metsätyyppiin tulee, ovat runsaimmin edustettuina MT (56 kpl) ja VT (18 kpl), muilta tyypeiltä on vain 3 koealaa (OMT 2 ja VK 1 kpl). Koealametsiköiden ikä

vaihteli 40—150 v., 100 v:n ikäisistä tai sitä vanhemmista metsiköistä on 30 koealaa (39 %). Koealoilta laskettiin vain ne kävyt, jotka olivat näkyvissä sammalpeitettä poistamatta.

Käpylintujen aiheuttaman vahingon suuruuden mukaan koealat ryhmittyivät seuraavasti:

Käpyl. pudottamia käpyjä %	0–5	6–10	11–15	16–20	21–25	26–30	31–35	36–40	41–45	46–50	Yht.
Koealoja kpl	23	14	10	13	4	2	4	3	2	2	77

Keskimäärin oli koealoilla olleista kävyistä 14.2 % käpylintujen pudottamia.

Kun koealojen paikkaa ei ole koskaan erikoisesti valittu, esim. siten, että niitä olisi otettu vain sellaisista kuusikoista, joissa on todettu olleen käpylintujen pudottelemia käpyjä, vaan ne on pyritty sijoittamaan täysin sattumanvaraisesti pitäen ainoana ehtona sitä, että kyseisen metsikön puista suurin osa ainakin jo 10-kunta vuotta on pystynyt käpyjä tuottamaan, voitaneen saatua keskiarvoa tässä suhteessa pitää käyttökelpoisena.

Kuusen käpyjen Sarvaan (1945) mukaan säilyessä maassa kokonaisina n. 10 vuotta edustavat kultakin koealalta saadut tulokset useamman vuoden, sekä hyvien että huonojen siemenvuosien, keskiarvoja. Vaikkakin koealoilta on huomioitu vain ne kävyt, jotka ovat nähtävissä sammalpeitettä poistamatta, näin on joka tapauksessa asianlaita.

Pikkukäpylinnun pudottelemia käpyjä ei myöskään yleensä ole ollut vaikea erottaa muiden tuhonaiheuttajien syömisjäljistä. Sekaannusta voivat aiheuttaa ainoastaan eräissä tapauksissa sellaiset kävyt, joista isokäpylintu tai käpytikka ovat syöneet siemeniä. Näiden — varsinkin tikan käsittelemien käpyjen — suomut ovat kuitenkin paljon repaleisemmat kuin pikkukäpylinnun nokan jäljiltä. Isonkäpylinnun pudottelemia käpyjä on koealoilla esiintynyt vain muutamissa tapauksissa (laji on Merikallion 1946 mukaan pikkukäpylintua tuntuvasti harvinaisempi, ja yleisesti pidetään männyn siemeniä sen pääasiallisena ravintona).

Koealoilta saatu tulos ei kuitenkaan anna oikeata kuvaa pikkukäpylinnun kuusen siemensadolle aiheuttamasta vahingosta siitä syystä, että orava ja metsähiiri käyttävät osan maahan pudonneisiin käpyihin jääneestä siemenestä (vrt. Juutinen 1952 b), eikä kaikkia alun perin käpylintujen pudottamia käpyjä näin ollen voida enää todeta.

Havainnollisen kuvan siitä, kuinka suuressa määrässä pikkujyrsijät saattavat syödä maassa olevista kävyistä siementä, sain seuratessani käpylintujen elämää keväällä 1949 Helsingin Lauttasaaressa. Edellisenä talvena oli käpylintuja ollut melko paljon, ja lumen keväällä sulaessa oli talven aikana pudoteltuja käpyjä maassa varsin runsaasti. Aikoessani 22. IV. suorittaa eräitä tutkimuksia maassa olevien käpyjen siementen karisemismahdollisuuksista havaitsin kuitenkin pikkujyrsijäin käyttäneen

näistä kävyistä siemenet niin tarkkaan, että käpyjä oli enää vaikea löytää.

Tällaisista kävyistä voi oravalla olla pitempiaikaistakin apua, sillä Kirisin mukaan (Lampio 1948) siemen säilyy niissä käyttökelpoisena jopa 4—5 vuottakin. Runsaina siemenvuosina maahan heitetyissä kävyissä oleva siemen voi siten tulla vasta huonoina vuosina käytetyksi.

Edellä mainituilla koealoilla todettiin sellaisia käpyjä, joita sekä käpylinnut että pikkujyrsijät olivat käsitelleet, olleen keskimäärin 2.5 % kuusikoiden käpysadosta. Edellä esitetyt näkökohdat huomioon ottaen tämä määrä on todellisuudessa kuitenkin huomattavasti suurempi (luultavasti enemmänkin kuin kaksi kertaa niin suuri), mistä johtuen myös käpylintujen maahan heittämän käpymäärän suuruus nousee 17—18 %:iin.

Käpyihin jääneen siemenen määrä ja laatu

Käpylintujen pudottamiin kuusen käpyihin jäävä siemenmäärä vaihtelee suuresti. Eräistä kävyistä on aivan järjestelmällisesti poimittu melkein kaikki siemenet lukuun ottamatta kävyn kärkiosassa olevia, jotka oravakin jättää syömättä, kun taas sellaisiakin käpyjä tapaa, joista ei ole halkaistu kuin muutama tyvisuomu tai siemeniä ei ole syöty ollenkaan. Tällaiset melkein tai aivan täysinäiset kävyt putoavat ilmeisesti vahingossa maahan, joskus jo niitä puusta irrotettaessa. Myöskin jos siemeniä syövä parvi lähtee lentoon, kaikki linnut pudottavat käpynsä, vaikka eivät lentäisikään sen etemmäksi kuin aivan lähellä oleviin puihin. Kuudessa Helsingin Lauttasaaresta talvella 1948—49 kerätyssä, yhteensä 155 käpyä käsittäneessä näytteessä oli siemeniä jäljellä keskimäärin 21.5 %. Käpylinnut olivat siis syöneet lähes $^4/_5$ siemenistä.

Käpyihin jääneen siemenen laadun tutkimista varten karistettiin osasta edellä mainittuja näytekäpyjä kaikki siemenet, yhteensä 4 292 kpl, ja idätettiin ne 16—18°C lämmössä. Tällöin todettiin, että siemenistä oli tyhjiä 2 937 kpl eli 68.4 %. Täysistä siemenistä jäi itämättä vain 128 kpl, joten itävyys tyhjiä siemeniä lukuun ottamatta oli 90.6 %.

Heikinheimon (1944) mukaan kuusen siemenistä on tyhjiä keskimäärin 45 %, määrä saattaa nimenomaan keski- ja pohjois-Suomessa kukkimisen aikaisista lämpötiloista johtuen huomattavastikin vaihdella. Kesä 1948 oli kuitenkin ainakin etelä-Suomessa varsin lämmin (vrt. esim. Metsälehti 1948 N:o 35), joten tyhjien siementen suuri määrä johtuu siitä, että niitä käpyjen kärkiosissa on runsaammin kuin yleensä keskimäärin kuusen siemensadossa (Heikinheimo 1920).

Siemenen kariseminen pudotetuista kävyistä

Vaikka käpyihin jääkin melko paljon siemeniä, joista tosin huomattava osa on tyhjiä, ei tällä siemenmäärällä kuitenkaan ole mitään merkitystä ellei se pääse karisemaan maahan.

Eräässä kokeessa, jossa 2. I. 1949 kerättyjä käpylinnun pudottamia käpyjä pidettiin niiden liikuttelemista mahdollisuuksien mukaan välttäen 16—20°C lämmössä keskimääräisen kosteuden ollessa n. 45 %, saatiin seuraavat tulokset:

karisemisaika vrk.	karisseita siemeniä %
7	0
14	0.2
42	2.3
132	7.6
430	18.5

Toista vuotta kokeen aloittamisen jälkeen oli kävyissä siis vielä enemmän kuin 80 % siemenistä jäljellä, joten kariseminen oli sangen hidasta ja kokonaisuudessaankin vähäistä. Metsässä tosin voidaan olettaa siellä liikkuvien hyönteisten ja muiden eläinten, jossain määrin myös tuulen, putoilevien oksien, käpysuomujen avautumisen ja sulkeutumisen jne. edistävän karisemista, mutta toisaalta taas kosteus eräitä poikkeuksia lukuunottamatta on yleensä huomattavasti suurempi.

Tekemieni havaintojen mukaan käpyjen aukeamista tapahtuu suuremmassa määrässä vain aurinkoisten ja tuulisten kevätkuukausien aikana kuivilla kankailla, teiden varsilla, etelään viettävillä rinteillä yms. paikoilla kasvavissa harvahkoissa kuusikoissa. Tiheissä metsiköissä, suurimmassa osassa tuoreiden kankaiden kuusikoita sekä kaikkialla korpimetsissä aukeaminen on hyvin vähäistä.

Lopuksi on vielä mainittava, että myös eräät linnut (esim. toukokuussa 1949 Lauttasaaressa peipot) syövät maassa olevista kävyistä karisevaa siementä.

Käpylintujen maahan pudottamiin kuusen käpyihin jää siis n. $^1/_5$ siemenistä jäljelle. Tässä määrässä on kuitenkin tavallista runsaammin tyhjiä siemeniä. Pikkujyrsijät syövät melkoisen osan käpyihin jääneestä siemenestä. Jäljellä olevista kävyistä pääsee siementä vain edullisissa olosuhteissa karisemaan ja tästäkin määrästä syövät linnut ym. osan. Näistä syistä johtuen maahan pudonneisiin käpyihin jääneellä siemenellä ei metsätaloudellisesti ole enää mitään käytännöllistä merkitystä, vaan se on katsottava hukkaan joutuneeksi.

Vahingon suuruus eri vuosina ja vuodenaikoina

Pikkukäpylinnun kuusen siemensadolle syys-, talvi- ja kevätkuukausina aiheuttaman vahingon suuruutta on tutkittu kolmella koealalla. Ensimmäinen näistä sijoitettiin talvella 1948—49 Helsingin Lauttasaaressa suuren, yksinäisen, runsaskäpyisen kuusen alle. Koeala oli niin laaja, että kaikki

kuusesta putoavat kävyt voitiin laskea. Kun talvi oli varsin vähäluminen, koeala voitiin tarkastaa useaan kertaan keskitalvellakin. Koealat N:o *2* ja *3* ovat Tuusulan Ruotsinkylästä. Nekin sijoitettiin vanhaan kuusikkoon, jossa oli runsaasti käpyjä, siten, että kummassakin on kysymys vain yhden kuusen käpysadosta. Kävyt laskettiin ensimmäisen kerran elokuun alussa v. 1951. Keski- ja kevättalven aikaan ei tarkastuksia runsaan lumen takia voitu suorittaa, joskaan näillä — kuten jäljempänä nähdään — ei olisikaan ollut suurta merkitystä. Koealoilta poistettiin kaikki kävyt jokaisen tarkastuksen yhteydessä. Tikkojen karistuspaikoilleen kuljettamia samoin kuin oravien mahdollisesti koealoilta pois viemiä käpyjä ei luonnollisestikaan ole voitu ottaa huomioon. Tarkastusten tulokset on esitetty taulukoissa 4 ja 5.

Puissa oli toukokuun alkaessa jäljellä vain vähäinen osa koko käpysadosta, koealalla N:o *1* 8.8 %, N:o *2* 1.2 % ja N:o *3* 23.9 %. Suurimman osan sadosta olivat käpylinnut, oravat ym. jo vuoden loppuun mennessä heittäneet maahan (vastaavasti eri koealoilla 73.9 %, n. 90 % ja n. 72 %).

Myöhempi kehitys on tarkkailtavilla alueilla ollut erilainen. Talvella 1951—52 oli kuusen siementä siksi runsaasti, että vaikkakin satoisimpien puiden siemenistä suurin osa käytettiin jo alkutalvella, oli siementä ennen kaikkea sellaisissa puissa, joissa käpyjä oli vähemmän, riittävästi saatavissa aina kevääseen saakka. Tästä johtuen käpylintujakin näkyi alueella koko talven ja kevään ajan.

Talven 1948—49 havainnot ovat alaltaan melko pienistä metsiköistä. Ruokavieraiden runsauden takia alkoi ravinnon yltäkylläisyys niissä jo helmikuun aikana muuttua niukkuudeksi. 20. II. todettiin kahden käpylinnun etsiskelevän maasta aikaisemmin pudotettuja käpyjä ja maaliskuussa nähtiin oravia samoissa puuhissa, samoihin aikoihin alkoi myös mäntyjen alle ilmaantua oravien käsittelemistään männyn kävyistä jyrsimiä suomuja. Kuusen käpyjen vähetessä vähenivät käpylinnutkin, eikä yhdenkään parin voitu varmasti todeta jääneen alueelle pesimään.

Taulukko 4. Pikkukäpylintujen koealalla N:o *1* eri päivämääriin mennessä pudottamat käpymäärät ja niiden osuus v:n 1948 käpysadosta.

Tabelle 4. Die Menge der von den Fichtenkreuzschnäbeln bis zu den angegebenen Zeitpunkten zu Boden geworfenen Fichtenzapfen und deren Anteil an der Zapfenernte des Jahres 1948 auf der Probefläche Nr. 1.

Pvm. *Datum*	Kpl *Anzahl*	%
5. 12. 48	350	34.1
2. 1. 49	692	67.4
20. 2. 49	777	75.7
13. 3. 49	805	78.4
25. 3. 49	807	78.6
1. 5. 49	817	79.6

Taulukko 5. Pikkukäpylintujen koealoilla N:o *2* ja *3* eri päivämääriin mennessä pudottamat käpymäärät ja niiden osuus v:n 1951 käpysadosta.

Tabelle 5. Die Menge der von den Fichtenkreuzschnäbeln bis zu den angegebenen Zeitpunkten zu Boden geworfenen Fichtenzapfen und deren Anteil an der Zapfenernte des Jahres 1951 auf den Probeflächen Nr. 2 und 3.

Pvm. *Datum*	N:o 2		N:o 3	
	kpl *Anzahl*	%	kpl *Anzahl*	%
6. 8. 51	76	9.5	251	59.9
7. 9. 51	186	23.2	280	66.8
27. 11. 51	277	34.5	290	69.2
2. 5. 52	281	35.0	290	69.2

Runsaina siemenvuosina voivat käpylinnut siis alaltaan pienehköissä metsiköissä tuhota suurimman osan käpysadosta jo joulukuun loppuun mennessä, laajemmilla metsäalueilla tavallisesti vain runsassatoisimpien puiden siemensato tulee käytetyksi jo alkutalvesta.

Käpyihin jäävän siemenmäärän suuruus ei eri vuodenaikoina luultavasti suurestikaan vaihtele. Kevät tekee kuitenkin poikkeuksen. Käpysuomujen ollessa maalis-, huhti- ja toukokuussa kuivilla ilmoilla aivan auki, pääsee näet oksiston lävitse putoavan, oksasta toiseen kimpoavan kävyn siemenistä suuri osa karisemaan. Ainoastaan tähän aikaan olen havainnut käpylintujen syövän siementä myös oksassa kiinni olevasta kävystä riippuen. Voidaan siis sanoa, etteivät käpylinnut keväällä tuhoa kuusen siemensadosta juuri muuta kuin sen, minkä ne käyttävät ravinnokseen.

Kun s. 23 selostettuja koealoja tarkastettaessa ei sellaisissakaan kuusikoissa, joissa voi olettaa olleen eräinä vuosina runsaastikin käpyjä, koskaan voitu todeta käpylintujen pudottamien käpyjen osuuden nousseen niin suureksi kuin edellä mainituilla koealoilla N:o *1* ja *3* (ja vain seitsemässä tapauksessa tämä määrä oli suurempi kuin koealalla N:o *2*), voidaan päätellä, että käpylinnut runsaina siemenvuosina tuhoavat suhteellisestikin suuremman osan kuusen siemensadosta kuin huonoina vuosina.

Kuusen käpyjen keruun karistamista varten ollessa kannattavinta runsaina siemenvuosina sellaisissa metsiköissä, joissa on paljon terveitä käpyjä, olisi käpyjen keruu parhaan tuloksen saavuttamiseksi edellä esitetyistä syistä suoritettava niin aikaisin kuin se vain muut näkökohdat huomioon ottaen käy päinsä.

Männyn siemensadolle aiheutunut vahinko

Ravintotutkimusten mukaan todettiin pikkukäpylinnun syövän männyn siemeniä toukokuun puolivälistä elokuun puoliväliin. Kun kuusen siemen on sen pääasiallisena ravintona suurimman osan vuotta, käytetään männyn

siementä siis vain kesäkuukausina, aikana jolloin lisäksi hyönteisravinnolla on huomattava merkitys. Näin ollen voidaan olettaa, että männyn siemensadolle aiheutunut vahinko ei ole suuruudeltaan verrattavissa käpylintujen tuhoamaan kuusen siemenmäärään. Tästä syystä on rajoituttu vain muutamalta koealalta määrittämään käpylintujen männyn käpysadolle aiheuttaman vahingon suuruus, käpyihin jäävän siemenmäärän suuruutta, siemenen laatua sekä karisemismahdollisuuksia ei ole lähemmin tutkittu.

Koealoja (kaikki v:lta 1950) on otettu 55—100 v:n ikäisistä VT-männiköistä kaikkiaan 30 kpl (Pielisjärveltä 13, Helsingin ympäristöstä 17 kpl), suuruudeltaan ne ovat olleet 5 m^2.

Pikkukäpylinnun pudottamia käpyjä todettiin vain 2 koealalla, keskimäärin niitä oli 0.3 % tutkittujen männiköiden käpysadosta.

Koealamenetelmää on pidetty tässäkin tapauksessa ainoana tarkoitukseen sopivana, vaikkakaan saatu tulos ei seuraavista syistä (osaksi samoista kuin kuusen käpykoealoilla) täysin vastaa todellisuutta.

Ensiksikin isonkäpylinnun — jopa joskus käpytikankin — käsittelemiä, varsinkin yhden vuoden vanhoja käpyjä on monesti ollut sangen vaikea erottaa pikkukäpylinnun pudottelemista kävyistä. Viimeksi mainituissakin saattavat näet suomut olla varsin repaleiset.

Toiseksi pikkujyrsijät olivat käsitelleet keskimäärin 11.2 % kaikista kävyistä. Näistä lienee käpylintujen pudottamia kuitenkin ollut huomattavasti vähemmän kuin jyrsijäin käsittelemistä kuusen kävyistä siitä syystä, että kuusen käpyjä pienempiin männyn käpyihin käpylinnut jättävät vain vähän siementä (esim. eräässä varsin pienessä näytteessä oli vain n. 10 % jäljellä). Lisäksi männyllä on katovuosia paljon harvemmin kuin kuusella, joten esim. oravat saavat siementä tavallisesti puussa olevista kävyistä tarvitsematta etsiskellä niitä maasta.

Kolmanneksi pikkukäpylinnun pudottamia kahden vuoden vanhoja männyn käpyjä on koealoilta tavallisesti ollut mahdoton havaita. Tällaisista kävyistähän linnut alkavat syödä siementä vasta kun niiden suomut ovat auenneet, josta syystä käpysuomuissa ei tavallisesti ole selviä nokan jälkiä, vaan useimmiten vain pieniä kolmiomaisia painautumia. Varsinkin useamman vuoden maassa olleista kävyistä näin vähäisiä merkkejä on varsin vaikea havaita.

Edellä esitetyistä (osaksi kylläkin toisilleen vastakkaisista) syistä koealoilta saatua tulosta on pidettävä jonkin verran liian pienenä. Voidaan kuitenkin päätellä, että pikkukäpylinnun tuhoamien käpyjen määrä joka tapauksessa on niin pieni (ehkä n. 2 %), että tästä syystä männyn siemensadolle aiheutuneella vahingolla ei ole käytännöllistä merkitystä.

Verso- ja silmuvioitukset

Metsäkirjallisuudessa on varmaankin Ratzeburg (1866) ensimmäinen, joka mainitsee käpylintujen tekevän vahinkoa myös katkomalla kuusen kasvaimia.

Altumin tunnetussa »Forstzoologie»-teoksessa (1880) ei kasvainvioituksista ole mitään tietoja, myöhemmässä julkaisussaan (1889) hän kuitenkin mainitsee lyhyesti, että oravan ohella myös pikkukäpylintu taittaa oksista kasvaimia, joskaan vahingonteolla ei vähäisyytensä vuoksi ole käytännöllistä merkitystä. Muutamaa vuotta myöhemmin Altum (1897 a) kuitenkin esittää kuvauksen sangen huomattavasta tuhotapauksesta. Hänen mukaansa havaittiin Mindenissä maaliskuussa v. 1896 n. 4 000 ha:n alalla tuhansia katkaistuja kuusen latvakasvaimia. Maahan pudonneet kasvaimet olivat 10-kunta cm pitkiä. Tuhot kohdistuivat pääasiassa 2—3 m:n korkuisiin taimiin, joskin niitä havaittiin vielä 12 m:n pituisissakin puissa. Myöhemmin samana vuonna Altum (1897 b) ilmoittaa saaneensa eräältä ruotsalaiselta opiskelijalta kuulla, että käpylinnut olivat monin paikoin Ruotsin eteläosissa keväällä 1897 saaneet aikaan paljon vahinkoa katkomalla kuusen kasvaimia ja syömällä niistä silmuja.

Kuluvalta vuosisadalta on useita tiedonantoja verso- ja silmuvioituksista. Ensimmäiseksi mainittakoon Schleicherin (1911) yksityiskohtainen kuvaus tammikuun alussa v. 1911 Saksassa Thüringerwaldin eteläpuolella tapahtuneesta tuhosta. Kyseisessä tapauksessa vioituksia esiintyi sekä kuusen että jalokuusen *(Abies)* taimistoissa ja nuorissa metsissä 0.5—10 m korkeissa puissa. Katkaistuista kuusen latvoista samoin kuin ylimmän oksakiehkuran kasvaimistakin oli silmujen sisus syöty. Katkaisupinta oli karkea, eikä siinä havaittu minkäänlaisia jyrsimisjälkiä. *Abies*-taimistoissa latvakasvain vain harvoin oli purtu poikki, latvasilmu sen sijaan usein kokonaan syöty, sen alapuolella oli selvästi havaittavia lovia. Tuhot esiintyivät pahimpina metsänreunoilla. Käpylintuja oli paikkakunnalla melko runsaasti ja kuusen siemensadon mainitaan olleen huonon. Kerran todettiin käpylinnun aukovan silmuja ja katkovan kasvaimia. Varmistuakseen asiasta Schleicher sijoitti elävänä kiinni saamansa käpylinnun n. 8 m^3:n laajuiseen häkkiin, johon varattiin tuoreita pikku kuusia. Heti häkkiin päästyään lintu alkoi syödä silmuja, kasvaimia se ei kuitenkaan katkonut.

Barbey (1914) mainitsee Sveitsissä Juran etelärinteillä havaitun 15 v:n aikana latvakasvaimen vioituksia 1—10 m:n korkuisissa jalokuusissa. Tuhon aiheuttajana hän pitää käpylintua.

1930-luvun keskipaikkeilla todettiin monella paikkakunnalla Württenbergissä useana vuonna heinä—syyskuussa kaikenikäisissä ja kaikenkorkuisissa jalokuusissa silmuvioituksia. Useimmiten juuri latvasilmu oli tuhottu ja sen lisäksi monesti myös suuri osa viimeisen oksakiehkuran silmuista. Laajoilla aloilla vioitettujen puiden määrä oli 10—20 % koko puustosta. Tuhonaiheuttajana pidettiin tässäkin tapauksessa käpylintua (Henze 1935).

Käpylintujen katsottiin olleen syyllisiä myös etelä-Saksassa (mm. Innin lähistöllä) keväällä ja alkukesällä v. 1934 nuorennusaloilla kuusen

taimistoissa esiintyneihin tuhoihin. Kyseisissä tapauksissa latvakasvain oli katkaistu etupäässä 1.5—2 m:n, jopa 20—25 m:n korkuisista puista, sen sijaan alle 50—60 cm:n mittaiset taimet olivat vahingoittumattomia. Katkaisupinta oli sileä, keskikohta korkeammalla kuin katon harja. Oravia mainitaan tuhoalueilla olleen vähän (Fischer 1935).

Käpylintujen verso- ja silmuvioituksia käsittelevästä kirjallisuudesta mainittakoon vielä Zwölferin (1935) laajahko esitys, joka kuitenkin pääasiassa perustuu aikaisemmin julkaistuihin tietoihin.

Kotimaisessakin kirjallisuudessa on joitakin tietoja. Ainakin Blomqvist (1876), Cajander (1917), Heikinheimo (1944) ja Saalas (1949) mainitsevat käpylintujen syövän kuusen silmuja.

Ovatko sitten käpylinnut olleet tosiaankin syyllisiä kaikissa edellä kuvatuissa tuhotapauksissa?

Ensiksikin on otettava huomioon, että käpylintujen lisäksi eräiden muidenkin selkärankaisten tiedetään tai oletetaan tuhoavan kuusen silmuja tai kasvaimia.

Sangen huomattava kasvainten vioittaja on — kuten jo on mainittukin — orava (vrt. Vartio 1946), joka saattaa tuhota myös rangan latvakasvaimia (vrt. esim. »P» 1890, Fankhauser 1911 ja Heinz 1935).

Huomioon otettava versojen ja silmujen vioittaja on myös pitkähäntäinen metsämyyrä *(Clethrionomys glareolus Schr.)*. Hunziger (1921) selostaa Sveitsin Aargaussa esiintynyttä tuhoa, jota havaittiin jopa 8 m korkeiden jalokuusten latvoissa. Tutkiessani käpylintujen mahdollisia versovioituksia kuusen taimistoissa totesin Tuusulan Ruotsinkylässä keväällä 1950 monella koealalla myyrien vioittamia silmuja ja kasvaimia (pahimmassa tapauksessa 13.5 % tarkastetuista taimista oli vioitettuja).

Pähkinähakki (Eck 1904) ja taviokuurna, ilmeisesti myös punatulkku, peippo ja mahdollisesti eräät muutkin peipposlinnut käyttävät varsinkin talvisin ja keväisin myös kuusen silmuja ravinnokseen.

Useat selkärankaiset tuhoavat siis kuusen silmuja tai kasvaimia. Lisäksi tuhonaiheuttajan määrittäminen pelkkien syömisjälkien perusteella on monesti aivan epävarmaa.

Mainittakoon esimerkkinä, että eräiden tutkijain mukaan käpylinnut halkaisevat silmun nokallaan siten, että suojussuomut suurin piirtein jäävät paikoilleen ja syövät silmuista vain pehmeät sisäosat (Hess — Beck 1927). Boas (1923) esittää kuvan oravan tuhoamasta kuusen silmusta, joka on täysin edellä kuvatun näköinen. Vartion (1946) tutkimuksessa taas on kuva oravan pudottamista kasvaimista, joissa päätesilmuistakaan ei ole mitään jäljellä. Eräässä suorittamassani ravintoanalyysissä käpylinnun todettiin syöneen silmuista myös kannat, joten vioitus on tässä tapauksessa samanlainen kuin Vartion kuvaama oravan aiheuttama. Samankin tuhonaiheuttajan syömisjäljet saattavat siis olla erilaisia ja eri

tuhonaiheuttajain jättämät jäljet taas niin samannäköisiä, ettei niitä voi toisistaan erottaa (vrt. myös Zwölfer 1935, Schwerdtfeger 1944).

Edellä esitetyistä syistä voidaan käpylintujen syyllisyyttä useihin äsken kuvattuihin tuhotapauksiin pitää epävarmana, varsinkin kun vain kerran niiden on todella nähty katkovan kasvaimia. Esim. Barbeyn (1914) mainitsemassa tapauksessa pääasiallisin tuhonaiheuttaja lienee ollut pitkähäntäinen metsämyyrä (Hunziger 1921), Henzen (1935) kirjoitus aiheutti vilkasta mielipiteiden vaihtoa, ja usealla taholla väitettiin, etteivät käpylinnut olisi tässäkään tapauksessa olleet syyllisiä (Heinz 1935, Zwölfer 1935).

Kun suorittamissani ravintoanalyyseissä joka tapauksessa voitiin todeta kuusen silmuja, joskin vähäisessä määrässä, on näin aiheutuneen vahingon suuruuden selvittämiseksi tehty eräitä lisätutkimuksia.

Latvakasvainten vioitusten keski-eurooppalaisten tietojen mukaan esiintyessä selvimpinä ja pahimpina huonoina kuusen siemenvuosina verraten nuorissa taimistoissa, tarkastettiin ensiksikin eri suuruisilta koealoilta kaikkiaan 7 708 kuusen latvakasvainta. Koealat ovat 0.5—4.5 m:n korkuisista erilaisista taimistoista Tuusulan Ruotsinkylästä sekä Pielisjärven Kolilta ajalta 3. V.—15. VI. 1950. Ajankohtaa voitaneen pitää sopivana, sillä edellisenä talvena kuusen siemensato oli varsin huono. Tarkastetuissa kasvaimissa oli vioituksia (latvakasvain katkaistu tai latvasilmu tuhottu) seuraavasti (hyönteisten ja sienien vioituksia ei ole otettu huomioon):

Myyrät	38 kpl
Lumi ym.	4 »
Määrittämättömiä	7 »
Yhteensä	49 kpl

Lintujen aiheuttamia vioituksia ei siis varmasti voitu todeta yhdessäkään taimessa.

Varttuneissa kuusikoissa esiintyvien silmuvioitusten selvittelyssä on käytetty hyväksi Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen jo useana vuonna kuusen kukkimisen tutkimista varten keräämää aiheistoa. Kuusen kukkimissuhteiden selville saamiseksi on näet kustakin kokeilualueesta tavallisimmin syystalvella lähetetty kymmenestä puusta kymmenkunta oksan kärkiosaa lähemmin tutkittaviksi. Näytteet on ollut määrä ottaa terveistä vallitsevien luokkien puista, siitä latvuksen osasta, jossa kävyt tavallisesti ovat. Käytettävissäni ovat olleet näin kerätyn aineiston tarkastustulokset vuosilta 1946—51, joissa on merkinnät myös käpylintujen tuhoamiksi oletetuista silmuista. Aineisto käsittää kaikkiaan kymmeneltä kokeilualueelta (Solböle,

Lapinjärvi, Ruotsinkylä, Vesijako, Punkaharju, Vilppula, Koli, Pyhäkoski, Rovaniemi ja Pallasjärvi) yhteensä n. 6 000 oksanäytettä (n. 600 kuusesta).

Syksyllä v. 1946 mainitaan usealta kokeilualueelta tulleissa näytteissä olleen tuhottuja silmuja, joskaan tuhon suuruus ei tehtyjen muistiinpanojen perusteella ole määritettävissä. Erikoisen runsaasti vioituksia on ollut Punkaharjulla, viidestä koepuusta otettujen näytteiden kukkasilmujen on todettu olleen melkein tyystin syötyjä.

V. 1947 samoin kuin v. 1948 ei vioitettuja silmuja mainita esiintyneen ollenkaan.

Sen sijaan v. 1949 (110 puuta) niitä oli 24 näytteessä eli 2.1 %:ssa tarkastettuja oksia. Kun jokaisessa näytteessä on tavallisesti ollut useita kymmeniä silmuja, joista vain osa on tuhoutunut, oli vioitettujen silmujen määrä alle 1 %.

V. 1950 (90 puuta) todettiin vioituksia 5 näytteessä (0.6 %).

V. 1951 on tuhottuja silmuja ollut yleensä vähän. Kuudelta kokeilualueelta lähetetyissä näytteissä niitä ei ollut yhtään, kolmessa lähetyksessä vain muutamia (Pallasjärvi 4, Vilppula 6 ja Solböle 2 silmua), Punkaharjulla kuitenkin jälleen huomattavasti enemmän (95 kpl). Tuhojen runsaus Punkaharjulla voinee osaltaan johtua niiden keskittymisestä alueen alaltaan melko vähäisiin kuusikkoihin (vrt. esim. H e i k i n h e i m o 1927).

Keskimäärin on tuhottuja silmuja siis ollut varsin vähän. Kun lisäksi voidaan pitää varmana, että niistä osa on oravien (jotka pystyvät syömään jäykistä yläoksista päätesilmut versoa katkaisemattakin), mahdollisesti metsämyyrien, taviokuurnien ja ehkä eräiden muidenkin lintujen tuhoamia, on käpylintujen aiheuttama vahinko niin vähäistä, ettei sillä ole käytännöllistä merkitystä. Kasvaimia ei käpylintujen voitu todeta koskaan katkoneen.

Käpylintujen tekemän hyödyn ja vahingon vertailua

Käpylintujen taloudellista merkitystä selviteltäessä on edellä olevassa käsitelty yksinomaan niiden aiheuttamaa vahinkoa.

Todettiin, että käpylinnut tuhoavat kuusikoiden siemensadosta vuosittain keskimäärin 17—18 %. Sen sijaan männyn siemensadolle koitunut vahinko samoin kuin silmuvioitukset ovat maassamme niin vähäiset, ettei niillä ole käytännöllistä merkitystä.

Aiheuttamansa vahingon vastapainoksi käpylinnut tekevät hyötyä syömällä kirvoja, kovakuoriaisia, perhostoukkia ym. hyönteisiä, jotka ovat metsälle vahingollisia, joskaan eräiden lajien vahingonteolla ei ole suurtakaan merkitystä.

Käpylintujen tuhohyönteisiä syömällä tekemää hyötyä ja etupäässä kuusen siemeniä tuhoamalla aiheuttamaa vahinkoa on laadullisista eroavuuksista johtuen vaikeata verrata toisiinsa. Kuitenkin kun otetaan huomioon, että ne suurimman osan vuodesta syövät melkein yksinomaan havupuiden siemeniä (ravintoanalyyseissä todettiin hyönteisiä ajalla 7. VII.—7. IV. olleen vain hieman yli 1 %) ja että kevät- ja kesäkuukausinakin niiden osuus ruokavaliossa on yli 50 %, on pikkukäpylintua epäilemättä pidettävä metsätaloudellisesti vahingollisena lintulajina.

Tuhojen torjumisessa voinevat vain käpylintujen karkoittamiseen suojeltavalta alueelta tähtäävät toimenpiteet tulla kysymykseen, mitään vähänkin laajemmille aloille sopivaa menetelmää ei käytettävissämme kuitenkaan ainakaan toistaiseksi ole. Käpylintujen hävittämisellä ei sinänsä saada suuriakaan aikaan, sillä esim. ammuttujen tilalle tulee lähialueilta aina uusia kierteleviä lintuja (vrt. H e n z e 1935). Toteamus pikkukäpylinnun vahingollisuudesta ei näin ollen anna mitään aihetta sitä nykyisin koskevien rauhoitusmääräyksien kumoamiseen.

Loppupäätelmät

Pikkukäpylinnun tärkeimpänä ravintona ovat Suomessa havupuiden, varsinkin kuusen siemenet. Kuusen siemeniä käpylinnut syövät elokuun alusta alkaen koko syksyn, talven ja kevään ajan aina toukokuun loppuun saakka. Syksyn ja talven aikana ne ovat melkein yksinomaisena ravintona. Kuusen siemenen karistua käpylinnut syövät ensin kahden, myöhemmin (heinäkuun alukupuolelta elokuun puoliväliin) yhden vuoden vanhaa männyn siementä. Lehtikuusen siemeniä on todettu runsaimmin käytetyn keskikesällä. Havupuiden siementen osuus on lukumäärältään varsin vähäisten ravintoanalyysien mukaan koko vuonna hieman yli 80 %.

Hyönteisiä (enimmäkseen metsälle vahingollisia lajeja) käpylinnut syövät kaikkina vuodenaikoina, syksyllä ja talvella kuitenkin vain vähäisessä määrässä ja yksinomaan kuusen kävyissä tavattavia lajeja. Hyönteisten osuus on suurimmillaan huhtikuusta heinäkuuhun. Ajoittain saattavat käpylinnut tällöin käyttää ravinnokseen yksinomaan hyönteisiä. Koko vuonna on hyönteisten osuus ravintoanalyysien mukaan ruokavaliossa n. 15 %.

Kuusen silmuja on käpylintujen todettu syöneen syksyllä, talvella ja keväällä. Niiden merkitys ruokavaliossa on kuitenkin vähäinen (alle 5 %).

Taloudellisesti tärkein on käpylintujen kuusen siemensadolle aiheuttama vahinko. Keskimäärin niiden on todettu tuhonneen vuosittain n. 17—18 % kuusikoiden koko siemensadosta. Männyn siemensadolle aiheutunut vahinko on vähäinen (n. 2 %).

Silmuvioituksilla, vaikka ne joissakin tapauksissa yksittäisissä puissa saattavat olla huomattavatkin, ei kokonaisuudessaan ole käytännöllistä merkitystä. Kasvaimia ei käpylintujen ole voitu todeta katkoneen.

Vaikkakin pikkukäpylintu tekee jossain määrin hyötyä hävittämällä tuhohyönteisiä, on sitä kuitenkin kuusen siemensadolle aiheuttamansa vahingon takia pidettävä metsätaloudellisesti vahingollisena lintulajina.

Tuhojen torjuminen ei nykyisin käytettävissä olevin keinoin ole mahdollista.

Kirjallisuusluettelo

Käytetyt lyhennykset:

AFFF = Acta Societatis pro Fauna et Flora Fennica
AFJ = Allgemeine Forst- und Jagdzeitung
DOT = Dansk Ornithologisk Forenings Tidsskrift
FC = Forstwissenschaftliches Centralblatt
JO = Journal für Ornithologie
LT = Luonnon Tutkija
LY = Luonnon Ystävä
MTJ = Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja
OM = Ornithologische Monatsberichte
Silva = Forstliche Wochenschrift Silva
SZF = Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen
ZFJ = Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen

A h a r o n i, I. 1931 — Three new birds for Palestina and Syria. OM 46 : 131.

A l d r i c h, E. C. 1939 — Notes on the salt-feeding Habits of the Red Crossbill. The Condor XLI : 172—173.

A l t u m, B. 1880 — Forstzoologie II, 2. Aufl. Berlin.

—»— 1889 — Waldbeschädigungen durch Tiere. Berlin.

—»— 1897 a — Zerstörung von Baum-, besonders Fichten- und Kiefernknospen durch Vögeln. ZFJ 29 : 224—230.

—»— 1897 b — Fichtenzerstörung durch Kreuzschnäbel. ZFJ 29 : 450.

A r n o l d, F. 1897 — Die Vögel Europas. Stuttgart.

B a i r d, S. F. — B r e w e r, T. M. — R i d g w a y, R. 1875 — A History of North American Birds I. Boston.

B a r b e y, A. 1914 — Chermes der Weisstanne und ihr Auftreten im Neuenburger Jura. SZF 65 : 277—281.

B l o m q v i s t, A. G. 1876 — Några iakttagelser rörande fröbildningens periodicitet hos tallen och granen samt rörande ekorrens förekommande i Finland. Medd. Soc. pro Fauna et Flora Fennica 1 : 47—54.

B o a s, J. E. V. 1923 — Dansk Forstzoologi, 2. Udg. Köbenhavn.

B o e t t i c h e r, H. von 1919 — Ornithologische Beobachtungen in der Muss-Alla-Gruppe (Rila-Gebirge) 1916—1919. JO 67 : 233—257.

B r e h m, A. E. 1928 — Tierleben, Vögel I (Bearbeitet von Carl W. Neumann). Leipzig.

B u c k n i l l, J. A. 1910 — On the Ornithology of Cyprus II. The Ibis 9 th Series, Vol. IV: 1—47.

C a j a n d e r, A. K. 1917 — Metsänhoidon perusteet II. Porvoo.

C a r p u s 1950 a — Mitä lintumme syövät. Metsälehti N:o 25: 8.

—»— 1950 b — Lintujen ruoka tutkijan silmin. Metsälehti N:o 30: 8.

C a r r o l l, C. J. 1930 — Crossbills eating crab-apples. British Birds XXIV : 188.

Chalaux, J. 1931 — A propos de la dernière invasion de *Loxia curvirostra L.* dans l'Ouest de la France. Bull. Soc. Sci. Bretagne 8: 7—22. (Sit. Biological Abstracts 1937 : 815.)

Christiansen, A. 1935 — Ynglende Korsnaeb i Herningegnens Plantager. DOT 29: 22—29.

Delacour, J. 1929 — On the Birds collected during the Fourth Expedition to French Indo-China II. The Ibis 12 th Series, Vol. V: 404—429.

Detmers, E. 1912 — Studien zur Avifauna der Emslande. JO 60: 1—68.

Eck 1904 — Nusshäherschaden. FC 26: 583—584.

Eckstein, K. 1887 — Beiträge zur Nahrungsmittellehre der Vögel. JO 35: 286—298.

Fankhauser, F. 1911 — Eichhörnchenschaden. SZF 62: 116—122.

Fellman, J. 1906 — Anteckningar under min vistelse i Lappmarken IV. Helsingfors.

Fischer, Ph. 1935 — Eine neue Waldbeschädigung durch den Fichtenkreuzschnabel. FC 57: 168—169.

Fürst — Kauschinger 1912 — Die Lehre vom Waldschutz, 7. Aufl. Berlin.

Ghigi, A. — Duse, A. 1931 — Sul passaggio dei Crocieri *(Loxia curvirostra L.)* nell'Italia settentrionale e sui loro itinerari verso l'Europa occidentale nel. 1930. Ricerche di Zoologia Applicata Alla Caccia V.

Giller, F. 1943 — Abnorme Nahrung beim Fichtenkreuzschnabel. Beitr. zur Fortpflanzungsbiol. der Vögel 19: 169.

Goebel, H. 1874 — Ornithologische Notizen aus der Krim. JO 22: 447—455.

Grant, O. 1894 — On the Birds of the Philippine Islands. Part II. The Ibis 6 th Series, Vol. VI: 501—522.

Grenquist, P. 1938 — Vogelfauna von Kökar. AFFF 62,2 : 1—132.

Grote, H. 1942 — Altes und Neues über das Haselhuhn *(Tetrastes bonasia)*. Beitr. zur Fortpflanzungsbiol. der Vögel 18.

Heikinheimo, O. 1920 — Kuusimuodoista ja niiden metsätaloudellisesta arvosta. Metsätiet. koelait. julk. 2,2: 1—102.

—»— 1927 — Punkaharjun kokeilualueen metsät ja metsätalous. Helsinki.

—»— 1932 — Metsäpuiden siementämiskyvystä I. MTJ 17,3: 1—55.

—»— 1944 — Metsien luontainen uudistuminen. Keskusmetsäseura Tapion käsikirjasia N:o 22, 2. painos. Helsinki.

Heinroth, O. & M. 1926 — Die Vögel Mitteleuropas I. Berlin.

Heinz, R. 1935 — Wer beisst die Gipfelknospen der Weisstannen ab? Silva 23: 249—250.

Henze 1935 — Wer beisst die Gipfelknospen der Weisstannen ab? Silva 23: 46—47.

Hess — Beck 1927 — Forstschutz I, 5. Aufl. (von M. Dingler). Berlin.

Hortling, I. 1929 — Ornitologisk Handbok. Helsingfors.

Hunziger, W. 1921 — Entgipfelung junger Weisstannen durch die Waldwühlmaus *(Hypodeus glareolus Wagn.)*. SZF 72: 97—100.

Jahn, H. 1942 — Zur Oekologie und Biologie der Vögel Japans. JO 90: 1—301.

Jensen, Ad. S. 1929 — Det store Korsnaebtraek 1927. DOT 23: 53—74.

Juutinen, P. 1952 a — Isonkäpylinnun *(Loxia pytyopsittacus Borkh.)* esiintymisestä ja ravinnosta Pohjois-Karjalassa kesinä 1947—50. LT 56: 52—54.

—»— 1952 b — Oravan kuusen siemensadolle aiheuttamasta vahingosta. Metsätal. Aikakausl. N:o 8: 219—221.

Kirkman, F. — Jourdain, F. 1930 — British Birds. London.

Kivirikko, K. E. 1947 — Suomen linnut I. 2 painos. Porvoo—Helsinki.

Kummerlöwe, H. — Niethammer, G. 1934 — Beiträge zur Kenntnis der Avifauna Kleinasiens (Paphlagonien — Galatien). JO 82: 504—552.

Lack, D. 1944 — Correlation between Beak and Food in the Crossbill, *Loxia curvirostra Linnaeus*. The Ibis 86: 552—553.

Lampio, T. 1948 — Luontaiset edellytykset maamme oravatalouden perustana. Suomen Riista 2: 97—144.

Laurop, C. P. 1811 — Grundsätze des Forstschutzes. Heidelberg.

Lewis, S. 1930 — Crossbills eating apples. British Birds XXIV : 125.

Lindermayer, A. 1860 — Die Vögel Griechenlands. Passau.

Lönnberg, E. 1927 — Korsnäbbinvasionen sommaren 1927. Fauna och Flora n:o 6: 276—280.

Marshall, W. H. 1940 — More Notes on Salt-feeding of Red Crossbills. The Condor XLII: 218—219.

Mela, A. J. 1903 — Huippuvuorten linnut. LY 7: 151—155.

Merikallio, E. 1946 — Über regionale Verbreitung und Anzahl der Landvögel in Süd- und Mittelfinnland, besonders in deren östlichen Teilen, im Lichte von quantitativen Untersuchungen I—II. Suomal. Eläin- ja Kasvit. Seur. Vanamon Eläint. Julk. 12,1: 1—143 ja 12,2: 1—119.

Metsälehti 1948, N:o 35 : 6.

Munsterhjelm, L. 1911 — Om Fågelfaunan i Könkämä-dalen uti Lappmarken. AFFF 34: 1—80.

Naumann, J. 1905 — Naturgeschichte der Vögel Mitteleuropas III. Gera—Untermhaus.

Nekrasov, T. P. 1948 — Reproduction of spruce on the northern Kolsk. Bot. Zhurn. SSSR 33,2: 239—248. (Sit. Biol. Abstracts 1950 II : 2 006.)

Nolte, W. 1930 — Brut des Fichtenkreuzschnabels in Schleswig—Holstein nebst biologischen Bemerkungen. JO 78: 1—19.

P. 1890 — Schaden durch Eichhörnchen. AFJ 66: 339.

Palmgren, R. 1913 — Helsingfors-traktens fågelfauna. AFFF 38,2: 1—224.

Pynnönen, A. 1943 — Beiträge zur Kenntnis der Biologie finnischer Spechte II. Suom. Eläin- ja Kasvitiet. Seuran Vanamon Eläintiet. Julk. 9,4: 1—60.

Ratzeburg, I. T. C. 1860 — Die Waldverderber und ihre Feinde. Berlin.

—»— 1866 — Die Waldverderbnis I. Berlin.

Reinikainen, A. 1937 — The irregular migrations of the Crossbill, *Loxia c. curvirostra*, and their relations to the cone-crop of the Conifers. Ornis Fennica XIV: 55—64.

Richardson, F. 1938 — Red Crossbills Feeding on Juniper Galls. The Condor XL: 257.

Ritzema Bos, J. 1891 — Tierische Schädlinge und Nützlinge für Ackerbau, Viehzucht, Wald- und Gartenbau. Berlin.

Saalas, U. 1949 — Suomen metsähyönteiset. Porvoo—Helsinki.

Salomonsen, F. 1927 — Ornithologiske Studier i Nordskandinavien. DOT 21: 87—108.

—»— 1936 — Some Records on Birds new or rare to Greenland. The Ibis 13 th Series, Vol. VI: 225.

Sarvas, R. 1945 — Metsikön siemensadon arvioimisesta. Metsätal. Aikakausl. n:o 12: 389—393.

Scharnke, H. — Wolf, A. 1938 — Beiträge zur Kenntnis der Vögelwelt Bulgarisch—Mazedoniens. JO 87: 309—327.

Schleicher 1911 — Der Kreuzschnabel als Waldverderber. AFJ 87: 413—417.

Schwerdtfeger, F. 1944 — Die Waldkrankheiten. Berlin.

Schäfer, E. 1938 — Ornithologische Ergebnisse zweier Forschungsreisen nach Tibet. Sonderheft zum JO 86.
S(iivo)nen, L. K. 1943 — Lintujen syksyinen ja talvinen marjaravinto. LY 47: 20.
—»— 1939 — Zur Ökologie und Verbreitung der Singdrossel *(Turdus philomelos ericetorum Brehm)*. Suom. Eläin- ja kasvitiet. Seuran Vanamon Eläintiet. Julk. 7,1: 1—285.
Sovinen, P. 1950 — Kesykyyhkyn *(Columba livia)* ravinnosta ja lintujen suolantarpeesta. LT 54: 157.
Southern, H. N. 1945 — Correlation between Beak and Food in the Crossbill. The Ibis Vol. 87 : 287.
Stamm, R. H. 1909 — Korsnaeb som Galleaedere. DOT 4: 45—49.
Steinbacher 1928 — Beobachtungen an der Nordsee. JO 76 : 434.
Suomalainen, E. W. 1908 — Kallaveden seudun linnusto. AFFF 31,5: 1—150.
Suschkin, P. P. 1914 — Die Vögel der Mittleren Kirgisensteppe. JO 62: 297—333.
Turček, F. J. 1951 — Galls and gall-insects as food of certain birds and mammals. Suomen Hyönteistiet. Aikak. 17: 17—22.
—»— 1952 — O pomere vtákov a savcov k drevinám, so zvláštnym zretel'om na semená ako potravu. (On the relation of birds and mammals to trees, with special reference to their seeds, as food material.) Práce výzkumných ústavú lesnických I: 125—166.
Vartio, E. 1946 — Oravan talvisesta ravinnosta käpy- ja käpykatovuosina. Suomen Riista 1: 49—72.
Weigold, H. 1910 — I. Jahresbericht über den Vogelzug auf Helgoland 1909. Sonderheft zum JO 58.
Whitaker, J. 1898 — *Loxia curvirostra poliogyna subsp. nov.* The Ibis 7 th Series, Vol. IV: 625.
—»— 1910 — On the great Invasion of Crossbills in 1909. The Ibis 9 th Series, Vol. IV: 331—352.
Vietinghoff von Riesch, A. 1924 — Das Verhalten paläarktischer Vögel gegenüber den wichtigeren forstschädlichen Insekten. Zeitschr. f. angew. Ent. 10: 1—55.
—»— 1928 — Das Verhalten paläarktischer Vögel gegenüber den wichtigeren forstschädlichen Insekten. Zeitschr. f. angew. Ent. 13: 483—512.
Witherby, H. F. 1928 — On the Birds of Central Spain, with Some Notes on those of South-East Spain. The Ibis 12 th Series, Vol. IV: 386—436.
Witherby, H. F. 1930 — Immigration of Crossbills in 1930. British Birds XXIV: 155—156.
Yamashina, Y. 1931 — Die Vögel der Kurilen. JO 79: 491—540.
Yarrell, W. 1856 — A History of British Birds, Vol. II. 3. Edit. London.
Zedlitz, O. 1928 — Zur Kreuzschnabelinvasion 1927. OM 36: 16—17.
Zwölfer, W. 1935 — Zur Frage der Knospen- und Triebbeschädigungen an Weisstanne. Silva 23: 250—252.

ÜBER NAHRUNG UND FORSTWIRTSCHAFTLICHE BEDEUTUNG DES FICHTENKREUZSCHNABELS (LOXIA CURVIROSTRA L.)

Deutsches Referat

Zur Ermittlung der Nahrungszusammensetzung des Fichtenkreuzschnabels wurden 21 Magenanalysen (Tab. 1, S. 12), dazu Beobachtungen an lebenden Vögeln gemacht (Tab. 3, S. 15).

Den Analysen gemäss besteht die Nahrung des Fichtenkreuzschnabels in Finnland aus Nadelbaumsamen, Insekten und Fichtenknospen. Bei der Untersuchung erlegter Vögel wurden ausserdem gefunden geringe Mengen Holz, Harz, Fichtennadeln und männliche Blüten von Kiefer.

Unter den Nadelbaumsamen stehen die Fichtensamen an erster Stelle. Sie bilden die Hauptnahrung des Fichtenkreuzschnabels vom Jahresbeginn bis Ende Mai, wenn die Zapfen schon grösstenteils leer sind. Mitte August rücken sie abermals zu der fast alleinigen Nahrung des Vogels heran. Nach vollzogener Samenstreuung der Fichte im Frühjahr verzehren die Kreuzschnäbel zunächst zweijährige, danach, ab Anfang Juli bis Mitte August, einjährige Kiefernsamen. Lärchensamen kommen wegen des relativ seltenen Vorkommens dieser Bäume in Finnland nicht nennenswert in Betracht.

Insekten werden von den Kreuzschnäbeln das ganze Jahr hindurch gefressen, am wenigsten jedoch im Herbst und Winter, wo sich die Insektennahrung der Vögel lediglich auf ganz geringe Mengen von zapfenbewohnenden Larven beschränkt. Von April bis Juli dagegen bilden die Insekten einen bedeutenden Teil der Nahrung (in der Zeit von 7. IV.—7. VII. den Magenanalysen gemäss etwa 40 %). Während dieser Zeit werden zur Hauptsache in den Wipfeln der Nadelbäume lebende Arten, insbesondere Käfer und Blattläuse, von den Vögeln gefressen. — Die bei den Analysen angetroffenen Insektenarten sind auf S. 12 aufgezählt.

Fichtenknospen werden mit Ausnahme des Sommers in allen Zeiten des Jahres verzehrt.

Für die sich in unregelmässigen Zeitabständen wiederholenden Massenwanderungen der Kreuzschnäbel dürfte wohl der Mangel an Fichtensamen kaum den unmittelbaren Anlass geben. Diese Wanderungen setzen ja gewöhnlich im Mai—Juni ein, d. h. in einer Zeit, wenn die Fichte bereits ihre Samen gestreut hat und sich die Vögel normal an Kiefernsamen und Insekten ernähren. Wahrscheinlicher dünkt, dass es die durch einen guten Samenertrag der Fichte ausgelöste Zunahme des Bestandes ist, der die Vögel zwingt, sich auf die Wanderung zu begeben.

Auf 77 Probeflächen, deren Grösse zwischen 10 und 100 m² variierte, wurde ermittelt, ein wie grosser Teil des Samenertrags der Fichte den Kreuzschnäbeln zum Opfer fällt. Als durchschnittlicher Wert wurden etwa 17—18 % gefunden. Am grössten ist der Schaden in guten Samenjahren, indem die Vögel dann in reichlich

zapfentragenden Fichtenbeständen bis Ende Dezember nicht minder als zwei Drittel vom gesamten Samenertrag in den Zapfen zu Boden werfen können (vgl. Tab. 4 und 5, S. 27 und 28). — In betreff der Kiefer ist der Schaden gering, höchstens etwa 2 %.

Um eine Vorstellung von den durch die Kreuzschnäbel herbeigeführten Knospen- und Triebbeschädigungen zu erhalten, wurden in verschiedenen jungen Fichtenkulturen insgesamt 7 708 Wipfeltriebe untersucht. Dazu standen die Untersuchungsresultate eines in den Jahren 1946—51 in ausgewachsenen Fichtenbeständen zu anderen Zwecken eingesammelten Materials von etwa 6 000 Astproben zur Verfügung. In den jungen Kulturen wurden Knospenschäden nicht beobachtet, in den ausgewachsenen Beständen sind sie bei vereinzelten Bäumen sogar recht hochgradig auftreten. Im ganzen betrachtet geht ihnen indessen jede praktische Bedeutung ab. Beobachtungen über abgebrochene Triebe liegen nicht vor.

Auch wenn zwar der Fichtenkreuzschnabel durch seine Jagd auf die Schadeninsekten des Waldes einigermassen nützlich ist, ist er dennoch, in erster Linie wegen der durch ihn hervorgerufenen Beeinträchtigung des Samenertrags der Fichte, als forstschädlicher Vogel zu betrachten.

POLTTOPUIDEN KUIVUMISESTA JA SEN HUOMIOONOTTAMISESTA VARASTOINNISSA

VEIJO HEISKANEN

ON THE DRYING OF FIREWOOD AND ON ITS CONSIDERATION IN STORING

SUMMARY IN ENGLISH

HELSINKI 1953

Helsinki 1953. Valtioneuvoston kirjapaino

Sisällysluettelo.

Sivu.

1. Johdanto 5
2. Polttopuun käyttöarvoon vaikuttavat tekijät 7
   21. Yleistä 7
   22. Puulajin ja puun painon vaikutus 7
   23. Puutavaran järeyden vaikutus 8
   24. Puun vesipitoisuuden vaikutus 9
   25. Vikaisuuksien vaikutus 11
   26. Uittamisen vaikutus 13
3. Polttopuun kuivuminen 15
   31. Ilmaston vaikutus 15
   32. Polttopuun ominaisuuksien vaikutus 17
      321. Polttopuun koko 17
      322. Polttopuun käsittelytapa 20
      323. Puulaji 23
   33. Kuivuminen vuoden eri aikoina 23
4. Kuivumisen huomioon ottaminen varastoinnissa 31
   41. Varastopaikka 32
   42. Aluspuut 33
   43. Pinojen välit 35
   44. Pinojen korkeus 36
   45. Pinojen pääpuut 37
   46. Pinojen kattaminen 39
   47. Halkojen asento pinoissa 41

Kirjallisuusluettelo 42
Summary 46

1. Johdanto.

Polttopuiden osuus vuotuisista puutavaran hakkuumääristä on maassamme valtavan suuri. Viimeisen puunkäyttötutkimuksen (Osara—Pöntynen—Erkkilä 1949) mukaan halkoja käytettiin maassamme kaikkiaan 13.62 milj. k-m³ kuoretonta puuta, joka oli 35.8 % koko puun käytöstä. Sotavuosina ja kohta sodan jälkeen polttopuun osuus oli vieläkin korkeampi. Suuri osa tästä puusta olisi käytettävissä myös arvokkaampiin tarkoituksiin kuten Erkkilän (1943) suorittamat tutkimukset maaseutuväestön käyttämästä polttopuusta osoittavat. Hänen mukaansa tästä polttopuuksi käytetystä kuusesta oli 10.9 % ja männystä 19.3 % kelvollista myös paperipuuksi. Samanlainen suhde lienee vallalla myös muualla käytetyn polttopuun kohdalla.

Polttopuiden käytön vähentäminen loisi siis suotuisten vientisuhdanteiden aikana uusia, lisääntyneitä vientimahdollisuuksia. Myös muulla tavoin polttopuiden käytön pieneneminen olisi kansantaloudellisesti edullista. Mainittakoon vain viime aikoina pulmallinen työvoimakysymys.

Polttopuiden käytön supistamiseen on olemassa kolme tietä. Ensiksi on mainittava puupolttoaineen korvaaminen muilla polttoaineilla kuten kivihiilellä tai öljyllä. Toisena mahdollisuutena on lämmityslaitteiden tehostaminen ja kolmantena, joka on tämän kirjallisuustutkielman aiheena, on hakattavan polttopuun käsittely niin, että se saadaan käyttöpaikalle polttoarvoltaan mahdollisimman korkealaatuisena. Toisin sanoen, polttopuun polttoarvoa yritetään kohottaa määrätyin toimenpitein niin, että määrätyn lämpömäärän saamiseksi tarvitaan pienempi polttopuumäärä kuin ennen. Tähän viimeksimainittuun toimenpiteeseen pitäisikin olla useimmissa tapauksissa mahdollisuudet suunnittelemalla kuljetukset ja varastoinnit oikeilla tavoilla. Harvoin säästömahdollisuudet ovat suuria, mutta voitanee sanoa, että 1—2 % säästö on saavutettavissa aina, eivätkä suuremmatkaan säästöt liene harvinaisia, sillä niin huonosti varastoituja ja käsiteltyjä halkoja on löydettävissä ammattimiestenkin johtamilla työmailla. Jo 1 %:n säästö polttopuun kulutuksessa olisi v. 1938 merkinnyt 136 200 p-m³:n vähennystä ja 2 %:n mukaan täksi määräksi saadaan 272 400 p-m³. Nykyisten kaukokuljetusreitin varrella maksettavien polttopuuhintojen mukaan nämä merkitsisivät ainakin 150—200 miljoonan tai 300—400 miljoonan markan säästöä polttopuunkuluttajille.

Näiden säästöjen saavuttaminen on siis ehdottomasti yrittämisen arvoista. Tässä tutkielmassa on tarkoituksena koota yhteen kirjallisuudesta tiedot polttopuiden käyttöarvoon vaikuttavista seikoista ja sen korkeana pitämiseen tarvittavista toimenpiteistä. Metsäalan kirjallisuudesta onkin löydettävissä näistä asioista varsin paljon kirjoituksia, jotka kuitenkin yleensä perustuvat käytännön kokemuksiin. Varsinainen polttopuuta koskeva tutkimustyö on etenkin Suomessa sangen suppea, joten tutkielma onkin pitänyt perustaa pääasiallisesti ulkomaisiin tutkimuksiin. Lisäksi monessa kohdin on täytynyt etsiä tukea ainespuutavaraa koskevista töistä, jotka kuitenkin useimmissa tapauksissa sopinevat hyvin myös polttopuuhun sovellettaviksi.

Tutkielma syntyi alunperin Valtionrautateiden Polttoainetoimiston polttopuun hankinnan rationalisoimismahdollisuuksia tutkittaessa ja VAPO on sen valmistamista myös taloudellisesti tukenut. Käsikirjoituksen ovat prof. Paavo Aro ja ylimetsänhoitaja A. Sandman hyväntahtoisesti lukeneet.

2. Polttopuun käyttöarvoon vaikuttavat tekijät.

21. Yleistä.

Polttopuun käyttöarvo riippuu siitä saatavasta lämpömäärästä, t. s. polttoarvo osoittaa polttopuun käyttöarvon. Polttopuun hankinnassa onkin pyrittävä saamaan käyttäjille mahdollisimman suuren polttoarvon omaavaa polttopuuta. Ennenkuin käydään tarkastelemaan, kuinka tämä käy parhaiten päinsä ja mitä toimenpiteitä hankinnan eri vaiheissa tarvitaan polttoarvon korkeana säilyttämiseksi, on tarpeen kosketella hieman polttoarvokäsitettä ja tekijöitä, jotka siihen vaikuttavat.

Aineen polttoarvo riippuu sen kemiallisesta kokoonpanosta, joka puulla on suunnilleen seuraava:

Hiili = 50.0 % Vety = 6.3 % Happi = 43.7 %

Likiarvoisesti voidaan puun polttoarvokin määrätä näiden alkuaineiden polttoarvon avulla ja niin saadaan absoluuttisen kuivan puun polttoarvoksi n. 4 200 cal/gr. Kalorimetriset polttoarvon määräykset antavat yleensä hieman suuremmat polttoarvot, n. 4 400—4 500 cal/gr (H e l a n d e r 1922).

Käytännössä on kuitenkin vaikuttamassa monia erilaisia tekijöitä, jotka saavat aikaan, että puun polttoarvo vaihtelee huomattavasti paitsi puulajeittain myös saman puulajin eri yksilöillä ja eri polttopuuerillä. Näistä puun polttoarvoon vaikuttavista tekijöistä otetaan seuraavassa tarkastelun kohteeksi ensi sijassa seuraavat: puulaji ja puun paino, puun järeys, puun vesipitoisuus ja puun vikaisuudet.

Tavallisesti erotetaan kaksi polttoarvokäsitettä, kalorimetrinen polttoarvo, jolla tarkoitetaan sitä lämpömäärää, joka syntyy, kun 1 gr absoluuttisen kuivaa puuta palaa, ja tehollinen lämpöarvo eli lämpöteho, jolla tarkoitetaan sitä lämpömäärää, joka syntyy, kun 1 gr määrätyn määrän vettä sisältävää polttoainetta palaa ja kaikki vesi poistuu höyryn muodossa (E n e r o t h 1922 b).

22. Puulajin ja puun painon vaikutus.

Huolimatta siitä, että puun kemiallinen kokoomus on vain vähän muuttuva, eri puulajien polttoarvo vaihtelee varsin huomattavasti. Tämä johtuu siitä, että eri puulajien puu sisältää erilaiset määrät hartseja ja tuhka-

aineita. Eri puulajien absoluuttisen kuivan puun polttoarvot ovat seuraavat (Eneroth 1922 b, Helander 1922, Strömberg 1928, Jalava 1946): mänty 4 470 cal/gr, kuusi 4 290 cal/gr, koivu 4 160 cal/gr ja leppä 3 990 cal/gr.

Eneroth esittää myös näistä poikkeavia arvoja, mutta edellä esitetyt ovat yleisimmät. Pihkapitoiset havupuut ovat siis polttoarvoltaan lehtipuita parempia.

Käytännössä polttopuuta ei kuitenkaan mitata painomitoin, joten em. arvoilla on vain teoreettinen merkitys. Pinokuutioyksikköä kohden lasketut polttoarvot suhtautuvatkin toisiinsa aivan toisin kuin edellä esitetyt arvot. Nämä erot johtuvat eri puulajien erilaisesta painosta ja pinotiheydestä.

Eri puulajien paino vaihtelee huomattavasti, mutta yleensä on suhde seuraava: Koivu on painavin, sitten mänty, leppä ja kuusi. Jalavan (1946) mukaan kotimaisten puulajien absoluuttisen kuivan runkopuun keskim. tilavuuspainot ovat: koivu 0.62, mänty 0.52, leppä 0.50 ja kuusi 0.46.

Pinotiheys on, kuten mainittiin, eri puulajien haloilla erilainen. Havupuuhalot ovat yleensä suorempia ja vähemmän oksaisia kuin lehtipuuhalot, joten viimeksimainittujen pinotiheys on aina pienempi. Keskinkertaisesti ladottujen havupuuhalkojen keskimääräinen pinotiheys on Aron (1931) mukaan 0.66 ja lehtipuuhalkojen 0.63. Nordquist (1922) sen sijaan on saanut mänty- ja koivuhalkojen pinotiheydeksi 0.65. Kuusihalkojen pinotiheys on hänen mukaansa 0.67 ja leppähalkojen 0.64.

Jalava (1946) on laskenut suhteelliset polttoarvot pinokuutiometriä kohden eri puulajeista tehdyille haloille ja saanut niiksi 20 %:n vesipitoisuudessa (vrt. Helander 1922): koivu 100, mänty 93, kuusi 78 ja leppä 79.

Myös saman puulajin eri yksilöiden paino vaihtelee huomattavasti ja samassa puussakin eri osat puusta ovat eri painoisia (Kollmann 1936, Trendelenburg 1939, Eneroth 1922 a, Helander 1922, Jalava 1941 a ym.). Nämä erot vaikuttavat tietysti myös polttoarvoon, kuten Jalava (1941 a) on laskelmissaan esittänyt.

23. Puutavaran järeyden vaikutus.

Puutavaran järeyden mukaan polttoarvo vaihtelee senvuoksi, että yleensä järeän puutavaran pinotiheys on suurempi kuin ohuen (Jalava 1929, Aro 1931).

Wesslén'in (1911) mukaan halkaistujen koivuhalkojen pinotiheys on eri järeysluokissa seuraava: D_1 5—10 cm: 0.48, 10—15 cm 0.61, 15—20 cm 0.67. Metsätieteellisellä tutkimuslaitoksella on myös tehty eräitä mit-

tauksia pyöreiden harvennushalkojen pinotiheydestä ja saatu tulokseksi seuraavat pinotiheydet eri läpimittaluokille: 3 cm 0.39, 4 cm 0.43, 5 cm 0.48, 6 cm 0.53, 7 cm 0.57.

Nämä luvut osoittavat selvästi, että ennen kaikkea pienten läpimittojen ollessa kyseessä erot pinotiheyksissä ovat suuret. Jos keskimääräisten havuhalkojen (pinotiheys 0.66) polttoarvoa merkitään 100:lla, saadaan edellä esitettyjen harvennushalkojen (pinotiheys 0.48) polttoarvon suhdeluvuksi 74. Tämä laskelma on tehty olettaen, että puiden tilavuuspaino ja kosteusmäärä ovat samat. Niin ei kuitenkaan yleensä ole asianlaita. Puun tilavuuspaino lisääntyy iän mukaan ja aisatut puut eivät yleensä saavuta yhtä alhaista vesipitoisuutta kuin halkaistut (Ekman 1907, Helander 1922, Callin 1945 ym.). Pienpuukomitean toimeksiannosta halkojen koon vaikutusta tutki ins. L. Krohn, joka ilmoitti, että koeajossa havaittiin pienien pyöröhalkojen polttoarvon p-m³:iä kohden olevan vain 68 % järeiden halkojen polttoarvosta. Järeyden vaikutus otettiinkin huomioon sodan jälkeen laadituissa halkojen laatuluokitteluissa, joissa järeys ja puulaji olivat ainoat laatutunnukset.

24. Puun vesipitoisuuden vaikutus.

Vesipitoisuus alentaa puun polttoarvoa merkittävästi, sillä osa puun luovuttamasta lämmöstä kuluu veden haihduttamiseen. Tämä lämpömäärä on suunnilleen vakio ja on normaalissa (760 mm) ilmanpaineessa 539 cal/gr. Kalorimetrisesta polttoarvosta voidaankin laskea vettä sisältävän puun tehollinen polttoarvo useita kaavoja käyttämällä. Enerothin (1922 b) mukaan sopii seuraava kaava käytettäväksi (vrt. Helander 1922, Strömberg 1928 ym.):

$$W_{teh} = W_{kal}\,\frac{(1 - M)}{100} - 600\,\frac{(M + 9\ h)}{100}\ ,\ \text{jossa}$$

W = polttoarvo; teh = tehollinen; kal = kalorimetrinen.
M = vesipitoisuus %:ina tuorepainosta.
h = kuiva-aineen vesipitoisuus %:ina tuorepainosta.

Kaavan avulla voidaan laskea polttoarvot eri vesipitoisuus-%:ssa, jotka arvot nähdään taulukosta 1 (Eneroth 1922 b, Helander 1922).

Puun polttoarvo pienenee siis melko nopeasti puun vesipitoisuuden lisääntyessä. Teoreettisesti polttoarvo on 0, kun halkojen vesipitoisuus on 88 % tuorepainosta. Käytännössä voidaan polttopuuta pitää käyttökel-

Taul. 1. Eri puulajien tehollliset polttoarvot cal/g vesipitoisuuden vaihdellessa (Eneroth 1922 b)

Table 1. Effective fuel values of different tree species cal/gr when moisture content varies (Eneroth 1922 b)

Puulaji *Species*	Vesipitoisuus (tuoreesta painosta) % *Moisture content, per cent (of green weight)*							
	0	15	20	25	30	40	50	60
	polttoarvo — *fuel value* =							
Mänty ..... *Pine*	4 470	3 710	3 455	3 205	2 950	2 440	1 935	1 425
Kuusi ..... *Spruce*	4 290	3 555	3 310	3 065	2 820	2 335	1 845	1 355
Koivu ..... *Birch*	4 160	3 445	3 210	2 970	2 780	2 255	1 780	1 305
Leppä ..... *Alder*	3 990	3 300	3 070	2 840	2 610	2 160	1 690	1 235

vottomana, kun sen vesipitoisuus nousee 70 %:iin tuorepainosta eli 233 %:iin kuivapainosta (Strömberg 1928).

Kaupassa polttopuu käsitellään aina pinomitoissa, ja jos ei oteta huomioon puuaineen kutistumista ja paisumista, voidaan sanoa saman puulajin yhtä suurien halkojen pinomitan aina sisältävän yhtä paljon puuta. Niissä kosteusrajoissa, jotka tulevat käytännössä kyseeseen, tilavuudenmuutokset näet merkitsevät varsin vähän. Taulukossa 2 nähdään näillä olettamuksilla lasketut yhden pinokuutiometrin suhteelliset polttoarvot eri vesipitoisuuksissa Jalavan (1946) mukaan.

Taul. 2. Eri puulajien suhteelliset polttoarvot pinokuutioyksikköä kohden eri vesipitoisuuksissa (Jalava 1946).

Table 2. Relative fuel values of different tree species to a unit of cubic volume P. M. in different moisture contents (Jalava 1946).

Puulaji *Species*	Vesipitoisuusprosentti *Moisture content, per cent*					
	15	20	30	40	50	60
	Suht. polttoarvo — *rel. fuel value* =					
Mänty ..... *Pine*	95	93	89	86	82	75
Kuusi ..... *Spruce*	79	78	75	73	68	62
Koivu ..... *Birch*	102	100	95	89	80	77
Leppä ..... *Alder*	83	79	76	73	68	62

Käytännössä ns. kuivat halot sisältävät vettä 20—30 % ja ns. märät halot taas 30—50 % (Helander 1922). Esimerkkinä tulkoon myös mainituksi, että pienpuukomitean mietinnössä mainitaan VR:n varastoilla halkojen vesipitoisuuden vaihdelleen 43 %:sta 21 %:iin. Varsin yleisesti esiintyy käytännössä 5—10 %:n eroja kuivassakin halossa.

Taulukon 2 luvuista ilmenee, että koivuhalkojen vesipitoisuuden laskiessa 40 %:sta 20 %:iin polttoarvo kasvaa 12 %:lla ja 30 %:sta 20 %:iin n. 5 %:lla. Ekonon (1940) mukaan, vesipitoisuuden väheneminen 25 %:sta 20 %:iin aiheuttaa polttoarvossa 2 ½ %:n nousun (vrt. Eneroth 1922 b, Helander 1922). Erot eivät ole varsin suuret, mutta ehdottomasti huomion arvoiset. Muistettakoon kuitenkin, että polttopuun kosteus ei vaikuta niinkään paljon tapauksissa, joissa tulipesät on rakennettu erikoisesti märän puun polttamista varten (Strömberg 1928, Jalava 1941). Haittaa vesipitoisuudesta on polttopuussa kuitenkin aina, ja erikoisen suurena se ilmenee kotitalouksien puunkäytössä sekä tapauksissa, joissa polttopuuaineella yritetään saada korkeita lämpötiloja (Eneroth 1922 b).

25. Vikaisuuksien vaikutus.

Puussa esiintyvistä vikaisuuksista ja epäsäännöllisyyksistä, jotka vaikuttavat polttoarvoon, on syytä tulla mainituksi oksikkuus ja pihkaisuus, joiden vaikutus on melko vähäinen, sekä lahoviat, jotka alentavat puun polttoarvoa enemmän kuin mitkään muut tekijät.

Oksikkuus vaikuttaa kahdella tavalla polttoarvoon. Ensiksikin oksikkaiden halkojen pinotiheys on huomattavasti pienempi kuin vähäoksaisten (Aro 1931, Nordqvist 1922), joten pinokuutiometrisissä oksikkaita halkoja on vähemmän puuainetta kuin vähäoksaisten halkojen vastaavassa pinomitassa. Samalla tavalla polttoarvoa pienentävästi vaikuttaa se, että oksikkaat latvat ovat yleensä kevyempiä kuin muu runko (Trendelenburg 1939 ym.). Oksapuu on sensijaan havupuussa tuntuvasti painavampaa kuin runkopuu (Siimes 1937, Wegelius 1939), joten sen kalorimetrinen polttoarvo on hieman, n. 5 %, korkeampi kuin runkopuun (Eneroth 1922 b). Koska oksahalkojen pinotiheys on kuitenkin olennaisesti runkohalkojen pinotiheyttä pienempi (Aro 1931), niiden polttoarvo kuutioyksikköä kohden on huomattavasti pienempi kuin runkohalkojen.

Kuten jo on mainittu, puussa esiintyvät pihka-aineet nostavat puun polttoarvoa jonkin verran. Niinpä männyn ja kuusen kannot, jotka sisältävät pihka-ainetta merkittävästi enemmän kuin runko-osat, antavat myös korkeamman polttoarvon painoyksikköä kohden. (Helander 1922, Eneroth 1922 b, Strömberg 1928). Kantohalkojen pinotiheys on kuitenkin niin paljon runkohalkojen pinotiheyttä pienempi, että niiden polttoarvo pinoyksikköä kohden jää runkohalkojen polttoarvon alapuolelle.

Gayer (1909) sanoo, että mikään ei alenna puun polttoarvoa siinä määrin kuin lahoviat. Lahon puun tehollisen polttoarvon pienuuteen vaikuttavat seuraavat kolme tekijää:

1. Suuri vesipitoisuus.
2. Pieni tilavuuspaino.
3. Pieni kalorimetrinen polttoarvo.

Laho puu on huomattavasti hygroskooppisempaa kuin terve puu, joten lahon puun vesipitoisuus on aina suurempi kuin terveen. Ero vaihtelee paljon lahoasteesta riippuen, mutta lienee aina vähintäin 5—10 %. K o h h'in (1934, 1935) tutkimukset osoittavat, että kaksi vuotta varastoitujen, lahotartunnan saaneiden koivuhalkojen vesipitoisuus oli 29.2 % ja terveiden 23.9 %. B j ö r k m a n'in (1946) mukaan koivuisten koekappaleiden vesipitoisuus oli noussut 4 kk:n astiakokeessa eri sienien aiheuttaman lahon johdosta 25 %:sta 31.2 %—61.6 %:iin. R o z e n s'in (1935) kokeissa terveiden koivuhalkojen vesipitoisuus vaihteli 25.7—30.9 %:iin ja täydellisen lahotartunnan saaneiden 58.7—74.1 %:iin.

Lahon puun tilavuuspaino pienenee sienien pilkkomistoiminnan ansiosta. K o h h'in tutkimissa koivuhaloissa lahon puun tilavuuspaino oli 0.54 eli 88.5 % terveen puun tilavuuspainosta 0.61. R o z e n s'in (1935) tutkimuksessa mainitaan mm. seuraavia arvoja eri tavoin lahonneiden koivujen tilavuuspainosta (vrt. R o n k a n e n 1950).

Laho-% poikkileikkauspinnasta	Tilavuuspaino
100	0.46
97	0.50
64	0.57
13	0.58
0	0.60

B j ö r k m a n'in (1946) suorittamissa astiakokeissa eri sienilajit aiheuttivat seuraavia ainehäviöitä koivupuulle neljän kuukauden aikana 100 % suhteellisessa kosteudessa, kun puun vesipitoisuus oli kokeen alkaessa 25 % (vrt. K n u c h e l 1930, G ä u m a n n 1930): Corticium anvolvens 0.6 %. Stereum sanguinolentum 5.1 %, Poria vaporaria 11.2 %, Trametes rerialis 21.6 % ja Trametes trabea 14.1 %.

Kalorimetrinen polttoarvo voinee olla joissakin tapauksissa lahossa puussa jonkin verran suurempikin kuin terveessä puussa (vrt. R o z e n s 1935), jossa ligniinipitoisuus on monesti pienempi kuin lahossa puussa. Ligniinin polttoarvo on näet suurempi kuin vähemmän hiiltä ja vetyä sisältävän selluloosan. Tutkimukset ovat kuitenkin osoittaneet, että lahon puun kalorimetrinen polttoarvo on pienempi kuin terveen puun. Metsätieteellisellä tutkimuslaitoksella suoritettujen polttoarvon määräysten tulokset nähdään taulukosta 3.

Taul. 3. Terveen ja lahon koivu- ja haapapuun kalorimetriset polttoarvot.
Table 3. Calorimetric fuel values of sound and decayed birch and aspen wood.

	Koivu — *Birch*		Haapa — *Aspen*	
	cal/gr	sl — ratio	*cal/gr*	sl — *ratio*
Terve ..... *Sound*	4 707	100	4 684	100
Kova laho ..... *Hard rot*	4 658	99	4 620	99
Pehmeä laho ..... *Soft rot*	4 589	97	4 577	97

Ero on siis varsin vähäinen, mutta molemmissa puulajeissa samantapainen. K o h h'in (1934, 1935) tutkimukset osoittavat samaa suuruusluokkaa olevat erot. Hänen tutkimustensa mukaan terveen koivun kalorimetrinen polttoarvo on 4 845 cal/gr ja lahovikaisen 4 700 cal/gr.

Nämä mainitut tekijät yhdessä vaikuttavat, että lahovikaisten halkojen tehollinen polttoarvo pinokuutiometriä kohden on huomattavasti pienempi kuin terveiden halkojen. K o h h'in jo usein mainituissa tutkimuksissa olivat metsäkuivien puiden polttoarvot sm^3:iä kohden:

terve ..... 2 835 cal/sm^3
laho ..... 2 405 cal/sm^3

Lahovikaisten koivuhalkojen polttoarvo on siis tämän mukaan vain 88 % terveiden koivuhalkojen polttoarvosta.

26. Uittamisen vaikutus.

Jo D u h a m e l d u M o n c e a u (L a s s i l a n 1926 mukaan) tuli siihen tulokseen, että uitettu polttopuu on huomattavasti kevyempää kuin uittamaton. N ö r d l i n g e r (1879) sai painoeroksi 1.3—6.0 %. Myös L a s s i l a (1926) on sitä mieltä, että uittaminen aiheuttaa selvän painonvähennyksen ja sanoo, ettei tämä keveneminen voi olla havupuilla suurempi kuin 6—7 % eikä lehtipuilla suurempi kuin 9 %.

H e l a n d e r (1922) mainitsee saksalaisen B e r s c h i n tutkimuksessaan todenneen, että uitettu puu on polttoarvoltaan huonompaa ja, että se voi aivan lyhyenkin uiton kuluessa menettää polttoarvostaan lähes 10 %. Kun uitetun puun kutistuminen on suurempi kuin uittamattoman, 100 kuutioyksikköä uittamatonta puuta vastaa polttoarvoltaan 112.3 kuutioyksikköä uitettua puuta. G a y e r (1909) on sensijaan sitä mieltä, että uittamisella ei voine olla käytännöllistä merkitystä puun polttoarvoon. Edellytyksenä

on kuitenkin, että puu pääsee uittamisen jälkeen kunnolla kuivumaan (vrt. Helander 1922). Mainittakoon kuitenkin, että pienpuukomitean suorittamissa tutkimuksissa havaittiin, että uitetun polttopuun vesipitoisuus oli hyvin vaihteleva, ja että pitkänkin kuivumisajan jälkeen vesipitoisuus saattoi olla huomattavan korkea.

3. Polttopuun kuivuminen.

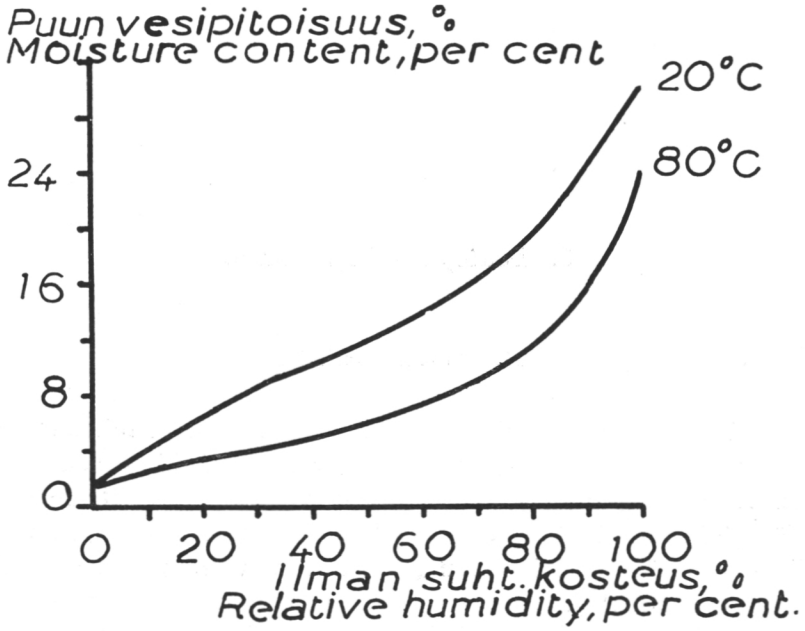
31. Ilmaston vaikutus.

Yleisesti tunnettua on, että haihtuminen vapaasta vesipinnasta riippuu yksinomaan ilmastollisista seikoista. Lyhyesti voidaankin sanoa, että haihtuminen vapaasta vesipinnasta on suoraan verrannollinen ilman absoluuttiseen lämpötilaan, kääntäen verrannollinen ilman paineeseen, suoraan verrannollinen vesihöyryn paineeseen (= kääntäen verrannollinen ilman suhteelliseen kosteuteen) ja suoraan verrannollinen tuulen nopeuden neliöjuureen (Eneroth 1922 a, Ullen 1929, Levón 1930, Björkman 1946).

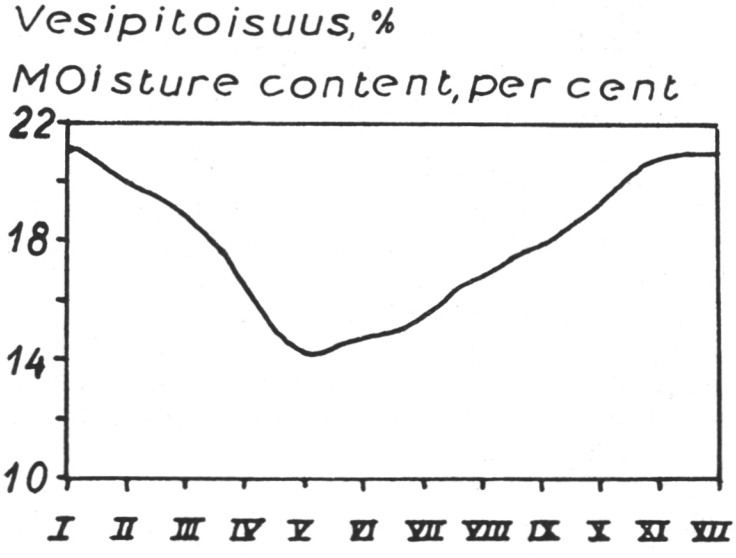
Veden haihtuminen puun pinnalta, kuten kaikki haihtuminen luonnossa, tapahtuu periaatteessa suunnilleen samojen lakien mukaisesti kuin haihtuminen vapaasta vesipinnastakin (Levón 1930). On lisäksi olemassa eräitä muita tekijöitä kuin ilmasto, jotka vaikuttavat erilaisen puutavaran kuivumissuhteisiin. Silti on syytä jo tässä yhteydessä korostaa, että useimmat varastoimisaikaa, -paikkaa ja -tapaa ja kuivumista koskevat riippuvaisuussuhteet on selitettävissä joko makro- tai mikroilmastollisten tekijöiden avulla.

Lämpötilan vaikutuksesta puutavaran kuivumiseen on todettu, että puutavaran kuivuminen riippuu suuressa määrin kuivattavan puun lämpötilasta eli sen saaman lämpösäteilyn määrästä. Ullen (1928, 1929) suoritti sen selvittämiseksi seuraavan kokeen: Toukokuussa varastoitiin 56 kuitupuupölkkyä pinoon, joka oli pohjois-eteläsuunnassa. Keväällä kolmessa viikossa oli pinon eteläpäässä pölkkyjen painon vähennys pinon yläosassa 30 % ja alaosassa 6 %. Pohjoispäässä vastaavat luvut olivat 5 % ja 3 %. Kun mittaukset uudistettiin syksyllä, erot olivat pienentyneet, mutta olivat vielä selvästi havaittavissa.

Korkea ilman lämpötila edistää myös huomattavasti kuivumista (Levón 1930). Tämä johtuu osin siitä, että kyllästetyn vesihöyryn paine kasvaa lämpötilan kohotessa. Höyrynpaine on esimerkiksi —20° C lämpötilassa 0.9 mm, 0° C:ssa 4.6 + 20° C:ssa 17.5 ja + 40° C:ssa 55.3 mm (Angervo—Leiviskä 1944). Lämpötilan kohotessa sopii siis ilmaan enemmän vesihöyryä. Osin ilmenee lämpötilan merkitys kuivumista edis-



Kuva 1. Ilmakuivan puun vesipitoisuuden riippuvaisuus ilman suhteellisesta kosteudesta ja lämpötilasta T u o m o l a n (1943) mukaan.
Figure 1. Dependence of moisture content of air dry timber on relative humidity and temperature according to T u o m o l a (1943).



Kuva 2. Ilmakuivan puun vesipitoisuuden vaihtelut vuoden eri aikoina Itä-Preussissa K o l l m a n n'in (1936) mukaan.
Figure 2. Changes of moisture content in air dry timber at different times of the year in Eastern Prussia according to K o l l m a n n (1936).

tävänä tekijänä siinä, että saman ilman suhteellisen kosteuden vallitessa puu voi korkeammassa lämpötilassa saavuttaa alemman vesipitoisuuden kuin alhaisessa lämpötilassa. Tämä nähdään kuvasta 1 (T u o m o l a 1943).

Kuvasta 1 havaitaan myös, että ilman suhteellisen kosteuden ja puun vesipitoisuuden välillä vallitsee tasapainotila. Jos puuta säilytetään jatkuvasti ilmassa, jonka suhteellinen kosteus on muuttumaton, se saa määrätyn vesipitoisuuden. Jos sensijaan ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus muuttuvat, tasapainotila ei ole enää vallitsevana, vaan puu pyrkii sellaiseen vesipitoisuuteen, joka vastaa uutta lämpötilaa ja kosteutta (E n e r o t h 1922, L e v ó n 1930, K o l l m a n n 1936, T r e n d e l e n b u r g 1939, T u o m o l a 1943 ym.). Esimerkkinä puun vesipitoisuuden muuttumisesta ilman lämpötilan ja suhteellista kosteutta vastaavaksi voidaan esittää kuva 2, josta nähdään ilmakuivan puun vesipitoisuus Itä-Preussissa vuoden eri aikoina K o l l m a n n i n (1936) mukaan. Piirros osoittaa, että vesipitoisuus on pienin keväällä, jolloin myös ilman suhteellinen kosteus on alimmillaan (ks. s. 25). K o h h'in (1934) mukaan oli päivittäisissä halkojen kuivumista koskevissa mittauksissa havaittavissa hyvin selvä korrelaatio kuivumisen ja ilman suhteellisen kosteuden välillä. Kuivumisen ja lämpötilan välillä ei sensijaan voitu löytää mainittavaa riippuvaisuutta.

Edellä havaittiin, että puun vesipitoisuus seuraa ilman kosteutta. Puutavaran kuivumisesta on siis puussa olevan veden haihtumisen lisäksi kysymys ilman ylikosteuden tunkeutumisesta puuhun. Myös sateet lisäävät puun vesipitoisuutta. U l l e n (1928, 1929) väittää, että lyhyiden ajanjaksojen ollessa kyseessä, kuivuminen on kääntäen verrannollinen sadepäivien lukuun. Tämä lienee käsitettävissä siten, että sadepäivien luvun on katsottu hyvin osoittavan ilman suhteellista kosteutta (vrt. kuva 4).

Onkin yleensä havaittu, että syksyllä, jolloin sademäärä on runsas, varastoitu puutavara alkaa imeä itseensä vettä (E k m a n 1907, K o h h 1934, K l e m 1943). Osittain se on sateen ja osittain ilman suuremman suhteellisen kosteuden syytä.

Tuulen nopeuden vaikutusta puutavaran kuivumiseen ei ole suoranaisesti tutkittu, mutta U l l e n (1928, 1929) väittää, että myös puutavaran kuivuminen on suoraan verrannollinen tuulen nopeuden neliöjuureen.

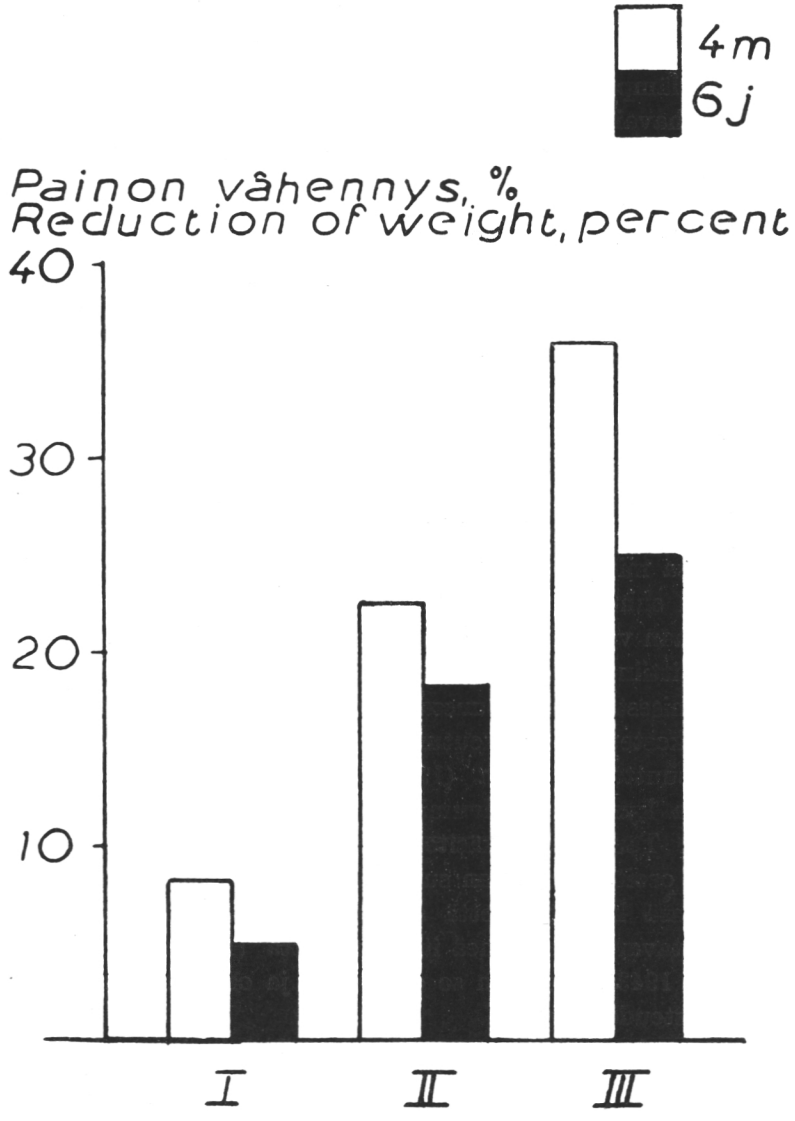
Ilmanpaineen vaikutuksesta puutavaran kuivumiseen ei tiettävästi ole suoritettu tutkimuksia.

32. Polttopuun ominaisuuksien vaikutus.

Puutavaran kuivumiseen vaikuttaa muitakin tekijöitä kuin ilmasto. Ne ovat puutavaran koko, puutavaran käsittelytapa ja puulaji.

321. *Polttopuun koko.*

Puutavaran kokoon vaikuttavat tekijät ovat pituus ja läpimitta. Polttopuun pituus on meillä tavallisesti 1 m, mutta osittain on jouduttu syystä tai



Kuva 3. 6-jalkaisen ja 4-metrisen aisatun mäntypaperipuun kuivuminen Tuovisen (1950) mukaan.
Figure 3. Seasoning of pine pulpwood barked in strips of 6 f and 4 m according to Tuovinen (1950).

toisesta hankkimaan 2 ja jopa 4 metristäkin puuta. Ennen sotia valmistettiin metsässä lyhyempiäkin, jopa vain 50 cm pituisia, halkoja (Aro 1931).

Haihtuminen eri pinnoista puussa on varsin erilainen, mutta ei ole täysin selvitetty, millainen suhde on eri pintojen välillä. Varmaa on kuitenkin, että haihtuminen pintayksikköä kohti on suurin poikkileikkaus- ja pienin tangentinsuuntaisesta pinnasta (Gayer 1909, Eneroth 1922 a). Se

ilmenee mm. siitä, että oksaiset pölkyt, joissa on poikkileikkauspintoja enemmän, kuivuvat nopeammin kuin oksattomat pölkyt (Löf 1907, Ekman 1907, Helander 1922, Lassila 1930). Tosiasia onkin, että pitkät puutavarakappaleet kuivuvat hitaammin kuin lyhyet, koska kuutioyksikköä kohden tuleva tehokas haihduttamispinta-ala (poikkileikkauspinnat) pienenee pölkyn pidetessä. Tuovisen (1950) tutkimusten mukainen 6-jalkaisen (1.8 m) ja 4-metrisen aisatun männyn kuivuminen ilmenee kuvasta 3. Siitä nähdään, että 6 jalkaiset pölkyt ovat menettäneet painostaan lähes kaksi kertaa niin paljon kuin nelimetriset puut. Voidaan siis sanoa, että lyhyt aisattu tavara kuivuu selvästi nopeammin kuin pitkä. Mainittakoon kuitenkin, että Bratton'in (1942) mukaan kappaleiden pituudella on hyvin vähäinen merkitys tavallisen pinotavaran kuivumisessa. Hän sanookin, että 8 jalkainen pölkky kuivuu suunnilleen yhtä nopeasti kuin 4 jalkainen pölkky.

Kohh on tutkinut 0.25, 0.50, 0·75, 1.00 m pituisten halkojen kuivumista 25. IV—3. X 1933 ja tullut tulokseen, että ero on varsin vähäinen eri pituuksien välillä. Silti on selvästi havaittavissa, että 0.25 m:n pituiset kuivuvat parhaiten.

Puutavaran läpimitta vaikuttaa pituutta tuntuvammin kuivumisnopeuteen. Eneroth (1922 a) esittää, että muuten samanlaisissa olosuhteissa suhteellinen painonvähennys on kääntäen verrannollinen, samanpituisten kappaleiden ollessa kyseessä, kappaleen kuutiosisällön kuutiojuureen. Myös Tuovisen (1950) tutkimusten mukaan kuivuminen hidastuu läpimitan suuretessa, kuten seuraavat 6 jalkaisen puolipuhtaaksi kuoritun männyn ristikolle kuivumista koskevat luvut osoittavat:

Pölkyn koko, k-m³	0.01	0.02	0.04	0.06	0.08
Kuivuminen (suhdeluku)	122	100	69	59	50
Ulkopinta-ala (suhdeluku)	132	100	67	57	51

Kuivuminen riippuu siis ratkaisevasti ulkopinta-alasta, ja se on pinta-yksikköä kohti eri kokoisilla pölkyillä suunnilleen samansuuruinen. Tuovinen arvelee, että läpimitan vaikutus tulee pienemmäksi, kuin edellä on esitetty, jos puut ladotaan pinoihin kuten haloille tehdään.

Haloilla ei kuivumispinta suurene pölkyn suuretessa yhtä jyrkästi kuin pyöreällä puulla. Kuitenkin on havaittavissa, että suuret halot kuivuvat hitaammin kuin pienet, kuten Kohhin (1934) tutkimusten taulukossa 4 esitetyistä tuloksista havaitaan.

Taul. 4. Eri kokoisten 1 m halkojen kuivuminen 25. IV—21. XI 1933 Kohhin (1934) mukaan.

Table 4. Drying of split firewood of 1 m of different diameter 25. IV.—21. XI. 1933 according to Kohh (1934).

Pvm. *Date* (*Day, month*)	Halkojen läpimitta, cm *Diameter of firewood, cm*	
	10—12	20—30
	suhteellinen paino *relative weight*	
25. IV	100.0	100.0
9. VI	76.0	79.6
11. VII	68.1	73.1
17. VIII	67.0	71.1
14. IX	68.5	72.0
20. X.	69.3	71.9
21. XI	71.3	72.9

Paksut halot siis paitsi, että ne kuivuvat hitaammin, myös imevät syksyllä hitaammin kosteutta itseensä. Erot eivät syksyllä enää olekaan suuret. Eneroth (1922 a) mainitsee myös, että hyvin ohut puu kuivuu nopeammin kuin paksu ja julkaisee esimerkkinä seuraavan taulukon.

Taul. 5. Vesipitoisuus ohuissa ja paksuissa haloissa vuoden kuluttua kaatamisesta (Eneroth (1922).

Table 5. Moisture content in thin and thick firewood one year after felling (Eneroth (1922)

Puulaji *Species*	Kuusi *Spruce*		Mänty *Pine*		Koivu *Birch*	
Keskiläpimitta, cm *Aver. diameter, cm*	3.6	9.2	3.4	8.5	3.9	7.4
Vesipitoisuus, % *Moisture content, per cent*	18.5	39.0	32.7	49.8	38.5	45.5

322. *Polttopuun käsittelytapa.*

Kuoriminen on tärkein toimenpide, jolla puutavaran kuivumista voidaan edistää ainespuun ollessa kyseessä. Sen kuivumista edistävä vaikutus on aivan ensiarvoinen, kuten useat tutkimukset ovat osoittaneet (Ekman 1907, Löf 1907, 1914, Helander 1922, Wesslén 1922, Tuovinen 1950). Polttopuussa ovat vastaavia toimituksia aisaaminen ja halkisu. Näistä halkaisu auttaa Wesslén'in (1922) mukaan kuivumista suunnilleen yhtä hyvin kuin kuoriminen.

Ekman'in (1907) suorittamien tutkimusten mukaan 3 m koivupölkyistä haihtuu 15 % vettä yhdessä kesässä, jos ne ovat kuorimattomia, ja n. 25—30 %, jos ne on aisattu, eikä puolipuhtaaksi kuoriminen enää paljoa edistä kuivumista aisaamiseen verrattuna (Ekman 1907, Berg-

ström — Wesslen 1918). Wesslen (1922) mainitsee, että aisattu havupuu kuivuu ensimmäisenä vuotena vähemmän kuin kuorittu. Toisena vuotena kuori putoaa pois, ja silloin aisatun ja kuoritun puun kuivumisessa ei ole sanottavaa eroa. Ero on ensimmäisen vuoden syksylläkin vähäinen, sillä kuorittu puu imee kosteutta syksyllä enemmän kuin aisattu.

Callin (1945) on verratessaan halkaistun ja aisatun polttopuun vesipitoisuutta tullut siihen tulokseen, että talvella hakatut halot ovat saavuttaneet ensimmäisenä kesänä 23.5 % ja toisena kesänä 17.5 % vesipitoisuuden. Aisatun puun vastaavat kosteusarvot olivat 28.9 % ja 23.8 %. Luvuista ilmenee, että aisattu puu on n. 5—6 % kosteampaa kuin halkaistu (vrt. Ekman 1907). Heikinheimo (1915) tutki halkaistujen ja kuorimattomien pyöreiden pölkkyjen kuivumista ja totesi, että halkaistut havupuupölkyt kuivuivat vuoden kuluessa 44—48 % ja halkaistut lehtipuupölkyt 30—38 %, mutta mustat pölkyt vastaavasti vain 24 % ja 17 %. Rozensin (1935) mukaan taas eri tavoin käsiteltyjen koivupölkkyjen suhteellinen kuivumisaika on:

	Metsässä	Laboratoriossa
Kuorimattomat	100	100
Kahdesta kohdasta aisatut	73	62
Neljästä kohdasta aisatut	44	38
Kuoritut	32	23

Polttopuiden kuorimisaste vaikuttaa siis hyvin selvästi kuivumisaikaan. Lisäksi Rozens mainitsee, että kuorimattomat pölkyt saavat paljon nopeammin lahotartunnan kuin aisatut ja kuoritut. Bratton (1942) taas mainitsee, että halkaistut pölkyt sisältävät n. 10—15 % vähemmän vettä kuin pyöreät kuorimattomat pölkyt puolen vuoden varastoinnin jälkeen.

Lassila (1926) mainitseekin, että yli 7 cm:n pölkyt eivät halkaisemattomina saavuta hyvältä polttopuulta vaadittavaa kosteutta. Kuninkaallisen Rakennushallituksen halkojen laatuvaatimusten mukaan pannuhaloissa (II laatuluokka) sallitaan kuitenkin vielä 10 cm pölkyt ja jätehaloissa (III laatuluokka) 15 cm pölkyt aisattuina. Polttorankojen (2 m) aisauksen suhteen annetaan Ruotsissa seuraavat ohjeet: $<$ 10 cm 1 aisaus, 10—15 cm 2 aisausta, 15—20 cm 3 aisausta ja $>$ 20 cm 4 aisausta.

VAPOn määräysten mukaan tulee alle 10 cm polttopuut aisata kahdelta puolen ja 10—15 cm pölkyt kolmelta puolen.

Tutkimuksin on havaittu, että halkaistujen halkojen kuivuminen ei sanottavasti edisty, vaikkapa ne vielä kuorittaisiin. Helander'in (1916) suorittamissa kokeissa kuoritut halot olivat kuivuneet 2/4 1914—28/5 1915 32.5 %:lla ja kuorimattomat 29.5 %:lla.

Kohh (1934) on tutkinut myös halkaisujen lukumäärän vaikutusta halkojen kuivumiseen. Hänen saamansa tulokset on esitetty taulukossa 6. Lukuja tarkasteltaessa havaitaan, että halkaisujen lukumäärän kasvaessa painon vähennys kasvaa varsin selvästi.

Taul. 6. Halkaisujen lukumäärän vaikutus halkojen kuivumiseen (Kohh 1934).

Table 6. Effect of number of splittings on drying of firewood (Kohh 1934).

Halkaisuja, kpl *Number of splittings*	Halkojen läpimitta, cm *Diameter of firewood, cm*				
	5—10	10—15	15—20	20—25	25 +
	Painon vähennys, % *Reduction of weight, per cent*				
1	12.6	8.8	6.5	5.0	5.4
2	16.3	11.3	10.0	8.1	5.3
3	—	16.8	9.9	8.3	7.4
4	—	—	11.9	11.1	7.6

Rozens (1935) esittää seuraavat suhdeluvut kahdeksi ja neljäksi halottujen koivujen kuivumisajalle: kahteen osaan halotut 100 ja neljään osaan halotut 45. Helander (1916) on sensijaan todennut, että kuivumisen kannaltakaan neljään osaan halkaisulla ei ole sanottavaa hyötyä. Hänen mukaansa puolikkaat kuivuvat vuoden kuluessa 30.2 %:lla ja neljännekset 32.0 %:lla.

Em. ruotsalaisten halkojen laatuvaatimusten mukaan on < 25 cm pölkyt halkaistava kerran ja sitä suuremmat taas kahteen kertaan eli siis neljään osaan. VAPOn määräysten mukaan ei halon suurin läpimitta saa olla yli 30 cm. Kohh (1934) taas pitää erisuuruisille haloille seuraavia halkaisumääriä edullisimpina: < 19 cm kahteen, 20—27 cm neljään, 28—33 cm kuuteen, 34—39 cm kahdeksaan ja suuremmat kymmeneen osaan.

Käsittelytapojen yhteydessä on otettava esille myös rasiinkaadon vaikutus kuivumiseen. Yleensä on havaittu, että sopivimpana kaatoaikanakaan, keskikesällä, kaadetut koivut eivät saavuta yhtä suurta kuivuutta kuin pinoissa kuivatut halot. Callin (1945) sai keskikosteudeksi tutkimissaan rasipuissa kesän lopulla 28. 4 — 30.0 %. Arvot tuntuvat varsin alhaisilta, sillä Jalava (1938) sai erilaisten vanerikoivujen minimivesipitoisuuksiksi seuraavat (vrt. Ekman 1907, Thomé — Pietarinen 1910): lahovikaiset 59 %, pienilatvuksiset 50 %, normaalilatvuksiset 47 % ja suurilatvuksiset 44 %. Halkokoivuja koskevissa tutkimuksissaan Jalava (1941 b, 1944) sai minimivesipitoisuuksiksi terveissä puissa n. 40 % ja lahovikaisissa 50 %.

Koivut kuivuvat rasissa siis siksi hyvin, että niitä voidaan hyvin uittaa ja pakottavissa tapauksissa käyttää sellaisinaan polttopuuksi. Kuitenkaan ne eivät saavuta yhtä suurta kuivuutta kuin halot, eivätkä edes sellaista

kuin aisatut puut. Havupuun kuivuminen on sensijaan rasiinkaadettuna hyvin vähäistä. Jalavan (1941 b) mukaan niiden minimivesipitoisuus on n. 70 %, jonkalaista puuta ei voida tyydyttävästi käyttää polttopuuna.

323. *Puulaji.*

Puulajin vaikutus puutavaran kuivumiseen on varsin selvä. Sangen yhtäpitävästi ovat monet eri tutkijat todenneet, että lehtipuuhalot kuivuvat hitaammin kuin havupuuhalot. Ekman (1907) ilmoittaa, että havupuuhalot kuivuvat yhden kesän aikana 40 %, mutta lehtipuiset, koivuiset, vain 30 %. Heikinheimo (1915) asettaa eri puulajit kuivumisnopeuden perusteella seuraavaan järjestykseen nopeimmasta hitaampaan: kuusi, mänty, haapa ja koivu. Kohh (1934) mukaan järjestys on seuraava: kuusi, haapa, mänty ja leppä sekä koivu. Kuusihalot olivat yhdessä kesässä menettäneet painostaan 46 % ja koivuhalot vain 32 %. Enander (1940) taas pitää kuivumisjärjestystä eri puulajien välillä seuraavana: mänty, kuusi ja koivu. Lassila (1926 sensijaan väittää, että lehtipuuhalot kuivuvat yleensä jonkin verran paremmin kuin havupuuhalot, mutta ei esitä mitään tutkimustuloksia väitteensä tueksi.

Mistä johtuvat nämä erot? Niihin on vaikuttamassa useampia syitä, joista lienevät tärkeimpiä seuraavat:

1. Tuoreen koivun vesipitoisuuden ollessa pienempi kuin havupuiden, ns. kuivausvoima on myös pienempi. Vesipitoisuuden ollessa pieni, on suurempi osa vedestä sidottuna soluseinämiin, joka on vaikeammin haihdutettavissa kuin vapaa vesi (Klem 1943).

2. Koivun tilavuuspaino on korkeampi kuin havupuiden, joten sen solujen seinämät ovat paksummat kuin havupuiden. Niinpä näiden paksujen seinien läpäiseminen on vedelle hankalampaa kuin ohuiden seinien läpäisy (Klem 1943).

3. Koivun tuohi pidättää paremmin vettä kuin havupuiden kaarna ja ohut kuori (Ekman 1907, Klem 1943 ym.).

Klem'in (1943) tutkimukset osoittavat kuitenkin, ettei kuusen ja koivun lopullisella vesipitoisuudella ole sanottavaa eroa, vaikka kuivumisnopeudet poikkeavatkin toisistaan. Eneroth (1922 a) sensijaan ilmoittaa, että alle 5.5 cm koivun vesipitoisuus on vuoden kuivumisen jälkeen 26.2 % ja männyn 22.7 % sekä kuusen 18.5 %. Yli 5.5 cm puun ollessa kyseessä vastaavat luvut ovat 30.7 %, 35.8 % ja 22.1 %. Luvut osoittavat aivan selvästi, että havupuut ennen kaikkea kuusi saavuttavat perusteellisemman kuivuuden kuin koivu.

33. Kuivuminen vuoden eri aikoina.

Kasvavan puun vesipitoisuus vaihtelee eri vuoden ja eri vuorokaudenkin aikoina. Näistä vaihteluista vuotuinen on tärkein puutavaran teon kannalta, vaikka senkin merkitys on käytännössä varsin vähäinen. Tutkimukset eivät

yleensä ole aivan yhtä pitäviä, mutta eräitä yhteisiä piirteitä on havaittavissa. Tärkein havainto on, että puu sisältää talvella tai keväällä enemmän vettä kuin muina vuodenaikoina (Büsgen 1911, Helander 1922, Koehler 1924, Lassila 1926, Lagerberg — Lundberg — Mellin 1927, Jalava 1938, 1941 b, Callin 1945 ym.) Klem (1943) ilmoittaa koivun ja kuusen vesiprosentiksi kuivasta painosta eri kaatoaikoina seuraavat:

	Maaliskuu	Heinäkuu	Lokakuu
Kuusi	76.1	51.1	62.1
Koivu	114.5	90.6	100.4

Vastaavanlaisiin tuloksiin on tullut myös Kohh (1934), joka ilmoittaa vastakaadettujen koivupinokuutiometrien painoksi eri vuodenaikoina seuraavat: syksyllä 913 kg, talvella 939 kg, keväällä 943 kg ja kesällä 939 kg. Hartigin (1882) mukaan koivun vesipitoisuus on maalis—toukokuussa 96—100 % ja lokakuussa 75 %, Gibbs (Trendelenburg'in 1939 mukaan) taas ilmoittaa, että Betula papyriferan vesipitoisuus on huhtikuussa 91 % ja elokuussa 75 % (vrt. myös Kollmann 1936, Liepins 1936, Trendelenburg 1939, Hederström 1945 ym.).

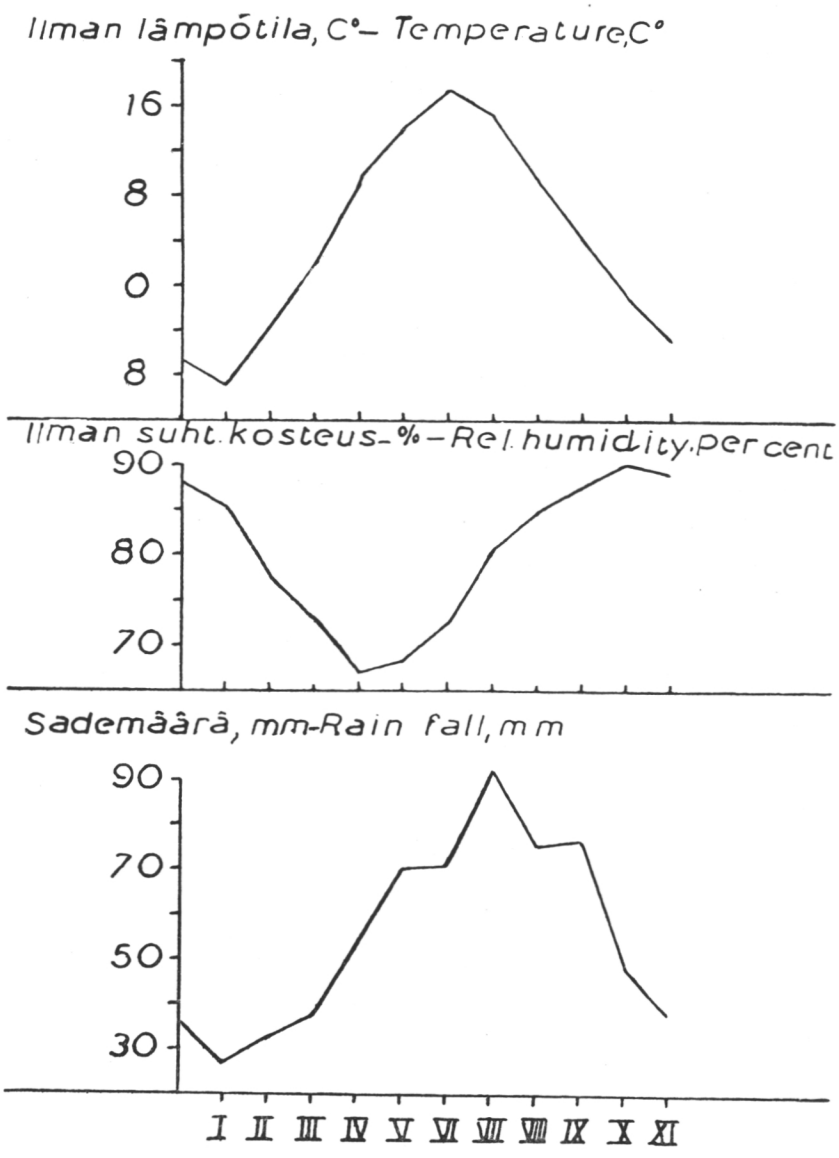
Koivun vesipitoisuus voi siis olla talvella ja keväällä yli 50 % suurempi kuin kesällä ja syksyllä. Tämä johtuu siitä, että puut voivat ottaa maasta vettä pakkassäidenkin aikana, kunhan maa ei vielä ole syvälle jäätynyt. Haihtuminen taas on pakkasella miltei olematonta (Büsgen 1911, Helander 1922, Lassila 1926). Näiden vesipitoisuuden vaihtelujen käytännöllinen merkitys on, kuten mainittu, vähäinen, sillä kuivuminen on märässä puussa aluksi hyvin nopea.

Kuivuminen vuoden eri aikoina kaadetussa puussa on hyvin vaihtelevaa, mikä johtuu ensi sijassa ilmastollisista tekijöistä. Ne, kuten tiedetään, vaihtelevat hyvinkin laajasti eri vuoden aikoina. Kuvassa 4 on esitetty ilman lämpötilan, ilman suhteellisen kosteuden ja sademäärän kuukautisia keskiarvoja yhdistävät käyrät Jyväskylästä. Käyristä havaitaan seuraavaa:

1. Ilman lämpötila on korkein heinäkuussa ja alhaisin helmikuussa.
2. Ilman suhteellinen kosteus on alhaisin, siis kuivumiselle edullisin kevättalvella, keväällä ja alkukesällä.
3. Sademäärä on samoin pienimmillään keväällä ja alkukesällä.

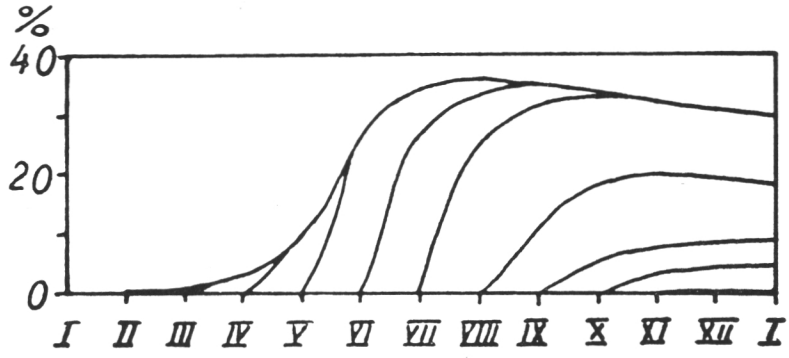
Ekman (1907) on tutkinut eri vuodenaikoina hakatun polttopuun kuivumista ja tullut siinä seuraaviin, kuvissa 5 ja 6 esitettyihin tuloksiin (vrt. Aro 1932):

1. Marras-, joulu-, tammi- ja helmikuussa hakatut halot alkavat huomattavasti kuivua vasta maaliskuussa, josta alkaen kuivumista jatkuu aina heinäkuun lopulle, jolloin vesipitoisuus alkaa jälleen nousta.
2. Huhti- ja toukokuussa hakatut halot kuivuvat alussa melko nopeasti ja saavuttavat talvella hakattujen halkojen vesipitoisuuden jo ennen kesä-

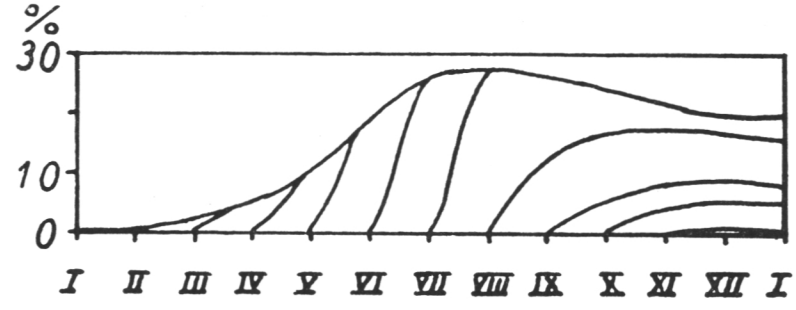


Kuva 4. Ilman lämpötilan, ilman suht. kosteuden ja sademäärän vuotuinen vaihtelu Jyväskylässä.
Figure 4. Yearly variation of temperature, relative humidity, and rainfall at Jyväskylä.

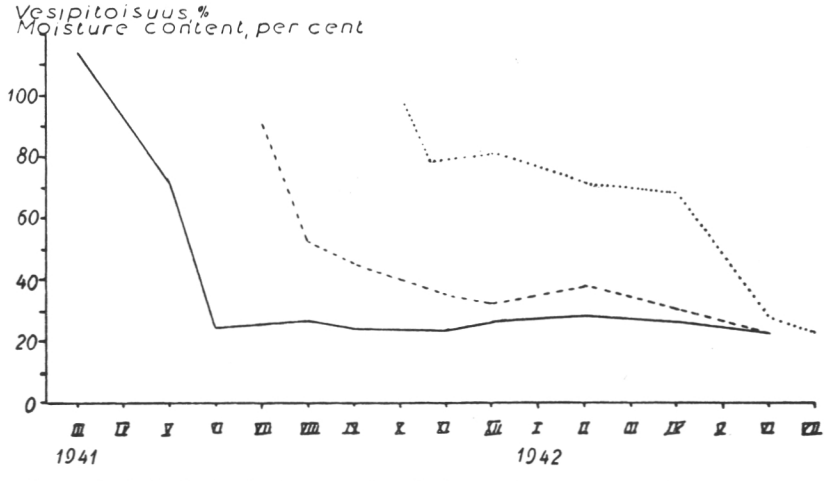
kuun alkua. Koivuhaloista myös kesä- ja heinäkuussa kaadetut saavuttavat saman maksimikuivuusasteen kuin aikaisemmin kaadetut halot. Havuhaloista kesä- ja heinäkuussa kaadetut saavuttavat myös aikaisemmin kaadetut vielä saman kesän aikana, mutta vasta sitten, kun vesipitoisuus on jo alkanut nousta.



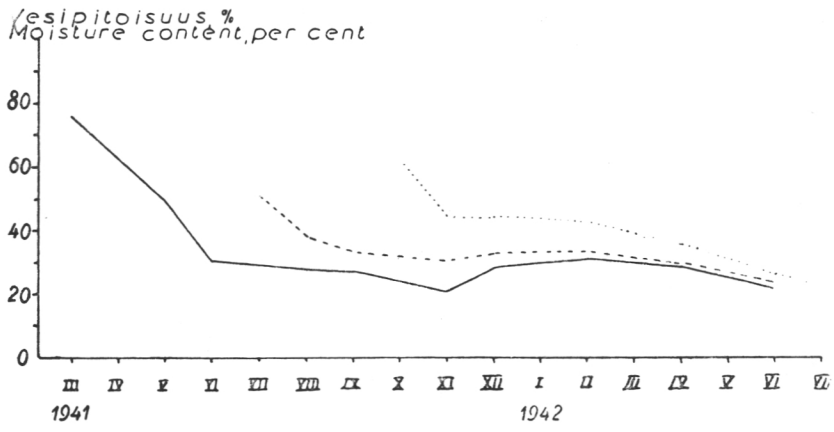
Kuva 5. Vuoden eri aikoina hakattujen havuhalkojen kuivuminen E k m a n'in (1907) mukaan.
Figure 5. Seasoning of softwood firewood felled at different times of the year according to E k m a n (1907).



Kuva 6. Vuoden eri aikoina hakattujen koivuhalkojen kuivuminen E k m a n'in (1907) mukaan.
Figure 6. Seasoning of birch firewood felled at different times of the year according to E k m a n (1907).



Kuva 7. Eri aikoina hakattujen kuusihalkojen kuivuminen K l e m'in (1943) mukaan.
Figure 7. Seasoning of spruce firewood felled at different times according to K l e m (1943).



Kuva 8. Eri aikoina hakattujen koivuhalkojen kuivuminen K l e m'in (1943) mukaan.
Figure 8. Seasoning of birch firewood felled at different times according to K l e m (1943).

Taul. 7 Eri aikoina hakattujen halkojen vesipitoisuudet 1. ja 2. vuotena K l e m'in (1943) mukaan.
Table 7. Moisture content of firewood felled at different times during the 1st and 2nd year according to Klem (1943).

Kaatoaika *Felling time*	1. vuonna *1st year*		2. vuonna *2nd year*	
	kuusi *spruce*	koivu *birch*	kuusi *spruce*	koivu *birch*
	vesipitoisuus-% — *moisture content, per cent*			
Maaliskuu ..... *March*	22—26	25—30	20—22	20—22
Heinäkuu ..... *July*	33—37	32—35	22—26	22—26
Lokakuu ..... *October*	—	—	22—26	22—26

3. Elo-, syys- ja lokakuussa hakatut halot kuivuvat vielä syksyllä jonkin verran, mutta lopullinen kuivuminen tapahtuu vasta seuraavana kesänä.

Myös K l e m (1943) on tutkinut eri aikoina kaadettujen halkojen kuivumista ja on todennut, että maalis-, heinä- ja lokakuussa kaadetut kuusi- ja koivuhalot ovat saavuttaneet ensimmäisenä ja toisena kesänä taulukossa 7 esitetyt vesipitoisuudet (vrt. kuvat 7 ja 8.).

Taulukosta havaitaan, että lyhin kuivumisaika 25 %:n vesipitoisuuteen, jota pidetään riittävän pienenä kunnolliselle polttopuulle (K o h h 1934, P i e n p u u k o m i t e a, B r a t t o n 1942, E k o n o, C a l l i n 1945 ym.), on maaliskuussa kaadetulla puulla, mutta K l e m'in mukaan myös huhtikuussa kaadetut halot saavuttanevat saman kuivuuden ensimmäisenä kesänä.

Kohh (1935) on laskenut kuinka pitkän kuivumisajan eri aikana hakatut koivuhalot tarvitsevat Virossa saavuttaakseen 25 %:n vesipitoisuuden. Tulokset on esitetty taulukossa 8.

Luvut osoittavat samalla tavoin kuin Ekman'in (1907) tutkimusten tulokset, että alkukesästä kaadetut halot vaativat lyhimmän aikaa kuivuakseen tyydyttävältä polttopuulta vaadittavaan vesipitoisuuteen (vrt. Ekono 1940, Vedförsörjning . . .).

Kohh (1934) on myös laskenut prosentuaalisen kuivumisen vuorokautta kohden eri kuukausina kaadetuille puille ensimmäisen kuukauden aikana. Tulosten kuivuminen oli syys-lokakuussa 0.32 %, marras-helmikuussa 0.08 %, maalis-huhtikuussa 0.35 % ja touko-elokuussa 1.06 %.

Taul. 8. Eri aikoina kaadettujen koivuhalkojen kuivumisaika 25 % vesipitoisuuteen Kohh'in (1934) mukaan.

Table 8. Time of drying until moisture content of 25 per cent in birch firewood felled at different times according to Kohh (1934).

Kaatokuukausi *Felling month*	Kuivumisaika *Seasoning time*	Kaatokuukausi *Felling month*	Kuivumisaika *Seasoning time*
Tammi ..... *January*	181 pv	Heinä ..... *July*	.
Helmi ..... *February*	140 »	Elo ..... *August*	.
Maalis ..... *March*	116 »	Syys ..... *September*	274 pv
Huhti ..... *April*	86 »	Loka ..... *October*	279 »
Touko ..... *May*	60 »	Marras ..... *November*	272 »
Kesä ..... *June*	42 »	Joulu ..... *December*	225 »

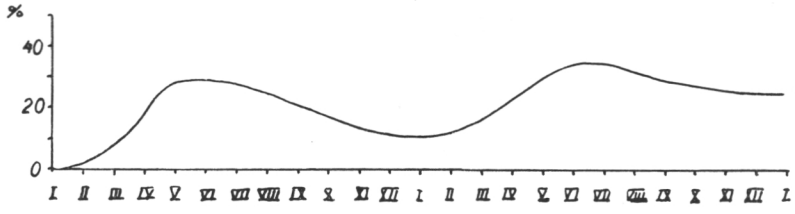
Heikinheimo (1915) mainitsee samoin, että halkojen kuivuminen on nopeinta kevät- ja kesäkuukausina (vrt. Enander 1940), Trimble — Bratton 1943).

Kuvista 5—8 havaitaan, että vesipitoisuus on kunnolla kuivuneissa haloissa pienin heinäkuun lopulla, jonka jälkeen se alkaa jälleen nousta. Ekmanin (1907) tutkimusten mukaan tämä nousu on syksyn kuluessa havuhaloilla n. 7 % ja koivuhaloilla hieman enemmän. Klemin (1943) tutkimukset taas osoittavat kuusihaloilla painon nousevan talven aikana n. 4 %:lla ja koivuhaloilla n. 10 %:lla. Myös Helander (1922) on sitä mieltä, että lehtipuut, jotka lisäävät talvella painoaan 4—7 %:lla, ovat kosteusvaihteluille herkempiä kuin havupuut. Kohhin (1934) mittaukset taas osoittavat, että syksyllä eri puulajien vesipitoisuus nousee seuraavilla %-määrillä: koivu 6.05 %, kuusi 6.80 %, mänty 7.70 %, haapa 8.35 % ja leppä 9.40 %. Nämä erot ovat ehdottomasti huomion arvoisia, sillä merkittävä osa niistä johtuu sateista (ks. s. 17).

Kuten taulukosta 8 havaittiin, halot eivät saavuta vielä ensimmäisenä kesänä suurinta kuivuuttaan, vaikka ne olisikin hakattu jo ennen kevättä. Samanlaisia tuloksia ovat myös muut tutkijat saaneet. Pienpuukomitean mietinnössä mainitaan, että VR:n varastoilla olevien halkojen vesipitoisuus oli vv. 1929—30 seuraava:

	v. 1929	v. 1930
vuoden varastoidut	25.8 %	26.0 %
2 vuotta tai kauemmin varastoidut ..	20.4 »	21.0 »

Toisena vuotena vesipitoisuus on siis laskenut vielä n. 5 %:lla. K o h h i n (1934) mukaan huhtikuussa kaadetut koivuhalot olivat ensimmäisenä kesänä menettäneet 28.50 % painostaan, joka painonmenetys oli kasvanut toisena kesänä 32.85 %:iin. Kuusihaloissa ero oli 3.20 % E k m a n i n (1907) mukaan piirretystä piirroksesta 9 taas nähdään toisena kesänä tapahtuvan kuivumisen olevan aisatuissa koivupölkyissä n. 6 %



Kuva 9. Talvella hakatun 3 m aisatun koivun vesipitoisuus E k m a n'in (1907) mukaan.
Figure 9. Moisture content of birch timber of 3 m barked in strips felled in winter according to E k m a n (1907).

(vrt. E k o n o 1940). Taulukossa 7 esitetyistä K l e m i n (1943) tutkimuksen tuloksista havaitaan, että loppukesällä ja syksyllä kaadetut koivu- ja kuusihalot saavuttavat vasta seuraavana kesänä sen vesipitoisuuden, jonka alkuvuodesta hakatut saavat edellisenä kesänä. Ne siis saavuttavat pienimmän vesipitoisuutensa vasta kolmantena vuonna, mikäli eivät saa sitä ennen lahotartuntaa.

Voidaan siis päätellä, että keväällä ja talvella hakatut halot lisäävät kuivuuttaan toisen vuoden kesänä n. 5 %:lla. Tämä tapahtuu yleensä 25 %:sta 20 %:iin, jos varastointi on ollut kunnollista. Tällainen vesipitoisuuden aleneminen 5 %:lla lisää polttoarvoa n. 2.5 %:lla, mikä ei korvaa lisääntyneitä korkomenoja. On siis pyrittävä varastoimaan talvella hakatut halot mahdollisimman kunnollisesti, jotta ne jo 1. vuotena voitaisiin saada riittävän kuiviksi.

Jatkuva koivuhalkojen varastointi kattamattomissa pinoissa ja ennen kaikkea metsässä aiheuttaa halkoihin lahovikoja ja lisää niiden vesipitoi-

suutta, Enerothin (1922 b) mukaan koivuhalkojen vesipitoisuus on vuoden kuluttua hakkuusta 28.5 % ja viiden vuoden kuluttua huomattavasti pienempi kuin vuoden kuluttua hakkkusta. Myös Wesslén (1922) mainitsee, että kuoritut ja aisatut koivupölkyt saavuttavat suurimman kuivuuden toisen kuivumisvuoden alkupuoliskolla, jonka jälkeen ne alkavat jälleen kostua.

Rasiinkaadon edullisin ajankohta sattuu eri ajankohtaan kuin tavallisen halonhakkuun. Callinin (1945) mukaan kaato voidaan suorittaa mihin aikaan tahansa huhti-syyskuussa. Karsten (1912) taas huomasi, että keväällä toukokuussa rasiksi kaadetut koivut, joiden lehdet olivat vain puolittain puhjenneet, kuivuvat kaikkein parhaiten. Jalava (1938, 1941 b, 1944) mainitsee, että kaato voidaan suorittaa siitä kun lehdet ovat hiirenkorvalla edullisimpina vuosina aina syyskuun alkuun asti. Edullisin rasiin kaatoaika on kuitenkin halkokoivulle kesäkuu ja vanerikoivulle heinä-elokuu.

4. Kuivumisen huomioon ottaminen varastoinnissa.

41. Varastopaikka.

Mikroilmasto vaihtelee huomattavasti maan pinnan laadun ja muotojen mukaan. Nämä vaihtelut tulisikin ehdottomasti ottaa huomioon halkovaraston paikkaa valittaessa.

Ilman lämpötilan suhteen on havaittavissa seuraavat lainmukaisuudet:

1. Märät alustat, joilla suurin osa tulosäteilystä kuluu haihtumiseen, ovat yleensä kylmiä. Homén'in (1901) tutkimusten mukaan suolla tulosäteilystä kuluu n. $^2/_3$ haihtumiseen, mutta nummella vastaava häviö on vain n. $^1/_5$.

2. Ilman lämpötila on huomattavasti korkeampi etelärinteellä kuin pohjoiseen viettävällä maalla. Lunelundin (1940) mukaan säteilymäärä on Helsingissä kuukautta kohden 45° etelärinteellä 8.8. cal/cm^2, tasaisella 6.4 cal/cm^2 ja pohjoisrinteellä 2.2 cal/cm^2 (vrt. Aaltonen 1940, Franssila 1949).

3. Ilman lämpötila on notkoissa alhainen, koska kylmä ilma valuu öisin rinteitä pitkin alaspäin (Multamäki 1942, Franssila 1949).

4. Metsässä ilman keskilämpötila on huomattavasti alhaisempi kuin aukealla, sillä metsä estää auringon säteilyn vaikutuksia. Ero on sitä suurempi mitä tiheämmästä metsästä on kysymys (Keränen 1930, Burger 1934 ym.).

Ilman suhteellinen kosteus vaihtelee seuraavista tekijöistä riippuen.

1. Kostealla alustalla ilman suhteellinen kosteus on yleensä korkeampi kuin kuivalla alustalla.

2. Pintakasvillisuuden sisässä ilman kosteus on varsin suuri.

3. Metsässä ilman suhteellinen kosteus on hyvin korkea. Burgerin (1934) mukaan esim. huhti-elokuussa ilman kosteus oli aukealla 61.2 % ja kuusikossa 77.4 %.

Tuulen voimakkuus vaikuttaa myös varsin huomattavasti haihtumiseen. Sen suhteen pätevät seuraavat säännönmukaisuudet:

1. Notkoissa ja laaksoissa tuulen voimakkuus on yleensä pienempi kuin kukkuloilla.

2. Metsä estää selvästi tuulen kuivattavaa vaikutusta. Tiren (1924) esittää seuraavat suhteelliset tuulen nopeudet eri tiheissä metsissä (vrt. Laitakari 1929, 1934, Geiger 1942, Keränen 1946).

Metsikön tiheys	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
Tuulen suht. nopeus ...	9.2	5.2	3.6	2.4	1.4	1.2

Havaitaan siis selvästi, että metsässä olosuhteet haihtumiselle ja siis myös puutavaran kuivumiselle ovat kaikin puolin sitä heikommat, mitä tiheämmästä metsästä on kysymys. Seuraavat saksalaiset lukusarjat (Keräsen 1930 mukaan) osoittavat, ettei haihtuminen metsässä ole kunnolla puoltakaan aukealla tapahtuvasta haihtumisesta (vrt. Homén 1901, Burger 1933, 1934).

	Koko vuosi	Kevät	Kesä	Syksy
		haihtuminen		
Mäntymetsä	56	53	50	52
Pyökkimetsä	45	49	38	40

Mikäli halutaan saada kuivaa ja tervettä polttopuuta, onkin pyrittävä varastointi metsässä saamaan mahdollisimman lyhyeksi. Missään tapauksessa ei halkoja kannata säilyttää ylivuotisiksi metsäpinoissa, jotka jo korkeudeltaankin ovat kuivumiselle epäedullisia (Ekono 1940), Enander 1940). Rehevillä mailla ja tiheissä metsissä kuivuminen kärsii kaikkein eniten metsässä säilyttämisestä.

Kaukokuljetusreittien varsille varastot olisi pyrittävä sijoittamaan paikkoihin, jotka täyttävät seuraavat ehdot:

1. Paikan tulisi olla mahdollisimman aukea, jotta tuulet pääsevät siihen vaikuttamaan (Callin 1940). Kuitenkin olisi otettava huomioon myös pyryttäminen, joka on yleistä tuulenalaisissa metsänreunoissa (Heiskanen 1948, Vuoristo—Hallenberg (1937). Sen estämiseksi on syytä käyttää varastoilla kinostimia.

2. Paikan tulee olla mahdollisimman kuiva. Kun monet varastot, etenkin rinnemailla, jo vähäisenkin sateen johdosta menevät huonoon kuntoon, olisi hyödyksi kaivaa suojeluojat alueen yläpuolelle (Kinnmann—Lindfelt 1944). Suoperäisten maiden varjopuolena on pienen haihtumisen lisäksi se, että pinot helposti kaatuilevat (Metsola 1948) ja että autokuljetus on hankala suorittaa (Heiskanen 1948).

3. Paikan tulisi olla aurinkoinen ja sijaita mieluimmin etelään viettävällä rinteellä (Callin 1940). Metsässä olevaan aukkoon varasto sijoitetaan, mikäli mahdollista, aukon pohjoisreunaan, jotta aurinko pääsisi pinoihin vaikuttamaan.

4. Paikalla tulee olla mahdollisimman vähän pintakasvillisuutta, ja ainakin monivuotisilta varastopaikoilta olisi pintakasvillisuus poistettava (Björkman 1946). Siten taataan pinojen alimpienkin kerrosten kuivuminen ja vähennetään tavaran lahoamismahdollisuuksia.

42. Aluspuut.

Mikroilmasto vaihtelee myös pystysuorassa suunnassa noudattaen pääasiallisesti seuraavia lakeja.

1. Ilman lämpötila on keskimäärin korkein heti maan pinnan yläpuolella ja laskee hitaasti ylöspäin mentäessä. Vaihtelut maanpinnalla ovat kuitenkin suuremmat kuin korkeammalla (Best 1935, Franssila 1945, Multamäki 1942, Geiger 1942).

2. Suhteellisen kosteilla alueilla (esim. Suomessa), joilla haihtuminen on voimakasta, ilman suhteellinen kosteus pienenee ylöspäin noustaessa. Pintakasvillisuuden sisässä ja heti sen yläpuolella kosteus on erittäin suuri Franssila (1936) esittää eräältä niityltä, jossa heinän pituus oli n. 50 cm, seuraavat ilman suhteelliset kosteudet eri korkeuksilla maasta.

Taul. 9. Ilman suhteellinen kosteus eri korkeuksilla maasta niityllä Franssilan (1936) mukaan.

Table 9. Relative humidity at different heights above earth on the meadow according to Franssila (1936).

Aika, klo *Time*	Korkeus maasta, cm *Height above earth, cm*		
	150	50	5
	suht. kosteus-% — *rel. humidity, per cent*		
8—10	48	52	77
12—14	36	43	63
16—18	33	39	62
20—22	54	64	90

Pintakasvillisuus pitää siis ilman maan pinnan lähellä olevissa kerroksissa niin kosteana, ettei haihtumista pääse paljon tapahtumaan (vrt. Geiger 1942, Franssila 1946).

3. Tuulen nopeus kasvaa tasaisesti maan pinnalta ylöspäin noustaessa (Tiren 1924, Keränen 1930, Best 1935).

Edellytykset puutavaran kuivumiselle ovat siis varsin huonot heti maan pinnalla. Puutavaran kuivumista koskevat tutkimukset ovat myös osoittaneet, että kuivuminen on heikointa varastomuodostelmien alimmissa kerroksissa. Löfin (1907) mukaan oli maahan ja aluspuille varastoitujen 3 m pölkkyjen painonvähennys 103 päivän varastoimisen jälkeen keskimäärin:

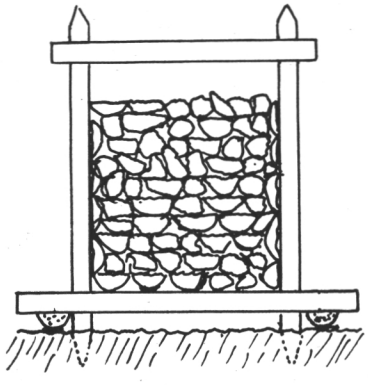
Maahan varastoidut ..... 1.5 %
Aluspuille varastoidut ..... 14.3 »

Björkman'in (1946) kuitupuun tehdasvarastointia koskevissa tutkimuksissa oli puiden vesipitoisuus alemmissa kerroksissa hyvin huomattavasti suurempi kuin korkeammalla (ks. taul. 10) (vrt. Ullen 1929, Trendelenburg 1939).

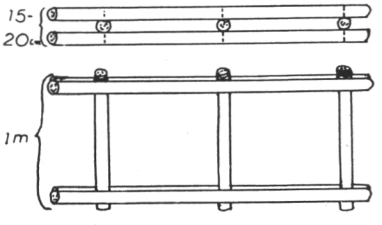
Jotta kuivuminen saataisiin pinojen alemmissa kerroksissakin kunnolliseksi, on varastoinnissa otettava huomioon seuraavat näkökohdat:

1. Pinon paikka on puhdistettava kokonaan lumesta, jotta aluspuut saadaan suoraan maan päälle. Tämä on kahdestakin syystä tärkeää. Ensiksikin lumen sulaessa pinojen alla pinot helposti kaatuvat ja toiseksi lumi säilyy sulamatta pinojen alla ja pitää siten ilman lämpötilan alhaisena ja siis kuivumiselle epäedullisena (Ekman 1909, Helander 1922, Nordquist 1922, Kinnman 1930, Hedeman—Gade 1940, Lagercrantz 1945, Heiskanen 1948 ym.).

2. Pinot on varustettava kunnollisilla aluspuilla, jotka irroittavat puut kokonaan maan yhteydestä ja tekevät mahdolliseksi ilman liikkumisen myös pinojen alitse. Metsäpinoissa aluspuut valmistetaan kuvan 10 osoittamalla tavalla (Aro 1940). Varastopinoissa aluspuut valmistetaan melko paksusta puusta. Metsolan (1948) mukaan niiden on oltava vähintäin 7 cm paksuisia. Ensin laitetaan maahan halkoja 1—2 m:n välimatkoin ja vasta niiden päälle aluspuut. Näin varmistaudutaan, että aluspuut eivät pääse painumaan maan sisään, vaan pysyvät erossa maasta koko varastoinnin ajan.



Kuva 10. Metsäpinon aluspuut Aron (1940) mukaan.
Figure 10. Foundation timber of a wood pile according to Aro (1940).



Kuva 11. Pysyvillä varastopaikoilla ovat ns. halkotikkaat tarkoituksenmukaisimmat aluspuut.
Figure 11. So-called firewood ladders are most expedient foundation timbers at permanent landings.

Pysyvillä varastopaikoilla ruotsalaiset suosittelevat käytettäväksi ns. halkotikkaita aluspuina (Hedemann, — Gade 1940, Sundberg 1941, Kinnman — Lindfelt 1944, Lagercrantz 1945 a, Heiskanen 1948). Ne valmistetaan seuraavasti varastopaikoilla kuvan 11 osoittamalla tavalla. Tällaiset halkotikkaat, joiden yhteinen korkeus on vähintäin 15—20 cm, tulivat maksamaan Hedemann — Gaden (1940) mukaan v. 1940 n. 60—70 örea/kpl. Ne ovat kuitenkin hyvin hoidet-

tuina monivuotisia, eikä niitä niin ollen kannatakaan tilapäisillä varastoilla käyttää. Halkotikkaiden etuna mainittakoon vielä, että varastoille ei pääse jäämään lainkaan tavaraa ja että puut ovat korkeammalla kuin muuten, joten kuormaustyö tulee helpommaksi (K i n n m a n — L i n d f e l t 1944).

43. Pinojen välit.

Puutavaran kuivuminen on varaston keskellä aina huonompi kuin reuna-osissa. T u o v i s e n (1950) mukaan ero on mäntypinotavaravarastoissa niin suuri (lähes varaston keskellä kuivumisen suuruinen), että asiaan sietää käytännössä kiinnittää huomiota (Taul. 10).

Taul. 10. Puutavaran painon muutokset varastoalueen keskellä ja laidassa T u o v i s e n (1950) mukaan.

Table 10. Changes of weight of timber in the middle and on the sides of a landing according to Tuovinen (1950).

	Kuivumisaika, viikkoa — *Seasoning time, weeks*		
	2	4	6
	painon muutos % — *change of weight, per cent*		
Keskellä ..... *In the middle*	+2.5	—2.5	—10.0
Laidassa ..... *On the sides*	—0.5	—8.0	—17.5

Taul. 11. Kaksi vuotta varastoitujen kuusipaperipuiden vesipitoisuus 10 metriä korkean pinon eri osissa B j ö r k m a n'in (1946) mukaan.

Table 11. Moisture content of spruce pulpwood in different parts of a pile of 10 m stored for 2 years according to Björkman (1946).

Pinon osa *Part of the pile*	Pinojen väli — *Space between piles*	
	5 m	1 m
	vesipitoisuus % — *maisture content, per cent*	
Alaosa ..... *Lower part*	29.9	72.4
Keskiosa ..... *Middle part*	24.9	34.3
Yläosa ..... *Higher part*	26.3	28.3

T u o v i s e n tutkimuksesta ei kuitenkaan selviä kuinka ahtaasta varastosta on ollut kysymys. Yleensä on tietysti selvää, että mitä lähempänä toisiaan pinot sijaitsevat, sitä huonompi on ilman vaihto ja sitä heikommat edellytykset ovat kuivumiselle. B j ö r k m a n'in (1946) kuitupuun tehdas-

varastoilla tekemien mittausten mukaan ilman suhteellinen kosteus on sitä korkeampi pinojen välissä, mitä pienemmät pinojen välit ovat. Ilman lämpötila kapeissa väleissä on myös varsin alhainen ja miltei vakio. Nämä tiedot osoittavat, että kapeissa väleissä kuivumismahdollisuudet ovat varsin huonot. Se ilmenee myös Björkman'in suorittamista puiden vesipitoisuusmittauksista. Niiden mukaan lasketut keskim. vesipitoisuudet 1 m ja 5 m välein olevissa 10 m korkuisissa pinoissa eri korkeuksilla maasta nähdään taulukosta 11.

Kun halkovarastoilla on yleensä käytössä 2 m korkuiset pinot, voidaan esitettyjen lukujen laskea vastaavan 0.2 ja 1.0 m:n välejä. Kapeita välejä käytettäessä puut eivät siis pinojen alaosassa kuivu lainkaan vaan päinvastoin keräävät kosteutta itseensä. Alle 0.5 m välit halkopinoissa ovatkin liian pienet, sillä tällaisissa väleissä lumi säilyy pitkälle kevääseen sulamatta ja pitää siten lämpötilan alhaisena ja ilman suhteellisen kosteuden korkeana, eikä auringon säteilykään pääse suoranaisesti puihin vaikuttamaan. Mieluimmin voidaankin asettaa kaksi pinoa kokonaan rinnan ja jätetään pinoparin väliin suurempi väli. Useampaa kuin kahta pinoa ei kuitenkaan saisi laittaa vierekkäin (Polttopuiden . . . .). Metsola (1948) suosittelee tapaa, että ahtailla varastoilla asetetaan kaksi pinoa rinnan siten, että väliä on maan pinnassa n. 30 cm ja ylhäältä pinot ovat toisissaan kiinni (kuva 12). Näin ei lumi pääse pinojen väliin ja silti on jätetty mahdollisuudet ilman vaihdolle. Tällaisia pinopareja tehtäessä on kuitenkin muistettava puhdistaa pinon alukset lumesta mikäli mahdollista vielä paremmin kuin tilavilla varastoilla.

Tilavilla varastoilla on pinojen väliin jätettävä ainakin 0.5 m:n väli. Metsola (1948) pitää riittävänä vasta 0.6—0.8 m:n väliä ja Lagercrantz (1945) 1 m:n väliä. Tilavillakin varastoilla voidaan kuitenkin pinot järjestää kaksi rinnan ja jättää pinoparien väliin autoteiden varsilla väli (2.5—3.0 m), johon sopii auto, ja vesistöjen lastauskärryille sopiva tila (1.2—1.5 m) (Heiskanen 1948, 1950). Pinojen mittaus edellyttää myöskin, että pinojen tai pinoparien väli on vähintäin 0.8—1.0 metriä.

Pinojen väleistä tulkoon vielä mainituksi, että pinot olisi tehtävä aina aivan yhden suuntaisiksi, jotta tuuli pääsee esteittä vaikuttamaan alueella. Tämä järjestely on myös varaston edelleen kuljetuksen kannalta edullisinta.

44. Pinojen korkeus.

Kuten edellisessä luvussa esitettiin, meikäläisissä oloissa etenkin kosteilla alustoilla kuivumisolosuhteet paranevat maan pinnalta ylöspäin noustessa. Sen vuoksi olisikin pyrittävä käyttämään korkeita pinoja. Enander (1940) on tutkinut kuivumista 2 m ja 1 m pinossa ja esitetään tuloksena, että korkeissa pinoissa sade ei pääse vaikuttamaan ja niissä halot ovat n.

3 % kuivempia. Pienpuukomitean mietinnössä taas mainitaan, että »halot, jotka säilytetään 2 m korkuisissa pinoissa, ovat yleensä osoittautuneet märemmiksi kuin aumoissa säilytetyt.»

Metsäpinoja ei voida eikä kannatakaan tehdä 1 m korkeammiksi, mutta varastopaikoilla olisi pinot tehtävä vähintäin 2 m korkuisiksi. Tämä korkeus on riittävä sellaisilla varastoilla, joilla puut joutuvat vain tilapäisesti seisomaan. Pitkäaikaisilla varastoilla voidaan kustannuksia pelkäämättä tehdä myös korkeampia pinoja aina 4-metrisiin saakka.

45. Pinon pääpuut.

Kuten edellä on mainittu, kuivuminen tapahtuu kaikkein huonoimmin aivan maan pinnassa. Sen vuoksi on varmistauduttava jo pinoa edellisessä luvussa esitellyille aluspuille tehtäessä, että se varmasti pysyy pystyssä. Ensimmäinen ehto on, että pinon alusta on luotu lumesta puhtaaksi, kuten edellä esitettiin. Toinen ehto taas on, että pinon pääpuut on kunnolla pystytetty ja tukevasti kiinnitetty.

Metsäpinot, jotka tehdään tavallisesti 1 × 1 × 1 m kokoisiksi varustetaan tavallisesti pääpuilla ja niitä yhdistävällä poikkipuulla. Sundberg (1941) esittää seuraavat vaatimukset pääpuille:

1. Tukien on oltava vakavat, ettei pino pääse kaatumaan.
2. Niiden on oltava helpot valmistaa.

Ruotsissa ja meillä käytetään yleisimmin seuraavia pääpuumalleja, joiden edut ja haitat käydään seuraavassa lyhyesti lävitse.

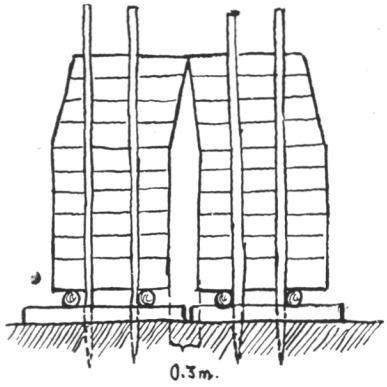
1. Tuet yhdistetään ketjulla, joka on pinon sisässä. Menetelmä on kuitenkin hyvin huono, sillä tällainen pino kaatuu helposti (Sundberg 1941).

2. Pääpuut tuetaan sivutuilla, joiden varjopuolena on kuitenkin se, että ne roudan sulamisen aikana helposti nousevat maasta (Ilvonen 1940) ja reki kaataa sivutuet helposti esim. tukkeja ennen pinotavaraa ajettaessa. Lisäksi tällaisten pääpuiden pystyttäminen vie suhteellisen paljon aikaa (Sundberg 1941).

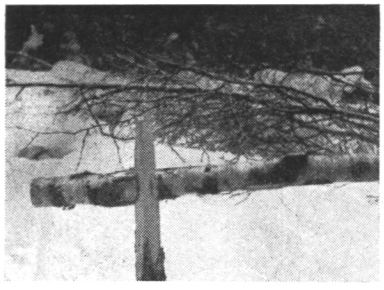
3. Tuet yhdistetään teräslangalla (Sundberg 1941), joka menetelmä kuitenkin voidaan meikäläisissä oloissa sivuuttaa pelkkänä erikoisuutena.

4. Pääpuut halkaistaan yläpäästään ja rakoon työnnetään ohueksi veistetty, olkapäillä varustettu orsi. Tätä mallia Ilvonen (1940) pitää parhaana ja myös yleisimmin käytettynä (vrt. Aro 1940), mutta Sundberg (1941) pitää näiden pääpuiden valmistusta aikaavievänä ja niiden rakennetta lisäksi heikkona.

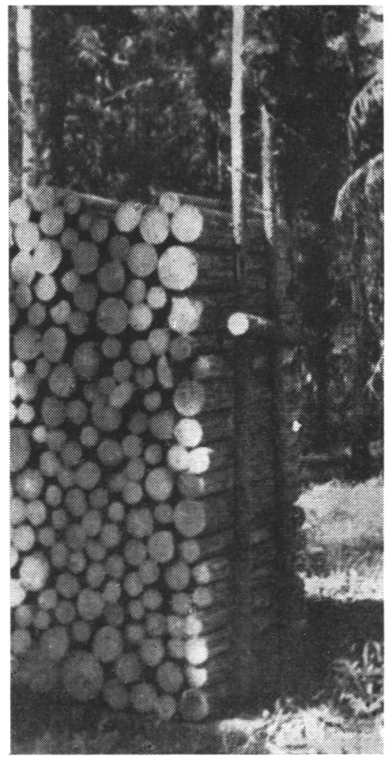
5. Sundberg esittää parhaana menetelmänä seuraavan: Yläpäästään tasaiset pääpuut yhdistetään orsipuilla, joka on hakattu alapuolelta tasaiseksi ja joka kiinnitetään 3″ nauloilla pääpuihin.



Kuva 12. Suositeltava pinoamistapa ahtailla varastoilla (Metsola 1948).
Figure 12. A recommendable way of piling crowded landings (Metsola 1948).



Kuva 13. Eräs metsäpinon pääpuumalli.
Figure 13. An end stake pattern of a wood pile.



Kuva 14. Varastolla pääpuut onsidottava rautalangalla tai vihdaksilla pinoon.
Figure 14. At the landing the end stakes must be bound with wire or twings to the pile.

6. Orsipuuhun sahataan pääpuiden etäisyydelle toisistaan kolmiomaiset lovet, joihin yläpäästään kolmiomaiseksi veistetyt pääpuut pistetään (kuva 13). Malli on todennäköisesti vahvin ja nykyisin myös yleisin ilman nauloja tehdyistä pääpuumalleista.

Elävien puiden väliin pinoja ei saa tehdä, silla puiden huojuessa pinot helpostisärkyvät. Lisäksi pinot vahingoittavatpuita.

Joskus joudutaan pino pystyttämään maalle, johon pääpuita ei saa lyödyksi maahan kuten tavallisesti. Silloin pääpuiden viereen niiden ulkopuolella asetetaan n. metrin mittaiset ladottavien halkojen suunnassa olevat poikkipuut (kuva 10). Näiden päälle asetetaan sitten aluspuut ja pääpuut pysyvät pystyssä saadessaan mainituista poikkipuista tukea (Aro 1940).

Varastoilla ei voida käyttää em. pääpuumalleja, koska pinot ovat useimmiten hyvin pitkiä. Varastopinojen kunnollinen tukeminen on kuitenkin vielä monin verroin tärkeämpää kuin metsäpinojen, koska halot joutuvat

seisomaan niissä yleensä kauemmin kuin metsäpinoissa. Varastopinoissa onkin pääpaino pantava tukien vakavuuteen. Lagercrantz (1945) suositteleekin siinä mielessä ristikoita tukipuita parempina. Metsola (1948) esittää käytettäväksi kahta rinnakkaista vahvasta, terveestä puusta tehtyä pinon pääpuuta. Ne asetetaan mieluimmin hiukan vinosti pinon keskustaan päin sortumisen estämiseksi. Pääpuut sidotaan halkoihin kuvan 14 osoittamalla tavalla joko rautalangalla tai vihdaksella, joita 2 m korkuisessa pinossa on käytettävä vähintäin 3 kpl.

46. Pinojen kattaminen.

Kuten edellä on esitetty, kuivumassa olevien halkojen vesipitoisuus nousee syksyllä ennen kaikkea sateiden ja ilman suuren kosteuden johdosta (ks. kuvat 7—8). Sen vuoksi etenkin Ruotsissa, mutta jonkin verran myös Suomessa on käytetty pinojen peittämistä syksyllä tervapaperilla, joka on erikoisesti valmistettu tähän tarkoitukseen (Vesterinen 1940, Hedeman — Gade 1940, Vedförsörjning, Kinnmann — Lindfelt 1944, Lagercrantz 1945). Tämän menetelmän vaikutusta kuivumiseen kosketteli tutkimuksissaan Klem (1943), ja tuli niissä seuraaviin tuloksiin:

1. Keväällä kaadettujen ulkona peittämättömänä kuivuneiden koivuhalkojen vesipitoisuus oli seuraavana kesänä 1.0 % ja kuusihalkojen 1.6 % suurempi kuin elokuun puolivälissä pahvilla peitettyjen halkojen vesipitoisuus. Erot olivat helmikuussa suurimmillaan 4.3 % ja 3.3 %.

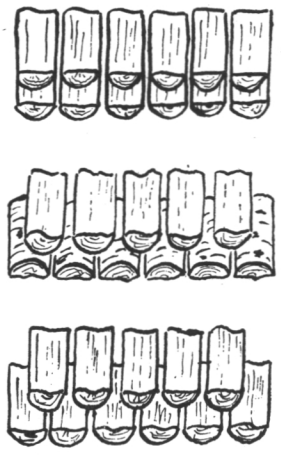
2. Heinäkuussa kaadettujen halkojen välillä erot olivat seuraavana kesänä vastaavasti 4.0 % ja 2.3 %, jolloin ne olivat suurimmillaan.

3. Lokakuussa kaadettujen peitettyjen ja peittämättömien halkojen vesipitoisuuksien erot olivat aivan mitättömät.

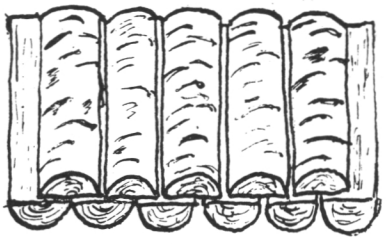
Näiden tulosten perusteella Klem esittääkin, että keväälläkään kaadettujen halkojen peittäminen ei ole tarpeen, mikäli varastopaikka sijaitsee kovalla, ruohottomalla maalla. Huomattakoon kuitenkin, että peitto suoritettiin liian myöhään. Jo elokuun 1 päivänä ja 15 päivän välillä tapahtui halkojen vesipitoisuudessa nousua. Toiseksi peitteet pidettiin halkojen päällä liian kauan aikaa. Ne olisi pitänyt poistaa jo maaliskuun alkupuolella, jotta kevätaurinko olisi päässyt vaikuttamaan kuivattavasti puihin.

Lagercrantz (1945 a) mainitsee suorittaneensa koelämmityksiä peitetyillä ja peittämättömillä haloilla ja tulleensa siihen tulokseen, että peitetyillä haloilla saavutettiin n. 30 %:n (!) polttoaineen säästö. Luku vaikuttaa liioitellulta, mutta voitaneen olla varmoja, että oikein suoritetulla peittämisellä saadaan halot n. 5 % kuivemmiksi kuin muuten.

Edellä on havaittu, että vesipitoisuuden pienetessä 5 %:lla (25 %:sta 20 %:iin polttoarvo nousee 2.5 %:lla (ks. s. 11). Voidaan siis laskea, että, mikäli paperilla peittäminen tulee maksamaan alle 2.5 % halkojen arvosta,



Kuva 15. Eräitä halkokatosmalleja, joista n:o 1 on osoittautunut parhaaksi (Garff 1943).
Figure 15. Some patterns of sheds made of firewood, of which no 1 has shown to be the best (Garff 1943).



Kuva 16. Asettamalla kaksi ylintä kerrosta halkaistu puoli vastakkain voidaan pinoja suojata sateelta.
Figure 16. By placing the two upmost layers the split sides towards each other the piles can be protected against rain.

sen suorittaminen pitäisi kannattaa. Lagercrantz (1945 b) mainitsee, että 2 m:n pinoissa peittäminen maksaa 0.25 kruunua p-m³:iä kohden, joka on 2.2 % av. halkojen hinnasta. Hedemann — Gaden (1940) mukaan peittämiskustannukset ovat vain 0.15 kr/p-m³. Voidaan siis päätellä, että edullisissa olosuhteissa pinojen peittäminen kannattaa, jos peitto suoritetaan oikein. Siinä on silloin otettava huomioon seuraavat seikat

1. Suurin etu saavutetaan peittämisestä kuivilla ja kuivahkoilla mailla sijaitsevilla varastopaikoilla, joilla ilman suhteellinen kosteus on pienin ja joilla siis halkojen vesipitoisuuden lisäys syksyllä riippuu suurimmaksi osaksi sateesta. Tuulensuojaisissa paikoissa olevat pinot kannattaa myös ennen muuta peittää, sillä niissä sadevesi säilyy kauan haihtumatta.

2. Peittäminen on toimitettava muutaman kuivan päivän jälkeen heinäkuun puolivälissä tai elokuun alussa (Hedemann — Gade 1940, Klem 1943, Lagercrantz 1945).

3. Peitteet on poistettava viimeistään huhtikuun alussa, joten niiden käyttö sopii parhaiten sellaisilla varastoilla, jotka tyhjennetään talvella. Silloin niiden etuna on myös, että halkoihin tarttunut lumi ja jää ei ole haittana halkojen kuljetuksen jälkeiselle käytölle (vrt. Klem 1943).

Meillä Suomessa VR on, kuten tunnettua, jo pitkän aikaa peittänyt käyttöpaikkojensa varastoilla halkoaumat haloista tehdyillä katoksilla. Myös Ekono (1940) pitää virheenä halkojen säilyttämistä ylivuotisiksi avopinoissa ja suosittelee käytettäväksi halkokatoksia. Gerff (1943) on

tutkinut Ruotsissa halkokatosten vaikutusta sateiden pidättämiseen (Kuva 15). Tutkimusten tuloksena hän ilmoittaa, että katos n:o 1 pidätti 85.9—92.9 % eli keskimäärin 88 %, katos n:o 2 54.6—57.0 keskimäärin 56 % ja katos n:o 3 78.4—80.1 keskimäärin 79 % sadevedestä. Kirjoituksessa »Polttopuiden varastoimisesta» (1941) suositellaan tapaa, jossa pinon ylin kerros ladotaan halkaistu puoli ylöspäin ja rakojen kohdalle asetetaan halkoja kuoripuoli ylöspäin (Kuva 16).

Halkokatoksella on peittopaperiin verrattuna etuna mm. seuraavat seikat:

1. Se on halvempi menetelmä kuin paperin käyttäminen. Garff'in (1943) mukaan kustannukset ovat vain 0.5 % halkojen arvosta.
2. Se voidaan tehdä tuoreitakin halkoja varastoitaessa jo pinoamisen yhteydessä eikä kuivuminen siitä sanottavasti vaikeudu. Varmin on kuitenkin laittaa vinokatos, jottei katto mahdollisesti hyvinkin tiiviinä pääse vaikeuttamaan kuivumista.
3. Katostarpeiden kuljetuksesta ei aiheudu kustannuksia.

Halkokatoksen varjopuolena taas on, että se ei pidätä vettä yhtä hyvin kuin peittopaperi, joten sen avulla ei voida saavuttaa yhtä suurta vesipitoisuuden vähenemistä.

47. Halkojen asento pinossa.

1900-luvun alkupuolella pidettiin varsin tärkeänä, että halot oli asetettava pinoon kuoripuoli ylöspäin (Ekman 1907, 1909). Katsottiin halkojen näin kuivuvan paremmin kuin kuoripuoli alaspäin pinottaessa. Grinndahl (1909) tutki tätä eräissä koepinoissa ja tuli siihen tulokseen, että halkojen asennolla ei ole huomattavaa merkitystä kuivumiselle. V. 1907 oli pinoissa, joihin halot oli ladottu kuori ylöspäin, painon vähennys 38.45 % ja pinoissa, joissa halot olivat kuori alaspäin, 36.94 %. V. 1908 vastaavat %:t olivat 31.0 % ja 30.5 %. Borg'in (1908) suorittamissa kokeissa painon vähennykset olivat vastaavasti 31.69 % ja 31.06 % (vrt. Enander 1940). Myös Heikinheimon (1915) tutkimukset osoittavat, että pinoamistavalla ei ole huomattavaa vaikutusta kuivumiseen. Halot, joissa halkaistu puoli on ylöspäin kastuvat tosin helpommin sateella, mutta kuivuvat myös nopeammin kuivalla ilmalla.

Voitaneen kuitenkin pitää todistettuna, ettei halkojen pinoon asettelutavalla ole huomattavaa merkitystä kuivumiselle, vaan ne voidaan asettaa aivan yhtä hyvin kuoripuoli ylös- tai alaspäin (Nordquist 1922). Klem (1943) esittää silti, että pinon alaosan halot ladottaisiin kuoripuoli alaspäin ja yläosiin taas kuoripuoli ylöspäin (vrt. Helander 1922). Mittauksen kannalta taas olisi edullisinta jos kaikki pinon ulommaiset kerrokset ladottaisiin kuoripuoli sisäänpäin.

Kirjallisuusluettelo.

Aaltonen, V. T. 1940. Metsämaa. Porvoo—Helsinki.

Angervo, J. M. — Leiviskä, Iivari 1944. Maapallon ilmastot. Porvoo.

Aro, Paavo 1929. Pinopuutavarain pino- ja kiintomitan välisiä suhdelukuja. MTJ 13. Helsinki.

—»— 1931. Tavallisimpien suomalaisten pinopuutavarain pinotiheys. MTJ 14. Helsinki.

—»— 1932. Puun kuivumisen aiheuttaman kutistumisen vaikutus tilastoissa esitettyihin puumääriin. MTJ 14, liite 1, Helsinki.

—»— 1940. Halonhakkuuneuvoja. Metsälehti n:o 18.

Bergström, Hilding — Wesslén, Gösta 1918. Om träkolning. Stockholm.

Best, A. C.[1] 1935. Trasfer of heat and momentum in the lowest layers of the atmosphere. Geophys. Mem 65. London.

Björkman, Erik 1945. Om lagringsröta i massavedgårdar och dess förebyggande. Medd. f. St. Skogsf. Inst. B. 35.*1*. Stockholm.

Borg, Arvid 1908. Metsäkoulujen työmailta. III. Pikkukokeita. Tapio ss. 417—421.

Bratton, Allen W. 1942. Fuelwood seasoning tests. Northeastern Forest Exp. Station, Technical Note no 50.

Burger, Hans 1933. Waldklimafragen II. Mitt. d. Schw. A.f.d forstl. Versuchsw. 18. 2. Zürich.

—»— 1934. Waldklimafragen III. Meteorologische Beobachtung im Freien, in einem gleichalterigen Fichtenbestand und im Tannen—Fichten—Plenterwald bei Oppligen. Mitt. d. Schw. Anst. f. d. forstl. Versuchswesen 18. 4. Zürich.

Büsgen, M. 1911. Studien über den Wassergehalt einiger Baumstämme Zeitschr. f. F. u. Jw. ss. 137—154.

Callin, Georg 1940. Virkets uppläggning och lastning vid biltransport. Skogen ss. 309—310.

—»— 1945. Syrfällning och randbarkning av björkkolved. NST ss. 135—152.

Ekman, Wilh. 1907. Om viktförändringen hos torkande virke.

—»— 1909. Skogsteknisk Handbok. Stockholm.

Enander, M, 1940- Vedens torkning. Skogen. s. 184.

Eneroth, O. 1922 a. Vedens tyngd, vattenhalt, krympning och svällning, torkning och vattenupptagning. Handbok i skogsteknologi. ss. 72—108. Stockholm.

—»— 1922 b. Vedens värmevärde. Handbok i skogsteknologi. ss. 109—117.

Erkkilä, E. E. 1943. Maaseutuväestön puunkäytön kokonaismäärä ja sen kehitys. MTJ 32. Helsinki.

Fabritius, L. — Gross, H. 1923. Heizwert und Wärmepreis der Brennhölzer. Forstwiss. Cbl. 45 ss. 55—64.

Franssila, M. 1936. Mikroklimatische Untersuchungen des Wärmehaushalts. Mitt. d. Met. Zents. and d. finn. Staates 20. Helsinki.

—»— 1949. Mikroilmasto-oppi. Helsinki.

Garff, K. A. 1943. Speciell travning av kastved för möjliggörande av täckning. Skogsägaren nr. 12 ss. 219—221.
Gayer, Karl — Mayer, Heinrich 1909. Die Forstbenutzung. Berlin.
Geiger, Rudolf 1942. Das Klima der bodennahen Luftschicht. Braunschweig.
Grinndal, Th. 1909. Är det af väsentlig vikt att vid upphuggning af ved denna lägges med barksidan uppåt. SST ss. 441—443.
Gäumann, Ernst 1930. Untersuchungen über den Einfluss der Fällungszeit auf die Eigenschaften des Fichten- und Tannenholzes. II. Bern.
Hartig, R. 1882. Über die Verteilung der organischen Substanz, des Wassers und Luftraumen in den Bäumen. Unters. a. d. forstbot. Inst. zu München 2. Berlin.
Hedemann — Gade, E. 1940. Brännved — några råd angående av ett aktuellt sortiment. Skogen ss. 331—333.
Hederström, T. 1946. Några avläggsproblem. NST ss. 151—179.
Heikinheimo, Olli 1915. Einige Beobachtungen über die Aufarbeitung und Verwahrung des Brennholzes. AFF 4. Helsinki.
Heiskanen, Veijo 1948. Tutkimuksia pinotavaran autokuljetuksesta. Metsätehon julk. n:o 10. Helsinki.
—»— 1950. Aikatutkimuksia pinopuutavaran lastauksesta proomuihin. AFF 58. 1. Helsinki.
Helander, A. Benj. 1916. Koivuhalkojen kuivuminen. Tapio ss. 48—51.
—»— 1922. Metsänkäyttöoppi. Porvoo—Helsinki.
Helkiö, Arvo 1939. Halkojen valmistamisesta. Metsälehti n:o 9.
Homen, Theodor 1901. Om skogarnas inflytande på Finlands klimat. Helsingfors.
Ilvonen, M. A. 1940. Pinonpääpuista. Metsälehti n:o 42.
Jalava, Matti 1929. Pyöreän puutavaran mittaamisesta. MTJ 13. Helsinki.
—»— 1938. Vanerikoivujen kaato ja uitto. Puut. tutk. kann. yhd. julk. n:o 28. Helsinki.
—»— 1941 a. Ovatko kevyet halot kuivia ja hyviä polttopuita. NA ss. 65—69.
—»— 1941 b. Rasiinkaadettujen puiden kuivumisesta. MA ss. 173—176.
—»— 1944. Polttopuiden rasiinkaato. Helsinki.
—»— 1946. Puun mekaanis-teknillisiä ominaisuuksia. Tapion taskukirja. ss. 251—255. Helsinki.
Karsten, Lenn. 1912. Koivuhalkojen uimiskyvystä. Tapio ss. 41—47.
Keränen, Jaakko 1930. Metsäilmastosta. Maa ja metsä IV. ss. 540—550. Helsinki.
Keränen, J. 1946. Metsikköilmasto, Metsälehti n:o 6.
Kinnman, Gunno. 1930. Skogsteknologi. Stockholm.
Kinnman, Gunno — Lindfelt, Bo 1944. Handledning i skogsvägbyggnad. Stockholm.
Klem, Gustav, G. 1944. Tørke — og lagringsforsøk med brenneved. Medd. f. d. Norske Skogsfr. no. 30 B VIII 4. 4. ss. 474—516. Oslo.
Knuchel, Herman 1930. Untersuchungen über den Einfluss der Fällzeit auf der Egienschaften des Fichten- und Tannenholzes. I. Bern.
Koehler, Arthur 1924. The properties and uses of wood. New York-—London.
Kohh, E. 1934. Rauimisaja ja halu möötude möjust kase-kŭttepuule. Tartu Ŭlik. Metsaos. Toim. no. 25. Tartu.
—»— 1935. Uurimus aasta keskel ramtud kasekŭttepuidust. EMA VII ss. 302—314. Tartu.
Kollmann, F. 1936. Technologie des Holzes. Berlin.

Lagerberg, T. — Lundberg, B. and Melin, E. 1927. Biological and practical researches into blueing in pine and spruce. SST ss. 115—272, 561—691.

Lagercrantz, B. G. 1945 a. Torr ved-nationell och enskild vinst. Skogsägaren no 2. ss. 23—26.

—»— 1945 b. Täck veden och spara skogarna. Skogsägaren no 5. ss. 82—83.

Laitakari, Erkki 1929. Über die Tätigkeit der Bäume sich gegen Sturmgefahr zu schützen. AFF 34—34. Helsinki.

—»— 1934. Tuulen huomioon ottaminen metsänhoidossa. SMY:n vuosikirja IV ss. 15—26. Helsinki.

Lassila, I. 1926. Puun mekaanis-teknillisten ominaisuuksien tutkimuksesta, sen tuloksista ja tehtävistä. AFF 31. 4. Helsinki.

Levón, Martti. 1933. Puun säilymiskestävyyden lisääminen kuivaamisen avulla. Puu, sen käyttö ja jalostus I. ss. 282—303. Helsinki.

Liepins, R. 1933. Die technischen Eigenschaften der Birke Lettlands. Comon. For. 6. Helsinki.

Lunelund, H. 1940. Bestrahlung verschieden orientierten Flächen in Finnland durch Sonne und Himmel. Soc. Scient. Fenn. Comm. Phys. Math. X. 13. Helsinki.

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

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

Metsola, J. 1948. Puutavaran varastointi (Moniste). Lahti.

Müller, W. J. — Graf, E. 1945. Kurzes Lehrbuch der Technologie der Brennstoffe. Wien.

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

Nordlinger, H. 1875. Einfluss des Lichtstandes auf die Beschaffenheit des Föhrenholzes. Cbl. f. d. g. Forstwesen.

—»— 1879. Saftgehalt der Bäume und spezifisches Gewicht des Holzes Cbl. f. d. g. Forstwesen.

Osara, N. A., Pöntynen, V., Erkkilä, E. E. 1949. Suomen puun käyttö ja metsätase. MTJ 36. Helsinki.

Ronkanen, A. J. 1950. Puutavaran varastoiminen ajon jälkeen. Metsäteknologia. ss. 535—557. Helsinki.

Rozens, A. 1935. Mizošanos un skaldišanas iettkeme uz bērza malkas žušanu ud bojašanos no puves. Latvijas Mežu Petižanos Slacijas Raksti IV. Riga.

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

Stenbäck, L. 1908. Kokeita eri puulajien polttoarvon selville saamiseksi tavallisen uunin lämmityksessä. Tapio ss. 187—193.

Strömberg, Karl 1928. Puun käyttö polttoaineena. Suomen Metsäpäivät II. ss. 21—39. Helsinki.

Sundberg, Carl—Gustav 1941. Några synpunkter på vedhuggningens rationalisering. Skogen ss. 167—170.

Thome, W. G. — Pietarinen, Juho 1910. Halkopuiden uitosta valmistamista uittoa varten. Tapio ss. 192—199.

Tiren, Lars 1924. Om en undersökning av vindhastigheten i skogsbestånd. SST ss. 21—31.

Trendelenburg, R. 1939. Das Holz als Rohstoff. München—Berlin.

Trimble, G. R. — Bratton, Allen W. 1943. Summer seasoned fuelwood best. Alleghery Forest Exp. Station. Technical Note no 40. Philadelphia. Pa.

Tuomola, Tuomas 1943. Über die Holztrocknung. Helsinki.
Tuovinen, Arno 1950. Paperipuiden kuivumisesta keväisin varastoalueilla. MA ss. 213—218.
Ullen, Gunnar 1928. Skogsbiologi och skogsteknologi. NST ss. 81—96.
—»— 1929. Några försök angående rundvirkets torckning och vattenupptagning. NST ss. 139—166, 266—320.
Wegelius, Th. 1939. The presence and properties of knots in finnish spruce. AFF 48. 1. Helsinki.
Wesslen, G. 1922. Om virkesinmätning och virkets värde å rot. Skogsvårdsför. folkskrift nr. 25. Stockholm.
—»— 1922. Kolvedens sammansättning, des numeraliska beståndsdelar och vattenhalt. Handbok i skogsteknologi ss. 614—618. Stockholm.
Vesterinen, Emil 1940. Polttopuiden kuivaaminen ja kuivana säilyttäminen. Suomen Puu ss. 208—209.
Vuoristo, Ilmari — Hallenberg, Harry 1937. Talviajotiet, niiden rakentaminen ja hoito. Porvoo—Helsinki.
Halkojen kuivaus ja varastoiminen. 1940. Ekono 47. Helsinki.
Halot oikeinpuolin metsäpinoihin. Metsälehti n:o 38. 1943.
Pienpuukon tean mietintö lokakuun 11 päivältä 1933. Helsinki.
Polttopuiden varastoimisesta. Kh-lomake n:o T 39.
Polttopuiden varastoimisesta 1941. Metsälehti n:o 37.
Vedförsörjning och -avverkning. Stockholm. 1940
Veden blir en god inkomstkälla om den behandlas riktigt sorteras rätt. Tekn. medd. f. statens bränslekom. no 10. Stockholm.

On the Drying of Firewood and on its Consideration in Storing.

Summary.

1. Introduction.

The part of firewood in the yearly cut in Finland is larger than in any other country. In 1938 firewood was used 13.62 million solid cu.m (481 million cu.f.), which was 35.8 % from the total use of wood. Thus the reduction of the use of firewood would be most desirable and there are three different ways leading to it.

1. The substitution of wood by other fuels.
2. The improvement of heating apparatus.
3. The handling of wood to make it keep the highest possible quality.

In this study only the last of these questions will be investigated on the basis of previously published litterature.

2. The factors effecting on the utility value of firewood.

The fuel value, which alone shows the utility value of firewood, varies very much depending on circumstances and the most important factors having an effect on it are:

1. The tree species, in regard of which it holds good that the heavier trees have higher fuel value to a unit of cubic volume P. M. than lighter trees.
2. The weight of each tree of the same tree species has an effect of the same kind.
3. The thickness of the pieces of firewood has an indirect effect on fuel value, because the density of the pile made of thick bolts is higher than the one made of thin bolts.
4. Moisture content distinctly lowers fuel value (Tables 1 and 2).
5. Of defects decay is one of the most important factors having an effect on fuel value by distinctly lowering it. The volume-weight and the calorimetric fuel value (Table 3) of decayed wood are smaller and the moisture content on the other hand higher than in sound wood. According to Kohh (1934, 1935) the fuel value of decayed timber is only 88 % from the fuel value of sound Firewood.
6. Floating can also be mentioned as one of the factors reducing fuel value.

3. Drying of firewood.

The drying of timber means the evaporation of water in timber so that the same climatic factors effect on it as on the evaporation from the free surface of water.

1. The drying of wood depends very greatly on the temperature of air as well as on the temperature of wood itself (Cf. fig. 1).
2. When the relative humidity increases the drying gets slower (Fig. 2).
3. The rainfall has a preventive effect on drying.
4. When the wind velocity grows the seasoning increases.

Besides the climatic factors also the quality of wood, that is its size, the way of treatment, and the tree species have an effect on the drying of firewood.

The length of the piece of wood has a rather slight effect on the rapidity of drying, but distinct in any case (Fig. 3). The diameter of wood on the other hand has a very great effect on it (Tables 4 and 5). Thus the smaller pieces dry more quickly than the thick ones, but they also absorb water more quickly.

Of the ways of treating firewood barking and splitting are the most important measures to further drying. Firewood barked in strips has in general shown to be 5—10 per cent and round unbarked firewood about 20 per cent moister than split firewood. The number of the barking strips has also a distinct effect on the rapidity of drying.

The drying of split firewood can also be furthered by barking the timber, but the practical significance of this measure is questionable. The drying gets also quicker when the number of splittings increases (Table 6).

In connection with the ways of treatment it may also be mentioned that by summer felled (with leaves on) firewood will not in general dry sufficiently dry. In sound birches the moisture content of 40 per cent and in decayed birches that of 50 per cent can be obtained. Softwoods on the other hand will not practically dry at all.

Concerning the effect of the tree species the researchers have obtained different results, but it is easy to conceive that hardwoods dry more slowly than softwoods. Some researchers have also conceived that softwoods reach a more thorough drying than hardwoods.

Climatic factors vary at different times of the year distinctly so that there must be respective differences in the drying of timber. In addition it has been conceived that the moisture content of a growing tree varies at different times of the year, but the practical significance of these differences should be rather slight. The changes of the climatic factors, of the temperature, the relative humidity, in Finland have been presented in figure 4.

The investigations carried out in the Northern Countries and in Esthonia have shown that in drying the following regularities are to be conceived (Tables 7—8, Figures 5—8).

1. The drying does not begin until March and it is strongest in March—April.

2. The drying ends in general at about the end of July and after that the timber felled earlier begins to moisten. Birch firewood moistens 8—10 per cent and softwood firewood a little less during the winter.

3. The firewood felled by the end of May reaches the moisture content of 25 per cent during the first summer and the timber felled later not until the next year. Also the firewood felled at the beginning of the year dries still during the following year, but the reduction of moisture content is in general only about 5 per cent (Fig. 9). Softwood firewood goes on drying still later, but birch firewood will in general increase its moisture content.

4. The most advantageous time for summer felling is in June, but it can be used as long as the leaves are on.

4. Consideration of drying in storing.

The climatic points of view mentioned above and their effect on seasoning ought to be taken into consideration when carrying out storing. As to the choice of the landing the following points of view have to be considered:

1. The landing ought to have a high temperature. Places like these are slopes descending to south. Poor places in this respect are bogs, dells, and a closed wood.

2. The relative humidity ought to be low at the landing. In this respect open, dry places are the best.

3. At a windy place, as an open place is, timber dries best.

Thus open, sunny places are the best in regard to seasoning.

The vertical changes of the microclimate should also be taken into consideration when planning storing. In regard to them the following rules hold good:

1. The temperature is highest directly on the earth, but the variations also are on the earth the biggest.

2. At places relatively moist (eg. in Finland) the relative humidity is highest directly on the earth (Table 9).

3. The wind velocity grows when rising higher from the earth.

In order to take these points of view into consideration the places of piles must be cleared from snow when carrying out storing and the piles must be made on good foundation timbers (Figures 10—11).

Ventilation is also very important at timber landings. Thus it is conceived that in the middle of the landing seasoning is many times slower than on the outer sides (Table 10) and that the spaces between the piles have a very important effect on the seasoning of timber (Table 11).

In regard to the height of the pile it has been conceived that firewood dries or at any rate keeps better dry in high piles.

From the point of view of drying it is also important that the piles are propped so that they cannot fall. Props recommendable in woods piles have been presented in Figures 13. In the piles at the landings still stronger props must be used, either two end stakes side by side or a pile stacked crosswise on either end of the main pile.

As it has been mentioned above stored firewood absorbs water in the latter part of the summer and in autumn. To prevent this it is advisable in some cases to cover the piles either with paper or with sheds made of firewood. Firewood can be made about 5 per cent dryer by covering the pile with paper than otherwise.

In regard to covering the following instructions hold good:

1. The best result will be obtained in dry landings where the largest part of the absorbtion of water taking place in autumn is caused by rain.

2. The covering must be carried out after some dry days at about the end of July or at the beginning of August and the covers should be removed latest at the beginning of April.

The disadvantage caused by covering with paper is its expensiveness so that often the sheds made of firewood must be satisfying, which also rather well protect the piles against rain. Some patterns of sheds have been presented in pictures 15 and 16.

The position of firewood has only a slight significance. It can be said, however, that when piling firewood the split side upwards it will get moist more easily during the rain, but it also dries more quickly in dry weather.

PUUN RUNGON LUONTAISESTA KARSIUTUMISESTA

OLLI HEIKINHEIMO

ON NATURAL PRUNING OF TREE STEMS

SUMMARY

HELSINKI 1953

Helsinki 1953. Valtioneuvoston kirjapaino

Sisällys

	Sivu
Johdanto	5
Tutkimusaineisto	6
Elävä latvus	14
Latvuksen ja rungon paino	14
Latvuksen rakenne	14
Kuolleet ja elävät oksat	18
Lukumäärä	20
Läpimitta	20
Oksa-ala	21
Oksien murtumislujuus	25
Elävä latvus, vain kuolleita oksia käsittävä runko ja täysin karsiutunut tyviosa	28
Yhdistelmä	30
Puulaji	31
Metsätyyppi	32
Latvuskerros	32
Tiheys	32
Metsikkölaji	33
Harvennuksien toimittaminen	33
Sovellutuksia	33
Kirjallisuutta	35
Summary	36

Johdanto

Puun rungon suhteellisesti eniten merkitsevän osan, sen tyvipuolikkaan arvo määräytyy lähinnä sen koosta ja oksaisuudesta. Jollei keinollista karsimista käytetä, rungon oksaisuus riippuu pääasiallisesti puun luontaisesta karsiutumisesta, sen aikaisuudesta ja tehokkuudesta. Luontaisen karsiutumisen edellytyksiin on näin ollen kiinnitettävä huomiota erityisesti metsien kasvatuksessa, jopa useissa sen vaiheissa, kuten metsien kylvö-, istutus- ja luontaisissa uudistamismenetelmissä, taimistojen hoidoissa ja kasvatushakkauksissa. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on antaa selvitystä niihin moninaisiin ja usein vastakkaisesti vaikuttaviin seikkoihin, joiden yhteistulos puun rungon luontainen karsiutuminen on.

Kysymyksen yhteydessä on tullut esille kaksi läheistä käsitettä: oksikkuus ja oksaisuus. Puun oksikkuus riippuu rungon pinnan ulkopuolella olevien oksien runsaudesta, laadusta ja sijainnista rungolla. Laajimmassa mielessä oksiin kuuluu myös lehvistö. Voidaan puhua yksityisen puun, puuston, metsikön ja metsän oksikkuudesta. Oksaisuuden taas ratkaisevat puun rungon sisässä olevien oksien määrä, laatu ja sijainti. Useimmiten on kysymys valmiin puutavaran, kuten pylväiden, paperipuun ja sahatavaran oksaisuudesta. Huomioiduksi tulevat tällöin tavallisesti vain puutavaran pintaan näkyvät oksat, tässä tutkimuksessa siis puun rungon pinnassa oleva oksankohta.

Tutkimuksen kohteina ovat olleet pääasiallisesti mänty ja koivu, pienessä määrin myös kuusi, haapa, Siperian lehtikuusi ja sembramänty.

Aineisto on pääosittain kerätty jo vv. 1934, 1935, 1936. Tämän työn, joka usein on ollut suurta kärsivällisyyttä kysyvää, ovat suurella huolella suorittaneet metsäteknikot Arvo Helkiö ja Antti Paakkala. Näille miehille, etenkin v. 1940 kaatuneelle Arvo Helkiölle, jonka ottamia tässä julkaisussa olevat valokuvatkin ovat, olen erittäin kiitollinen. Taivutuslujuutta koskeviin laskelmiin olen saanut ohjeita professori F. E. Siimekseltä sekä metsänhoitaja Matti Heikinheimolta, joka myös kaatui sodassa 1941. Piirrokset on taitavasti laatinut neiti Hellin Honka, ja niiden laadinnassa on avustanut metsäteknikko Reino Saarnio. Myös näille lausun kiitokseni.

Tutkimusaineisto

Suurin osa aineistoa on kerätty Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen eteläisistä kokeilualueista, pääasiallisesti 1 ja 2 aarin laajuisilta koealoilta. Koealat ja niiden tunnukset on lueteltu taulukossa 1. Koealoja on siis 68 ja niissä koepuita 569, joista mäntyjä 384, kuusia 25 ja koivuja 160. Kokeilualueille ja metsätyypeille koealat jakautuvat seuraavasti:

Kokeilualue	CT	VT	MT	OMT	Yhteensä
Punkaharju	—	1	—	—	1
Vesijako	—	5	6	8	19
Ruotsinkylä	1	2	1	—	4
Lapinjärvi	6	12	18	7	43
Veikkola	—	1	—	—	1
Yhteensä	7	21	25	15	68

Koealat on otettu enimmäkseen nuorista metsiköistä, joissa oksien luontainen kuoleminen on joko alullaan tai kiihkeimmillään. Kuten taulukosta 1 voi huomata, ovat koemetsiköt suurelta osaltaan ylitiheitä. Iältään ne ovat jotakuinkin tasaikäisiä.

Koemetsiköiden laatua valaisevat oheiset kuvat 1—3.

Koepuiksi on pyritty saamaan samasta metsiköstä eri latvuskerrosten puita, jolloin luokittelussa on käytetty Lauri Ilvessalon (1929) ohjeita. Niiden valinnassa ei ole ollut ratkaisevana latvuksen muoto, joten koepuut ovat voineet kuulua eri puuluokkiin. Vallitsevien latvuskerrosten puut ovat kuitenkin kuuluneet melkein yksinomaan ns. normaaleihin puihin.

Koepuiden käsittely on ollut seuraava: Kun puut on kaadettu, niiden kuolleiden ja elävien oksien alkamiskohdat, pituus sekä läpimitat 1.3 m:n sekä puolen ja kymmenesosan pituuden korkeudelta (kuoren päältä) on mitattu, karsimaton runko on katkottu metrin pituisiin pätkiin tyvestä lukien. Tämän jälkeen kunkin pätkän oksat on luettu ja oksat ryhmitetty 5 mm:n luokkiin kuorellisen tyvipaksuutensa mukaan, elävät ja kuolleet oksat erikseen, edelliset lehvistöineen (neulaset ja lehdet, koivut täydessä lehdessä), kuva 4. Välittömästi tämän jälkeen kukin rungon pätkä on punnittu gramman tarkkuudella, samoin siitä karsitut oksat.



Kuva 1. Koeala n:o 31. MT, 17 v., puita 61 200 kpl/ha.
Fig. 1. Sample plot no. 31. MT, 17 years, number of trees 61 200/ha.



Kuva 2. Koeala n:o 62. OMT, 19 v. puita 4 900 kpl/ha.
Fig. 2. Sample plot no. 62. OMT, 19 years, number of trees 4 900/ha.



Kuva 3. Koeala n:o 67. OMT, 35 v. puita 3 800 kpl/ha.
Fig. 3. Sample plot no. 67. OMT, 35 years, number of trees 3 800/ha.

Taulukko 1. Puiden oksikkuutta ja
Table 1. Sample plots concerning the

Koeala n:o *Sample plot no.*	Metsätyyppi *Forest site type*	Ikä, v. *Age, years*	Tiheys *Density*	Puita, kpl/ha *Trees/ha*			
				Mänty *Pine*	Kuusi *Spruce*	Koivu *Birch*	Σ
1	CT	17	1.0	18 600	500	200	19 300
2	»	20	0.7	4 500	500	1 000	6 000
3	»	26	0.7	5 800	400	—	6 200
4	»	29	[1]) 0.7+	5 700	—	500	6 200
5	»	25—45	0.7	4 600	400	1 800	6 800
6	»	43	0.6	3 600	—	200	3 800
7	»	45	0.9	6 000	—	300	6 300
8	VT	14	0.8	5 500	4 800	1 800	12 100
9	»	19+	0.2	3 000	200	—	3 200
10	»	20	[2]) 1 +	14 400	1 800	500	16 700
11	»	25+	0.7	700	1 600	5 700	8 000
12	»	25+	0.9	4 700	800	—	5 500
13	»	25	1.0	9 900	300	—	10 200
14	»	26	0.8	11 800	1 900	400	14 100
15	»	28	0.7+	2 900	500	1 000	4 400
16	»	32	0.8+	2 600	400	2 800	5 800
17	»	32	0.8+	4 900	200	100	5 200
18	»	32	0.9	4 600	2 300	2 400	9 300
19	»	32	0.9+	6 200	200	—	6 400
20	»	35+	0.5+	1 400	600	1 100	3 100
21	»	36	0.8	4 000	—	100	4 100
22	»	36	0.7	1 000	300	1 100	2 400
23	»	38	0.7	1 600	900	1 600	4 100
24	»	40	1.0	3 500	400	—	3 900
25	»	43	1 +	5 000	200	400	5 600
26	»	48	1 +	4 300	—	—	4 300
27	»	50	0.7	1 700	500	—	2 200
28	»	51	1.0+	3 000	200	—	3 200
29	MT	13	1 +	5 400	12 300	11 800	29 500
30	»	17	1 +	17 000	—	5 500	22 500
31	»	17	1 +	55 200	—	6 000	61 200
32	»	19	1 +	—	1 400	25 600	27 000
33	»	22+	0.8	3 000	4 800	700	8 500
34	»	23	1.0	6 800	600	900	8 300
35	»	24	1 +	6 400	—	5 700	12 100
36	»	26	1 +	500	7 200	11 400	19 100
37	»	31	0.8+	2 300	1 600	500	4 400
38	»	32	1.0+	5 800	500	1 400	7 700
39	»	32	0.9+	4 300	1 200	—	5 500
40	»	32	0.7+	1 700	600	—	2 300
41	»	32	0.7+	2 700	800	—	3 500
42	»	32	0.9+	4 100	1 300	—	5 400
43	»	32	1.0+	5 000	1 800	1 600	8 400
44	»	32	1 +	4 200	4 700	2 100	11 000
45	»	32	1 +	5 400	700	6 600	12 700
46	»	35	1.0+	7 400	800	—	8 200
47	»	35	0.8	2 400	2 000	200	4 600
48	»	35	0.8+	2 100	600	—	2 700
49	»	35	0.6	—	400	3 200	3 600
50	»	40	0.9	2 200	100	200	2 500
51	»	40	1.0	—	1 500	4 100	5 600

[1]) Luku tarkoittaa tiheyttä koealan oton aikana, + - merkki, että metsikkö on harvennettu *density at the time of sampling, + - stand has been thinned during last five years, without + - stand*
[2]) 1+ merkityt ovat ylitiheitä. — [2]) *1+ = over-dense.*

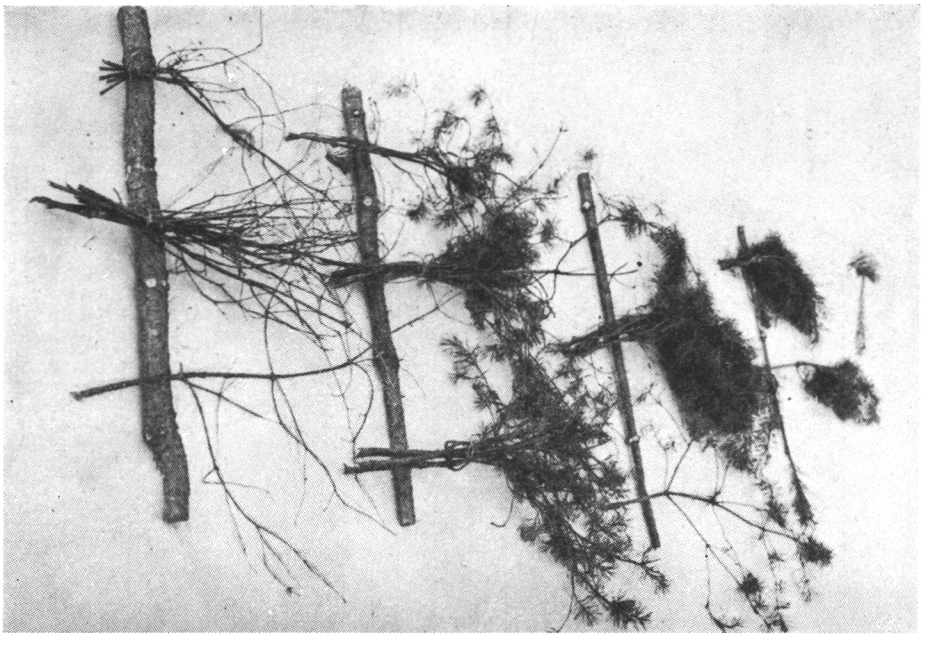
oksaisuutta koskevat koealat.
branchiness and knottiness of trees.

Keski- D1.3, cm *Mean diameter at 1.3 m., cm*				Valta-korkeus, m *Dominant height, m*	Koepuita, kpl. *Sample trees*			
Mänty *Pine*	Kuusi *Spruce*	Koivu *Birch*	Σ		Mänty *Pine*	Kuusi *Spruce*	Koivu *Birch*	Σ
2.3	1.1	0.5	2.2	5	11	—	—	11
4.2	1.8	1.0	3.5	7	10	—	—	10
2.8	4.0	—	2.9	7	6	—	—	6
4.0	3.7	1.0	4.0	8	8	—	—	8
4.0	2.2	5.0	3.6	8	6	—	1	7
6.0	—	7.3	6.1	10	7	—	—	7
5.6	—	5.9	5.6	10	8	—	—	8
3.0	1.0	1.1	1.9	6	7	—	—	7
3.0	3.7	—	3.1	7	9	3	—	12
3.2	2.8	1.2	3.1	7	8	3	—	11
2.7	2.7	3.3	3.0	8	3	—	7	10
4.1	7.8	—	4.7	12	9	—	—	9
3.8	4.3	—	3.8	12	7	—	—	7
3.0	4.7	1.5	3.2	8	7	—	—	7
7.3	7.8	4.9	6.8	12	8	—	2	10
5.6	7.0	5.1	5.2	8	4	—	7	11
5.3	4.5	3.0	5.4	9	9	—	—	9
4.5	3.1	3.1	3.7	9	6	—	3	9
6.8	7.8	—	6.9	10	7	—	—	7
6.6	3.2	9.0	6.8	12	4	—	4	8
6.1	—	3.5	5.9	9	8	—	—	8
13.2	6.1	9.6	10.5	11	—	—	4	4
9.2	4.3	7.1	7.4	13	7	—	5	12
6.6	5.5	—	6.4	11	9	—	—	9
3.7	4.5	5.5	3.8	8	7	—	—	7
6.4	—	—	6.4	8	7	—	—	7
12.8	7.7	11.0	11.5	14	7	—	—	7
8.8	5.4	—	8.6	12	10	—	—	10
2.7	1.7	1.5	1.7	7	7	—	5	12
3.0	—	1.9	2.7	6	6	—	4	10
1.6	—	1.6	1.6	6	12	—	—	12
—	2.7	1.6	1.6	7	—	—	7	7
4.5	2.6	2.4	3.2	8	8	—	3	11
5.5	5.3	1.3	5.0	10	8	—	—	8
3.9	3.0	—	3.5	11	6	—	—	6
4.1	2.3	2.7	2.9	9	1	—	6	7
8.9	7.1	1.0	7.6	12	6	—	—	6
5.4	7.0	3.4	5.2	9	7	—	2	9
6.2	8.8	—	6.8	12	8	—	—	8
10.7	10.0	—	10.5	13	7	—	—	7
7.9	11.7	—	8.7	13	7	—	—	7
6.5	6.1	—	6.4	13	7	—	—	7
5.0	4.0	2.6	4.4	8	7	—	1	8
5.9	3.6	3.6	4.5	11	9	5	5	19
5.6	1.9	1.4	3.2	12	6	—	—	6
5.2	6.5	—	5.3	11	8	—	—	8
8.5	8.2	6.0	8.3	13	5	—	—	5
10.2	9.1	—	9.8	13	6	—	—	6
—	7.7	6.6	6.7	13	—	—	7	7
12.3	13.0	5.0	11.6	13	5	—	—	5
—	6.5	7.8	7.4	17	—	—	7	7

viime 5 vuoden aikana. Ilman + - merkkiä ovat luonnonvaraiset metsiköt. — [1]) *Figure means the in natural state.*

Jatkoa
Contimation

Koeala n:o *Sample plot no.*	Metsätyyppi *Forest site type*	Ikä, v. *Age, years*	Tiheys *Density*	Puita, kpl/ha *Trees/ha*			
				Mänty *Pine*	Kuusi *Spruce*	Koivu *Birch*	Σ
52	MT	40	0.9	300	1 800	3 500	5 600
53	»	43	0.7+	1 700	900	—	2 600
54	OMT	12	1.0+	3 800	5 300	2 800	11 900
55	»	15	1.0+	—	5 800	11 800	17 600
56	»	17	1 +	—	1 800	33 100	34 900
57	»	17	1 +	—	3 600	14 000	17 600
58	»	18	1 +	—	4 200	16 700	20 900
59	»	18	0.9	600	300	16 500	17 400
60	»	19	1.0+	2 400	2 200	8 600	13 200
61	»	19	0.7	—	300	6 700	7 000
62	»	19	0.8	3 900	300	700	4 900
63	»	19	1 +	1 000	5 300	15 700	22 000
64	»	19	0.9+	2 500	700	2 000	5 200
65	»	19	0.9	2 300	1 300	1 200	4 800
66	»	24	0.7	3 400	2 000	2 300	7 700
67	»	35	0.7+	—	500	3 300	3 800
68	Kr.	40+	0.8	200	—	7 300	7 500



Kuva 4. 4.3 m pitkän männyn runko pätkittynä ja karsittuna. Oksat tyviläpimittansa mukaan ryhmitettynä.
Fig. 4. The stem of a 4.3 metre high Scots pine, bucked and branched. Branches grouped according to their butt diameter.

Keski- D1.3, cm *Mean diameter at 1.3 m., cm*				Valtakorkeus, m *Dominant height, m*	Koepuita, kpl *Sample trees*			
Mänty *Pine*	Kuusi *Spruce*	Koivu *Birch*	Σ		Mänty *Pine*	Kuusi *Spruce*	Koivu *Birch*	Σ
18.0	4.0	7.5	6.8	17	—	—	6	6
12.6	3.8	—	9.6	16	7	—	—	7
3.1	2.3	0.7	2.2	7	9	6	—	15
—	2.8	1.4	2.0	5	—	—	10	10
—	1.1	1.3	1.3	5	—	—	6	6
—	1.2	2.0	1.8	6	—	—	6	6
—	1.4	1.7	1.8	6	—	—	7	7
1.7	1.0	2.4	2.3	7	—	—	11	11
5.0	2.6	3.4	3.4	8	4	—	7	11
—	3.7	3.2	3.2	7	—	—	7	7
8.7	4.3	3.0	7.6	7	7	—	—	7
2.4	1.6	1.8	1.7	5	—	—	5	5
6.4	2.4	5.4	5.5	9	10	5	—	15
7.6	3.0	7.0	6.2	9	5	3	—	8
6.0	4.2	2.0	4.3	9	7	—	—	7
—	5.0	6.7	6.4	11	—	—	7	7
19.8	—	4.2	4.5	14	—	—	8	8
				Σ	384	25	160	569

Oksien rakenteen selvittämiseksi on Lapinjärven kokeilualueen 29 koealan 200 koepuun kussakin edellä mainitussa oksaryhmässä punnittu erikseen ensiasteen oksat (oksien rangat) ja erikseen sivuoksat ynnä lehvistö.

Ns. oksa-alan vaihtelun tutkimiseksi saman metsikön eri latvusluokkien puissa on lisäksi otettu syksyllä 1950 Ruotsinkylän kokeilualueessa 3 koealaa, niistä 2 mänty- ja 1 koivumetsikössä.

— Puiden oksikkuuden ja puun rungon oksaisuuden voidaan olettaa riippuvan varsin monesta seikasta samallakin puulajilla, kuten metsikön metsätyypistä, lajista, muodosta, iästä ja tiheydestä sekä puun asemasta metsikössä. Kaikkien näiden vaikutuksen selvittelyyn ja keskinäisen suhteen valaisemiseen nyt käytettävänä oleva aineisto ei riitä. Lisäksi on laajan erikoisaineistonkin hankkiminen ja käsittely työlästä. Tämän tutkimuksen tarkoituksena onkin osoittaa vain yleiset suuntaviivat tässä moninaisten tekijäin sarjassa. Tähän on katsottu päästävän käyttämällä havainnollisia piirroksia, joihin on voitu asettaa rinnakkain useampia tekijäryhmiä. Näistä piirroksista, joiden lukumäärä on kolmisenkymmentä, on tähän julkaisuun voitu ottaa vain eniten antavat. Muiden tuloksia kosketellaan osin tekstissä.

Elävä latvus

Elävän latvuksen ja kuolleita oksia käsittävän rungon osan rajan määrittäminen on usein epävarmaa. Seuraavassa on elävän latvuksen alarajaksi otettu alimmaisen elävän oksan kohta. Näin tulee tämä puun osa tavallisesti sisältämään myös kuolleita rungon pinnasta ulkonevia oksia. Näistä tulee puhe myöhemmin.

Latvuksen ja rungon paino

Kuviin 5—8 on merkitty tietyn koealan jokaisen koepuun tulokset. Niistä koskee viimeinen koivua, toiset mäntyä. Niiden avulla voidaan, kuten näkyy, vertailla myös eri puuluokkien ja tiheysasteiden mahdollisia eroja. Tiheysasteen rajaksi on otettu ns. normaalitiheys 0.8. Kuvissa kiintyy huomio pääasiallisesti seuraavaan:

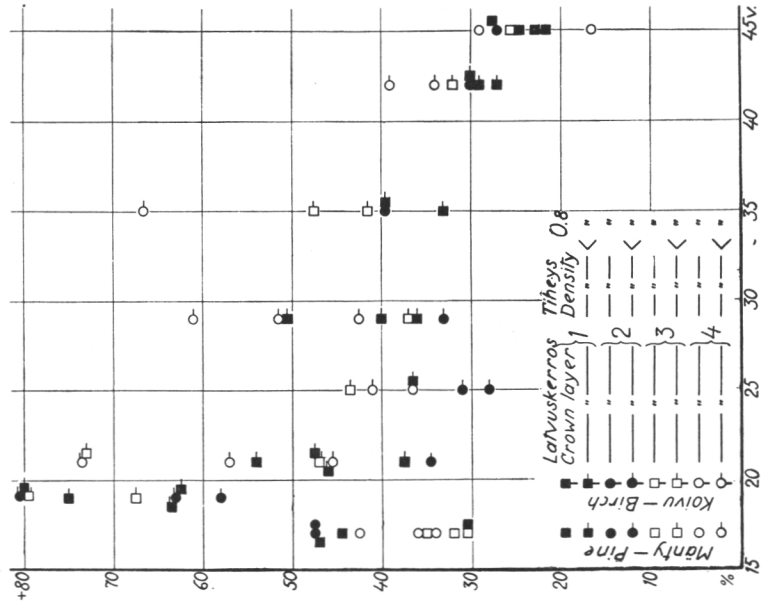
Nuoremmissa ikävaiheissa on latvuksen painon osuus rungon painosta paljon isompi kuin myöhemmin, männyllä eräissä tapauksissa keskimäärin jopa 80—100 %, 45 vuoden iällä 20 %, joskus allekin siitä. Hitaimmin kehittyvässä CT:n männikössä tämä osuus jää vanhimmissakin metsiköissä verraten korkeaksi. Tämä johtuu osin myös koemetsikköjen suhteellisesta harvuudesta. Muualla ei harvuusasteen vaikutus tule selvästi esille. VT:n, MT:n ja OMT:n männiköille on yleisenä piirteenä, että ko. luku on 20 vuoden iällä keskimäärin n. 30—40 %, 40 ja 45 vuoden iällä 20 %. Tässä ikävaiheessa MT:n ja OMT:n koivikoissa elävä latvus on rungon painosta vain n. 10 %. Varsin suurta eroa ei männyn ja koivun kehityksessä tätä ennen ole, jos vertaillaan saman metsätyypin (MT + OMT) metsiköitä.

Odottamattoman vähäisiksi jäävät erot myös samojen koemetsikköjen eri latvusluokkien kesken: Niiden keskinäisessä sijoittumisessa piirroksiin ei voi todeta mitään yleistä suuntautumista. Poikkeuksellisen ylös asettuvat merkit vastaavat suhteellisen suurilatvuksisia vallitsevan latvusluokan ja alikasvoksen puita.

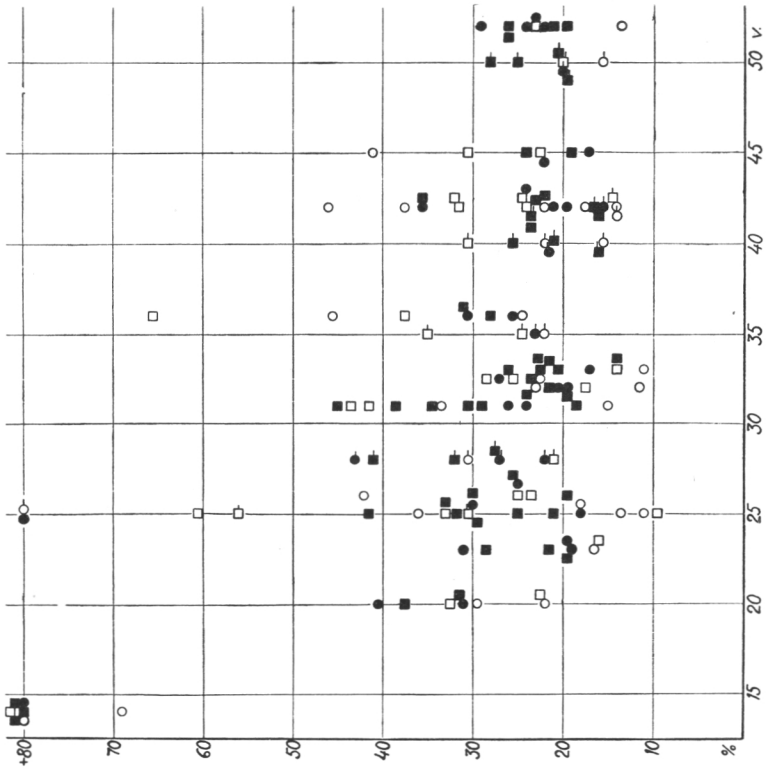
Myös muutamista koealoilla kasvaneista kuusista on tehty vastaavat määräykset. Kun suurin osa niistä on kuulunut alikasvokseen, ylittää ko. luku hyvin usein 100 %. Varttuneemmissa puissa se voi jäädä 30—60 %:een.

Latvuksen rakenne

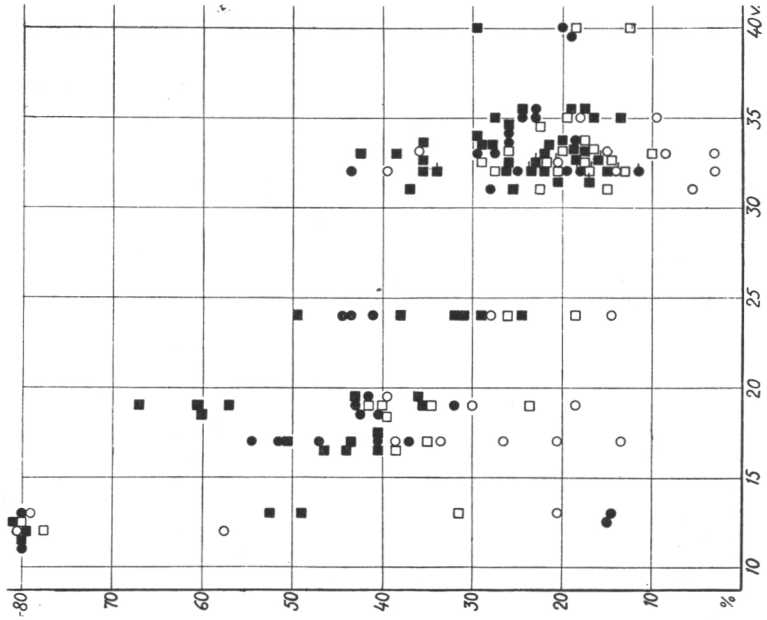
Latvuksen rakennetta on valaistu kahdella tavalla. Kuva 9 näyttää puun elävien sivuoksien + lehvistön painon osuutta %:ina elävän latvuksen koko painosta, siis oksan rankojen, sivuoksien ja lehvistön yhteisestä painosta. Latvuksen pystysuoraan rakenteeseen on taas koetettu saada selvitystä laskemalla vastaava %-luku rungon yhden metrin pätkille latvasta lukien. Tätä koskevat taulukko 2 ja kuva 10.



Kuva 5. Elävän latvuksen paino % rungon painosta. *Mänty, CT.*
Fig. 5. Live crown weight as a percentage of stem weight. Scots pine, CT.

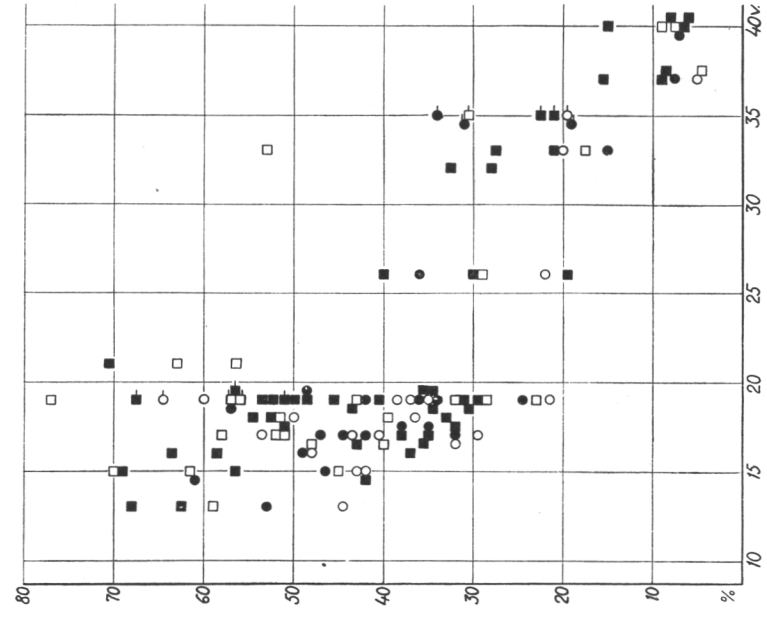


Kuva 6. Elävän latvuksen paino % rungon painosta. *Mänty, VT.*
Fig. 6. Live crown weight as a percentage of stem weight. Scots pine, VT.



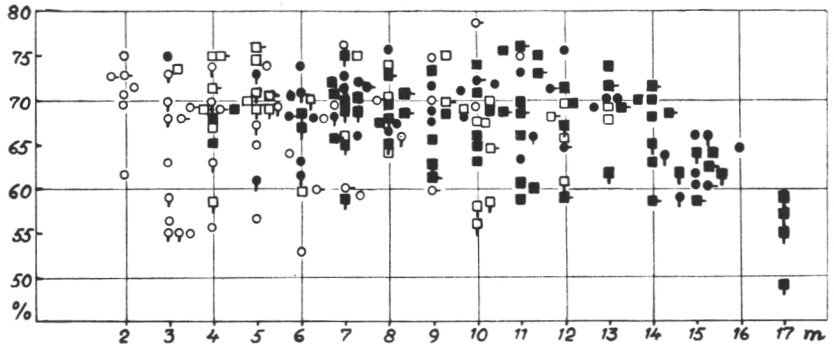
Kuva 7. Elävän latvuksen paino % rungon painosta. *Mänty, MT ja OMT.*

Fig. 7. Live crown weight as a percentage of stem weight. Scots pine, MT and OMT.



Kuva 8. Elävän latvuksen paino % rungon painosta. *Koivu, MT ja OMT.*

Fig. 8. Live crown weight as a percentage of stem weight. Birch, MT and OMT.



Kuva 9. Sivuoksat + lehvistö % elävien oksien painosta. — Merkkien selitys kuvassa 5.

Fig. 9. Side branches plus foliage, percentage of the weight of the live branches. Explanation of symbols in figure 5.

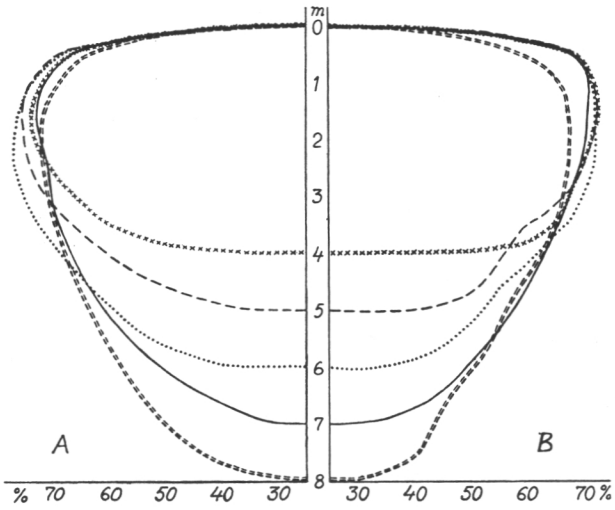
Kuva 9, jonka perusviivana on puiden pituus metreissä eikä ikä, kuten edellisissä tapauksissa, osoittaa, että latvuksen ja oksien rakenne vaihtelee männyllä ja koivulla odottamattoman vähän kysymyksen ollessa eri tiheysryhmistä ja latvusluokista. 13 metrin pituuteen saakka sivuoksien ja leh-

Taulukko 2. Sivuoksat + lehvistö 1 metrin pituisten rungon osien elävien oksien koko painosta %.

Table 2. The percentage of sidebranches + foliage of the total weight of 1 m. long parts of the stem.

Koepuita, kpl *No. of sample trees*	1 m:n osat latvasta lukien *1 m. long stem parts from the top* 1	2	3	4	5	6	7	8
Mänty, 1. latvuskerros *Pine, 1st crown class*								
10	65	72	72	69	66	61	55	45
17	68	72	70	70	63	57	43	
16	69	76	77	73	65	53		
10	70	76	74	66	52			
6	68	74	70	59				
1	71	58	38					
Mänty, 2. latvuskerros *Pine, 2nd crown class*								
1	70	74	75	73	65	67	36	
4	74	77	77	72	63	54		
11	74	76	74	67	56			
8	75	76	70	55				
2	76	79	61					
Mänty, 3. ja 4. latvuskerros *Pine, 3rd and 4th crown class*								
2	80	77	72	69	59	57	51	
1	75	80	77	71	59	48		
6	76	77	72	66	49			
10	76	76	67	54				
19	73	71	59					
13	68	64						

Koepuita, kpl *No. of sample trees*	1 m:n osat latvasta lukien *1 m. long stem parts from the top* 1	2	3	4	5	6	7	8
Koivu, 1. latvuskerros *Birch, 1st crown class*								
4	60	68	68	66	60	55	46	42
6	69	71	70	65	61	53	44	
6	69	72	72	67	56	47		
8	69	72	70	60	59			
4	69	73	70	66				
Koivu, 2. latvuskerros *Birch, 2nd crown class*								
2	74	74	66	63	39	50	37	
3	73	69	64	58	56			
3	68	70	72	55				
1	57	67	59	56				
Koivu, 3. ja 4. latvuskerros *Birch, 3rd and 4th crown class*								
1	68	71	72	73	49	60	67	72
1	51	76	59	59	55	55	50	
2	71	66	66	59	49			
6	67	66	64	51				
10	69	71	60					
4	70	60						



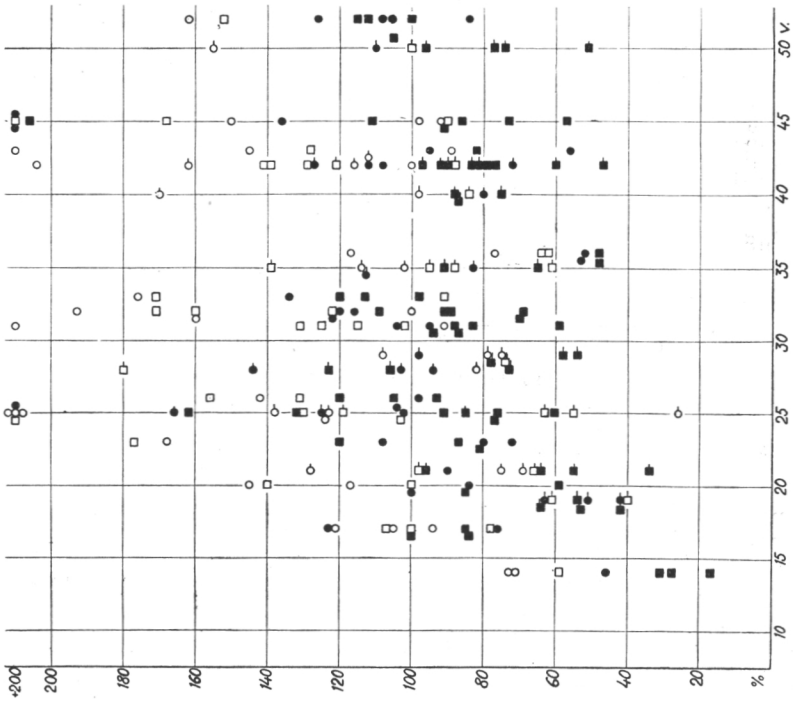
Kuva 10. Sivuoksat + lehvistö % elävien oksien painosta latvuksen eri osissa vallitsevan latvuskerroksen puissa. A = mänty, B = koivu.
Fig. 10. Side branches plus foliage, percentage of the weight of the live branches in the different parts of the crown in the trees of the dominant crown layer. A = Scots pine, B = Birch.

vistön paino on keskimäärin 70 %. Tästä taitekohdasta ko. luku alenee verraten huomattavasti.

Taulukko 2 sekä siihen liittyvä kuva 10 osoittavat, että latvuksen ylimmän osan oksien rakenne on myös odottamattoman samanlainen, olipa kysymys männystä tai koivusta taikka eri latvuskerrosten puista. Saatu tulos on yleensä 75 % männyllä ja 70 koivulla. Kuta pitempi latvus, sitä pitempi on myös se latvuksen keski- ja alaosa, jossa sadannes hiljakseen laskee. Lyhytlatvuksisissa puissa ei tällaista alenemista ehdi sanottavasti esiintyä. Edellisissä siis latvuksen alaoksien asteittainen surkastuminen on selvästi todettavissa.

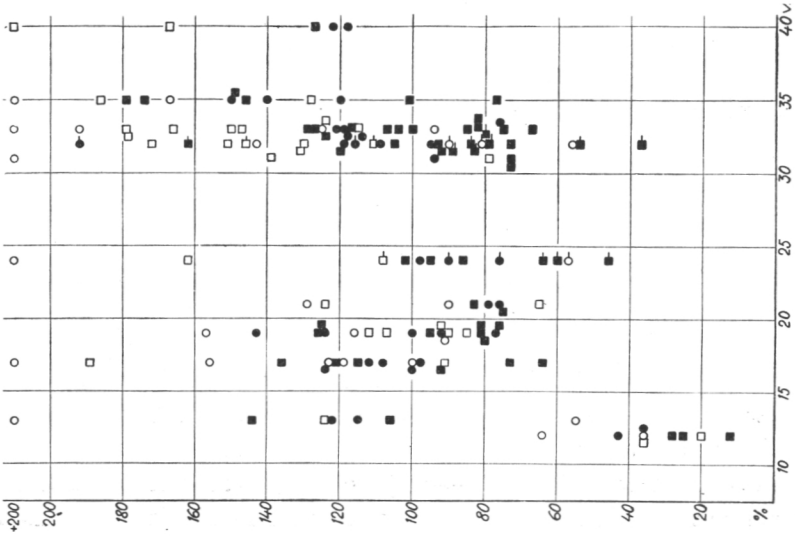
Kuolleet ja elävät oksat

Käytettävissä oleva aineisto antaa mahdollisuuden tarkastaa kuolleiden ja elävien oksien välistä suhdetta usealta kannalta. Olennaisimpina voidaan pitää oksien lukumäärää, niiden tyviläpimittoja ja ns. oksa-alaa. Kuten edellä on mainittu, on kuolleet oksat punnittu erikseen. Olisi näin ollen ollut mahdollista tehdä samanlainen tarkastelu myös kuolleiden ja elävien oksien painojen kesken. Kun tulokset, kuolleiden oksien vaihtelevan pituuden ja lahoisuusasteen vuoksi ovat kovin sattumanvaraisia, on tällainen käsittely sivuutettu. Mainittakoon kuitenkin, että kuolleiden oksien paino puun rungon painosta on tavallisimmin männyllä ollut 3—8 %. Koivulla luku on samassakin metsikössä tavallisesti huomattavasti pienempi kuin männyllä, verraten usein 0—2 %.



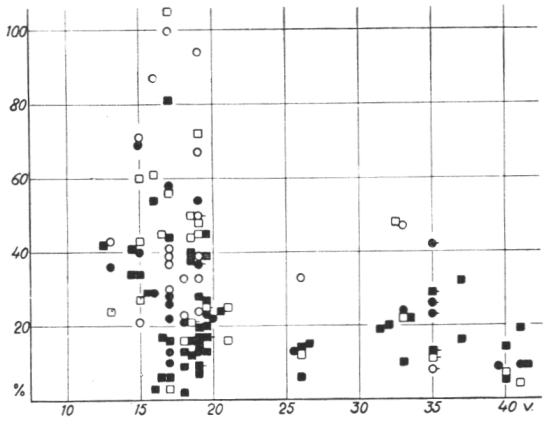
Kuva 11. Kuolleiden oksien luvun sadannes elävien oksien luvusta. *Mänty CT ja VT.*

Fig. 11. Percentage of the number of dead branches compared with live. Scots pine, CT and VT.



Kuva 12. Kuolleiden oksien luvun sadannes elävien oksien luvusta. *Mänty MT ja OMT.*

Fig. 12. Percentage of the number of dead branches compared with live. Scots pine, MT and OMT.



Kuva 13. Kuolleiden oksien luvun sadannes elävien oksien luvusta. *Koivu, MT ja OMT.*
Fig. 13. Percentage of the number of dead branches compared with live. Birch, MT and OMT.

Lukumäärä

Kuvat 11 ja 12 havainnollistavat kuolleiden oksien sadannesta CT:n ja VT:n sekä MT:n ja OMT:n männiköissä. Niistä käy päätteleminen, että kaikkien näiden metsätyyppien kahden vallitsevan latvuskerroksen mäntyjen rungolla olevien kuolleiden oksien luku on suurin piirtein sama kuin elävien. 3:nnen ja 4:nnen latvuskerroksen puissa kuolleiden oksien vastaava osuus on huomattavasti suurempi, yleispiirtein ottaen keskimäärin n. 140 %. Tämä osoittaa männyn kuolleiden oksien suhteellisesti heikkoa karsiutumiskykyä niissä puissa, jotka ovat vallitsevien puiden suojassa. Samaan viittaa myös aliharvoille metsiköille saatu tulos: niissä kuolleita oksia on rungolla jäljellä suhteellisesti vähemmän kuin tiheämmissä metsiköissä (vrt. kuva 1).

Verrattaessa näitä kuvia koivua koskevaan vastaavaan kuvaan 13 tullaan varsin mielenkiintoisiin havaintoihin. Ensinnäkin on koivulla suhteellisesti paljon vähemmän kuolleita oksia kuin männyllä, nuorella iällä n. 30 % ja 40 vuoden iällä vain n. 10 % elävien oksien luvusta. Tämänkin puulajin alempien latvuskerrosten puut karsiutuvat myös suhteellisesti vaikeammin kuin vallitsevien. Vähäisen aineiston vuoksi on tiheyden vaikutuksen selville saaminen koivun osalta epävarmaa. Nuorissa metsiköissä näyttää kuitenkin todennäköiseltä sama suunta kuin männiköissä, ts. harvahkon metsikön puut karsiutuvat suhteellisesti helpommin kuin normaali- ja ylitiheiden.

Läpimitta

Taulukossa 3 on yhdistelmä, joka osoittaa kuolleiden ja elävien oksien keskimääräisten läpimittojen suhdetta samoissa puissa ja eri latvuskerroksissa.

Taulukosta 3 käy päätteleminen, että männyllä kuolleet oksat ovat yleensä — paria poikkeusta lukuunottamatta — keskimäärin ohuemmat kuin elävät. Eri latvuskerrosten suhteessa ei ole yleistä eroa. Kuolleiden oksien läpimitta on keskimäärin 75—85 % elävien oksien läpimitasta. Eri metsätyyppienkään kesken ei ainakaan näin pienen aineiston perusteella voida todeta olennaisia eroavaisuuksia.

Taulukko 3. Kuolleiden ja elävien oksien keskiläpimitat ja edellisten sadannes jälkimmäisistä.

Table 3. Mean diameters of dead and live branches and the percentage of former from later.

Latvuskerros 1 *Crown class 1*			Latvuskerros 2 *Crown class 2*			Latvuskerros 3 *Crown class 3*			Latvuskerros 4 *Crown class 4*		
Puita, kpl *No. of trees*	Oksien keskiläpimitta, cm *Mean diameter of branches, cm*		Puita, kpl *No. of trees*	Oksien keskiläpimitta, cm *Mean diameter of branches, cm*		Puita, kpl *No. of trees*	Oksien keskiläpimitta, cm *Mean diameter of branches, cm*		Puita, kpl *No. of trees*	Oksien keskiläpimitta, cm *Mean diameter of branches, cm*	
	kuolleet *dead*	elävät *live*		kuolleet *dead*	elävät *live*		kuolleet *dead*	elävät *live*		kuolleet *dead*	elävät *live*
Mänty, CT — *Pine, CT*											
14	0.94	1.10	8	0.54	0.79	8	0.49	0.65	12	0.33	0.43
%	86		%	68		%	75		%	77	
Mänty, VT — *Pine, VT*											
41	0.96	1.16	26	0.68	0.78	25	0.52	0.62	29	0.36	0.38
%	83		%	87		%	84		%	95	
Mänty, MT — *Pine, MT*											
35	1.13	1.24	15	0.80	0.94	20	0.67	0.66	14	0.45	0.42
%	91		%	85		%	102		%	107	
Mänty, OMT — *Pine, OMT*											
8	1.01	1.42	6	0.73	1.02	6	0.57	0.68	5	0.32	0.48
%	71		%	72		%	84		%	67	
Koivu, VT — *Birch, VT*											
12	0.89	0.75	6	0.75	0.57	8	0.51	0.47	6	0.27	0.40
%	119		%	132		%	109		%	68	
Koivu, MT — *Birch, MT*											
13	0.69	0.73	4	0.45	0.47	10	0.25	0.45	6	0.19	0.29
%	95		%	96		%	56		%	66	
Koivu, OMT — *Birch, OMT*											
22	0.62	0.62	10	0.48	0.51	11	0.30	0.36	12	0.21	0.26
%	100		%	91		%	83		%	81	

Koivu eroaa männystä siinä, että sen kahden vallitsevan latvuskerroksen puissa kuolleet oksat ovat jotakuinkin yhtä vahvat tai vahvemmat kuin elävät. Tämä johtunee koivun kuolleiden oksien herkemmästä karsiutumisesta; kauimmin pysyvät rungossa suhteellisesti vahvimmat oksat. Alemmissa latvuskerroksissa, joissa mekaaniset syyt — lumen, tuulen ja naapuripuiden vaikutus — oksien karsiutumiseen ovat heikommat, suhteellisen ohuetkin oksat jäävät runkoon.

Oksa-ala

Puun rungon ja sen eri osien oksaisuuden määrittämiseen on käytetty ns. oksa-alasadannesta, ts. oksien tyviläpimitta-alojen summan osuutta vastaavasta rungon vaipasta. Tätä tunnusta ovat käyttäneet myös Kinnman (1927) ja Klem (1934 ja 1945). Ruotsinkylän kokeilualueesta

Taulukko 4. Oksa-ala Ruotsinkylän kokeilualueen koealojen puissa.
Table 4. Basal cross section area of the branches in the trees of Ruotsinkylä experimental area.

Koeala n:o *Sample plot no.*	Puuluokka *Tree class*	Elävät — *Live* oksat — *branches* kpl *no.*	keskimäär. läpileikk. ala, cm² *mean cross section area, cm²*	Kuolleet — *Dead* oksat — *branches* kpl *no.*	keskimäär. läpileikk. ala, cm² *mean cross section area, cm²*	Oksien läpileikkausala % rungon vaipasta *Cross section area of branches, % of surface of stem* elävät *live*	kuolleet *dead*	yht. *total*
	Mänty, VT, 30—35 v. — *Pine, VT, 30—35 years*							
1	Susipuu — *Wolf tree* ...	71	1.4	34	0.8	0.62	0.17	0.79
	Päävaltapuu — *Dominant tree*	57	0.8	73	0.5	0.32	0.28	0.60
	Lisävaltapuu — *Codominant tree*	33	0.5	52	0.2	0.23	0.20	0.43
	Välipuu — *Intermediate*	35	0.2	54	0.1	0.18	0.25	0.39
	Mänty, MT, 45 v. — *Pine, MT, 45 years*							
2	Susipuu — *Wolf tree* ...	76	5.2	78	7.1	0.59	0.83	1.42
	Päävaltapuu — *Dominant tree*	75	2.3	84	1.6	0.24	0.21	0.45
	Lisävaltapuu — *Codominant tree*	64	1.4	77	1.3	0.23	0.26	0.49
	Välipuu — *Intermediate*	57	0.7	70	1.0	0.12	0.22	0.34
	Koivu, MT, 30 v. — *Birch, MT, 30 years*							
3	Susipuu — *Wolf tree* ...	57	3.3	52	2.1	0.48	0.27	0.75
	Päävaltapuu — *Dominant tree*	92	0.8	57	0.5	0.25	0.10	0.35
	Lisävaltapuu — *Codominant tree*	52	0.6	58	0.8	0.17	0.23	0.40
	Välipuu — *Intermediate*	43	0.4	66	0.5	0.12	0.23	0.35

syksyllä 1950 otetusta kolmesta koealasta ovat päätulokset taulukossa 4. Sen perustana olevat absoluuttiset oksa- ja vaippa-alat on laskettu kuorettomasta puusta.

Koealoista mainitaan seuraavat tiedot:

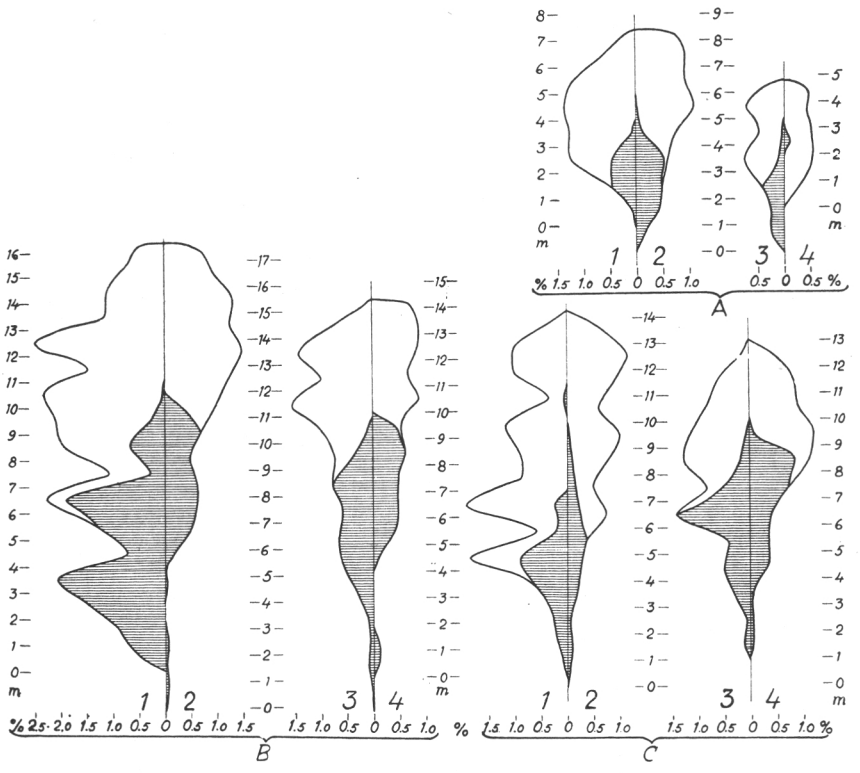
N:o 1. Puhdas männikkö, VT, 30—35 v., tiheys 0.8, valtapituus 8 m, harventamaton.

N:o 2. Männikkö, jossa sekapuuna (20 %) kuusta, MT, 45 v., tiheys 0.8, valtapituus 15 m, lievästi harvennettu.

N:o 3. Koivikko, jossa aluspuina (20 %) kuusta, MT, 30 v., tiheys 0.9. Lievästi harvennettu.

Kaikki koepuut edustavat latvuskerroksensa mahdollisimman normaalilatvaisia puita.

Taulukosta 4 näkyy, että erikoiskoealojen puissa oksa-ala vaihtelee 0.34—1.42 % riippuen puulajista ja latvuskerroksesta. Koivun tulokset ovat jonkinverran pienemmät kuin männyn. Kuolleiden ja elävien oksien alan suhteeseen palataan edempänä. Kuva 14 havainnollistaa elävien ja

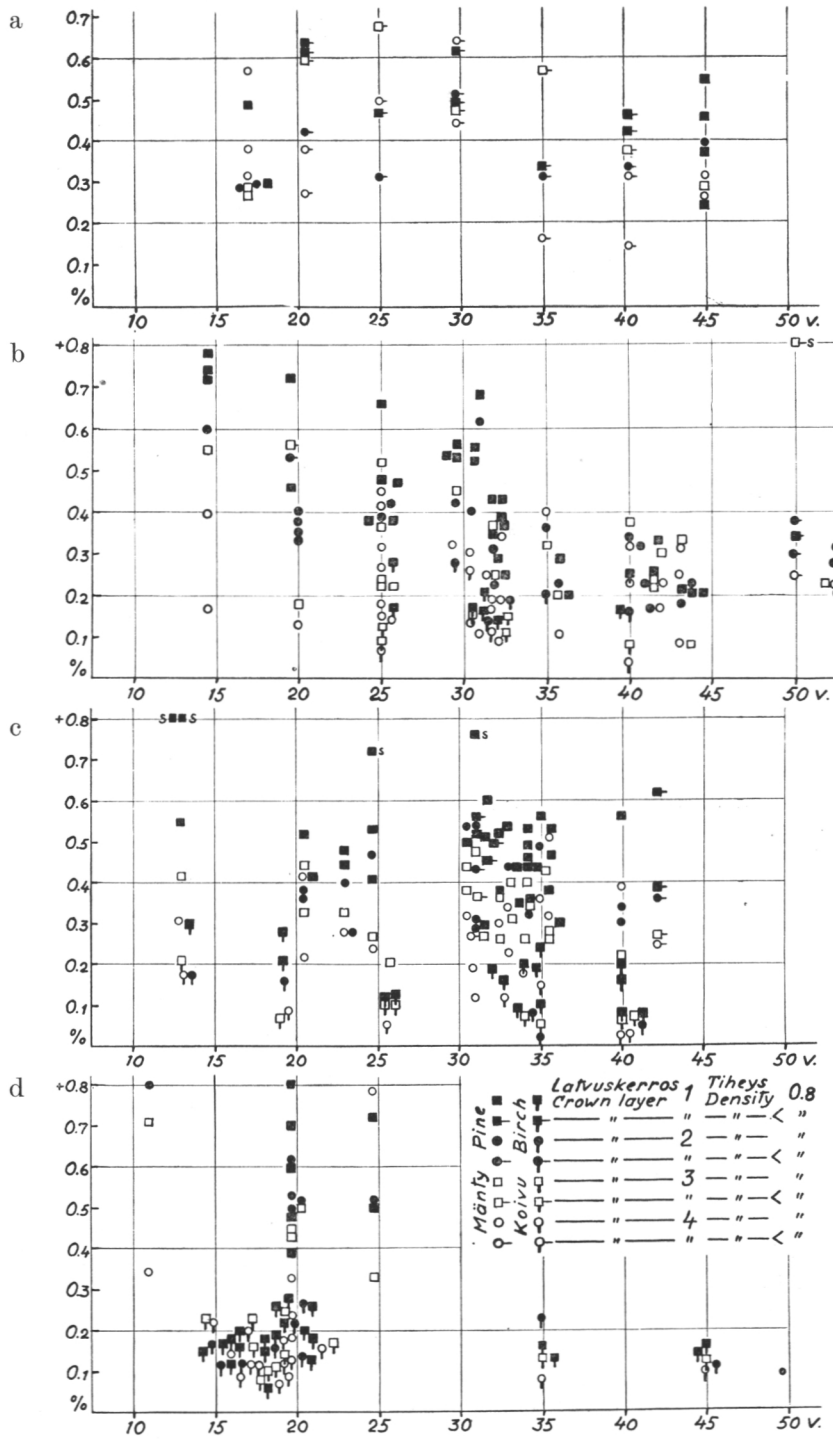


Kuva 14. Elävien ja kuolleiden (viivattu) oksien oksa-ala % vastaavan rungon osan vaipasta. A = n. 30 v. vanha mänty, VT; B = 45 v. mänty, MT; C = 30 v. koivu, MT. 1—4 = 1—4 latvuskerros.

Fig. 14. The branch area of live and dead branches as a percentage of stem cylinder. A = Scots pine, 30 years, VT; B = Scots pine, 45 years, MT; C = birch, 30 years, MT.

kuolleiden oksien sekä niiden summan sadanneksia latvuksen eri osissa. Sen avulla käy vertaileminen keskenään myös latvuksen kokonaisrakennetta. Kuten odotettavaa on, oksa-ala on suurimmillaan latvuksen keskiosissa.

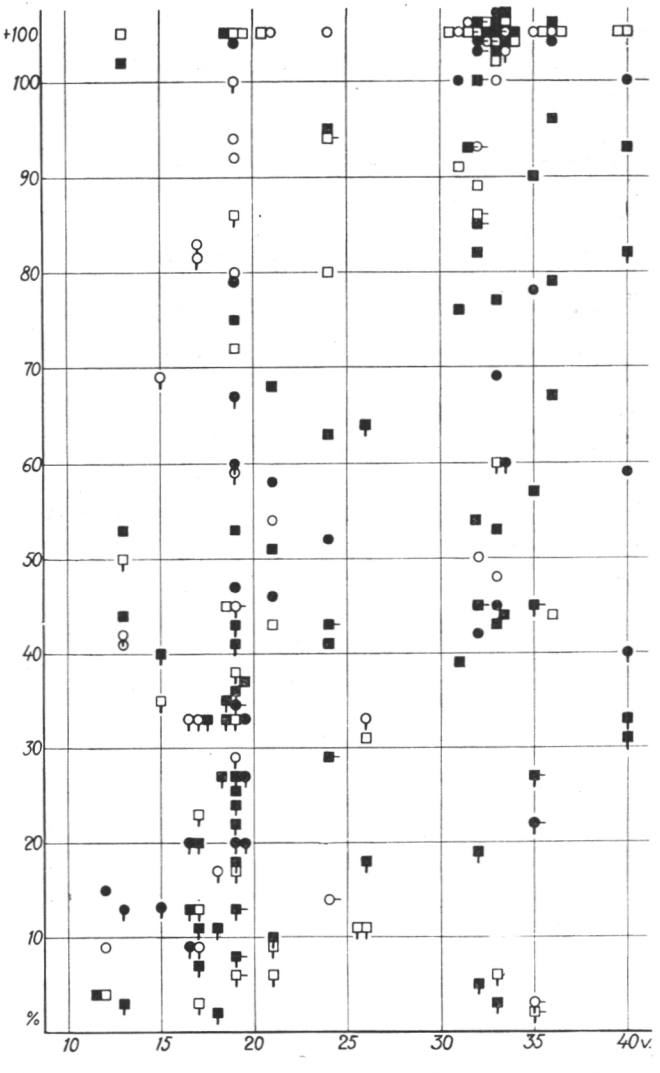
Kuvan 15 piirrokset valaisevat elävien ja kuolleiden oksien alan yhteistä sadannesta puun koko rungon vaipasta eri metsätyypeissä. VT:n, MT:n ja OMT:n piirrokset koskevat sekä mäntyä että koivua, CT:n vain mäntyä. Edelliset osoittavat, että mänty ja koivu muodostavat selvästi omat sarjansa: edellisen oksa-ala on yleensä huomattavasti suurempi kuin jälkimmäisen. CT:n männyn oksa-ala on keskimäärin n. 0.4 %, MT:n hiukan yli sen ja OMT:n 0.6:n vaiheilla. VT:n männyn vastaava luku on aluksi n. 0.6 ja 40—50 vuoden iällä hiukan yli 0.2 %. Tämän metsätyypin piirros valaisee selvimmin ko. luvun alenemista iän lisääntyessä. Pienempi tiheys on korottanut männyn oksaisuutta selvimmin CT:ssä, osin myös MT:ssä. Koivun oksasadannes on yleensä aluksi 0.2:n vaiheilla, mutta laskee usein jo 30 vuoden iällä sen alapuolelle, myöhemmin jopa 0.1:een.



Kuva 15 a, b, c ja d. Oksa-ala % puun rungon vaipasta. a = *Mänty, CT*, b = *Mänty ja koivu VT*, c = *Mänty ja koivu MT*, d = *Mänty ja koivu OMT.*
Fig. 15 a, b, c and d. Branch area as a percentage of the mantle of the tree stem. a = Scots pine, CT, b = Scots pine and birch, VT, c = Scots pine and birch, MT, *d = Scots pine and birch, OMT.*

Eri latvuskerrosten puissa ei tämän verraten ison aineiston perusteella huomaa säännönmukaista eroa.

Kuolleiden ja elävien oksien oksa-alan suhteeseen koivun kuolleiden oksien pieni lukumäärä vaikuttaa eroa lisäävästi, sen vallitsevien puiden kuivien oksien suhteellinen paksuus taas tasoittavasti. Kuva 16 osoittaakin ko. sadanneksen hajaantuvan paljon laajemmalle alalle kuin oksien lukumäärää vastaavan sadanneksen (vert. kuva 13) ja männyn ja koivun ryhmittymisen jäävän rajoiltaan epäselvemmäksi. Jos rohjettaisiin mainita jonkinlaisia likimääräisiä keskilukuja tästä suhteesta, liikkuisivat ne männyllä 60—100 välillä, koivulla 10—40 välillä. Piirrokset eivät tässäkään suhteessa osoita mitään varmaa eroa eri latvuskerrosten kesken.



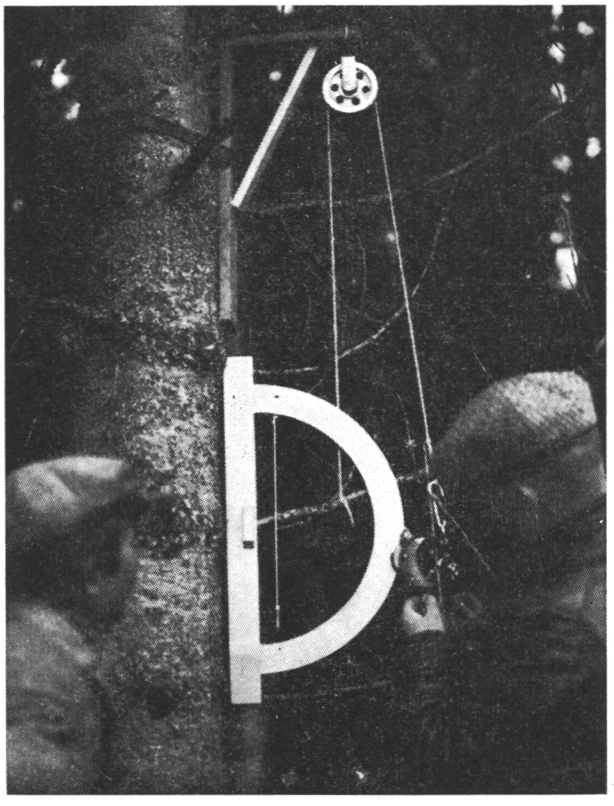
Kuva 16. Kuolleiden oksien oksa-ala % elävien oksien oksa-alasta. *Mänty ja koivu, MT ja OMT.*

Fig. 16. Branch area of dead branches as a percentage of that of the live. Scots pine and birch, MT and OMT.

Tässä yhteydessä on syytä viitata K l e m i n (1934, 1945) tutkimuksiin, jotka koskevat paperiteollisuuteen käytettävien kuusitukkien oksaisuutta. Ko. oksa-% hänen aineistossaan vaihteli useimmiten 0.10—1.40, riippuen etenkin siitä, mistä osasta runkoa tukki oli otettu sekä puun kapenemisesta.

Oksien murtumislujuus

Oksien luontaisen karsiutumisen edellytyksenä on yleensä kuolleen oksan saavuttama tietty lahoisuusaste. Kuolleiden, mutta vielä tuoreiden oksien



Kuva 17. Oksan vetolujuuden määrittäminen. Veto ylöspäin.
Fig. 17. Determination of the tensile strength of a branch. Upward pull.

karsiutumista sattuu harvoin ja silloinkin on tavallisesti kysymyksessä oksan murtuminen ja pitemmän tai lyhemmän oksan tyngän jääminen runkoon. Laho oksa taas irtautuu puusta tavallisesti jotakuinkin runkomyötäisesti tai puolittain rungon pinnan sisäpuolelta. Kuta täydellisemmin lahonnut oksa on säilyttänyt alkuperäisen muotonsa ja kokonsa, sitä alttiimpi se on karsiutumiselle oman painonsa ja siihen vaikuttavien mekaanisten syiden, kuten tuulen, lumen ja naapuripuiden koskettuksen vuoksi.

Jonkinlaista valaistusta eri puulajien oksien karsiutumisen suhteelliseen herkkyyteen voidaan saada vertaamalla niiden lujuutta taivutusjännityksessä. Tällaisia selvittelyjä on tämän tutkimuksen yhteydessä suoritettu. Laskelmissa on käytetty kaavaa

$$\frac{4 \cdot l \cdot P}{\pi \cdot r^3} \cdot \cos \varphi,$$

jossa l = vetokohdan etäisyys murtumakohdasta, P = voima, φ = oksan loppuasennon ja vaakasuoran asennon välinen kulma ja r = oksan poikkileikkauksen säde murtumakohdassa. Kun voima on otettu kilogrammoina ja pituusmitat senttimetreinä, ovat saadut tulokset kg/cm^2. Veto suoritettiin aina 20 cm:n päässä rungosta, oksan yläreunaa pitkin mitattuna. Voiman mittaamiseen käytettiin erisuuruisia jousivaakoja, oksan lujuudesta riippuen. Suurin kuormitus on ollut 90 kg. Kuva 17 antaa käsityksen työn suorituksesta. Selvitettäessä oksan taivutuslujuutta alaspäin vedettäessä, kuten useimmiten tehtiin, oksan yläpuolella olevaa pyörää ei tarvittu.

Taulukko 5. Oksien keskimääräinen taivutuslujuus kg/cm².

Table 5. Average resistance to static bending of branches kg/cm².

Puulaji *Tree species*	Oksaluokka — *Branch class*								
	I			II			III		
	oksia, kpl *no. of branch.*	kg/cm²		oksia, kpl *no. of branch.*	kg/cm²		oksia, kpl *no. of branch.*	kg/cm²	
		keski-arvo *mean*	raja-arvot *limits*		keski-arvo *mean*	raja-arvot *limits*		keski-arvo *mean*	raja-arvot *limits*
Mänty — *Pine* ..	39	669	80—1 477	119	334	28—1 315	72	82	2—340
Koivu — *Birch* ..	7	661	467— 830	125	370	52—1 385	39	171	6—435
Kuusi — *Spruce*	58	1 810	390—5 128	57	707	25—2 306	5	240	211—344
Tervaleppä — *Black alder* ...	4	223	322— 594	11	136	46— 205	5	74	45—181
Haapa — *Aspen*	4	434	26— 689	49	340	85—1 159	—	—	—
Lehtikuusi - *Larch*	1	(441)	—	22	234	98— 560	—	—	—
Sembramänty — *Stone pine*	4	570	172— 986	—	—	—	—	—	—

Mittauksia on tehty vain kuolleista oksista. Ne on luokitettu seuraavasti: I. Hiljattain kuollut kova oksa. II. Oksassa hiukan lahoa. III. Oksassa lahoa runsaasti. Oksan merkitseminen luokkaansa tapahtui vasta sen murtumisen jälkeen, jolloin lahoisuuden määrittäminen oli helpointa.

Tutkittuja oksia on kaikkiaan 621 kpl, joista männyn 230, koivun 171, kuusen 120, haavan 53, tervalepän 20, lehtikuusen 23 ja sembramännyn 4.

On ilmeistä, että hajanto tällaiseen aineistoon perustuvissa tutkimuksissa on suuri. Tästä syystä on taulukkoon 5 otettu kullekin puulajille keskimääräiset luvut ja ääriarvot kussakin edellä mainitussa oksaluokassa. Alkuperäiset tulokset, jotka on laskettu erikseen alas- ja ylösvedolla sekä kolmelle oksavahvuudelle, on näin ollen yhdistetty.

Jos tarkastetaan hiukan lahojen oksien luokkaa (II), jossa aineisto on runsain, järjestyvät tutkitut puulajit oksiensa murtumislujuuden mukaan seuraavasti: kuusi 707, koivu 370, haapa 340, mänty 334, lehtikuusi 234 ja tervaleppä 136. Sama on järjestys kuusen, koivun, männyn ja tervalepän kesken, jos tarkastetaan lahojen oksien vastaavia lukuja, jotka ovat 240, 171, 82 ja 74.

Vertaillessa edellä olevia lukusarjoja näyttää männyn ja koivun sijajärjestys odottamattomalta ja vaikeasti soveltuvalta useihin edellä saatuihin tuloksiin. Koivun asettuminen männyn edelle oksaluokissa II ja III voi tässä tapauksessa johtua ainakin osittain siitä, että mittaukset on suoritettu syksyllä sateisen ja kostean sään vallitessa. Tämä on voinut sitkistyttää kosteusvaihteluille läpikotaisin herkkää koivun oksaa suhteellisesti enemmän kuin vastaavaan luokkaan luettua männyn oksaa, jonka tervaksiseen sydänosaan säiden vaihtelut eivät vaikuta. Todennäköistä sitä paitsi on, että koivun oksien suhteellisen herkkä karsiutuminen johtuukin pääasiassa oksien suhteellisen nopeasta lahoamisesta. Ts. sen oksa muuttuu

paljon pikemmin kuin vaikeasti lahova männyn oksa sellaiseksi, ettei se pysy rungossa kiinni. Tällä asteella olevia oksia ei tutkimusaineistoon sisälly.

Elävä latvus, vain kuolleita oksia käsittävä runko ja täysin karsiutunut tyviosa

Puiden oksikkuudesta ja rungon oksaisuudesta saa yleiskuvan tarkkaamalla puun rungon jakautumista otsikossa mainittuihin osiin. Tällöin on ylimmän ja keskimmäisen osan rajaksi otettu alimman elävän oksan kohta ja toisen ja kolmannen osan rajaksi alin ulkoneva kuollut oksa.

Suurin merkitys tällä kysymyksellä on tietenkin tasaikäisen metsikön vallitsevan latvuskerroksen puissa, joista mm. peruspuusto valitaan. Seuraavassa onkin kiinnitetty huomiota pääasiallisesti tällaisiin puihin. Kuvissa 18—20 jokainen merkki edustaa männikön kahden valtapuun keskiarvoa. Kuten piirroksista nähdään, on niissä sekä eri metsätyyppien että kahden tiheysasteen metsikköjen puita. Niissä olevat viivat vastaavat piirroksen kaikkien puiden likimääräistä keskiarvoa. Kuva 21 havainnollistaa männyn ja koivun jakautumista ko. kolmeen osaan. Koivua koskeva aineisto on sellaisista metsiköistä, joissa tätä puulajia on vähemmän kuin 80 % puiden luvusta.

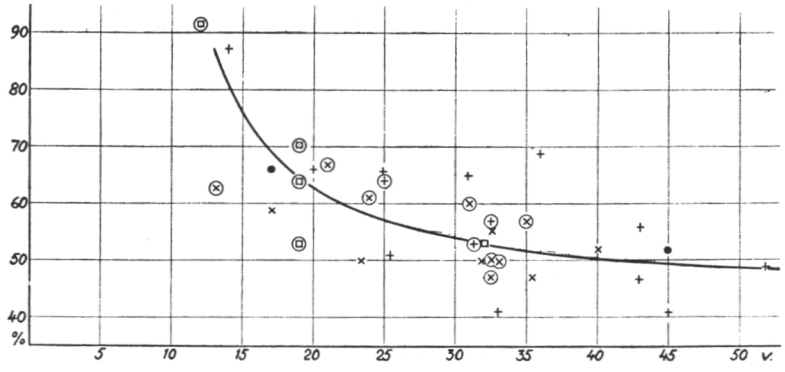
Piirroksien avulla voidaan päätellä seuraavaa:

Eri metsätyyppien samanikäisten mäntyjen kesken ei ole olennaista eroa. Nuorella iällä näyttävät kuitenkin CT:n puut olevan jonkinverran pitempilatvuksisia kuin toisten metsätyyppien. Tämä onkin odotettavissa, kun näiden mäntyjen pituuskasvu ja latvuksen alaoksien kuoleminen on suhteellisesti hitaampaa kuin paremmissa metsätyypeissä. Heikompien metsätyyppien puuttuminen koivua koskevista piirroksista on otettava huomioon myös mäntyä ja koivua keskenään vertailtaessa. Käyttökelpoisempi yleiskuva nyt kysymyksessä olevista suhteista saadaankin järjestämällä vertailu puiden pituus- eikä ikäluokittain. Tätä koskevia piirroksia onkin tehty. Niiden julkaisemiseen ei kuitenkaan ole ollut mahdollisuutta.

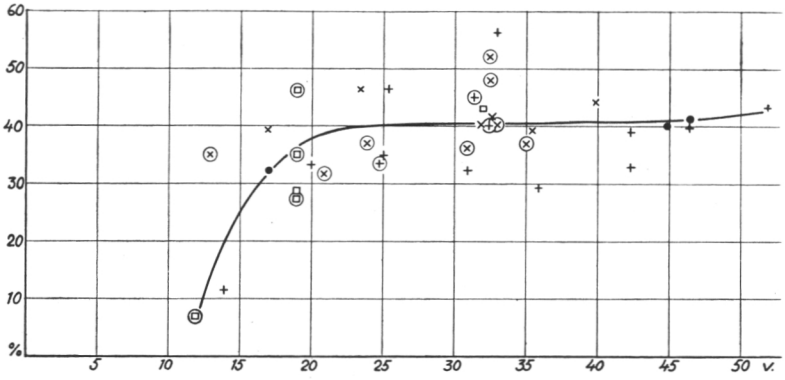
Yleiseroa ei ole havaittavissa myöskään puhtaissa ja sekametsiköissä kasvaneiden mäntyjen kesken.

Männyn elävä latvus on 15 vuoden ikävaiheessa keskimäärin n. 75 % rungon pituudesta. Siitä se 50 vuoden ikään laskee n. 45 %:een, aluksi jyrkästi, 20 vuoden iältä heikosti. Kuolleita oksia käsittävä rungon osa on keskimäärin 40 %, 15 vuoden iällä vain n. 25 %. Oksista täysin puhdistunut tyvikappale on aluksi ainoastaan pari sadannesta, 50 vuoden iällä n. 14.

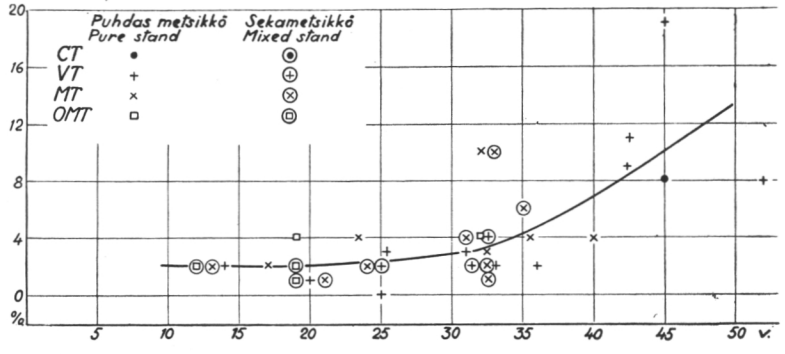
Koivulla vastaavat luvut eroavat edellisistä siinä, että sen elävä latvus lyhenee iän lisääntyessä jo 15 vuoden iästä jotakuinkin suoraviivaisesti ja



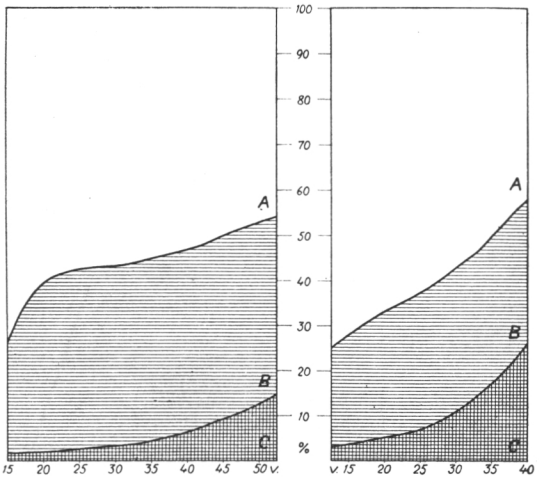
Kuva 18. Elävän latvuksen pituus % rungosta. *Mänty.*
Fig. 18. Length of the live crown as percentage of the stem. Scots pine.



Kuva 19. Vain kuolleita oksia käsittävä rungon osa % rungosta. *Mänty.*
Fig. 19. Part of stem comprising dead branches only as a percentage of total stem. Scots pine.



Kuva 20. Täysin karsiutunut tyviosa % rungosta *Mänty.*
Fig. 20. Completely self pruned basel part as a percentage of total stem. Scots pine.



Kuva 21. Männyn rungon jakautuminen (vasemmalla). A = elävä latvus, B = kuivia oksia käsittävä rungon osa, C = täysin karsiutunut osa. Koivun rungon jakautuminen (oikealla).
Fig. 21. Distribution of Scots pine stem (left). A = live crown, B = stem comprising dead branches only, C = completely pruned basel part. Distribution of birch stem (right).

nopeammin kuin männyllä. Karsiutunut tyviosa on koivulla myös suhteellisesti pitempi, 40 vuoden kohdalla n. 27 %, kun se männyllä on vain 7 %. Tästä johtuen jää myös kuolleita oksia käsittävä rungon osa koivulla huomattavasti lyhemmäksi.

Nyt saatuja tuloksia on männyn osalta mahdollisuus verrata Suomessa aiemmin saatuihin vastaaviin tuloksiin. Lapin harvoissa vanhoissa männiköissä elävän latvuksen osuus puun rungon pituudesta vaihtelee Aaltosen (1919) tutkimuksien mukaan useimmiten 40—85 %, ollen enimmäkseen 60—80 %. Jotakuinkin yhtä vaihteleviin lukuihin on tullut myös Lakari (1920). Lönnroth (1925) on etelä-suomalaisten tasaikäisten luonnonnormaalien männiköiden kehitystä analysoidessaan kiinnittänyt huomiota myös elävän latvuksen alapuolella olevan rungon osuuteen eri metsätyyppien ja eri ikäluokkiin kuuluvien männiköiden puuluokkien puissa. Keskimäärin se on ollut $^2/_3$—$^4/_5$. Eri metsätyyppien kesken hän ei huomannut olevan merkityksellisempää eroa; vakionsa tämä osuus saavuttaa kuitenkin paremmassa metsätyypissä aiemmin kuin heikossa: MT:ssä ja VT:ssä noin 50 vuoden iällä, CT:ssä 100:n. Suurin se on 4 c-puissa: MT:ssä ja CT:ssä 79 % ja VT:ssä 82 %. 1 a- ja 1 b-puissa vastaavat luvut ovat 67 ja 70 %. Kuusen oksaisuutta on meillä käsitellyt Laitakari (1937), männyn, kuusen ja koivun latvuksen pituutta Sarvas (1944, 1946). Männyn oksien luontaisesta kuolemisesta ja karsiutumisesta on tehnyt tutkimuksia mm. Romell (1936), ja Mayer—Wegelin*in* teoksessa (1936) on asiaa käsitelty myös muiden puulajien osalta. Nämä selvittelyt kohdistuvat pääasiassa fysiologisanatomisiin seikkoihin, jotka tässä tutkimuksessa on kokonaan sivuutettu.

Yhdistelmä

Niistä seikoista, joilla tutkimuksessa on huomattu olevan vaikutusta puiden luontaiseen karsiutumiseen, otetaan seuraavassa käsiteltäviksi tärkeimmät.

Puulaji

Aineiston riittävyyden puolesta on luotettavimmat tiedot männystä ja koivusta.

Nuorien ja keski-ikäisten puiden luontaisen karsiutumisen lähtökohta, elävä latvus, on näillä puulajeilla sikäli samankaltainen, että sivuoksat + lehvistö painavat tuoreena molemmilla keskimäärin 75 % elävien oksien koko painosta (kuvat 9 ja 10). Puiden saavutettua n. 13 m:n pituuden tämä luku alkaa huomattavasti laskea. Rungon painosta koko elävän latvuksen paino on männyllä aluksi keskimäärin 40—60 %, myöhemmin 20 %, koivulla aluksi 50 %, myöhemmin 10 % (kuvat 5—8).

Oksa-ala, joka on kaikkien rungosta ulos pistävien oksien tyviläpileikkausalojen summan sadannes koko rungon vaipasta, on nuorella männyllä keskimäärin 0.6, koivulla alle 0.2 % (kuvat 15 a, b, c ja d). Keski-iällä vastaavat luvut ovat männyllä 0.3—0.4 ja koivulla 0.1. Kuolleiden oksien osalle tuoreiden oksien alasta tulee useimmiten männyllä 60—100 %, koivulla 0—40 % (kuva 16).

Samaa suuntaa viittovat myös ne luvut, jotka osoittavat kuolleiden oksien painon sadannesta puun rungon koko painosta. Jonkinlaisena keskimääränä männylle voidaan pitää 3—7 %, koivulle 1—2 %.

Edellinen tulos johtuu lähinnä siitä, että männyllä on lukumäärälleen suhteellisesti paljon enemmän kuolleita oksia kuin koivulla. Edellisen kuolleiden oksien luku on keskimäärin 100 % elävien oksien luvusta, koivulla taas nuorella iällä 30 % ja myöhemmin 10 % (kuvat 11, 12 ja 13). Kuolleiden oksien suhteellisen keskivahvuuden puolesta taas koivu menee männyn edelle. Männyn kuolleiden oksien keskiläpimitta on usein 75—85 % elävien oksien vastaavasta läpimitasta, koivun usein yli 100 % (taulukko 3). Tämä johtunee koivun oksien herkemmästä karsiutumisesta; jäljelle jäävät pääasiassa vain vahvat oksat.

Nyt suoritettujen oksien murtumislujuutta koskevien tutkimusten mukaan männyn ja koivun vastaavanlaiset oksat eivät sanottavasti eroa toisistaan kysymyksen ollessa kuolleista terveistä sekä hiukan lahoista oksista. Pitemmälle päässeen lahoasteen saavuttaneista oksista koivun oksat ovat olleet suhteellisesti kestävämpiä kuin männyn (taulukko 5). Tämä yllättävä tulos voi olla ainakin osaksi aiheutunut siitä, että määräykset on tehty oksien ollessa kosteita. Syynä koivun oksien suhteellisesti helpompaan karsiutumiseen voidaan pitää niiden nopeampaa lahoamista sille asteelle, jolloin ne eivät enää pysy kiinni puun rungossa.

Lopullisena tuloksena on todettu, että metsikön vallitsevissa puissa täysin karsiutunut rungon osa on koivulla — lukuunottamatta aivan nuorta ikävaihetta — suhteellisesti pitempi kuin männyllä, mm. 40 vuoden iällä hyvissä metsätyypeissä männyllä 7 % ja koivulla 27 %. Männyn elävä latvus on 15 vuoden iällä keskimäärin 75 % rungon pituudesta, 50 vuoden vaiheessa 45 %. Vain kuolleita oksia käsittävä osa on keskimäärin 40 %,

15 vuoden iällä ainoastaan 25 %. Koivulla elävä latvus lyhenee iän lisääntyessä nopeammin, joten sen ja täysin karsiutuneen tyviosan väliin jäävä kuolleita oksia käsittävä keskiosa pysyy jatkuvasti samansuuruisena eli keskimäärin 30 % käsittävänä. (Kuvat 18—21.)

Metsätyyppi

Selvimmin huomattava ero eri metsätyyppien kesken aiheutuu metsikön kehityksen hitaammuudesta heikommissa metsätyypeissä. Tämä kuvastuu elävän latvuksen painon suurempana osuutena rungon painosta etenkin nuoremmalla iällä (kuvat 5—8). Sitä vastoin ei ole — käytetyn pienen aineiston perusteella — todettu metsätyypin vaikutusta rungon jakautumisessa elävän latvuksen, vain kuivia oksia käsittävän ja täysin karsiutuneen tyviosan kesken (kuvat 18—20). Samaa voidaan sanoa myöskin oksa-alan ja metsätyypin välisestä suhteesta. Männyn karkeaoksaisuus ja oksien heikko karsiutuminen rehevillä kasvupaikoilla on kuitenkin ollut todettavissa eräissä koealoissa (kuva 2). Oksa-alan aleneminen iän mukana tulee männyllä selvimpänä esille VT:ssä (kuvat 15 a, b, c ja d).

Latvuskerros

Elävän latvuksen painosadannes rungon painosta on yleensä keskimäärää suurempi vain susiluontoisissa puissa, kuuluivatpa nämä vallitsevaan latvuskerrokseen tai alikasvokseen. Selvimmin tämä huomataan männyllä (kuvat 5—8 ja 10). Kuolleiden oksien luku tuoreiden luvusta on männyllä vallitsevissa latvuskerroksissa keskimäärin 100 %, mutta 3:nnessa ja 4:nnessä 140 % (kuvat 11 ja 12). Myös koivussa on samantapaista suuntausta osin olemassa, joskin epäselvänä (kuva 13). Tämäkin antaa viitteitä näiden puulajien erilaiseen karsiutumismahdollisuuteen sekä siihen, että alikasvoksen puut karsiutuvat — heikommista oksistaan huolimatta (taulukko 3) — suhteellisesti työläämmin kuin vallitsevien latvuskerrosten, ts. niissä karsiutumista edistävät mekaaniset syyt eivät pääse vaikuttamaan yhtä tehokkaasti kuin ylempien latvuskerrosten puissa.

Eri latvuskerroksien oksa-alasadanneksessa ei ole olennaista eroa, jos vertaillaan kaikkien puuluokkien keskiarvoja (kuvat 15 a—c). Jotakuinkin normaalien latvusmuotojen puista taas ensimmäisen latvuskerroksen puut ovat suhteellisesti oksaisempia kuin toisen ja tämän taas oksaisempia kuin kolmannen (taulukko 4, kuva 14).

Tiheys

Harvojen mäntymetsikköjen puiden suhteellisesti kookas latvus on havaittavissa etenkin CT:ssä, jossa elävän latvuksen painosadannes rungon painosta tällaisissa puissa on usein keskiarvon yläpuolella. Vastaavia ta-

pauksia on muista metsätyypeistä ja koivun kohdalta vaikea todeta (kuvat 5—8). Myös oksa-alaa pienempi tiheys on lisännyt CT:n ja osin myös MT:n männiköissä (kuvat 15 a ja c). Samaten on niissä suhteellisesti vähemmän kuolleita oksia eläviin verrattuna kuin tiheiden ja ylitiheiden metsikköjen puissa (kuvat 11—13). Tämä johtunee samoista syistä kuin ero eri latvuskerrosten kesken: ylitiheys vaikeuttaa kuivien oksien karsiutumista rungosta. Vapaampi tila hidastaa tietenkin myös alimpien oksien kuolemista.

Metsikkölaji

Metsikön puulajikoostumuksen vaikutusta puiden karsiutumiseen ei tutkimuksen yhteydessä ole saatu kiistattomasti esille. Tämä voidaan todeta mm. lopputuloksesta, rungon jakautumisesta vallitsevissa puissa elävän latvuksen, vain kuolleita oksia käsittävän rungon osan ja täysin karsiutuneen tyviosan kesken (kuvat 18—20). Oireita sekametsikön edullisuudesta luontaiseen karsiutumiseen on kuitenkin huomattu niissä julkaisemattomissa piirroksissa, jotka on järjestetty puiden pituuksia vastaavalle perusviivalle.

Harvennuksien toimittaminen

Tutkimukseen on käytetty useita sellaisia koealoja, joissa n. 5 vuotta sitten on toimitettu lievä harvennus (taulukko 1). Eräiden piirroksien avulla on voitu osoittaa näidenkin tunnettu vaikutus kuolleiden oksien karsiutumisen edistymiseen.

Sovellutuksia

Saadut tulokset antavat tukea seuraavien sovellutusten teolle.

1. Puiden luontaista karsiutumista ajatellen ei ole syytä pyrkiä ylitiheihin metsikköihin, sillä siten voidaan eräissä tapauksissa vaikeuttaa kuivien oksien karisemista. Parhaissa metsätyypeissä männyn laatupuun kasvatus ei myös onnistu ilman keinokarsimista, varsinkin jos metsikkö on perustettu istuttaen.

2. Taimistojen tasaukset ja raivaukset ovat kuolleiden oksien karsiutumisen kannalta edullisia kahdesta syystä: tällaisia oksia karisee hakkuiden yhteydessä ja lisäksi väljempi tila lisää luontaisen karsiutumisen edellytyksiä.

3. Ns. luonnonmukainen harvennus on edullisin myös sikäli, että vallitsevien latvuskerrosten parhaat puut, joita tässä menetelmässä suositaan, eivät ole vain metsikön elinvoimaisimpia ja kookkaimpia vaan myös usein suhteellisesti parhaiten kuolleista oksista karsiutuneita. Viimeksi mainittu tulee selvimmin esille verrattaessa eri latvuskerrosten puiden oksa-aloja.

4. Peruspuita valittaessa pääasiallinen huomio voidaan tässäkin mielessä kiinnittää ensimmäisen latvuskerroksen puihin, sillä nekään eivät

edellä mainittuun suhteelliseen oksaisuuteensa nähden ole yleensä epäedullisempia kuin toisen latvuskerroksen puut.

5. Koivun latvuksen säilyttämiseksi riittävän syvänä ja elinvoimaisena sekä sen luontaisen karsiutumisen edistämiseksi koivikossa on toimitettava aiemmin ja useammin harvennuksia kuin vastaavassa männikössä.

6. Puiden luontainen karsiutuminen ei missään oloissa takaa oksaisuutensa puolesta mahdollisimman edullisen rungon saantia. Siihen päästään vain keinokarsimisella. Männyn ja koivun karsimiskustannusten suhdetta arvioitaessa on otettava erityisesti huomioon edellisen puulajin kuivien oksien keskimäärin monin verroin suurempi oksa-ala.

Kirjallisuutta

Aaltonen, V. T. 1919. Kangasmetsien luontaisesta uudistumisesta Suomen Lapissa. Referat: Über die natürliche Verjüngung der Heidewälder im Finnischen Lappland. MTJ. 1.

Ilvessalo, Lauri, 1929. Puuluokitus ja harvennusasteikko. A treeclassification and thinning system. AFF. 34.

Kinnman, Guno, 1927. Uppskattning av kvistigheten. Skogen.

Klem, Gustav G. 1934. Undersøkelser av granvirkets kvalitet. Referat: Untersuchungen über die Qualität des Fichtenholzes. Meddelelser fra det Norske skogsforsøksvesen, n:o 17.

Klem, Gustav G.; Løschbrandt, Frithjof; Bade, Otto, 1945. Undersøkelser av granvirke i forbindelse med slipe- og sulfitkokeforsøk. Summary: Investigations of spruce wood in connection with mechanical wood pulp and sulphite pulp experimente. Meddelelser fra det Norske skogsforsøksvesen, n:o 31.

Laitakari, Erkki, 1937. Laatupuun kasvattamisesta. SF. 39.

Lakari, O. J. 1920. Tutkimuksia männyn muodosta. Referat: Untersuchungen über die Form der Kiefer. MTJ. 3.

Lönnroth, Erik, 1925. Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung gleichaltriger naturnormaler Kiefernbestände. AFF. 30.

Mayer—Wegelin, Hans, 1936. Ästung. Hannover.

Romell, Lars-Gunnar, 1937. Kvistrensning och övervallning hos okvistad och torrkvistad tall. Svenska skogsvårdsföreningens tidskrift.

Sarvas, R. 1944. Tukkipuun harsintojen vaikutus Etelä-Suomen yksityismetsiin. Referat: Einwirkung der Sägestammplenterungen auf die Privatwälder Südfinnlands. MTJ. 33.

—»— 1946. Huomioita kaivospuun ja paperipuun määrämittahakkuilla käsitellyistä metsiköistä. Summary: Notes on stands cut for pitprops and pulpwood to minimum diameter. MTJ. 33.

ON NATURAL PRUNING OF TREE STEMS

SUMMARY

The purpose of the investigation is to elucidate the numerous factors that jointly result in the natural pruning of a tree stem. The investigation deals primarily with the Scots pine *(Pinus silvestris)* and birch *(Betula verrucosa* and *B. pubescens)*, to a lesser extent with Norway spruce *(Picea excelsa)*, aspen *(Populus tremula)*, black alder *(Alnus glutinosa)*, Siberian larch *(Larix sibirica)* and stone pine *(Pinus cembra)*.

The material has been collected from Central and South Finland, from young and medium-aged, mainly even-aged stands. The sample plots, numbering 68, are distributed on different forest site types as follows: CT 7, VT 21, MT 25 and OMT 15 [1]) (Table 1). Fig. 1—3 illustrate the sample stands.

The sample trees have been treated as follows: the unpruned stem has been bucked into lengths of 1 metre from the butt upwards, the branches of each length counted and classified into 5 mm classes according to their butt diameter including bark, live and dead branches separately (Fig. 4), the former with foliage (the birches in full leaf). Immediately after this each stem length has been weighed, as have the branches pruned from it. In addition, for each of the above-mentioned branch classes of the 200 sample trees of 29 sample plots, the primary branches and side branches plus foliage have been weighed separately.

The results are given mostly in diagrams, with several groups of factors shown side by side.

An attempt has been made to obtain some preliminary knowledge of the relative capasity for natural pruning of the branches of different tree species by comparing their resistances to rupture when subjected to static bending. The formula employed in the calculations was:

$$\frac{4 \cdot l \cdot P}{\pi \cdot r^3} \cdot \cos \varphi,$$

where l = the distance of the point of pulling from the point of rupture, P = the force, φ = the angle between the final position of the branch and the horizontal position, and r = the radius of the cross section of the branch at the point of rupture. The pull was always made 20 cm from the stem, measured along the upper edge of the branch. Fig. 17 shows how the work was carried out. When the resistance of the branch to static bending downward was studied, as was mostly done, of course no wheel was required above the branch.

[1]) *Calluna* type (CT)
Vaccinium vitis-idaea type (VT)
Vaccinium myrtillus type (MT)
Oxalis—Vaccinium myrtillus type (OMT)

Such measurements were taken from dead branches only. They were classified as follows: I. Recently died hard branch, II. slight rot present in the branch, III. plenty of rot present in the branch. The branches studied totalled 621, including 230 Scots pine, 171 birch, 120 Norway spruce, 53 aspen, 20 black alder, 23 Siberian larch and 4 stone pine branches.

Summary of results

Among the factors found in the investigation to influence the natural pruning of trees, the most important will be discussed in the following.

Tree species

As regards the adequacy of the material, the most reliable information available is on Scots pine and birch.

The starting point of the natural pruning of young and medium-aged trees, the live crown, is similar with these tree species, insofar as the side branches plus foliage, in fresh condition, represent with both tree species an average of 75 % of the total weight of live branches (Fig. 9 and 10). After the trees have reached a height of approx. 13 m the figure begins to drop considerably. With Scots pine the weight of the whole live crown first averages 40—60 % of the weight of the stem, later 20 %; with birch it is initially 50 % and later on 10 % (Fig. 5—8).

The branch area, the percentage of the sum of the base section areas of all branches protruding from the stem compared with the total surface of the stem, with young Scots pine averages 0.6, with birch less than 0.2 % (Fig. 15 a, b, c, and d). At medium age the corresponding figures are, for Scots pine, 0.3—0.4, and for birch 0.1. Of branch area, of the live branches with Scots pine dead branches mostly account for 60—100 %, with birch 0—40 % (Fig. 16).

The same direction is indicated by the figures showing the percentage of the weight of dead branches compared with the total weight of the tree stem. 3—7 % may be considered an average for the Scots pine, 1—2 % for the birch.

The above result is primarily due to the fact that Scots pine has a relatively much larger number of dead branches than birch. The number of dead branches with the former averages 100 % of the number of live branches, while the figure for birch is 30 % at early age and 10 % later on (Fig. 11, 12 and 13). As regards the relative average diameter of dead branches, again, the birch leads the Scots pine. The average diameter of the dead branches of Scots pine is often 75—85 % of the corresponding diameter of live branches, that of birch often over 100 % (Table 3). This is probably due to the comparatively greater tendency to natural pruning of the birch; mainly the strong branches only are left.

According to the present investigations into the resistance to rupture of the branches, Scots pine and birch branches of similar size do not differ from one another to speak of as far as dead healthy and slightly rot-affected branches are concerned. As regards branches that have reached a more advanced stage of rot, birch branches have been relatively more resistant than pine (Table 5). This surprising result may be due, partly at least, to the fact that the determinations have been effected while the branches were moist. The reason for the relatively easier natural pruning of birch branches may be considered their more rapid rotting to a state when they no longer keep on the stem.

As a final result, it has been found that, in the dominant trees of a stand, the completely pruned part of the stem with birch — apart from a very early phase of

age — is relatively longer than with Scots pine; e.g. at 40 years of age, in better site types, 7 % with Scots pine and 27 % with birch. At the age of 15 years the live crown of Scots pine averages 75 % of the stem height, at about 50 years 45 %. The part comprising dead branches only averages 40 %, at 15 years of age only 25 %. With birch the live crown is shortened more rapidly with advancing age, and thus the middle part comprising dead branches and remaining between it and the completely pruned basal part will continue the same in size, averaging 30 % (Fig. 18—21).

Forest site type

The most distinctly discernible difference between the different forest site types arises from the slower development of stands on poorer forest site types. This is reflected in the greater percentage of live crown weight compared with stem weight, particularly at an earlier age (Fig. 5—8). Against this — on the basis of the limited material employed — the forest site type has not been found to influence the distribution of the stem between the live crown, the part comprising dry branches only and the completely pruned basal part (Fig. 18—20). The same applies also to the relationship between branch area and forest site type. However, large-diameter Scots pine branches and poor self-pruning on luxuriant sites have been discernible on certain sample plots (Fig. 2). The decrease in branch area with advancing age is most distinctly seen with Scots pine on VT (Fig. 15 a, b, c and d).

Crown layer

The percentage of the weight of stem represented by live crown weight is generally above the average with trees of wolfish character only, irrespective of whether they belong to the dominant crown layer or undergrowth. This is most distinct with pine (Fig. 5—8 and 10). The number of dead branches compared with fresh averages with Scots pine, in the dominant crown layers 100 %, but in the third and fourth class 140 % (Fig. 11 and 12). With the birch a similar tendency exists in part, although it is indistinct (Fig. 13). This also gives some indication of the different potential natural pruning of these tree species, and of the fact that the trees of the undergrowth are naturally pruned — in spite of their weaker branches (Table 3) — relatively more laboriously than those of the dominant crown layers; in other words, the mechanical causes promoting natural pruning are not as effective as with the trees of the upper crown layers.

There is no essential difference in the branch area percentages of the different crown layers, if the averages of all tree classes are included in the comparison (Fig. 15 a—c). Among the trees of fairly normal crown forms, again, the trees of the first crown layer are relatively richer in branches that those of the third (Table 4, Fig. 14).

Density

The relatively large crown of the Scots pine in thin stands is discernible particularly in CT, where the weight percentage of the live crown compared with the stem weight of such trees is often above the average. Corresponding cases are difficult to find in other forest site types or with birch (Fig. 5—8). Reduced density has also increased the branch area in Scots pine stands of CT and partly also of MT (Fig. 15 a and c). Similarly, they have relatively less dead branches in proportion to live than the trees of dense and over-dense stands (Fig. 11—13). This may be due to the same reasons

as the difference between the different crown layers: over-density hampers the natural pruning of dry branches from the stem. Free space naturally also slows up the death of the lowest branches.

Type of stand

The effect of the composition of tree species in a stand was not clearly established from the investigation. It can also be seen from the final result, the distribution of the stem in the dominant trees between the live crown, the part of stem comprising dead branches only and the completely naturally pruned basal part (Fig. 18—20). Symptoms of the advantageousness of mixed stand for natural pruning, however, have been noticed in the unpublished diagrams that have been arranged along a basic line corresponding to the heights of the trees.

Thinnings

The investigation included several sample plots where slight thinning had been effected some 5 years previously (Table 1). By means of certain diagrams it has also been possible to show their well-known effect on the promotion of the natural pruning of dead branches.

Application of results

The results obtained support the following conclusions.

1. In view of the natural pruning of trees it is not advisable to endeavour to make the stands over-dense; this may in certain cases hamper the shedding of dry branches. In the best forest site types, the growing of high quality Scots pine trees will not succeed without artificial pruning, particularly if the stand has been established by planting.

2. Thinnings and cleanings in a seedling stand are beneficial to the pruning of dead branches, for two reasons: Such branches will be shed in connection with cuttings, and, secondly, more space will increase the prospects, of natural pruning.

3. Silvicultural thinning in advanced stands is also highly beneficial in that the best trees of the dominant crown layers favoured by these thinnings are not only the most vigorous and largest trees of the stand but often also relatively the best naturally pruned of their dead branches. The last-mentioned point is most clearly seen from comparison of the branch areas of the trees of the different crown layers.

4. In choosing the crop trees the main attention in this sense can also be devoted to the trees of the first crown layer, for they are not either, as regards the above-mentioned relative branchiness, any more disadvantageous that the trees of the second crown layer.

5. In order to keep the crown of the birch sufficiently deep and vigorous and in order to promote its natural pruning, earlier and more frequent thinnings must be effected in birch stands than in corresponding Scots pine stands.

6. Natural pruning of trees does not in any conditions guarantee a stem of the largest possible size and as free of branches as possible. This can only be attained by means of artificial pruning. In estimating the relative pruning costs for Scots pine and birch, particularly the branch area of the dry branches of the former tree species, on an average several times larger, must be taken into consideration.

MEASUREMENT OF THE CROWN CLOSURE OF A STAND

RISTO SARVAS

PUUSTON LATVUSYHTEYDEN MITTAAMINEN

SUOMENKIELINEN SELOSTUS

HELSINKI 1953

Helsinki 1953. Valtioneuvoston kirjapaino

Meaning

The crown closure of a stand according to the definition e. g. by Aaltonen (1919, p. 155, footnote), refers in the following to the ratio indicating how much of the total area of a stand is covered by the vertical projections of the crowns (crown cover) of the trees. This ratio is usually expressed in tenths or per cent.

The crown closure of a stand is a much used and valuable property in silvicultural research in particular. (Cf. Toumey and Corstian 1947, p. 299). It gives a fairly illustrative picture of the degree of shade the stand provides. For this reason it deserves attention in many forest biology investigations also, e. g. into forest site types. In investigations into forest mensuration it has been employed for its special role in illustrating the structure of the stand (Lönnroth 1925, p. 197) or the growing space of the stand or of some parts of the stand (Lappi-Seppälä 1930, p. 95), and, especially in the last thirty years, as an auxiliary asset in the forest-mensurational interpretation of aerial photographs (Krutzsch 1925, Spurr 1948, p. 209, Ilvessalo 1950). In estimating the density of the stand also attention is usually devoted to crown closure, and hence the evaluation of density, more or less consciously, is based on crown closure as well as other factors.

Earlier Methods

The commonest and at the same time apparently the oldest method of measuring crown closure is probably the crown map method: the contours of the vertical projections of the crowns are mapped on a suitable scale, the area covered by the crowns (crown cover) is measured from this map e. g. by a graduated glass plate or planimeter, and the area obtained is computed as a proportion of the total area. This method was first used in Finland by Aaltonen (1919, p. 107 and 109), and later e. g. by Lönnroth (1925, p. 96) and Lappi-Seppälä (1930, p. 95). Among the advantages of this method, compared with the methods described below, is above all the intermediate result: the above-mentioned

crown map, which illustrates comprehensively the internal structure of the stand. For this reason the crown map method can be recommended within certain limits for several investigations in which it is considered more appropriate for other reasons to base the work primarily on the methods described in the following.

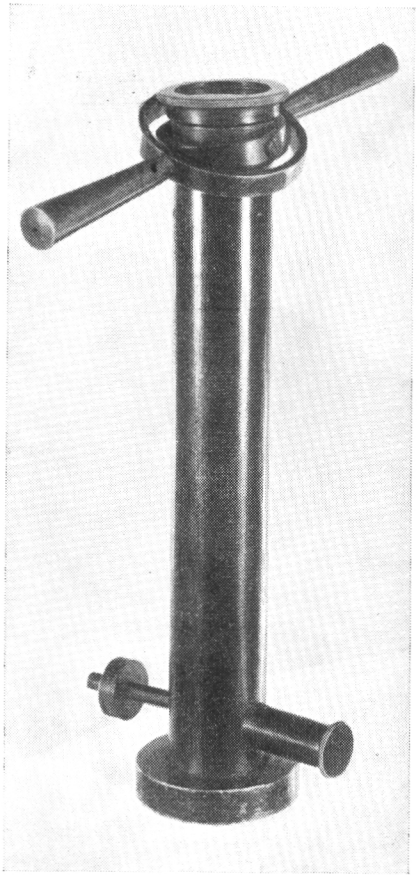
Another method advanced in Finland for crown closure measurement is the square method (Sarvas 1945). Here a certain number (some 20—30) of squares of 1 sq. m. are marked out in the stand and an ocular assessment is made of how many tenths of each square are covered by the crowns. The crown closure of the whole stand is computed as the mean value of the square estimates. The advantage of this method, compared e. g. with the map method, is its rapidity. Its weakness is a certain subjectivity of the result that obtains from (1) the fact that ocular determination of a vertical line is difficult, and (2) the fact that the number of tenths of a certain square that are covered by the crown must remain more or less a matter of conjecture. An endeavour to correct these weaknesses has led to the spot method described below.

The spot method

In this connection it is the author's agreeable duty to mention that at quite an early stage in the development of the spot method Docent Peitsa Mikola, on learning of the results thus far achieved, suggested the possibility of applying some kind of spot method, an idea to which the author also was gradually led in his efforts to correct the shortcomings of the square method.

It is evident that the smaller the square employed in the square method the greater must be the number of squares falling either completely inside or completely outside the crown projections. Reducing the square to a spot means, in theory, that all the spots will coincide with or completely miss the crown projections. This borderline case therefore eliminates from the process of measurement the subjectivity arising in estimating how many tenths of the square are covered by the crown projection. When the square is reduced to a spot the projection is much easier to make and auxiliary appliances greatly increasing the objectivity can more easily be employed.

Cajanus's cylinder (Fig. 1) has proved to be an exceedingly useful auxiliary appliance. This measuring instrument, of which the Helsinki University Institute of Forest Mensuration has a model in its collections, has not previously been described in detail in the literature, so a few words on it follow below.



Kuva 1. C a j a n u k s e n putki.
$^1/_3$ luonnollisesta koosta.
Fig. 1. Cajanus's cylinder.
$^1/_3$ *actual size.*

The cylinder is very simple in construction. The upper end of the cylinder is a glass fitted with hair cross, at the lower end there is a mirror at 45° to the longitudinal axis of the tube; above the mirror is a sighting tube fitted with a small aperture. The cylinder is fitted with a handle so attached that the cylinder can be swung freely in different directions 10—23° from the plumb-line. The lower end of the tube is fitted with a lead weight by which its central axis can rapidly be adjusted to the direction of the plumb-line. Opposite the sighting tube is an adjustable nut by which the parallellism of the central axis of the cylinder and the plumb-line can be checked. — C a j a n u s originally designed the cylinder to serve as an instrument for the accurate drawing of tree crown projections. As pointed

out by Lönnroth (1925, p. 97), the cylinder proved rather cumbersome for this purpose and the invention as a whole was more or less forgotten. The author was therefore very pleased to be able to propose another potential use for this cleverly designed cylinder, a use to which it is excellently suited and which is closely related to its original purpose.

The practical application of the spot method is as follows. In the stand where crown closure is to be measured a number of spots are selected at random; by means of Cajanus's cylinder each of these spots individually is examined to see whether they remain inside or outside the crown projections of the trees. If the former are denoted e. g. by + and the latter by —, the percentage of the plus spots of the total of plus and minus spots indicates the approximate crown closure value. The accuracy of this approximate value naturally increases with the number of spots examined.

An idea of the accuracy attainable by the spot method can be shown mathematically. Conditional to the accuracy is that the sample is representative of the whole forest area to be studied.

If the crown closure is indicated by q and the number of spots examined by n, the standard deviation of the approximate value calculated for q is:

$$\sigma = \sqrt{\frac{q\ (1-q)}{n}} \leq \frac{1}{2}\frac{1}{\sqrt{n}}$$

The following example will illustrate what this formula indicates.

In the forest district of Evo Ranger School, Sample Plot No. 325, size 0.25 ha, lies in a practically pure pine stand. The forest site type is a Vaccinium vitis idaea type. The stand, from its early age, has been treated with silvicultural thinnings from below. At the time of the investigation, autumn 1951, the last treatment had been a slight interlucation cutting, leaving a fairly even stand. The age of the stand was 123 years.

The crown closure of the stand was studied on the sample plot by the spot method. The locations of the spots were decided on by going through the sample plot along lines regularly spaced out by means of line stakes placed at the edges of the sample plot and by pacing off the spots along the lines. A total of 400 spots were examined in 100-spot tests, each batch of 100 spots being evenly spread throughout the sample plot. The results obtained were: $q_1 = 0.50$, $q_2 = 0.55$, $q_3 = 0.57$, and $q_4 = 0.54$.

Similar investigations were effected in the autumn of 1951 in another four stands in the neighbourhood of Evo Ranger School. The results obtained in 100-spot and 200-spot experiments were as follows:

Sample Plot No.	q_1	q_2	q_3	q_4	σ	$\frac{q_1 + q_2}{2}$	$\frac{q_3 + q_4}{2}$	σ	Average
319....	0.56	0.51	0.61	0.60	0.049	0.54	0.61	0.035	0.57
320....	0.37	0.49	0.48	0.42	0.050	0.43	0.45	0.035	0.44
321....	0.49	0.46	0.45	0.45	0.050	0.47	0.45	0.035	0.46
324....	0.47	0.42	0.43	0.42	0.050	0.45	0.43	0.035	0.44
325....	0.50	0.55	0.57	0.54	0.050	0.53	0.56	0.035	0.54

As the extreme values of the results of four experiments (with a probability of 5 %) according to the above theory differ from one another by no more than 2.1 δ and the results of two experiments by no more than 1.2 σ, it may be said that the differences in experimental results correspond well to the accuracy presupposed by the formula above.

The biggest error to be expected in practice, $\approx 2\ \sigma$, for samples of different sizes, has been calculated in the table below.

n	50	100	200	400	600	800	1 000
2σ	0.14	0.10	0.07	0.05	0.04	0.04	0.03

It is seen that with the sample growing in size the accuracy improves relatively slowly. The employment of 200 spots can be recommended in practice as with bigger samples still the improvement in the result is no longer reasonably proportionate to the amount of work involved. To take such a sample on the ground, naturally depending on the conditions, occupies a two-man team in some 20—40 min. of work.

Compared with e. g. the crown map method, accuracy is increased, especially if large areas are involved; the fact that the observation spots can easily be spread throughout the investigation area means that the heterogeneous nature of the forest due to variations in terrain etc. does not detract from the results. This advantage is of importance e. g. when comparisons are effected between the numerical values of crown closure assessments from aerial photographs and on the ground.

Somewhat reminiscent of the spot method described above is the »Moosehorn» method developed in Canada (R o b i n s o n 1947). This method employs a sighting device shaped like a reversed pyramid. The glass base of the pyramid, directed upwards, has a square network of points, and the apex (the lowest part) is fitted with a mirror arrangement and sighting tube similar to those of Cajanus's cylinder. The application of the device is similar to that of Cajanus's cylinder in the spot method described above.

The most important difference is that the Moosehorn method, instead of a spot, assesses a certain area of the crown canopy of each object of study by counting the number of points of the point network that coincide with the crown canopy. This means that relatively few objects of study need be investigated. This advantage is counterbalanced by a number of systematical errors that arise when vertical projection is replaced by central projection in the examination process (cf. Garrison 1949).

It is evident that ocular estimation of the crown closure is adequate for the ends of several investigations; in practical forest survey work it is usually simply necessary to resort to it. A condition to be justified before resorting to ocular estimation, however, is that a sufficient number of stands are available in which the crown closure has been determined by an objective method and which can therefore be used to train the eye and at some intervals check the ocular estimates. The author imagines that the spot method of determining crown closure is perhaps particularly suited for such use.

In conclusion the author wishes to express his deep gratitude to Mr. Teivo Pentikäinen, Ph. D., whose advice and instructions were followed in the mathematical demonstration of the spot method in this paper.

Bibliography

Aaltonen, V. T. 1919. Kangasmetsien luonnollisesta uudistumisesta Suomen Lapissa, I. *Referat:* Über die natürliche Verjüngung der Heidewälder im Finnischen Lappland. Comm. ex Instituto quaest. forest. Finlandiae editae 1. Helsinki.

Garrison, George A. 1949. Uses and modifications for the »Mooshorn» crown closure estimator. Journal of Forestry, Vol. 47, No. 9. Washington D. C.

Ilvessalo, Yrjö. 1950. On the correlation between the crown diameter and the stem of trees. Comm. Instituti forest. Fenniae 38. Helisnki.

Korstian, Clarence F. Cf. Toumey 1947.

Krutzsch, 1925. Das Luftbild im Dienste der Forsteinrichtung. Tharandter forstliches Jahrbuch, Band 76. Berlin.

Lappi-Seppälä, M. 1930. Untersuchungen über die Entwicklung gleichaltriger Mischbestände aus Kiefer und Birke. Comm. ex Instituto quaest. forest. Finlandiae editae. 15. Helsinki.

Lönnroth, Erik. 1925. Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung gleichaltriger naturnormaler Kiefernbestände, basiert auf Material aus der Südhälfte Finnlands. Acta forest. Fennica 30. Helsinki.

Robinson, Mark W. 1947. An instrument to measure forest crown cover. Forestry Chronicle, Vol. XXIII, No. 3. Reprint.

Sarvas, Risto. 1945. Puuston tiheys metsikön tunnuksena. Metsätaloudellinen aikakauslehti. (Density of a stand as a stand characteristic.) Helsinki.

Spurr, Stephen H. 1948. Aerial photographs in forestry. New York.

Toumey, James W. 1947. Foundations of silviculture. Second edition by Korstian, Clarence F. New York, London.

Puuston latvusyhteyden mittaaminen

Suomenkielinen selostus

Merkitys

Puuston latvusyhteydellä tarkoitetaan seuraavassa Aaltosen (1919, s. 155 alamuist.) antaman määritelmän mukaan suhdelukua, joka osoittaa, suuriko osa metsikön kokonaispinta-alasta on puiden latvusten vertikaaliprojektioiden (latvusalan) peittämänä. Tämä suhde ilmaistaan yleensä kymmenes- tai sadasosina.

Puuston latvusyhteys on varsinkin metsänhoitotieteellisessä tutkimustyössä paljon käytetty ja arvokas tunnus. Se antaa mm. verrattain havainnollisen kuvan siitä, miten voimakkaasti puusto varjostaa. Tästä syystä se ansaitsee huomiota myös monissa metsäbiologisissa tutkimuksissa, esim. metsätyyppejä koskevissa. Metsätaksatorisissa tutkimuksissa sitä on käytetty mm. omalta osaltaan kuvaamaan puuston rakennetta (Lönnroth 1925, s. 197) tai puuston kasvutilaa (Lappi-Seppälä 1930, s. 95) ja varsinkin kolmena viime vuosikymmenenä apulukuna ilmakuvien metsätaksatorisessa tulkinnassa (esim. Krutzsch 1925, Spurr 1948, s. 209, Ilvessalo 1950). Myös puuston tiheyttä arvioitaessa kiinnitetään tavallisesti huomiota latvusyhteyteen ja täten enemmän tai vähemmän tietoisesti nojataan tiheyden arvioinnissa muiden tekijäin ohessa myös latvusyhteyteen.

Aikaisemmat menetelmät

Eniten käytetty ja samalla nähtävästi myös vanhin menetelmä latvusyhteyden mittaamiseksi lienee latvuskarttamenetelmä: latvusten vertikaaliprojektioiden ääriviivat kartoitetaan johonkin sopivaksi katsottuun mittakaavaan, latvusten peittämä ala (latvusala) mitataan tästä kartasta esim. poletilla tai planimetrillä ja näin saadun pinta-alan osuus kokonaisalasta lasketaan. Tällaista menetelmää on Suomessa käyttänyt ensinnä Aaltonen (1919, s. 107 ja 109) ja myöhemmin mm. Lönnroth (1925, s. 96) ja Lappi-Seppälä (1930, s. 95). Tämän menetelmän etuna jäljempänä selostettaviin verrattuna on mainittava ennen kaikkea se, että välituloksena saadaan edellä mainittu latvuskartta, joka monipuolisesti valaisee metsikön sisäistä rakennetta. Tästä syystä voidaan latvuskarttamenetelmää suositella käytettäväksi esim. rajoitetussa mitassa useissa sellaisissakin tutkimuksissa, joissa kuitenkin muista syistä katsotaan tarkoituksenmukaisemmaksi nojautua etupäässä seuraavassa esitettäviin menetelmiin.

Toinen meillä esitetty menetelmä latvusyhteyden mittaamiseksi on ruutumenetelmä (Sarvas 1945). Tässä menetelmässä metsikköön rajoitetaan

tietty määrä (n. 20—30 kpl.) 1 m²:n suuruisia ruutuja ja arvioidaan silmävaraisesti montako kymmenesosaa latvukset kustakin ruudusta peittävät. Koko puuston latvusyhteys lasketaan ruutuarviointien keskiarvona. Tämän menetelmän etuna esim. karttamenetelmään verrattuna on sen nopeus. Heikkoutena on tietty subjektiivisuus, joka johtuu 1. siitä, että vertikaalilinjan määrittäminen on silmävaraisesti vaikeata ja 2. siitä, että latvusten tietystä ruudusta peittämän kymmenesosan arvioiminen on enemmän tai vähemmän subjektiivista. Näiden heikkouksien korjaaminen on johtanut seuraavassa esitettävään pistemenetelmään.

Pistemenetelmä

Tässä yhteydessä on tekijän mieluisana velvollisuutena mainita, että jo varsin varhaisessa nyt puheena olevan menetelmän kehittelyvaiheessa dosentti Peitsa Mikola tutustuessaan työn siihenastisiin tuloksiin lausui ajatuksen jonkinlaisen pistemenetelmän soveltamisen mahdollisuudesta, ajatuksen, johonka pyrkimys ruutumenetelmän puutteellisuuksien korjaamiseen tekijänkin asteittain johti.

On näet ilmeistä, että mitä pienempää ruutua käytetään ruutumenetelmässä, sitä useampi ruutu joutuu joko kokonaan latvusprojektioiden sisään tai kokonaan niiden ulkopuolelle. Kun ruudun koko supistetaan pisteeksi, itse asiassa teoreettisesti kaikki pisteet ovat »kokonaan» joko sisä- tai ulkopuolella. Tässä rajatapauksessa poistuu siis mittauksesta se subjektiivisuus, joka johtuu vaikeudesta arvioida, montako kymmenesosaa ruudusta on latvusprojektion peitossa. Kun ruutu supistuu pisteeksi, samalla myös itse projisioiminen suurestu helpottuu, ja siinä voidaan käyttää objektiivisuutta lisääviä apuvälineitä.

Erinomaisen tarkoituksenmukaiseksi apuvälineeksi on osoittautunut ns. Cajanuksen putki (kuva 1). Kun tätä kojetta, josta Helsingin Yliopiston metsänarvioimistieteellisellä laitoksella on yksi mallikappale kokoelmissaan, ei ole aikaisemmin kirjallisuudessa yksityiskohtaisesti esitelty, on muutama sana siitä paikallaan.

Putken rakenne on varsin yksinkertainen. Yläpäässä on hiusristikolla varustettu lasi, alapäässä 45° kulmassa putken pituussuuntaan nähden asetettu peili ja sen edessä pienellä reiällä varustettu katseluputki. Vielä kuuluu putkeen kädensija, joka on nivelletty putkeen siten kiinni, että putki pääsee vapaasti heilumaan eri suuntiin 10—23° luotiviivasta lukien. Putken alapäässä on lyijypaino, joka nopeasti antaa putken keskusakselille luotiviivan suunnan. Katseluputken vastakkaiselle puolelle on lisäksi asennettu liikutettava mutteri, jonka avulla keskusakselin ja luotiviivan yhdensuuntaisuus vielä voidaan tarkistaa. — Cajanus suunnitteli putkensa aikanaan ensi sijassa apuvälineeksi puiden latvusprojektioiden tarkkaa piirtämistä varten. Kuten jo Lönnroth (1925, s. 97) on aikaisemmin huomauttanut, putken käyttö tähän tarkoitukseen on verrattain hankalaa, ja koko putki onkin ollut joutumassa unohduksiin. Tekijälle on tämän vuoksi ollut erittäin mieluisaa esitellä tälle taitavasti suunnitellulle kojeelle uusi käyttömuoto, johon se erinomaisen hyvin soveltuu ja joka on läheltä sen alkuperäistä tarkoitusta.

Pistemenetelmän käytännöllinen soveltaminen tapahtuu seuraavasti. Metsikössä, jonka latvusyhteys halutaan määrittää, otetaan sattumanvaraisesti, esim. jotakin tiettyä järjestelmää noudattaen, joukko pisteitä, joissa kussakin erikseen tutkitaan Cajanuksen putkea apuna käyttäen, jäävätkö ne puiden latvusprojektioiden sisä- vai ulkopuolelle. Kun edellisiä merkitään esim. +:lla ja jälkimmäisiä —:lla, niin pluspisteiden sadannes pluspisteiden ja minuspisteiden summasta ilmaisee latvusyhteyden likiarvon. Tämä likiarvo on tietysti sitä tarkempi, mitä enemmän pisteitä tutkitaan.

Käsityksen siitä, minkälaiseen tarkkuuteen pistemenetelmällä päästään, antaa matemaattinen tarkastelu. Sen edellytyksenä on, että näyte on edustava koko tutkittavalle metsäalueelle.

Kun merkitään latvusyhteyttä q:lla ja tutkittujen pisteiden lukumäärää n:llä, on q:lle lasketun likiarvon hajonta

$$\sigma = \sqrt{\frac{q\ (1-q)}{n}} \leq \frac{1}{2}\,\frac{1}{\sqrt{n}}$$

Seuraava esimerkki valaisee kaavan merkitystä.

Evon metsäkoulun hoitoalueessa on ns. metsänhoitajan asunnon ja »Rivieran» välisessä jokseenkin puhtaassa männikössä rajoitettu 0.25 ha:n suuruinen koeala n:o 325. Kasvupaikka on puolukkatyypin ja kuivan lehdon välimuoto. Metsikköä on nuoresta pitäen käsitelty metsänhoidollisin alaharvennuksin. Tutkimuksia suoritettaessa syksyllä 1951 se oli viimeksi käsitelty lievällä väljennyshakkuulla, jonka jälkeen puusto oli jäänyt varsin tasaiseen asentoon. Puuston ikä oli 123 v.

Koealalla tutkittiin puuston latvusyhteys pistemenetelmää soveltaen. Pisteiden paikat määritettiin kulkemalla koealan reunoille asetettuja linjaseipäitä apuna käyttäen koeala tasavälisin linjoin lävitse ja askeltamalla pisteiden paikat linjoilla. Kaikkiaan tutkittiin 400 pistettä 100 pisteen kokeina siten, että kukin 100 pisteen erä jakaantui tasaisesti koko koealalle. Kokeiden tulokseksi saatiin: $q_1 = 0.50$, $q_2 = 0.55$, $q_3 = 0.57$ ja $q_4 = 0.54$.

Vastaavanlaisia tutkimuksia suoritettiin syksyllä 1951 neljässä muussakin Evon metsäkoulun läheisyydessä sijaitsevassa metsikössä. Seuraavat tulokset saatiin 100 ja 200 pisteen kokeissa:

Koeala n:o	q_1	q_2	q_3	q_4	σ	$\frac{q_1 + q_2}{2}$	$\frac{q_3 + q_4}{2}$	σ	Keski-määrin
319....	0.56	0.51	0.61	0.60	0.049	0.54	0.61	0.035	0.57
320....	0.37	0.49	0.48	0.42	0.050	0.43	0.45	0.035	0.44
321....	0.49	0.46	0.45	0.45	0.050	0.47	0.45	0.035	0.46
324....	0.47	0.42	0.43	0.42	0.050	0.45	0.43	0.035	0.44
325....	0.50	0.55	0.57	0.54	0.050	0.53	0.56	0.035	0.54

Kun neljän kokeen tuloksista äärimmäiset eivät (5 %:n todennäköisyydellä) teorian mukaan poikkea toisistaan enempää kuin 2.1 σ:n verran ja kahden kokeen tulokset 1.2 σ, voidaan todeta, että kokeellisten tulosten poikkeamat hyvin vastaavat edellä esitetyn kaavan edellyttämää tarkkuutta.

Alla olevaan asetelmaan on laskettu suurin käytännössä odotettavissa oleva virhe $\approx 2\,\sigma$ eri suuruisille näytteille.

n	50	100	200	400	600	800	1 000
2σ	0.14	0.10	0.07	0.05	0.04	0.04	0.03

Voidaan siis todeta, että näytteen suuretessa tarkkuus paranee suhteellisen hitaasti. Käytännössä voitaneen suositella 200 pisteen käyttämistä, koska näytteen suuruutta vielä tästä lisättäessä tuloksen paraneminen ei enää ole kohtuullisessa suhteessa vaadittavaan työmäärään. Tällaisen näytteen ottaminen maastossa vie 2 hengen työryhmältä, tietysti olosuhteista riippuen, n. 20—40 min.

Tarkkuutta lisää esim. latvuskarttamenetelmään verrattuna varsinkin suurehkoja aloja tutkittaessa se, että havaintopisteet voidaan helposti hajoittaa yli koko tutkimusalueen, jolloin maastovaihteluista ym. seikoista aiheutuva metsän epätasaisuus ei ole haitallinen. Tämä etu on tärkeä esim. silloin, kun tehdään vertailuja ilmakuvista ja maastosta mitattujen latvusyhteyden lukuarvojen välillä.

Jossakin määrin edellä esitettyä pistemenetelmää muistuttava on Kanadassa kehitetty »Moosehorn»-menetelmä (R o b i n s o n 1947). Tässä menetelmässä käytetään apuna ylösalaisin käännetyn pyramidin muotoista tähystyslaitetta. Pyramidin ylöspäin suunnatussa lasipohjassa on neliön muotoinen pisteverkosto ja alapäässä samantapainen peililaite ynnä katseluputki kuin Cajanuksen putkessakin. Laitetta käytetään samantapaisesti kuin Cajanuksen putkea edellä selostetussa pistemenetelmässä. Tärkein ero on siinä, että »Moosehorn»-menetelmässä arvioidaan kussakin tutkimuskohdassa pisteen sijasta tietty pinta-ala latvuskatosta lukemalla, montako pisteruuduston pisteistä sattuu latvuskatoksen sisään. Näin voidaan tyytyä vähäisempään määrään tutkimuskohtia. Tämän edun vastapainona on joukko systemaattisia virheitä, jotka johtuvat siitä, että latvuskatoksen tutkimisessa käytetään vertikaaliprojektion asemasta keskusprojektiota (vrt. G a r r i s o n 1949).

On ilmeistä, että useita tutkimuksia suoritettaessa voidaan tyytyä s i l m ä v a r a i s e e n k i n latvusyhteyden arvioimiseen ja käytännöllisissä metsänarvioimistöissä on suorastaan pakkokin aivan yleisesti turvautua siihen. Silmävaraisen arvioimisen oikeutuksen edellytyksenä on kuitenkin, että on käytettävissä riittävä määrä metsiköitä, joissa latvusyhteys on määritetty jollakin objektiivisella menetelmällä ja joita sen vuoksi voidaan käyttää silmän harjaannuttamiseen ja silmävaraisen arvion tarkistamiseen. Tekijä kuvittelee, että ehkä juuri tällaiseen käyttöön pistemenetelmä soveltuu latvusyhteyden määrittämiseksi varsin yleisesti.

Tekijä pyytää lopuksi lausua parhaat kiitokset fil. tohtori Teivo P e n t i k ä i n e n l l e, jonka neuvojen ja ohjeiden mukaan pistemenetelmän matemaattinen tarkastelu tässä kirjoituksessa on suoritettu.

FLUCTUATIONS IN THE UNITED KINGDOM IMPORTS OF SAWN SOFTWOOD AND THEIR CAUSES IN 1921—1950

VILJO HOLOPAINEN

BRITANNIAN HAVUSAHATAVARAN TUONNIN VAIHTELUT
JA NIIDEN SYYT VUOSINA 1921—1950

SUOMENKIELINEN SELOSTE

HELSINKI 1953

Helsinki 1953. Valtioneuvoston kirjapaino

Preface

The present investigation was made possible by the bursary awarded to the author by the British Council for a 10-month period of studies and research in Great Britain in 1950—1951. I am sincerely grateful for this grant. I also wish to express my thanks for the helpfulness shown by the Head Office of the British Council in arranging visits to various parts of the country. These trips made it possible for me to familiarise myself with the organisation of the timber trade, the handling, conversion and use of timber. My special thanks are due in this connection to my supervisor, Miss P. Lighthill, who took a great deal of trouble in arranging these trips.

The practical arrangements in connection with the trips were the responsibility of the Timber Development Association and its »Area Officers» in Leeds, Manchester and Glasgow. The Forestry Commission also arranged two excursions which gave me an opportunity of learning something of the problems connected with the production of home-grown timber, Mr. J. J. MacGregor of the Imperial Forestry Institute gave me valuable advice on my work. I am indebted to all these institutions and persons.

Finally I extend my thanks to Professors Vilho Pöntynen and Bruno Suviranta, who have perused my manuscript and offered certain comments, and Mr. Eskelinen, M. Sc., who has assisted me with the statistico-mathematical calculations.

Helsinki, July, 1952.

Viljo Holopainen.

Contents

		Page
	Preface	3
	Introduction	5
	General	5
	Present investigation and its limitations	6
I	Structure of the Sawn Softwood Market in the U. K.	8
	1. Import timber market	8
	2. Special features of the marketing of home-grown timber	14
II	Imports of sawn softwood in 1921—1950	16
	1. Statistics employed in calculating the imports	16
	2. Import fluctuations in 1921—1950	17
III	Factors governing the imports	19
	1. General. The various uses of sawn softwood	19
	2. Housing	21
	a. General	21
	b. Need for housing	24
	c. Government housing policy	27
	d. Private house production	32
	e. The principle of acceleration as an explanation of fluctuations in house production	37
	f. House production prospects	39
	3. Non-residential building	40
	4. Shipbuilding	42
	5. Construction of railway carriages and waggons	48
	6. Packing industry	53
	7. Other items of timber utilization	57
	8. Production of home-grown timber	58
	a. The period between the wars (1921—1939)	58
	b. The period of World War II (1939—1945)	62
	c. Post-war development (1945—1950)	63
	9. Control of imports	65
	10. Economy in the use of sawn softwood and its replacement by other materials	67
	a. On economising in sawn softwood and the use of substitutes	67
	b. Certain economic aspects of the use of sawn softwood substitutes	74
	11. Pattern of imports, and imports of round and hewn softwood	78
	12. The price elasticity of demand for sawn softwood imports	79
	13. Stocks and their variations	83
IV	Conclusions	87
	Bibliography	90
	Tabular appendices I-VIII	95
	Conversion factors applied	102
	Suomenkielinen seloste	103

Introduction

General

The United Kingdom [1]) is known to be the most important timber buying country in the world. It gained this position particularly in the late 19th century when profound changes occurred in the economic structure of the country. The industrial revolution saw the arrival of modern technics production system, a system characterised by e. g. developed technics and the advanced division of labour. An essential of this division of work was that the population, which increased in the 19th century from 10 to 30 million, was concentrated primarily in the cities. Many of the biggest towns in the U. K. in fact developed principally in the course of the 19th century.

These great changes in the economic structure of the country and the resulting rise in the standard of living led to intense building activity, both industrial and residential, assisted by the expansion in navigation and other communications and the connected building of ships, railways, etc. Intensified building activities again resulted in an increased demand for timber.

As the national forest resources were small the increased timber requirements had to be satisfied primarily from foreign sources. All the conditions existed for increased imports. Firstly, the advanced industry of the country was able to offer high quality products, in demand abroad, against the imported goods. Secondly, the technical developments in communications enabled transport of timber over increasingly long distances. In the 19th century and early in the present century the principal trend in U. K. timber imports is one of intense growth: between 1850 and 1910 alone timber imports increased 5-fold.

Hence even a superficial review shows the close connection timber imports have with general economic factors. The present investigation, with U. K. imports of sawn softwood in 1921—1950 as its subject of study, is an attempt to analyse this correlation in greater detail.

Although there was considerable progress in both the U. K. and other countries in the period studied the nature of the development differs

---

[1]) Abbreviated in the following to U. K.

perceptibly from that of the 19th century. World War I brought about a considerable change in the economic position of the U. K. Firstly, the war in itself was a heavy economic strain on the country. Secondly, it forced many countries to develop their own industries, as a result of which the export markets of the U. K. deteriorated. However, it must be borne in mind that the competition with Germany and the United States had already affected the economic development of the U. K. earlier.

The experience of World War I was repeated still more forcibly during and after World War II. Particularly the economic strain was heavy, not only because of the direct costs of the war but also on account of ensuing reconstruction requirements. Hence this war gave added impetus to the forces which had previously made the country's economic position difficult. Also, the difficulties necessitated far-reaching regulation of both home consumption and foreign trade. The restrictions on foreign trade adopted since the war were not, however, a feature characteristic of the U. K. alone. On the contrary, they were bound up with the world-wide development of commercial policy initiated as early as the 1930's and given an additional stimulus by the Second World War II.

Present investigation and its limitations

The present investigation is an endeavour to show how the changed economic situation has affected the development and prospects of sawn softwood imports. Attention is focussed on the fluctuations in the imports and on the factors affecting them. Seasonal fluctuations are excluded from the range of investigation.

The intention is to find the forces governing the development by studying the pattern of the use of sawn softwood and by observing how this use has progressed in the most important components. In addition, the country's own production of sawn softwood is studied as a factor affecting its imports. Attention is also devoted particularly to the policy of government regulation and its effects and to the competition sawn softwood has had to contend with from various substitutes.

Sawn softwood in the present investigation also refers to planed softwood, boxboards and staves.

However, two important limitations to the subject of study as defined must be mentioned. Firstly, the investigation excludes a detailed analysis of the factors governing the production and supply of sawn softwood at any given time in the exporting countries. This primarily for the reason that these questions have been much discussed in literature (see e. g. Oxholm 1921 a, 1921 b, 1922, Streyffert 1931 and 1950, Olin 1933, Saari 1936, FAO 1946). Hence a discussion of the problems

concerned would have greatly expanded the investigation without contributing any new viewpoints worth mentioning.

As the factors present on the supply side are excluded the analysis of sawn sofwood prices has also been omitted: any consideration of price formation must entail a study of supply phenomena. The prices of sawn goods, therefore, are taken in the investigation as a »given factor» and their effect on the fluctuations in U. K. imports of sawn softwood are considered as such.

Restricted in this way the investigation becomes in the first place an analysis of the phenomena of demand, i. e. the U. K. markets.

I Structure of the Sawn Softwood Market in the U. K.

1. Import timber market

In order to understand the phenomena of the use of timber it is important to know the mechanism by which supplies reach the consumers. This chapter discusses the organisation of the markets, primarily from the viewpoint of the trade in imported timber as, in the period studied, imports have been the most important source of sawn softwood. However, certain special features of the trade in home-grown timber will be discussed later. As the conditions in the inter-war period were considerably different from those during and after World War II the features peculiar to the post-war period will also be discussed separately.

In principle at least the market mechanism, for U. K. conditions, can be divided into two parts:

a. the mechanism governing timber imports from the exporting countries to the U. K.;

b. the home market mechanism.

The structure of the timber import trade has been much discussed in the literature (see e. g. Boadle 1928, Olin 1933, Saari 1936, Mallinson-Grugeon 1950, Runeberg 1950, Seventh Report of the Select Committee of Estimates 1950); hence it can be excluded here. It may be pointed out that practically all timber is sold before shipment. Sales »by consignment» are a rare exception. Among the most important links in the organisation of the trade are the shippers in the exporting country, the agent representing them in the U. K. and the importers in the importing country. If a small shipper is in question he employs an agent in the exporting country as well. The joint sales office of several medium-sized and even large enterprises has recently obtained a firmer foothold in the timber export trade.

The import trade market mechanism, therefore, is fairly well-defined and established. The distribution mechanism inside the country, by contrast, reveals fairly considerable diversity. The division of labour usually considered most typical is that in which the importer sells the goods to a home merchant from whom the timber users effect their purchases. Side by side with this, however, it is quite common for the importer simultaneously to be a merchant selling direct to the consumer (cf. e. g. Saari

1936, p. 39, Mallinson-Grugeon 1950, pp. 50—51, Runeberg 1950, p. 11). A fairly unusual practice, on the other hand, is that the agents, through their broker's department, deliver parcels of sawn goods straight to consumers.

The diversity indicated above can be seen in a consideration of the ultimate user. Later on a report will be given of a survey of the most important uses of sawn softwood. It will show that construction of various forms has been the most important use and that within this group building proper for housing and other purposes has held pride of place. Actual building work in this field has generally been the responsibility of building contractors.

The building contractor also is the ultimate user of timber in that he buys the timber, together with other items, required for the building, and employs the labour force. On the other hand he is not as a rule the originator of the building project but only the executive agent. The intiators of the project are the builders, i. e. those requiring housing or renting it, industrial or trade executives, public bodies (government departments, local authorities etc.), and so on. Whether or not building is undertaken is therefore dependent on their decision, and even though the building contractor represents the last stage of exchange in the process the work of the builders is a very important governing factor in the use of timber.

Building contractor's establishments vary greatly in size, as can be seen from the following table compiled from the 1935 Census.

Size of establishment (Number of employed)	Number of establishments	Gross output £ million	Number of employed 1000
11— 24	3 624	22	64
25— 49	2 650	34	91
50— 99	1 442	40	99
100—199	583	35	80
200—299	179	20	44
300+	184	65	124
Total	8 662	216	502

In addition, there were 67 450 establishments with 1—10 employees only. They accounted for a pay-roll of 255 000 and production value £ 83 million. Hence the small enterprises are of very great importance in the building industry (cf. Shephard 1949, p. 18).

The method of operation of the enterprises varies considerably with their size. The large-scale enterprises usually undertake everything connected with building. They have their own sawmills and joinery shops, where doors, windows and other such items are manufactured. Some large-scale

building contractors also operate as timber importers, although this is rather rare. Normally they are customers of timber merchants or timber importers.

Characteristic of the operation of small-scale enterprises is that they must use sub-contractors. They order the doors, windows, various mouldings etc. in finished form and only install them. They may commission a sub-contractor for the installation work even. As a rule they buy only the carcassing timber as such from merchants or importers. This employment of sub-contractors in fact has contributed to the development of a fairly extensive separate joinery industry.

As can be seen from the above the timber for building operations flows in along different channels. However, it is usually purchased by the building contractor, either direct from the merchant or importer, or — where the building contractor himself operates as an importer — from a foreign shipper through an agent. The conversion of timber into its final shape (doors, windows, mouldings etc.) is effected either by the building contractor himself, by the merchant or importer through his joinery department, or by a separate joinery enterprise operating as a sub-contractor.

A few instances may be mentioned in which the timber required was bought by the builder and not by the building contractor. For instance, certain government departments and local authorities have in some cases themselves organised the building by employing the labour and buying the requisities. A similar procedure may have been adopted by some builders of small residential houses (own-home houses). Similarly, at least some big industrial concerns have their special building departments responsible particularly for repairs to existing buildings. Seen as a whole, however, their proportion has been small. The bulk of building operations has been effected by building contractors.

Residential building is closely connected with the joinery industry and the furniture industry, as indicated above. The joinery industry often constitutes a branch of the operations of building contractors. More frequent, however, are independent joinery and furniture factories working for sale. These enterprises also vary considerably in size. There are small enterprises employing few workers and limited in their range, and there are big enterprises with a varied range of production. Windows, doors, various types of furniture for dwellings, fixtures for shops, banks, restaurants, hotels, ships etc. and the woodwork for mills etc. are included in their programmes.

Timber for joinery mills is purchased in different ways, depending on their size and methods of operation. Small-scale enterprises producing a few specific articles are without exception customers of merchants or importers. This primarily for the reason that they use mainly choice, high-quality raw material; the purchase of mixed specifications would

involve remnant lots and their re-sale to some other customer (cf. Mallinson-Grugeon 1950, p. 51).

The owners of large joinery mills with a varied range of production are often simultaneously either timber importers or merchants. A certain proportion of the timber bought is used in their own establishments and the balance sold to building contractors, box and crate factories etc., where they know that second-quality wood is required. This type of enterprise usually has its own sawmill through which the imported sawn goods pass first.

It may be added that joinery mills use a great deal of hardwood as well. In spite of this the requirements of softwood are fairly comprehensive and these establishments also must be considered important softwood users. However, they are not the ultimate users in the same sense as e. g. building contractors.

The sawn goods taken by the railways are partly used for the construction and repairs of station and warehouse buildings and other fixtures, partly for that of rolling stock. Disregarding the permanent way itself — sleepers are outside the range of the present study — the fixed establishments are usually constructed by a building contractor and he is also made responsible for buying the timber required, as reported above.

The rolling stock, which in the present investigation refers primarily to carriages and waggons, was built, in the period between the wars, partly in the factories owned by the railway companies themselves, partly against orders placed with establishments owned by enterprises independent of the railways. In 1935 the breakdown of the total production of carriages and waggons was as follows: 19 170 waggons and carriages (61 per cent) were built by shops (551) owned by the railways, and 12 201 (39 per cent) by private factories (138). (Fifth Census of Production 1935, Parts II and IV.)

It may be pointed out that establishments not owned by the railway companies have produced a considerable amount of rolling stock for export. Repairs to existing rolling stock, on the other hand, have practically exclusively been effected by the railways' own shops. The builders have bought the timber from either merchants or importers. They have not operated as independent importers for the simple reason that they use only certain special sizes and qualities.

Shipbuilding is one of the most important industries of the U. K., in fact it is an industry in which the U. K. has led the world. Production is mainly in the hands of large companies: according to the 1935 Census some three-quarters of the production was by establishments with a pay-roll of over 400.

Timber plays a comparatively minor part in the building of ships and rolling stock today. Its use is restricted to certain special purposes, and hence the quality of the raw material is the decisive factor (cf. Jussila

1937, p. 132). This is the main reason why the shipbuilding companies' although large-scale enterprises, buy their timber from merchants or importers. Timber imports would involve them in an accumulation of large parcels left over which would have to be sold to other consumers. In many cases shipbuilding companies make the most exacting requirements for the ready-made furniture they order, especially for passenger ships, from furniture factories. However, it is mainly hardwoods that are used for this purpose. The working of softwood for various ends, at least with the largest shipyards, is carried out in their own sawmills and joinery factories.

A very important user of sawn softwood in the U. K. is the packing industry. The enterprises operating in this branch are mainly small-scale, as can be seen from the following (Census of Production 1935):

Size of establishment (Number of employed)	Number of establishments	Gross output £ 1000	Number of employed
11— 24	88	618	1 543
25— 49	65	965	2 275
50— 99	47	1 204	3 294
100—199	19	1 085	2 530
200+	5	542	1 909
Total	224	4 414	11 551

An additional 274 establishments had less than 10 workers each, employing a total of 1 350 in all.

The above refers to establishments whose exclusive or principal business is the manufacture of boxes and crates for sale. In addition a number of large-scale users manufacture their requirements of boxes and crates themselves. In the early 1930's they totalled approx. 60 (Forestry Commission 1934, p. 3).

The purchase of timber is effected in different ways, depending on the methods of operation of the establishments concerned. Box and crate makers working for sale buy their raw material in the form of long sawn goods or logs fairly regularly from importers or from merchants using imported timber. Although the small-scale enterprise concentrating on this type of production only is peculiar to the box and crate industry there are numerous instances of the importer or merchant manufacturing boxes and crates e. g. in his joinery mill or in connection with sawmill operations. As inferior quality timber is suitable for the manufacture of boxes he can thus make effective use of timber of varying quality.

Users of boxes and crates who cater for their own requirements buy their timber »as box parts or shooks already cut to required size», mostly from shippers through agents.

The use of timber by the box and crate industry is ultimately governed also by the different purposes for which the products are intended.

The bulk of the U. K. production of boxes and crates is required for the packing of various export goods: machines, textiles, motor vehicles etc. But boxes made of wood have a very wide range of uses at home also. The various uses are discussed in detail later on (p. 53 et seq.).

In addition to the timber consumer groups dealt with above there is a number of less important consumers whose activities need hardly be discussed in detail. Among them may be mentioned, however, the workshops manufacturing different tools and users requiring timber for various small repairs. They usually buy their goods in small lots and are among the most typical customers of timber merchants.

As can be seen from the above the timber users of the U. K., seen as a whole, form a very heterogeneous group — and the same applies to the methods of purchase. Vertical expansion of enterprises is very general. For instance, the timber importer and timber merchant in the strict sense of the word are relatively rare. The enterpreneurs of both groups usually own a sawmill, a joinery or a box factory, or all three, operate as building contractors, etc. The reason for such integration is probably, apart from a desire to gain some of the earnings such operations offer, also an endeavour to find sales prospects for all sizes and qualities of timber. The quickest turnover is represented by the instance where the timber importer is simultaneously e. g. a building contractor, etc., in other words the user of the timber. However, it can perhaps be said that the majority of timber finds its way to consumers by the »normal» trade channel: importer or merchant — user.

With the outbreak of war in 1939 the structure of the trade underwent a certain change due to the fact that the government began to control timber economy. In 1939 the government appointed a body called the Timber Control, making it responsible for the purchase and distribution of timber, including sawn softwood. It is not necessary to discuss the details of the mechanism of control in this connection. But a couple of important points may perhaps be made here.

The Timber Control was granted the sole import rights for all timber. It effected the purchases and chartered ships for imports. This meant that the agents and importers lost some of their former importance in the mechanism of the trade. The agents, it is true, continued to work out the specifications and acted as middle-men in the negotiations between shipper and buyer. But their importance in finding buyers for the shipper's goods was negligible now that there was a sole buyer. The only functions left to importers were the acceptance, storage and forwarding of the Timber Control's imports.

As will be seen later on, imports during the war were low and hence the system employed was of little importance. Many importers and merchants engaged in selling imported timber in fact voluntarily changed over during the war to the production of home-grown timber (cf. Meiggs 1949, pp. 73—74). It is more remarkable to find that the responsibility of the Timber Control as the sole importer continued after the war until the end of 1950. In effecting purchases from Sweden and Finland the Timber Control concluded with the central organisations of the producers in the country concerned a kind of global contract for the quantities to be delivered and prices to be paid. This completed the individual shippers of the two countries could start their deliveries to the Timber Control.

The war-time distribution of imported timber, however, was effected through existing channels. The first step towards a return to peace-time practice in importing was taken in 1946 (Feb. 1) when the distribution of import quotas to importers (first hand buyers) and merchants (second hand buyers) was turned over to the trade. For this purpose a certain allocation method was developed, i. e. the timber imported annually was distributed to the importers and merchants in proportion to their turnover in 1936—1938. A company entitled the National Softwood Brokers Ltd. was established on the initiative of the Board of Trade to deal with distribution; it consisted of the representatives of 89 timber agents.

Imports from the majority of soft-currency countries were freed from the regulation of the Timber Control in 1950 and left to the importers, but purchases from the dollar area and the East Bloc countries continued the responsibility of the Timber Control.[1])

The ultimate reason for the above-mentioned arrangements was that the limited timber quantities available were not enough to meet the demand. For this reason also the use of sawn softwood has been regulated ever since the outbreak of World War II.

Apart from purchase and distribution of timber, the Timber Control was also responsible for stockpiling and controlling strategic reserves of timber.

2. Special features of the marketing of home-grown timber

The trade in timber produced in the U. K. is in the hands of an organisation separate to some extent from that handling the import trade. This is true especially of Scotland; in England and Wales many merchants trade in both home-grown and foreign timber.

There are a number of reasons for this organisation. Importers who simultaneously function as sellers to consumers operate mainly in the

[1]) Timber Control was wound up at the end of 1952.

most important towns on the coast. Many timber merchants also have settled in the coastal centres of consumption. Thus timber imports and the purchase of home products cannot be easily organized from any one locality. A contributory factor is the prevailing methods of sale. Private forest owners in the main sell their timber standing, and hence the purchase of home-grown timber entails considerable inconvenience for the merchant of imported timber (see Forestry Commission 1947, p. 4). In England the division of labour locally is that certain merchants operate as purchasers of round timber only and sell it to other merchants who have their own sawmills.

In England and Wales, where the bulk of the growing stock in the forests is hardwood, the home-grown timber trade is mainly in hardwood, its principal articles being packing cases, furniture, and gates for turnery; in Scotland, on the other hand, the emphasis is on softwood. The organisation of the sawmills in England and Scotland is different. In England the sawmills are generally situated primarily in villages and towns. The most common type of saw in Scotland is the circular saw, transported to the logging site in the forest. This type of mobile sawmill is run by a small staff, and the work foreman supervises both the logging of raw material and the operation of the sawmill itself (M e i g g s 1949, p. 67).

During the war when timber imports were practically discontinued, considerable loggings had to be made in the home forests (cf. Table VIII). This extended considerably the range of the domestic timber trade, but efforts were made to operate purchases on the basis of the peace-time organisation as far as possible. However, it became necessary to establish a considerable number of »department sawmills». In England and Wales the production was extended also by a large number of timber importers and merchants engaged in the imported timber trade turning over to the production of home timber.

The timber trade has several organisations of both importers and merchants disseminating information and protecting the general interests of the circles represented by them. On the other hand, there was hardly any organised activity, prior to the establishment of the Timber Control, to restrict competition. In 1929, however, Russian Softwood Importers Ltd. was established and, in the same year, bought all the sawn softwood imported from Russia. Later the corporation was re-organized and operated until 1935.

II Imports of sawn softwood in 1921—1950

1. Statistics employed in calculating the imports

The annual imports and exports of sawn softwood in the U. K. are obtainable from the foreign trade statistics of the country (Annual Statement of the Trade of the United Kingdom . . . . . .) where »wood and timber» constitutes a special group. Unless otherwise mentioned the import figures given in the following derive from this source. The 1950 figures are taken from »Accounts relating to Trade... 1950» because the Annual Statement for 1950, at the moment of writing, was not available. The recent practice in the statistics has been to distinguish as different categories: 1. sawn and 2. planed timber, 3. box boards and 4. staves.

Incomplete data in the import statistics of the earlier years have caused some inaccuracy. For instance, the imports of E i r e (the Irish Free State) were included in U. K. imports until April 1923. The group »planed or dressed wood» includes hardwood in 1921—1932; it was not separated in the statistics until 1933. Boxboards were made a separate group from the beginning of 1934 only, when softwood and hardwood were also separated. In addition, the »staves» group includes both softwood and hardwood throughout the period of investigation.

However, these deficiencies in the statistics are not very serious. Firstly, the Eire imports of sawn goods represented a fraction only of the total imports — e. g. in 1924 only 5.6 per cent and 1930 2.2 per cent (sawn and planed goods). The proportion of hardwood in the planed goods has also evidently been small; in 1933, when hardwood and softwood were listed separately for the first time, the proportion of hardwood was only 7.0 per cent. The significance of this inaccuracy is further reduced by the fact that the proportion of planed goods in the total of sawn goods imports has been relatively small: e. g. in 1930—1932 11.8 per cent. A less significant part still was played by the groups »staves» and »box boards». Unplaned timber constitutes the absolutely largest group (see Table 1).

The imports of different periods and different articles is indicated in different units of measurement. For the purposes of the present investigation the figures have been converted into St. Petersburg standards (165 cu. ft.) by means of the conversion factors given on p. 102.

2. Import fluctuations in 1921—1950

Sawn softwood imports calculated in the way described are seen by countries from Table I. In addition, Table 1 gives the calculated retained imports by main groups (see also Fig. 1).

Table 1. U. K. retained imports of softwood, 1921—1950.
Taulukko 1. Britannian havupuisen puutavaran nettotuonti vv. 1921—1950.

Year *Vuosi*	Sawn *Sahattu*	Planed or dressed *Höylätty*	Boxboards and staves *Laatikkolaudat*	Total *Yhteensä*	Round and hewn *Pyöreä ja veistetty* [1]	Grand Total *Kaikkiaan*	Year *Vuosi*	Sawn *Sahattu*	Planed or dressed *Höylätty*	Boxboards and staves *Laatikkolaudat*	Total *Yhteensä*	Round and hewn *Pyöreä ja veistetty*	Grand Total *Kaikkiaan*
1000 stds — 1000 std.							Per cent of the grand total — % *kokonaismäärästä*						
1921	622	71	16	709	24	733	1921	84.8	9.7	2.2	96.7	3.3	100.0
1922	1 210	115	23	1 348	28	1 376	1922	87.9	8.4	1.7	98.0	2.0	100.0
1923	1 412	129	26	1 567	44	1 611	1923	87.7	8.0	1.6	97.3	2.7	100.0
1924	1 553	152	39	1 744	69	1 813	1924	85.7	8.3	2.2	96.2	3.8	100.0
1925	1 506	170	35	1 711	83	1 794	1925	83.9	9.5	2.0	95.4	4.6	100.0
1926	1 439	183	32	1 654	51	1 705	1926	84.4	10.7	1.9	97.0	3.0	100.0
1927	1 819	208	32	2 059	58	2 117	1927	85.9	9.8	1.6	97.3	2.7	100.0
1928	1 391	178	31	1 600	70	1 670	1928	83.3	10.6	1.9	95.8	4.2	100.0
1929	1 578	188	38	1 804	78	1 882	1929	83.8	10.0	2.0	95.8	4.2	100.0
1930	1 465	189	28	1 682	90	1 772	1930	82.7	10.6	1.6	94.9	5.1	100.0
1931	1 290	178	14	1 482	71	1 553	1931	83.0	11.4	1.0	95.4	4.6	100.0
1932	1 278	174	8	1 460	77	1 537	1932	83.2	11.3	0.5	95.0	5.0	100.0
1933	1 693	234	13	1 940	61	2 001	1933	84.6	11.7	0.6	96.9	3.1	100.0
1934	1 905	282	82	2 269	74	2 343	1934	81.3	12.0	3.5	96.8	3.2	100.0
1935	1 679	288	93	2 060	67	2 127	1935	78.9	13.6	4.4	96.9	3.1	100.0
1936	2 015	352	114	2 481	57	2 538	1936	79.4	13.9	4.5	97.8	2.2	100.0
1937	2 058	328	125	2 511	69	2 580	1937	79.8	12.7	4.8	97.3	2.7	100.0
1938	1 475	298	106	1 879	68	1 947	1938	75.8	15.3	5.4	96.5	3.5	100.0
1939	1 238	318	87	1 643	33	1 676	1939	73.8	19.0	5.2	98.0	2.0	100.0
1940	699	141	41	881	30	911	1940	76.7	15.4	4.5	96.6	3.4	100.0
1941	449	18	23	490	7	497	1941	90.3	3.6	4.6	98.5	1.5	100.0
1942	310	12	13	335	4	339	1942	91.4	3.5	3.8	98.7	1.3	100.0
1943	474	40	15	529	2	531	1943	89.3	7.5	2.8	99.6	0.4	100.0
1944	421	55	18	494	3	497	1944	84.7	11.1	3.6	99.4	0.6	100.0
1945	724	37	30	791	—	791	1945	91.5	4.7	3.8	100.0	—	100.0
1946	687	48	24	759	47	806	1946	85.2	6.0	3.0	94.2	5.8	100.0
1947	1 085	80	38	1 203	174	1 377	1947	78.8	5.8	2.8	87.4	12.6	100.0
1948	816	43	32	891	121	1 012	1948	80.6	4.2	3.2	88.0	12.0	100.0
1949	1 022	37	33	1 092	24	1 116	1949	91.6	3.3	3.0	97.9	2.1	100.0
1950	749	16	37	802	51	853	1950	87.8	1.9	4.3	94.0	6.0	100.0

The marked fluctuations in imports in different years and cycles of years are very noticeable. According to these fluctuations the years studied can be divided, firstly, into three main periods.

(1) The period between the two world wars (1921—1939). A characteristic of this period was relatively high imports, although perceptible fluctuations are visible at different stages in the period.

[1]) Including constructional softwood but excl. sleepers.
[1]) *Vain rakennustarkoituksiin käytetty puutavara sisältyy tähän erään.*

(2) The period of World War II (1939—1945), with very low imports.

(3) The post-war period (1945—1950). Imports rose somewhat from the war-time level but remained considerably lower than in the period between the wars.

By import fluctuations in 1921—1939, four fairly distinctly discernible phases can be distinguished:

(1) the growth of imports in 1921—1927;

(2) the decrease in imports in 1927—1932;

(3) the intense growth in 1932—1937;

(4) another decrease in 1937—1939.

These fluctuations seem to accord fairly well with the general business cycles of thre period. The 1920's — apart from interruptions in 1921 and 1926 — were characterised by a period of boom persisting until 1929, the year when one of the severest depressions in world history set in. 1932 marked the beginning of a rising trend which reached its peak in 1937.

The general characteristic of the period between the wars seems to be the rising trend of sawn goods imports. In 1934—1937 the imports were on a markedly higher level than in the peak years of the 1920's.

In 1940—1945 imports were very low. The reasons are easy to find: the war, especially submarine warfare and the tonnage losses, with the resulting shortage of shipping space, impeded timber imports. The tonnage available had to be concentrated on the transport of other goods, more important still. In addition, normal business connections were severed by the war.

However, it is surprising that the imports did not increase any more in 1946—1950 than is shown by these figures. The contributory factors, factors which affect import fluctuations in general, are numerous; they will be discussed in the following.

But it can be pointed out here that the figures of Tables I and 1, indicating the annual import quantities, are nearly the same. Hence sawn goods exports and their fluctuations may be disregarded in tracing the factors responsible for the import fluctuations.

III Factors governing the imports

1. General. The various uses of sawn softwood

The factors affecting the imports of sawn goods can be divided into two groups, i. e. the factors present

1. on the demand side and
2. on the supply side.

As pointed out earlier, the present investigation will be confined to the consideration, mainly, of the factors effective in demand. This is best achieved by studying the various purposes for which sawn goods have been used in the U. K. and, subsequently, the fluctuations of each item separately.

Statistics proper on the distribution of sawn softwood for various end-uses exist only for 1946—1949. The figures are based on the licences granted by the authorities controlling the timber trade and include, apart from sawn softwood, also hewn and round softwood converted into sawn goods. The general pattern of softwood consumption is shown in Table 2.

Table 2. The pattern of the use of sawn softwood in the U. K., 1946—1949.
Taulukko 2. Britannian havusahatavaran käytön rakenne vv. 1946—1949.

Item — *Käyttöerä*	1946	1947	1948	1949	1946—49 average *keskim.*
	1000 stds — 1000 *std.*				
1. General industry	150	135	145	150	145
2. Export packing	65	145	190	240	160
3. Food packing	30	35	35	35	34
4. Shipbuilding and repairing	65	60	55	45	56
5. Transport	45	60	125	115	86
6. Housing	460	350	345	340	374
7. Other building	110	110	130	130	120
8. Miscellaneous home and overseas requirements	175	110	105	110	125
Total — *Yhteensä*	1 100	1 005	1 130	1 165	1 100
	%				
1. »Eri teollisuudet»	13.7	13.4	12.8	12.9	13.2
2. Vientitavaroiden pakkaus	5.9	14.4	16.8	20.6	14.5
3. Elintarvikkeiden pakkaus	2.7	3.5	3.1	3.0	3.1
4. Laivanrakennus ja korjaus	5.9	6.0	4.9	3.9	5.1
5. Liikenne	4.1	6.0	11.1	9.9	7.8
6. Asuntotuotanto	41.8	34.8	30.5	29.2	34.0
7. Muu talonrakennus	10.0	10.9	11.5	11.1	10.9
8. Sekalaiset erät	15.9	11.0	9.3	9.4	11.4
Total — *Yhteensä*	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

It is found that although sawn goods had numerous different uses a concentration on certain uses is discernible. As is natural construction work in its various aspects has been the greatest consumer. The proportion of items 4—7, which represent construction in the broad sense of the term (cf. Tamminen 1946) accounts in 1946—1949 for an average of some 58 per cent of total use. In addition, items 1 and 8 may include some timber for various construction purposes.

Among the different branches of construction, the most important has been housing — using an average in 1946—1949 34 per cent of all sawn softwood. Next come non-residential building (11 per cent), communications (8 per cent) and shipbuilding (5 per cent).

A large consumer has been packing, which in 1946—1949 used an average of nearly 200 000 stds or approx. 18 per cent of all the sawn softwood consumed.

The sawn goods under items 1 and 8 have been used for a most varied range of purposes: furniture and fixtures, various tools, repairs required in agriculture, perhaps minor building jobs, bridge building, mines etc. Taken together these two groups account for some 25 per cent of the total consumption. A more detailed statistical specification of these groups is not possible.

In the period between the wars the proportions of the different groups naturally differed somewhat from those given in Table 2. This is borne out by the fact that conditions in 1946—1949 differed in many respects from those of the pre-war period of peace. In addition, considerable fluctuations are noticeable in the period since the war even. However, it is evident that Items 2—7 of Table 2, taken as a whole, in 1921—1939 also played by far the most important part in the use of sawn softwood.

The proportion of housing production can hardly have been smaller in any case than in 1946—1949, perhaps on the contrary. Assuming that an average of 2.5 stds of sawn softwood per house were used in the 1930's (cf. p. 67) the proportion of this item may be assessed at 38 per cent. In the 1920's also the proportion of housing production was at least of this level (cf. Olin 1933, p. 228).

For reasons given later (see p. 55 et seq.) the proportion of sawn softwood used in the packing of export articles has evidently been smaller in the inter-war period than towards the end of 1946—1949, but hardly smaller than the average for the latter period.

Imports of sawn goods are dependent — ceteris paribus — on the volume of production in the branches using the goods imported. For this reason the factors connected with imports and their fluctuations are elucidated in the following by studying, separately, the extent of housing and non-residential building, shipbuilding, communications and the packing industry, and the factors affecting these industries.

2. Housing

a. General

Because of the great importance that housing production has had as a user of sawn softwood, housing and the factors governing it deserve special attention.

Table II illustrates the total of housing completed in Great Britain (England, Wales and Scotland) in 1922 [1])—1950 (cf. Annual Abstract of Statistics; Housing Summary). The statistics of North Ireland are so incomplete that it was impossible to include them.

Up to 1945 the statistics for England and Wales were based on a time unit of the year ending March 31 and those for Scotland were compiled by calendar years. To combine the series the statistics on England and Wales were corrected to calendar years, assuming that the number of houses completed in the first quarter of the year equals the average for the various quarters. This method involves little major error even in annual figures, and over periods of several years the error is almost totally eliminated.

U. K. housing production statistics do not include houses with a rateable value exceeding £ 78. Such housing, however, is small in proportion to the total.

Table II and Fig. 1 show that U. K. housing production has varied greatly during the period studied. In 1922—1927 it approximately doubled. This was followed by the marked though not particularly heavy decrease and slack period lasting through the great depression until 1932, after which a strong increase followed. In 1935—1938 housing production again almost doubled from the level of the early 1930's. During the World War II new building almost completely ceased, and it does not seem to have reached its peace-time level in the years since the war, although a distinct revival is observable.

A comparison of the fluctuations in housing production and imports of sawn softwood shows a close correlation (Fig. 1). With the growth of housing in 1922—1927 imports of sawn softwood rose markedly. Similarly they both declined in 1927—1931, whereas in 1932—1937 both housing production and sawn softwood imports experienced a strong revival.

There are some exceptions to this rule, particularly in the years 1923, 1926, 1935 and 1938 (Fig. 1). The causal factors include, firstly, the natural fluctuation in sawn goods imports due to e. g. weather conditions, a more transient phenomenon than in housing production (see Grøn 1931, p. 83). Secondly the 1926 strike is one explanation of changed conditions in that year — sawn goods importers were cautious in their purchases.

[1]) No adequate statistics are available for the pre-1922 years.

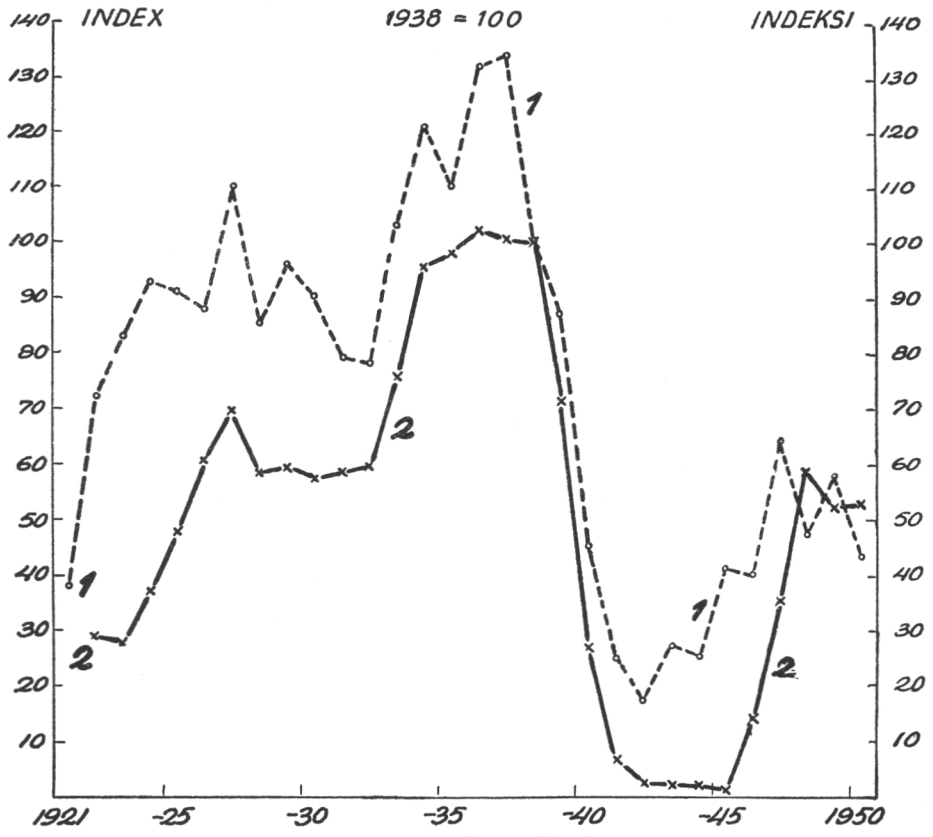


Fig. 1. U.K. imports of sawn softwood, 1921—1950 (1) and number of houses built in Great Britain, 1922—1950 (2).

Kuvio 1. Britannian havusahatavaran tuonti vv. 1921—1950 (1) ja asuntotuotanto vv. 1922—1950 (2).

In 1938 again the general risk of war lent uncertainty to the planning of new building projects and imports decreased, although a considerable number of buildings under construction were completed.

As the statistics given refer to completed housing and as the materials required are usually procured at an early stage of construction, it might be assumed that the turning-points in housing production manifest themselves approximately a year later than in sawn goods imports. But the statistics do not bear this out. An explanation may be that several months elapse as a rule between the purchasing of the timber and its shipment; hence there is a certain lag in the imports of sawn goods also and not only in housing production.

The close connection between housing production and the imports of sawn softwood is indicated also by their correlation coefficient. Taking the years 1922—1938 only, we obtain

$$r = 0.71 \pm 0.12$$ [1])

The correlation coefficient in itself does not show which phenomenon is the cause and which the effect. It can be assumed from the above, however, that housing production has governed the U. K. imports of sawn softwood and not vice versa. This calls for a consideration also of the factors that have affected its fluctuations in the period studied.

A factor essentially affecting housing production is the need of housing. This again is the product of numerous factors. Among them may be mentioned, firstly, population changes, the shifts in number, age distribution and number of family units. With the population on the increase housing requirements usually grow. But more than by the population in itself the need of housing is governed by the structural changes in the population, particularly the marriage rate (see Robinson 1939, p. 153; Tamminen 1945, p. 38 et seq.). As a rising marriage rate leads to the formation of new family units the need of housing grows.

Other demographic factors affecting the housing situation are population migrations, i. e. emigration and immigration, migration from one part of the country to another and from rural to urban districts (cf. Robinson 1939, pp. 42—43). These movements may contribute towards creating a need for new housing although the population remains unchanged in number.

The need of housing is also affected by the condition of the housing available at any given date. If a considerable part of the existing housing is so dilapidated as to require renewal this must be a stimulus for the production of new houses (Bowley 1937). A consequence of this is that these re-investments might follow the rhythm of earlier housing production. E. g. Einarsen (1938) observed a similar phenomenon in Norwegian shipbuilding. However, it must be borne in mind that the age of housing is a very elastic concept. For instance, repairs can easily put off the rebuilding of a house for many years. So in fact it is hardly likely that reinvestments can really explain the fluctuations in housing production (cf. Tamminen 1945, p. 75).

A point to be noted is that the popular taste in housing changes; and this may result in the abandonment of a number of old houses before their »physical» age necessitates such a measure.

The factors listed above, however, only characterise the need for housing, a kind of potential demand. The extent of house production, on the other hand, is ultimately governed by the effective demand. This again depends on the income of those requiring housing

---

[1]) The coefficient is computed from the formula $r = \frac{\Sigma x y}{\sqrt{\Sigma x^2} \cdot \sqrt{\Sigma y^2}}$ where x and y indicate the deviations from the means of the corresponding time series.

and on the cost of building and the rent level (cf. Tamminen 1945, p. 86 et seq.). When income increases the effective demand for housing — other things being equal — also grows. A reduction in the cost of building, even if income remains unchanged, has the same effect. However, the government and other authorities can considerably affect particularly the financing of housing, e. g. in the form of subsidies. Hence the housing policy of the authorities may become an important governing factor in house production.

b. Need for housing

As pointed out above, housing requirements are essentially influenced by demographic factors: the population, its age distribution and marriage rate. The 1931 Census defined in detail how each of these factors was to be taken into account in empirical investigations. According to it, the following factors should be considered in computing the growth in the need for housing:

a) increase in the number of married couples;
b) increase in the number of widows, widowers and divorcees under 65 years of age;
c) 10 per cent of the increase in the numbers of single persons between 20 and 45 years of age.

(See Census of Population for England and Wales, 1931, Housing.)

With this as the basis Table 3 gives a calculation of the development of housing requirements in Great Britain in some pre-World War II years of the period studied. The table also indicates the number of houses and the computed net need for housing.

Table 3. Number of houses compared with number of »families» in Great Britain, 1911—1939.

Taulukko 3. Ison Britannian talojen ja »perheiden» luku toisiinsa verrattuna vv. 1911—1939.

Year *Vuosi*	Private houses *Yksityisiä asuntoja*	»Families» *»Perheitä»*	Excess (+) or deficit (—) of houses (2—3) *Talojen luku perheiden lukua suurempi (+) tai pienempi (—)*
	1000		
1	2	3	4
1911	8 702	8 897	— 195
1921	9 034	9 983	— 949
1931 (April)	10 546	11 215	— 669
1939 (29/30. 9.)	12 557	12 446	+ 111

The sources employed are the Census of England and Wales, and the Census of Scotland, 1911, 1921 and 1931, Population. The number of houses in 1911, 1921 and 1931 has been obtained from them. The number of dwellings in 1939 has been computed by adding to the 1931 total the average house production of 1931—1939 multiplied by eight and by deducting the average net wastage of housing, assumed to be the same as in 1921—1931. The number of »families» has been calculated as explained above from the population data in the 1911, 1921 and 1931 Censuses. The 1939 figures are computed from the publication »National Register 1944». The totals of houses include other »structurally separate dwellings».

The calculation, for several reasons, is only approximate. Objections may be raised to the method even. Tamminen (1945, p. 78 et seq.) employed another, evidently more accurate method in calculating the need for houses in Finnish towns. However, the calculation given provides a picture of the general trend of the housing situation.

The figures of Table 3 show that a severe housing shortage obtained in the U. K. at the beginning of the period under review (1921). Nearly 1 million families were without a dwelling of their own. During and immediately after World War I the total of families grew by a good million, but the production of new houses in those conditions remained very limited (cf. Bowley 1947, pp. 11—12).

The period between the wars saw some relief in the housing shortage. But it is remarkable to find that in 1931 still the calculated shortage was some 670 000 houses in spite of the very lively house production at that time, particularly in the late 1920's. The turning-point did not come until during the 1930's when house production rose to an exceptionally high level (Table II). The calculation shows that there was a small surplus of housing in 1939. However, the approximate character of the calculations, particularly as far as the 1939 figures are concerned, must be borne in mind. It is very probable that the net wastage of old housing per year was higher in periods of vigorous building. It is probably not far out to assume that at the outbreak of World War II families and dwellings were roughly identical in number. In spite of this housing requirements may have been even quite considerable locally.

Table 3 has no data on the years of World War II and the post-war period. For several reasons the figures cannot be derived from the 1931 Census and the results of the 1951 Census are not available at the time of writing. However, certain calculations as to the need for housing can be made on the basis of several sources.

Immediately after the war especially there were five factors essentially affecting the housing situation:

(1) Bomb damage. It is calculated that, in the whole of Great Britain, some 460 000 houses were either completely destroyed or rendered uninhabitable as a result of bomb damage.

(2) The natural ageing of housing during the war. This is calculated to total 500 000 houses in England and Wales, 55 000 houses in Scotland. In addition, there were 66 000 houses in Scotland at the outbreak of war unfit for human habitation.

(3) Even though the housing situation at the outbreak of war was fairly good local overcrowding existed. This produced an estimated lack of 50 000 houses in England and Wales, 200 000 in Scotland.

(4) The number of families requiring houses increased during the war. The need has been estimated as the equivalent of 425 000 additional houses in England and Wales, 134 000 in Scotland.

(5) Building was practically at a standstill during the war. In 1940—1944 the total of houses completed in England was only 135 000, in Scotland 50 000.

Hence the need for housing after the World War II (1945) was as follows:

(1) Replacement of badly damaged or totally destroyed houses	460 000
(2) Replacement of houses unfit for human habitation and abolition of decrowding	870 000
(3) Increase in the number of families	560 000
Total	1 890 000
Less wartime construction	190 000
Total houses required	1 700 000

The sources employed in calculating the above figures are: Cmd. 6 609, 1945 (Housing), Planning our New Homes 1944, The Cost of Housebuilding 1948, and the calculations by Bowley (1947) and Marples (1950). The figures, for a considerable part, are based on estimates, but the result attained represents a conservative calculation. Taking the calculations of the Girdwood Committee and the Scottish Housing Advisory Committee as a starting-point gives a total of 1 720 000 houses. However, this figure does not include the houses so dilapidated as to require replacement by new houses in the nearest future. The inclusion of those requirements would bring the figure up to over 2 million.

The need for housing and hence also the demand for houses is affected by many more demographic factors than those on which the above statistical calculation is based. For instance, after World War I, migration occurred particularly from one part of the country to another: from Scotland to England and from the northern counties to the Home Counties and the Midlands (cf. Bowley 1947, p. 55). This again was caused by the fact that the country's export industry suffered from international competition, leading to migration to districts where the main emphasis was on home market industry (see Britain in Depression, 1935). Also, agricultural, workers moved over to industry and at the same time to centres of popula-

tion. On the other hand, a portion of the population of big cities moved out to live in the surrounding countryside, a move made possible by developed transport facilities.

Migration occurred during World War II also. Because of air raids many industries were moved from big cities to rural districts where they remained even after the war (cf. Shephard 1949, pp. 16—17).

The requirements of the population as to the standard of housing also grew greatly in the period between the wars. Many houses built in the 19th century were still standing; since they were lacking in modern conveniences (Bowley 1947, p. 50) the tendency to leave them for more up-to-date buildings was very strong (see Liepmann 1937).

For these various reasons the actual need for housing, particularly in the 1920's and since World War II, has been greater than is shown by the above calculations. For instance, Elsas (1945, p. 70 et seq.) has computed that in England and Wales alone the urgent need in 1945 was 2.2 million houses.

Interesting also is the observation made by Lewis (1950, p. 86): »There is a building boom in Britain about once every 20 to 30 years, and it seems to occur whether prices and interest rates are rising or falling, or whatever is happening to the terms of trade.» This would indicate that house production is connected with the rhythm of previous building (cf. also Einarsen 1938).

By way of summary of the variations in the need of housing it may be concluded that — due to the circumstances created by World War I — the need was remarkably great at the beginning of the period studied. However, it gradually decreased during the inter-war period, particularly in the 1930's, and by 1939 practically every family had a house of its own, even though a great deal of qualitatively poor housing existed. After World War II the need of housing was greater than ever during the period under review.

c. Government housing policy

As the production of new houses ultimately depends on the economic conditions prevailing at a given time these conditions must be studied in order to understand the fluctuations in the production of houses.

Table II and Fig. 2 show the number of houses built annually, divided into three categories according to the builder:

(1) public authorities,
(2) private enterprise with state assistance,
(3) private enterprise alone.

In 1922 the most important builder was the state and the local authorities; private house production was of little importance. However, the amount of housing built by private individuals soon increased, house production directly effected by authorities at first declining (up to 1924) and then gaining in strength in 1925—1927. Altogether it can be said that up to 1928 the bulk of the houses produced were built either by the authorities direct or with their support. After 1928, however, house production was transferred increasingly to private enterprise, although a considerable number of new houses was still built by the authorities. Private house production with state assistance, on the other hand, was reduced to insignificant proportions in the 1930's.

Since World War II the majority of the new houses have been produced by the public authorities. In 1946—1950 private enterprise built only 17 per cent of the total of houses erected. The years after both world wars, therefore, seem to be characterized by active interference in house production by the authorities. It may be of interest to consider in greater detail the factors that have contributed to this type of housing policy. However, as the problem has been thoroughly illustrated by Bowley (1947) in particular, the present study may be confined to certain central points only.

Bowley (1947, p. 8) points out that a large majority of workers' families in particular, prior to World War I, lived in rented dwellings, i. e. in houses built by the owners for investment purposes (speculative house production). As especially rent controls since the war made such houses, as investments, no longer profitable it was considered necessary for the state to interfere in the housing problem. The first step in this direction was the Housing and Town Planning etc. Act of 1919, by which building subsidies were granted to offset the high building costs and ensure a reasonable rent level. Subsidies were granted to both local authorities and private builders. The bulk of the houses produced under this Act were built in 1921—1923. The so-called Chamberlain Housing Act was passed in 1923. It also was based on the subsidy principle, but with an annual subsidy ceiling of £ 6 per house during 20 years. Both private builders and local authorities could benefit from the subsidies paid by the Treasury. In 1926 the subsidy was reduced to £ 4 per house. In 1928 the amount of the subsidy was re-raised again, and the subsidies payable under the Chamberlain Act applied only to houses completed before Oct. 1, 1929.

In the meantime (1924), however, a new law on assistance to house production had been passed, the so-called Wheatley Act. It differed from the Chamberlain Act firstly in that the subsidy was increased: granted from state funds, it was £ 9 (in rural communes £ 12 10/—) per house during 40 years, in addition to which a maximum of £ 4 10/— was paid, if necessary,

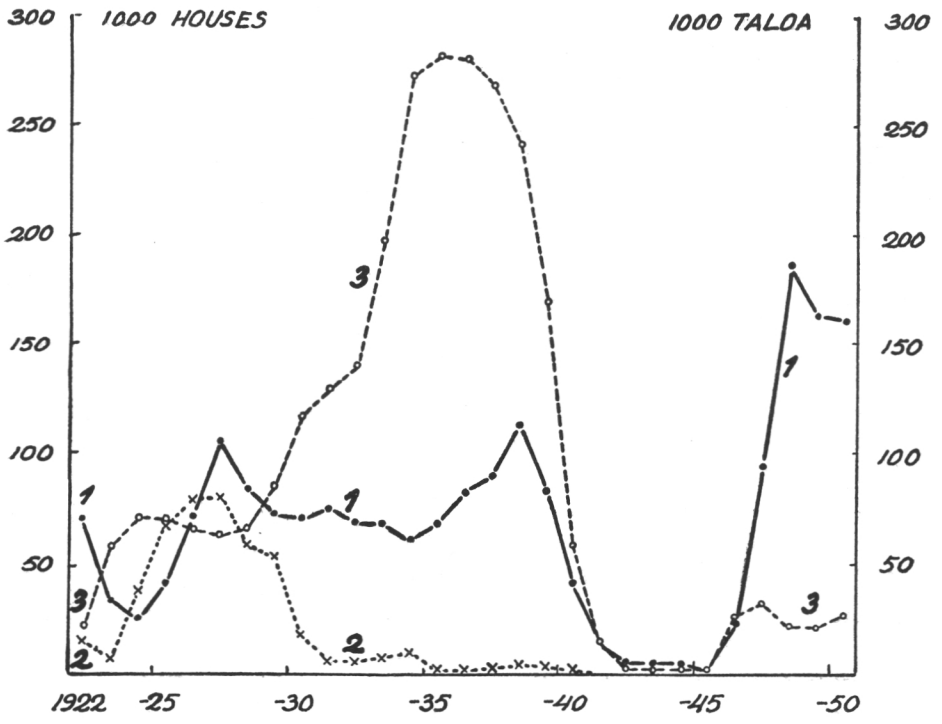


Fig. 2. Houses built by authorities (1) and private enterprise with (2) and without (3) state assistance in Great Britain, 1922—1950.

Kuvio 2. Ison Britannian julkinen (1) sekä yksityinen valtion avustama (2) ja ilman avustusta tapahtunut (3) asuntotuotanto vv. 1922—1950.

from the rates. In 1927 (Sept. 30), however, the state subsidy was reduced to £ 7 10/— (in rural communes £ 11), and the maximum subsidy payable from the rates was brought down to £ 3 15/—[1]). In addition, the Wheatley Act favoured building by local authorities more than the Chamberlain Act and thanks to the powers granted under the Act the local authorities became the most important instrument of house production for workers.

In 1933 the Wheatley Act subsidies were abolished by a law styled the Housing (Financial Provisions) Act. It was considered that the time had arrived to start improving existing housing also. Slum clearance became the main aim of the housing policy of the 1930's.

The slums situated on the outskirts of big cities, with their old, dilapidated, sombre dwellings and no conveniences had in fact become a burning social problem in the 1920's (see e. g. Freemantle 1927). Due to the

[1]) In Scotland the subsidies under both the Wheatley and Chamberlain Act were paid unreduced until they were completely abolished (1933). This perhaps is the main difference between housing policy in Scotland and in England and Wales. Generally a striking conformity obtained in the housing policy of England and Scotland (see Bowley 1947, pp. 261—268).

general shortage of housing, however, the renovation of existing housing could not be tackled immediately on the conclusion of the war. Some 11 000 slum houses only had been pulled down and rebuilt by 1930 (Ministry of Health, Annual Report 1931/32).

Slum clearance, however, was taken as the main objective of government housing policy by the 1930 Housing Act. The act granted an annual subsidy from the Treasury of £ 2 5/— in urban and £ 2 10/— in rural communities during 40 years per person transferred into new housing from the slum area. The 1933 Housing Act stresses the point by stopping state assistance for other building, leaving it to private enterprise alone. In addition, the government decreed that local authorities were to work out a five-year plan for the removal of all slums (Ministry of Health Circular to Housing Authorities 1 331, April 1933). A total of 250 000 houses were involved in this programme in England and Wales (Cmd. 4 635). The implementation of the programme was also made the responsibility of local authorities within the provisions for assistance of the 1930 Housing Act.

Although the solution of the slum question became the main problem of the housing policy of the 1930's a new aspect of housing policy appeared about the mid-thirties. The 1935 Housing Act made local authorities responsible for measures to relieve overcrowding. This was to be done within five years of concluding the slum programme. The Act also contained provisions on housing intended for agricultural workers.

It appeared, however, that the slum problem and overcrowding were ultimately the outcome of the same reasons: the supply of habitable dwellings was not sufficient; in addition, their rents had to be low enough for the ordinary worker's pocket (cf. Bowley 1947, p. 141). For this reason the assistance system was made uniform by the 1938 Housing Act. The subsidy was fixed at £ 5 10/— a year for a period of 40 years.

The 1938 Housing Act was the last legislative measure in the period between the wars laying down housing policy directives. It is interesting to observe the gradual development of this policy: in the 1920's the aim was the production of new houses to relieve the great housing shortage, in the early 1930's it was slum clearance and in the middle of the same decade the relief of overcrowding. Thus the official housing policy reflects the changing requirements of a gradually improving situation.

A certain development can also be observed in the organisation of state-subsidized house production: apart from the interruption caused by the 1923 Housing Act (Chamberlain Act) development advanced in a direction increasingly favouring the local authorities.

This development continued after the end of World War II, when the production of houses became almost completely the responsibility of local authorities. A contributory factor was the tendency of the Labour Government, which came into power in 1945, to increase state control

in the various branches of economic life. In addition, the post-war shortage of labour and supplies made the regulation of house production a necessary measure in the fight against inflation. The government considered that the national building programme could best be implemented by transferring building to control by the authorities (The Cost of House-building 1948, p. 7). Above all it was considered important to be able to reserve houses for those in most urgent need, irrespective of the economic standing and income of the occupier (see Ministry of Health, Annual Report 1946, pp. 159—160). Also, it was suspected that private building under a system of controlled rents would not produce enough housing, particularly for the working class, while building costs were high. On the other hand the local authorities already had some 20 years' experience of house production, and so it was believed that they would acquit themselves creditably in the new duties they were to shoulder.

The war-time government had already worked out a house production programme, published in March 1945. Under this programme the most urgent need was to be relieved by building 145 000 temporary houses and, in addition, 300 000 new permanent houses within 2 years of the conclusion of the war. At the same time repairs were to be effected to bomb-damaged houses.

The Labour Government, which came into power in 1945, concentrated its efforts in the first place on the production of permanent houses. Building was entrusted to local authorities, and the 1946 Housing (Financial and Miscellaneous Provisions) Act defined the economic outlines of the activities. Under that act the standard Exchequer subsidy was £ 16 10/— and the normal rates contribution £ 5 10/— per year and house during 60 years. Special provisions were made for the agricultural population, for flats on expensive sites etc. These subsidies covered approximately half the annual expenditure on the new houses (The Cost of House-building 1948, p. 7).

Since World War II no subsidies have been granted to private builders. Otherwise also private building has been restricted by the issue of licences, and only approx. one-fifth of the licences granted have been issued to private enterprise.

The initial objective of the government was the building of 750 000 new houses. The programme was

in 1946 140 000 houses
in 1947 240 000 » (Cmd. 7 021)

and in the subsequent years 200 000 permanent houses annually, though minor amendments to the programme were made in some years (see e. g. Cmd. 7 915, p. 33).

In addition, 160 000 temporary houses were to be built, war-devastated houses reconditioned, and the number of dwellings increased by the con-

version and adaption of existing premises. It was calculated that this programme would provide each family with its own dwelling.

The programme has been slower of realisation than was calculated (Table II). In 1946 approx. 50 000 only and in 1947 127 000 new houses were completed. This in spite of the fact that house production was given priority for labour and materials: approx. 60 per cent of the total labour employed in building was directed to this branch and a good half of it to the building of new houses (The Cost of House-building 1948, pp. 7—8). There are several reasons for the delay. One is a certain slowness inherent in the nature of the production concerned. In this case additional delay was caused by having to change the entire production machinery from a war footing to a peace-time basis. Also, it appeared — at the end of 1946 — that more building projects had been started than the labour force available could handle, and hence the work could not proceed at the normal rate. At the end of 1947 it was the shortage of materials, particularly sawn softwood, that restricted progress. The government started to cut down new building projects (Cmd. 7 268, p. 9).

Nevertheless, an annual average of nearly 200 000 new dwellings were completed in 1948—1950. The result of 1945—1950 was 767 000 permanent dwellings, 635 000 of them built by the local authorities. 157 000 temporary houses were erected by the authorities (primarily in 1946—1947), and a large number of war-damaged houses repaired. The emergency programme, therefore, was completed by the end of 1950.

d. Private house production

Five phases are discernible in the development of private housing production (Table II) in 1922—1939:

1922—26	rise
1926—28	drop
1928—32	revival
1932—36	sharp rise
1937—39	drop

The fluctuations of subsidized and unsubsidized building have differed perceptibly. Up to 1928 only did they develop along similar lines. Since then subsidized house production has been reduced to insignificance.

A particularly vigorous rise in private house production occurred in the 1930's when private production was on a considerably higher level than that run by the authorities. The underlying factors will be reviewed in the following.

It must be borne in mind that government housing policy had a pronounced social character: it aimed at improving the housing conditions

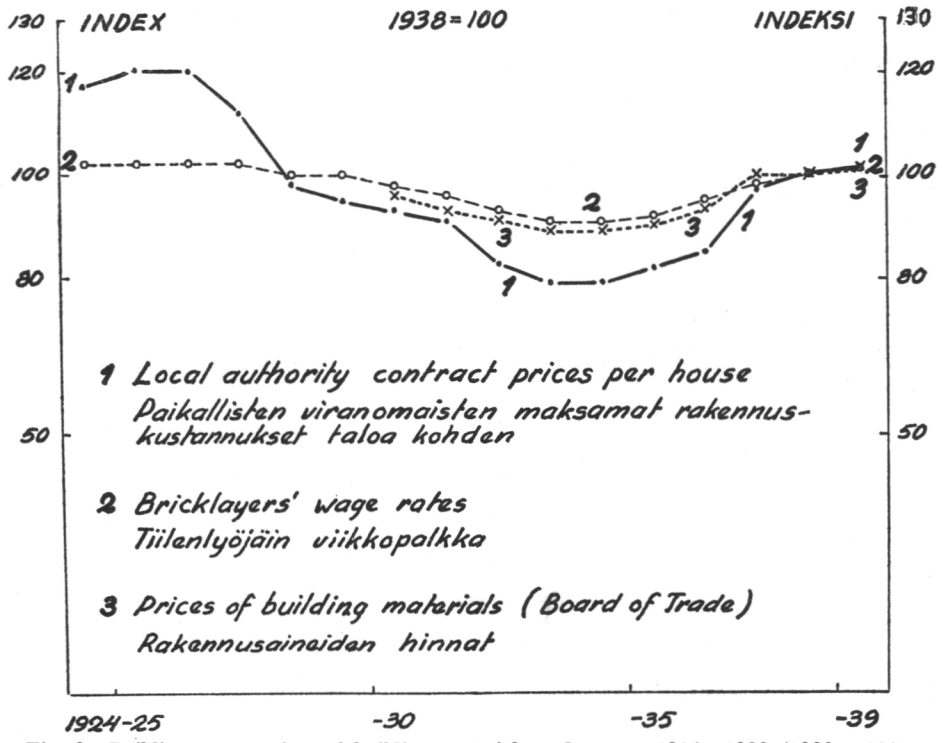


Fig. 3. Building costs, prices of building materials and wages, 1924—1939 (1938 = 100).

Kuvio 3. Rakennuskustannusten, rakennusaineiden hintojen ja palkkojen kehitys vv. 1924—1939 (1938 = 100).

of the working class. One indication of this is the fact that all the houses built by the local authorities were houses with a rateable value of not more than £ 13 (£ 20 in Metropolitan Police Area) (B o w l e y 1947, p. 52). Houses of this type in fact constituted the bulk of available housing: at the outbreak of World War I some two-thirds of total housing available (B o w l e y 1947, p. 13).

On the other hand, a serious need of housing had also been felt by the middle classes since World War I. Only high building costs prevented the satisfying of the need. It was evident, however, that as soon as their economic resources permitted the middle classes set about acquiring new houses.

This became possible with the marked reduction in the cost of house production in the late 1920's (see Table III and Fig. 3). The falling trend of costs had in fact set in in the early 1920's, but was still strong in 1926—1928. A considerable impetus, evidently, was the reduction of the Chamberlain subsidies in 1926 and the resulting decline in house production, particularly that organised on a subsidy basis, leading to the release of a considerable building production potential.

A study of the various cost factors shows that a declining trend in the prices of building materials persisted until 1934. Also, wages dropped, primarily due to widespread unemployment. This is indicated by the following table showing the number of workers employed in the building trade and the percentage of unemployed in 1927—1937 (Annual Abstract of Statistics ....., 1937).

Year — *Vuosi*	Number of workers employed *Työssä olevien luku* 1000	Percentage of workers unemployed *Työttömien sadannes*
1927	788	7.1
1929	754	8.7
1931	700	18.4
1932	620	27.6
1933	707	20.2
1935	837	14.3
1937	943	11.5

Unemployment in 1927 was small but increased subsequently up to 1932 when it was 20.2 per cent. Evidently other construction work fell off during the depression, freeing labour for house production without necessitating wage rises. The building industry labour force also swelled with the flow of workers from totally unrelated branches, due to the then serious unemployment (L e w i s 1950, p. 80).

The above is a survey of the initial costs of house production only. As houses are very typical durable commodities the i n t e r e s t o n c a p i t a l is of importance in their annual costs. Financing is a very important problem in house production in other respects too (cf. e. g. T a m m i n e n 1945, pp. 209—210), one which must be studied in greater detail.

A form of financing house production peculiar to the U. K. has developed in the country: building societies. They are financial institutions which raise capital, by issuing shares and accepting deposits, to enable them to grant mortgage loans expressly for building and buying houses. The business started about the middle of the 19th century and gradually developed into a powerful factor in the building operations of the country. This is indicated by the following statistical illustration of their development (Building Societies, Yearbook).

Year	Total assets £ million	Borrowers 1000	New advances on mortgages, £ million
1920	87	·	·
1925	169	·	50
1930	371	720	89
1935	602	1 180	131
1937	759	1 392	137

As can be seen the building societies experienced a particularly vigorous phase of development in the 1930's: both deposits and loans and the number of borrowers grew. At the end of 1937 the buyers or builders of nearly 1 400 000 houses had taken loans from some building society.

The average r a t e o f i n t e r e s t charged by the building societies on new loans in the different years varied as follows:

1925—30	6 per cent	1934	5.2 per cent
1931	5.9 » »	1935	4.5 » »
1932	5 » »	1936	4.5 » »
1933	4.9 » »	1937	4.5 » »

The downward trend in the interest rate began in 1931 and continued in the following years until in 1935 the rate was 1.5 per cent lower than in the 1920's. It is true that the revival of building operations — for reasons pointed out above — had already started before the rate level was reduced, but the pronounced acceleration of operations in 1933—1934 was doubtless considerably stimulated by the reduced rates of interest on capital granted for building.

In addition to the lowered interest level, certain other measures facilitating the financing of houses favoured house production in 1933. Previously the normal credits granted by building societies covered only 70 per cent of the value of houses under construction, and the amortisation period of the loans was 20 years. The 1933 Housing Act entitled the local authorities to offer an additional guarantee, and hence it became possible to obtain credits for up to 90 per cent of the value of the house to be completed. In addition the period of payment was extended to 30 years. Both these measures applied to working-class houses let by the owner. The building societies agreed to grant credits at 1 per cent below the prevailing rate of interest.

Moreover, the building societies were capable of assisting p u r c h a s e s of new houses in a more effective way than before now that the builders actively supported their efforts. The building societies advanced their usual maximum of 75 per cent of the value of the house against the personal security of the purchaser and the security of the house itself. They also made additional advances, by arrangement with the builder and against sums deposited with them by the latter, up to a total of 95 per cent of the value of the house. By 1938 this arrangement had become so general that approximately half the lending operations of the large building societies were on this basis (Economist 18/1939, p. 248). House-building for owner occupation was very common during the great building boom of the 1930's. A calculated third only of the houses built by private enterprise and completed in 1938—1939 was to let. Evidence of the fact that the middle classes in particular

at that time generally aspired to houses owned by them is e. g. Massey's (1942) investigation, according to which 64 ½ per cent of middle class families either lived in their own houses or made efforts to get a house of their own in 1938—1939.

The effective demand for housing also increased, however, due to the fact that the income of the population grew. Table IV, showing the development of the national income in the U. K. in 1921—1950, illustrates this. The real national income per head of population in 1927—1930 was considerably higher than earlier in the 1920's. In 1932—1935 also, when the curve of private building rose most steeply, national income per inhabitant grew markedly. The income increase was not entirely eliminated in the form of taxes, although the tax burden grew somewhat. In addition, the buying power of the lower wage earners was increased in 1925—1935 in the form of various income transfers (Clark 1938, p. 148). Hence the levelling of income distribution also provided increasingly large sections of the population with the opportunity of raising their housing standard.

It must be borne in mind of course that extended building operations were a factor generating income both directly and indirectly by creating employment in the subsidiary industries of house production (brick and cement factories, sawmills, glass factories etc.). But this was not the only reason. The devaluation of the pound sterling in 1931 increased export opportunities, temporarily at least. The system of imperial preference adopted at the Ottawa Conference of 1932 had the same effect, opening up export opportunities for U. K. products in the dominions, as had the tariff which substituted home production of manufactured goods for imports (see Salant 1950). For these various reasons industrial production grew considerably in 1932—1936, as can be seen from Table VII.

U. K. house-building, later on in the 1930's, was also financed by foreign investments attracted to the country. According to Chang (1951, p. 128), the net movements of U. K. long-term capital in 1926—1928 showed an average export of £ 101 000 000, but in 1936—1938 an import of £ 25 000 000 (cf. also Sheinfield 1938).

Another remarkable factor is that the world-wide depression of 1929—1932 was not particularly pronounced in U. K. economic life. This was evidently due to the weakness of the boom of the 1920's (Lewis 1950, p. 70).

As the income elasticity of the demand for houses is generally great (see e. g. Wold 1940, pp. 97—98; Tamminen 1945, pp. 99—101), the increased income of the population was clearly of essential importance in the rise in house production in the 1930's. The impetus, however, was provided by the earlier fall in building costs and the interest rate and generally the easier cre-

dit market for house production. Hence there were several parallel factors, thanks to which the need of housing could appear as effective demand on the housing market, combining to invigorate house production in the 1930's (cf. also Hansen 1941, p. 22; Tinbergen 1939, p. 101).

After World War II private building, as pointed out above, was subjected to strict controls. In granting building permits priority was given to local authorities; approx. a fifth only went to private builders. No government subsidies were allotted to them. Instead, licences were granted for repairs to war-damaged houses. By the end of 1950 some 35 000 houses had been repaired by private initiative. In addition, the conversion and adoption of existing premises was effected in approx. 45 000 houses (Housing Summary, January 1951).

But for these restrictions private house production would obviously have been perceptibly greater after the war than it actually was (132 000 new houses in 1945—1950). This conclusion, it is true, is not borne out by the customary calculations of profitability. The rents were kept low by controls while, on the other hand, building costs rose considerably. For instance, the Girdwood Committee (The Cost of House-building, 1950, p. 13) has computed that the average building costs of the local authority traditional three-bedroom houses were in 1947 3.3 times and in 1949 3.5 times higher than the 1938 costs, although e. g. the wholesale price index in 1949 was only 227 (1938 = 100). Many factors, such as increased wages and raw material prices, reduced work efficiency, partly also the larger size of the houses, account for this (see The Cost of House-building, 1948, p. 12 et seq.). Hence there was no incentive to build houses for letting.

On the other hand the severe housing shortage and the post-war inflationary development in the country encouraged many to think of building a house of their own. Some support for this belief is the fact that since the war building societies have had to finance a large number of sales of old houses (see Economist 1949, I, p. 481) at remarkably high prices.

e. The principle of acceleration as an explanation of fluctuations in house production

A discussion of the fluctuations in house production cannot disregard a point which has been devoted a great deal of attention in the recent theory of business cycles. It is the so-called principle of acceleration. The contents of the theory in brief are as follows.

Let us assume that the demand for services supplied by a durable commodity, in this case houses, is constant in society at a given time,

e. g. so large that 30 000 houses are required to satisfy this demand. Let us take the average age of houses at 30 years. This means that 1 000 ($= \frac{1}{30} \times 30\,000$) new houses must be built annually in order to maintain the housing situation unchanged.

Let us assume, further, that the demand for the services supplied by housing in the same society for some reason — e. g. growth of population, rise in the standard of living etc. — increases by 5 per cent, i. e. to 31 500. The number of new houses required annually will then be

1 000 houses to replace the old houses, and

1 500 houses to satisfy the new demand,

or a total of 2 500 houses. This means that the production of new houses increases, if the increased demand really is met, by 150 per cent while the demand for the services provided by houses only increases by 5 per cent.

For the volume of production to continue to grow in the same proportion the demand for services provided by houses must also continuously grow by the original percentage, in this case 5 per cent. If in the following year the demand is only 2 ½ per cent higher, making the total demand 32 750, 1 750 houses must be produced in that year (1 000 houses for replacement and 750 to meet the new demand). The production will thus be only 75 per cent higher than the original.

The increase which the demand for the services provided by houses causes in the demand for houses themselves depends — ceteris paribus — on the a g e of the houses, demand increasing with the age of the houses. If in the above example this averages 10 years only, with 1/10 of the houses requiring replacement every year, a 5 per cent increase in the demand for the services provided by houses would only cause a 50 per cent increase in the demand for houses. If the age is 50 years the increase is 250 per cent (cf. H a b e r l e r 1941, pp. 91—92).

The principle of acceleration, to which many business cycle theoreticians have devoted much attention, particularly in illustrating the relationship between the demand for consumer goods and capital goods (cf. H a b e r l e r 1941, p. 87), is unquestionably too simple in the form advanced. Firstly, it is based on the premise that no surplus capacity exists when demand for one reason or another begins to grow. For housing this assumption may hold good, more or less, as abandoned houses are not generally re-occupied; mostly they are demolished to make way for new. But growing requirements may be met instead by raising the density of occupation of dwellings, and the building of new houses may be postponed by extending the period of utilisation beyond the customary term.

Even replacement production is not constant but contracts during depression periods (cf. H a b e r l e r 1941, p. 342). In addition, it has been pointed out that the acceleration theory does not explain the origin of

a rise or fall in production. »It merely offers an explanation why expansions and contractions, when they are brought about, are so considerable. It does not account for the origin of these variations». (Estey 1947, p. 178; see also Hansen 1938, pp. 49—50; Achinstein 1950, p. 424.)

Further it must be noted that the acceleration theory does not hold good if the demand for the services provided by a durable commodity falls below the annual replacement production (cf. Tinbergen 1938).

Although the acceleration theory can be refuted as the basis of an independent explanation for business cycles, it nevertheless illustrates the sharp rises in the production of such durable commodities as houses (Haberler 1941, p. 308). It can also be applied to the specific case under review. It can be assumed that a considerably increased demand for the services provided by houses existed in the early 1930's, when the production costs of housing declined and the real income of the population rose. This increased demand resulted in an unprecedented expansion of house production, in accordance with the acceleration principle. On the other hand, the strict building controls of 1945—1950 prevented the functioning of the acceleration theory.

f. House production prospects

Although house production in 1945—1950 revived much more rapidly than after World War I, the housing shortage was still great in 1950. The number of houses built does not even correspond to the war losses and the increase in the number of families since 1939 (cf. pp. 25—26). The houses becoming obsolescent during and since the war — approx. 200 000 houses a year — have not been replaced (Marples 1950, p. 1). According to calculations, at the end of 1948 there were some 4 million obsolete houses over 60 years old in the U. K. (Economist 1950, I, p. 4). Not only their poor technical condition but also the requirements of a raised standard of living necessitates their replacement by new houses. In addition, a considerable part of the population moved to new localities during the war, another factor increasing the potential need of new houses — according to Elsas (1945, p. 70 et seq.) some 500 000 houses.

Marples (1950, p. 2) has calculated the U. K. need of new houses in June 1950 at 1.8 million. According to Elsas (1945), again, 7.5 million new houses must be built in 1945—1965. Approx. 1/10 only of this amount was built in 1945—1950.

The realisation of these plans is decisively dependent on the economic resources of the country. The position of the U. K. aggravated by the war (see pp. 65—66), places certain limitations on their realisation. But it must be emphasized that the house production of the country, prior to

World War I entirely a matter for private enterprise, during the period under review has been taken over almost completely by the state. Hence it is the policy of the government in power — within the limits of certain economic realities — that decides the rate of new house-building during a given period. This has made for an essential change in the character of the fluctuations in house production.

3. Non-residential building

For lack of the necessary statistics there is no detailed analysis of non-residential building. The Building Industries National Council, however, by means of questionnaires, has collected and published data on some pre-World War II years. This information gives some idea of the extent of non-residential building compared with house production (see Table 4).

Table 4. Estimated cost of buildings for which plans were approved by 146 local authorities in Great Britain, 1930—1937.

Taulukko 4. Paikallisten viranomaisten Ison Britannian 146 eri paikkakunnalla hyväksymien rakennussuunnitelmien sisältämät kustannukset rakennusten käyttötarkoituksen mukaan.

Year *Vuosi*	Dwelling houses *Asunnot*	Factories and workshops *Tehtaat ja työpajat*	Shops, offices and other business premises *Myymälät, toimistot ja muut liikehuoneistot*	Churches, schools etc. public buildings *Kirkot, koulut ym. julkiset rakennukset*	Other buildings, and additions and alterations to existing buildings *Muu rak. toiminta sekä ent. rakennusten lisäykset ja muutokset*	Total *Yhteensä*
	£ Million — *milj. puntaa*					
1930	46.7	4.6	5.5	8.4	9.4	74.6
1931	40.5	2.7	5.2	7.2	7.4	63.0
1932	46.9	3.1	4.7	4.7	6.9	66.3
1933	62.3	3.7	4.4	6.0	7.3	83.7
1934	69.6	6.1	5.0	5.9	9.0	95.6
1935	78.4	7.7	7.9	9.0	11.3	114.3
1936	75.1	10.1	8.7	10.8	12.3	117.0
1937	67.6	9.3	10.3	10.9	12.8	110.9
Average 1930—1937	60.9	5.9	6.5	7.8	9.6	90.7
Keskim. % ..	67.1	6.5	7.2	8.6	10.6	100.0
	1930 = 100					
1930	100	100	100	100	100	100
1931	87	59	95	86	79	84
1932	100	67	85	56	73	89
1933	133	80	80	71	78	112
1934	149	133	91	70	96	128
1935	168	167	144	107	120	153
1936	161	220	158	129	131	157
1937	145	202	187	130	136	149

The statistics, covering projects from fairly extensive areas in various parts of the country, can evidently be considered representative. In studying the figures attention is attracted by the large proportion house production constitutes in the projects: in 1930—1937 an average of approx. 2/3. It must of course be remembered that the statistics cover a period when house production was at perceptibly higher level than in the 1920's; hence the proportion of house production in the entire inter-war was probably slightly smaller.

The data provided refer to c o s t s, and this must be considered in any attempt to work out the extent of the use of sawn softwood in building other than house production. For instance, factory, shop, church, school etc. public buildings apparently represent a larger proportion of the cubic volume of buildings than of the costs. On the other hand they probably consume considerably less softwood per cubic unit since reinforced concrete, steel and other wood substitutes are used in the support structures and also other parts of factories, business buildings etc. (see e. g. G r o t t i a n 1938, pp. 21—23; S t r e y f f e r t 1950, p. 97). Another point is that e. g. shop fixtures are mostly of hardwood. Considering all these factors it seems probable that the buildings in question did not account for at least any greater proportion of the sawn softwood used than appears from the estimated costs, perhaps on the contrary. Hence it seems that the part played by house production in the use of sawn softwood is decisive.

It is striking to see from Table 4 that the business cycle fluctuations in non-residential building in the 1930's were more pronounced still than the variations in house production. The value of approved projects in 1937 has generally been at least double the minimum values of 1931—1932. The greatest variation appeared in the group »Factories and workshops» where the peak value (1936) was nearly four times 1931 value. This is not surprising for the variations in the building of factories and other business premises follow readily the future outlook of private enterprise (see Building Industries National Council Year-book for 1936, p. 63). Public building and »other buildings» have varied less.

It is also worth noting that the rise in house production was a couple of years ahead of other building operations in the 1930's. This too supports the assumption that house production in this case at least took the initiative so to speak, occupied a key position, in the U. K. business cycle development (»..... expansion in housebuilding ..... exercised a substantial, and probably decisive leadership in the country's economic recovery from the depression of 1931—2»; B e l l m a n 1938, p. 416; cf. also T a m m i n e n 1946).

After World War II the need of non-residential buildings was great. Air raids had destroyed a large number of factories, business premises, churches, schools and other similar premises. There were also many dil-

apidated buildings requiring replacement. The changed economic position of the country demanded investments in exports industry. Population migrations and the raised school-leaving age added to the need for new school buildings ect.

However, the government's building programme gave priority to housing, and only approx. 40 per cent of the building labour was for other building (The Cost of House-building 1948, pp. 7—8). Alongside house production the greatest attention was focussed on the reconstruction and expansion of industry to promote exports and cut down imports, thus helping the country to restore the balance of payments. Special encouragement was given to building in the so-called development areas »where it is important from the national as well as the local point of view to provide opportunity for workers who are at present unemployed and who cannot be absorbed into essential employment elsewhere» (Cmd. 7 268, p. 6).

The construction of buildings for other uses was drastically limited by the authorities, and the restrictive measures also applied to repairs and extensions. The controls were tightened up still more in 1947 when the shortage of steel (and also of sawn softwood) in particular caused a bottleneck in building (Cmd. 7 268, p. 12).

In the light of all this it is understandable that the scale of consumption of sawn softwood for building of this type has been fairly small since the war. According to Table 2 an average of 120 000 stds annually of sawn softwood was granted »for other building» in 1946—1949, i. e. less than a third of the quantity used in house production. In the period between the wars this proportion was apparently slightly higher.

4. Shipbuilding

As can be seen from Table 2, the quantity of sawn softwood consumed in shipbuilding has been fairly small. Nevertheless, the fact that this category of utilisation represents a very typical use of timber in the U. K. calls for a study of the phenomena related to it.

The amount of timber utilised for shipbuilding depends — ceteris paribus — on the extent of the production concerned. Information on this point, for merchant ships, is provided by Lloyd's Register and is given in Table V.

It can be seen that the production of vessels during the period under review has varied greatly. There was a big drop in 1921—23, followed by a revival which was interrupted by the 1926 General Strike. In the early 1930's the production fell again to a very low level. Though an upswing can be seen again in 1933—38 production did not reach the level of the 1920's. No contraction worth mentioning seems to have occurred during

the war, and in 1946—1950 production gradually rose again, even exceeding the level of the late 1930's.

Comparison of the fluctuations in shipbuilding with those in sawn softwood imports reveals many points of similarity. This applies particularly to 1929—1932 and 1933—1938. Bearing in mind that statistics on completed vessels lag approximately a year behind timber import statistics the parallelism is even more marked.

On the other hand it must be pointed out that the correlation in question is by no means complete. For instance, in 1921—1923 and 1947—1950 sawn softwood imports and shipbuilding production developed along widely different courses. And it must be emphasized particularly that the fluctuations in shipbuilding production have been much more pronounced than the fluctuations in sawn softwood imports. Imports have been much more closely related to house production than to shipbuilding, as could be expected in the light of the figures of Table 2. However, the correlation is distinct enough to necessitate a study of the factors that have governed U. K. shipbuilding production.

As can be seen from Table V the influence of the general b u s i n e s s c y c l e d e v e l o p m e n t can be discerned primarily in the production of vessels: the rise towards the end of the 1920's and 1930's and after World War II when a boom prevailed in the business development of various countries, and the deep trough during the depression period in the early 1930's. In addition, it seems that the t r e n d of shipbuilding operations in the inter-war period was declining.

The demand for merchantmen is represented by the shipowners both at home and abroad who place orders with shipyards in so far as the prospects of profits from navigation encourage this form of investment. These again depend on the level of freight rates and passenger fares on the one hand, and on the purchase price and maintenance costs of vessels on the other.

In this way the orders for and production of vessels is essentially affected by the demand for passenger and cargo transport services and the supply of these services, i. e. the tonnage available. A resultant of these two factors is the formation of a certain freight rate level at a given time; if it is high enough it encourages shipowners to place new orders with shipyards. The most important factor in the demand for transport is international trade. To illustrate these relationships Fig. 4 shows series reflecting the fluctuation in the volume of world trade and in freight rates.

The volume index of international trade has been taken, changing the basic year, from the League of Nations Review of World Trade and the Statistical Yearbook of the United Nations. The trade index was not computed before 1929; but the index showing the freight rate level, obtained from the Chamber of Shipping of the United Kingdom, Annual Report, has been computed though on somewhat differing basis from that of subsequent practice, also for the 1920's. It varied as follows:

1920	100	1925	25
1921	38	1926	28
1922	29	1927	28
1923	28	1928	26
1924	30	1929	25

In 1920 freight rates were very high. This was due mainly to the tonnage losses of the world war and to the fairly great demand for shipping space immediately after the war (see Robertson 1923). However, due to the depression of 1921, the rates dropped rapidly resulting in a sharp reduction in the production of vessels in the early years of the period under review (in 1920—1923 production dropped to a third of the 1920 total).

The development of freight rates continued mainly on the decline until 1933. In spite of this a considerable rise in shipbuilding can be observed, particularly in 1924 and again in the late 1920's. Evidently the costs of shipbuilding were also falling (Hallsworth 1935), making it possible to maintain production in spite of declining freight rates. In addition, shipbuilding was influenced by this time by a remarkable new factor: the technical development of navigation. Diesel-driven, fast vessels, cheaper in maintenance costs than the steamers and especially the sailing vessels, were first built in the 1920's. The tonnage of the pre-World War I period had already become obsolete. Shipowners, to raise their competitive capacity, wanted more up-to-date tonnage. Technical development, to which Schumpeter (1939, p. 94 et seq., p. 535) attaches particularly great weight in his business cycles theory, clearly became a stimulating factor in this case.

The great depression of the early 1930's had a foreshortening effect on international trade (in 1929—1932 the reduction was approx. 26 per cent). As bulky raw materials and semi-manufactured products play a very great part in international navigation and as trade in these articles is particularly sensitive to business cycle fluctuations, cargo shipping is subjected to very steep business cycle variations. For instance, the demand for tonnage fell sharply in 1929—1932 and freight rates dropped (Fig. 4). The protective measures (customs duties, import restrictions etc.) introduced in many countries at that time and »flag discrimination» also contributed to the difficulties of British shipping — Great Britain had considerable navigational interests outside her own direct trade.

In 1934, however, came a revival in shipping. The rising tendency began to dominate economic development, and world trade gained in liveliness. In addition, the devaluation of the pound sterling in 1931 increased the competitive ability of the U. K. in both goods and freight markets and had an invigorating influence on the country's shipping. Also contributing to this was the increased liveliness of trade with the countries of the Empire following the Ottawa agreement of 1932; lines of communica-

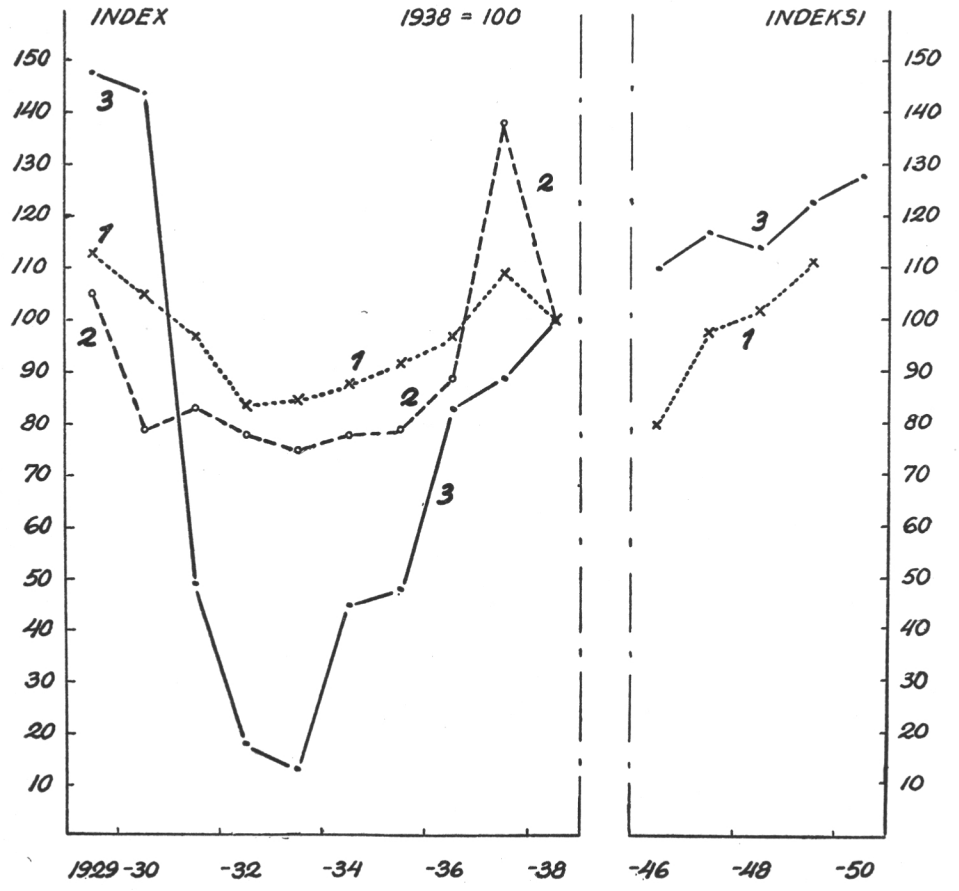


Fig. 4. Indices of the volume of world trade, 1929—1949 (1), tramp freight rates, 1929—1938 (2) and tonnage launched in Great Britain, 1929—1950 (3).

Kuvio 4. Maailman kaupan (1) 1929—1949, rahtien (2) 1929—1938, sekä Ison Britannian laivojen tuotannon (3) 1929—1950 vaihtelut.

tion were lengthened and the demand for tonnage increased accordingly (see Chamber of Shipping, Annual Report 1934/35, p. 49), although the volume of exports remained low.

In addition, the depression had provided a stimulus for the scrapping of obsolete tonnage. Quite a number of old shipyards were scrapped. A special company had been founded for this purpose in 1930 by shipbuilders, National Shipbuilders'Security Ltd., which bought and demolished the poorest shipyards. The resulting annual reduction in capacity was approx. 1 million tons (H a l l s w o r t h 1938).

Increased demand for tonnage after and the reduction in the shipping available during the depression had the effect of pushing up freight rates. As, further, there was a tendency to replace old tonnage with new motor-

driven vessels U. K. shipbuilding activities revived to some extent (Hallsworth 1935). But shipbuilding did not reach even the level of the end of the 1920's. Nevertheless the country had enough tonnage to meet its needs.

Shipbuilding activities were also essentially affected by foreign competition, for which World War I provided a stimulus. Prior to this time the U. K. had been the shipbuilding centre of the world: in 1912—1914 60 per cent of the merchant marine tonnage completed in the whole world was built in the U. K. As her great losses during the war made it impossible for the U. K. to sell tonnage abroad many countries began to build their own ships. This applies especially to Japan, the USA, Denmark, Holland, Spain and Sweden. In 1921—23 only 38 per cent of the world's tonnage was built in the U. K. Once started, shipbuilding continued and gained in strength in the competing countries. In 1936—38 the U. K. production of vessels was but a good third (35.8 per cent) of the world output. At the same time the proportion of world tonnage owned by the U. K. also decreased. It was

in 1915	44.2	per cent
1925	32.1	» »
1935	28.2	» »
1945	18.0	» »

Official supporting measures in the different countries encouraged their shipbuilding industry and shipping. Particularly »flag discrimination», i. e. the preference observed by each country for chartering its own bottoms, was relatively common practice in the 1920's (see Chamber of Shipping, Annual Report 1924/25; 1931/32).

Competition by other countries was probably the main reason for the declining trend in U. K. shipbuilding in the inter-war period. Another, contributory factor was the contraction of national and international trade (Allen 1935, p. 156), and this largely because of restrictions adopted, particularly in the early 1930's. A reducing influence on U. K. shipping in particular was exercised by the contraction of her export of coal in the period between the wars. These exports averaged

in 1924—1925	56.2	million tons,
1934—1935	39.2	» »

This drop again was the result, primarily, of the competition from Germany and Poland (see Allen 1935, pp. 29—30) and of the fact that oil was replacing coal in many fields, not least in navigation, cutting down exports of bunker coal too. For U. K. shipping this reduction in coal exports was

a serious blow since coal had been the export freight of the shipping bound for several countries (Chamber of Shipping, Annual Report 1933/34, pp. 37—38). On the other hand freight tonnage was modernized, its efficiency grew thanks to the increased speed of the ships and the improved technical equipment of vessels and ports. The rapidly developing air traffic tended to diminish passenger transport; on the other hand tourist traffic grew in popularity with the rise in the standard of living.

In World War II the U. K. merchant marine suffered extremely heavy losses: according to K e n d a l l (1948) a total of 1 719 vessels and 8.74 million gross register tons. The production of new merchantmen — 1940—44 5.35 million tons (Table V) — far from covered these losses.

Although in 1945 the world tonnage — thanks to extensive shipbuilding activities in the U. S. A. during the war (over 30 million gross register tons) — was 11.5 million gross register tons more than before the war, a severe tonnage shortage prevailed in the world. This is not shown by the index (see Fig. 4). As the number of states was reduced in World War II a given volume of international trade measured prior to the war showed a lower index after the war. Further, it must be noted that the volume of the U. K.'s own exports in 1947 was considerably higher than pre-war. The distances over which many articles had to be transported were considerably longer than before the war. For instance, considerable quantities of coal had to be imported to Europe from America when European coal production fell (see A Survey of the . . . 1946, p. 8 et seq.). These factors considerably increased the tonnage requirements. 14 million tons of the U. S. A. tonnage built during the war were held as a kind of reserve fleet, making the effective post-war tonnage in use less than that of 1939.

The remarkable revival of shipbuilding in the U. K. since the war must be understood in the light of these facts. A somewhat larger amount of tonnage was built than before the war, and the U. K. accounted for nearly half (46 per cent) of the total shipbuilding activities of the world in 1946—50.

Reference has been made to the significance of the so-called principle of acceleration as an explanation of fluctuations in house production. As the economic life of a ship is estimated at approx. 25 years (Economist 1951, I, p. 558) very radical changes can be expected in shipbuilding immediately the demand for transport services, for one reason or another, increases. But the large amount of tonnage kept idle in the period between the wars prevented the acceleration phenomenon from exerting its potential function. Increases in the demand for transport could easily be met from this surplus tonnage and hence, ultimately, it was only replacement production and the renewal of tonnage dictated by technical developments that entered into question.

The demand for tonnage since World War II has been enormous but many factors prevented the expansion of shipbuilding in correspondence

with the demand. Perhaps the most important were the shortage of labour and the lack of raw materials.

The fluctuations in shipbuilding activities have been reviewed above without reference to the types of vessels. From the point of view of the use of sawn softwood for shipbuilding the types are of a certain importance. It has been calculated that some 300 stds of sawn softwood are required for the construction of a 15 000 ton passenger liner and some 60 stds for a 10 000 ton freighter (Jussila 1937, p. 129), while 14 stds are used in building an 8 200 ton tanker (Forestry Commission 1938, p. 19 et seq.). Hence considerably more sawn softwood is required for the building of passenger ships than freighters. The ratio is not constant, however, and the quantities of wood used vary a great deal depending particularly on the shippers placing the orders, their domicile, and on the type of cargo for which the freighter is designed (Forestry Commission 1938, p. 19).

No statistics are available on the types of vessels built in the various years. It can be assumed, however, that no very great variations exist in this respect, for traffic and the level of freight rates as a rule show similar variations in both passenger and cargo traffic. E. g. during depressions, when trade and the transport of commodities are reduced, passenger traffic also falls off as the income of the travelling public declines (see e. g. Chamber of Shipping, Annual Report 1933/34, p. 38).

One distinctive feature of shipbuilding activities during the period under review is the increase in the proportion of tankers in the 1930's and after World War II. As the transport of liquid fuel has gained in importance it has provided an incentive for the construction of the special tanker tonnage required for this purpose. The increased proportion of tankers in shipbuilding has led in turn to a reduction in the consumption of sawn softwood in this industry in the inter-war period, a reduction that is relatively greater than could be accounted for simply by a lowered aggregate production of vessels. Taylor's (1951) observation that relatively more orders for tankers have been placed with the shipyards during depression periods — e. g. in 1921, 1927 and 1938 — supports the assumption that the business cycle fluctuations in the use of sawn softwood by shipbuilding have accordingly become more pronounced still.

5. Construction of railway carriages and waggons

The U. K. railways have consumed considerable quantities of sawn softwood, particularly in the construction of rolling stock, i. e. carriages and waggons (cf. Table 2). With other factors remaining constant, in this branch also the fluctuations in consumption depend on production fluctuations. Even though no annual statistics are available, an idea of the product-

Table 5. Volume of production (1935 = 100) in the railway carriage and wagon building trade, 1924—1935.

Taulukko 5. Rautatievaunujen tuotanto vuosina 1924—1935 (volyymi-indeksi, 1935 = 100).

Year *Vuosi*	Railway carriages *Matkustajavaunut*	Railway wagons and trucks *Tavaravaunut*		Tramcars and trolley buses *Raitiotie- ja trolleyvaunut*
		Steel and iron *Teräksiset ja rautaiset*	Other *Muut*	
	Volume of production — *tuotannon volyymi* (1935 = 100)			
1924	165	227	314	35
1930	149	214	63	59
1933	15	101	16	32
1934	52	77	65	86
1935	100	100	100	100

Sourse — *Lähde:* Fifth Census of Production 1935, Part II. 1939.

ion fluctuations before and after 1930 can be formed on the basis of the 1924 and 1935 Censuses and the Import Duties Act investigations effected in the interval. The results are shown in Table 5.

It can be seen that the business cycle variations in this branch of production have been violent. For instance, the carriages produced in 1933 were less than 10 per cent of the number built in 1924. Heavier still was the drop in the group »other goods waggons». Also noteworthy is the fact that the trough in the production of railway carriages and waggons was reached relatively late — as late as 1930 the production was much higher than in 1933. In part at least this is due to the quite lengthy interval between the placing of the orders and their completion. Tinbergen (1930, p. 116) estimates this time lag at a year and a half.

The variations in the production of railway rolling stock are connected with the demand for transport services, i. e. the fluctuations in traffic. A serie of figures on the fluctuations in waggon-miles on the British railways in the period under review is given in the following (Annual Abstract of Statistics . . .).

Year	Wagon-miles		Year	Wagon-miles	
	Million	1935 = 100		Million	1935 = 100
1924	5 058	113	1934	4 443	99
1925	4 942	110	1935	4 493	100
1926	3 959	88	1936	4 728	105
1927	4 986	111	1937	4 843	108
1928	4 748	106	1938	4 495	100
1929	4 968	111			
1930	4 751	106	1946	4 652	103
1931	4 461	99	1947	4 456	99
1932	4 142	92	1948	4 556	101
1933	4 186	93	1949	4 579	102

The fluctuations in traffic have been considerably smaller in extent than the variations in waggon production. In this connection the principle of acceleration described above again suggests itself. In the case under review a certain quantity of rolling stock represents the stock of capital goods created to meet a demand. As pointed out by T i n b e r g e n (1939, p. 115), the railways cannot as a rule refuse to accept transport commissions, and this should result in a close connection between the demand for transport and investments in rolling stock. However, as T i n b e r g e n himself (1938) has emphasized in another context, disinvestment cannot exceed replacement production. If annual replacement production amounts to 10 per cent of the stock of capital goods a reduction of the stock by an amount larger than 10 per cent is impossible. This limit is narrower the longer the life of the capital goods under review.

Hence the acceleration theory does not offer an adequate explanation, particularly when the trend of capital goods production is markedly on the decline, as it was in the case under review in 1924—34. The explanation is probably that the r e p l a c e m e n t p r o d u c t i o n of rolling stock occurs mainly in boom periods, when traffic increases, and is almost neglected during depressions when traffic is small, the returns of the railways fall and their profitability is weakened. Another indication of this is the fact that there has been not net increase in rolling stock during the period under review; on the contrary, it has been reduced. The development has been as follows:

Year	Passenger-carrying vehicles	Merchandise and mineral vehicles
	1000	
1920	52	742
1925	51	721
1930	48	690
1935	44	634
1938	43	594
1946	41	597
1949	41	524

Repairs to rolling stock have probably not varied quite as much as the production of new waggons.

Apart from cyclical variations in the production of rolling stock, a d e c l i n i n g t r e n d is also visible in the light of Table 5.[1]) No figures are available on the production volume in the latter half of the 1930's, but there is very little likelihood that it was much above the 1935 figure. Clear evidence supporting this is the fact that rolling stock decreased between

[1]) In reality the trend is probably less pronounced than Table 5 indicates for the carrying capacity and size of the waggons have evidently increased somewhat.

1935 and 1938, as can be seen from the table on p. 50. It must also be noted that there are no figures for the late 1920's, the height of the boom period.

The occurrence of this type of trend in the production of rolling stock is not in fact surprising when we remember that road traffic was gaining in strength between the wars, taking custom from the railways. This expansion of road traffic is perhaps best illustrated by the marked increase in the number of road vehicles, seen in the following series of figures (the number of driving licences issued in Great Britain according to Annual Abstract of Statistics . . . .).

Year	Total motor road vehicles 1000	Commercial goods vehicles 1000
1922	933	159
1925	1 437	232
1930	1 970	341
1935	2 369	420
1938	3 094	497
1945	2 559	477
1949	4 113	848

This structural development in traffic during the inter-war period was a universal phenomenon. But it was favoured to an exceptional degree in the U. K. by the relatively short distances involved and the good network of roads. As mentioned above, railway rolling stock was distinctly on the decline during the period under review, and there has been practically no extension of the railway network in the last 30 years. Its trafficked rail length was

in 1920	51 400	miles
1949	52 200	»

Apart from home requirements, the U. K. has also manufactured considerable quantities of rolling stock for export. Here, too, there has been a setback during the period under review. The number of passenger and goods carriages exported can be seen from the following (Annual Statement of the Trade . . . . .):

	1000 tons
1925	163.3
1930	101.1
1935	52.2
1938	56.5 [1]
1945	11.8 [1]
1949	105.7 [1]

[1] After 1938 the figures are not fully comparable with the earlier figures.

In the 1930's in particular exports of rolling stock were heavily cut. A contributory factor was a structural development of traffic in the buyer countries similar to that in Great Britain. But exports were additionally hampered by an increase in the home production of the buyer countries and the general difficulties under which U. K. foreign trade operated in the period between the wars.

After World War II, however, the need to replace rolling stock became particularly urgent. This was the result, on the one hand, of the greatly increased liveliness of railway traffic that attended the new phase in the economic development of the country after the war, and on the other of the neglect of stock replacement during the war. It was calculated that in 1947 approx. 350 000 goods waggons (29 per cent of the total) were over 35 years old. The figures for passenger carriages was approx. 12 000 (some 20 per cent). As this old rolling stock required frequent repairs its urgent replacement was considered a necessity (Cmd. 7 268, p. 24). In 1947—48 the production of particularly goods waggons for home use (an average of approx. 40 000 waggons) considerably exceeded the pre-war level; but even at this rate replacement of the outworn stock that existed in 1947 would require some 9 years. The construction of passenger carriages was not considered equally urgent, and a decision was made to reduce this part of the programme, as from 1948, to 1 000 carriages a year (Cmd. 7 268, p. 24).

As can be seen from the table on p. 51, exports of rolling stock have revived considerably since 1945. Hence exports also have contributed towards expanding the production in the post-war years.

Let us attempt from the foregoing to gain some idea of the influence of the railway rolling stock industry on the use and imports of sawn softwood in the U. K. The violent fluctuations in this production in the inter-war period evidently accentuated import fluctuations also, particularly the contraction of imports in the early 1930's. Later on in the 1930's the production expanded, contributing towards an increase in the imports of sawn softwood. However, it must be noted that the production of railway vehicles was far from reaching its level of the 1920's. Hence the production in question only affected the high imports of the 1930's to a small extent. As very little softwood, e. g. in 1948 only 15 000 stds (see Final Report on .... 1948, Volume 3, Trade 1), has been used in the manufacture of motor vehicles it was evidently the declining trend in the production of rolling stock that was a factor reducing imports.

Since World War II the production of new rolling stock for home use and export has again considerably expanded and thus more sawn softwood has been used. Repairs to rolling stock worn out during the war have had a similar influence as it is primarily the wooden parts of the waggons that have been involved. The effects of this post-war construction and repair activity are distinctly reflected in the figures of Table 2.

6. Packing industry

As stated, the packing industry has been one of the most important users of sawn softwood in the U. K. No statistics exist on the use of sawn softwood in this branch of industry during the inter-war period. Even the statistics on the volume of the packing case industry are deficient. Some data showing the nature of the fluctuations can, however, be given.

Wooden cases and boxes are used for a wide range of purposes, e. g. the packing of yarn and textile piece goods, machinery, motor cycles, motor cars and hardware for e x p o r t.

In addition wooden cases and boxes have a diversity of uses in packing the commodities sold on the h o m e m a r k e t: fish, margarine and other foodstuffs, beer, whisky, mineral waters, fruit, flowers, confectionery, glassware, pottery, drugs, chemicals, paints, soap, hosiery, leather goods, tobacco etc. Some of these articles are exported also.

A starting point is the knowledge that the majority of the sawn softwood used by the packing industry is consumed in the packing of export goods (cf. Table 2). Here the consumption has evidently been closely related to the volume of the exports requiring sawn softwood as packing material, and to the factors influencing these exports. It is of course probable that the proportion of total consumption represented by export packing in the inter-war period was smaller than after World War II, but it was quite considerable then even. Machinery and hardware, motor cycles, motor cars, yarns and textile goods were the most important export articles of the U. K. In addition, the packing cases used for the export of especially machinery, motor cars etc. are perceptibly larger than those generally used by the home market (see Forestry Commission 1934, pp. 26—29), and this too made for a relatively high consumption of wood.

An idea of the fluctuations in the total amount of exports can be obtained by studying the development of export volume in the period under review. An index series illustrating it is given in Table VI (see also Fig. 5). It will be noted that the amount of exports grew gradually in the 1920's, with the exception of 1926; the General Strike of this year interfered with the development. In 1929—31, however, there was a sharp down swing and the export volume did not re-attain in the 1930's its pre-depression level. But there was a strong rise after World War II, and as early as 1949 the volume of exports had reached a higher level than in any earlier year of the period under review.

A comparison of the fluctuations in export volume and imports of sawn softwood reveals a fairly uniform development for both in 1921—27. Subsequently their courses have diverged: sawn softwood imports contracted while the export volume continued to grow until 1929. In 1929—31 the course was again parallel, i. e. declining. This actually applies also to 1931—

37, if the trend only of the two series is considered. However, it is clearly noticeable that sawn softwood imports rose much more steeply than the export volume. The development of exports and sawn softwood imports since the war also seems to have continued parallelly to start with, but since 1947 they have deverged again.

A declining trend seems to have been characteristic of the volume of exports, just as it was for shipbuilding and the production of rolling stock, during the period between the wars. Symptoms of this turn in the foreign trade of the U. K. were in fact visible in the latter half of the 19th century (1860—1870), when competition from the U. S. A. and Germany in particular adversely affected the position of the U. K. in the world market (see Schlote 1938, p. 47 et seq.). World War I provided an additional stimulus to this development. With normal trade connections interrupted many countries began to manufacture articles that they had previously bought from the U. K., and not only for home consumption but for export also. After the war efforts were made to continue their production, and thus the U. K. had to face increasingly keen competition on international markets. This applies quite particularly to the cotton industry and the textile industry in general. In these fields competition e. g. from Japan proved harmful.

The economic policy of the country also contributed to the unfavourable development of the export trade. The restoration in 1925 of the Gold Standard at pre-war parity implied a considerable over-valuation of sterling and thus hampered exports (see Robbins 1934, p. 52, Lewis 1950, pp. 77—80). This measure in fact has been considered a serious mistake of the economic policy of the 1920's (Nurkse 1941). It must be considered primarily responsible e. g. for the 1926 General Strike, which almost paralyzed export production during a boom on the international market. It is possible that without this disturbing factor the rise of exports towards the end of the 1920's would have been greater.

The strong growth of exports since World War II is striking. This was due above all to the changed economic position of the country. Before the war an important item in the U. K. balance of payments consisted of profits, dividends and interest from overseas investments (in 1936—38, according to Chang, 1951, an average of £ 240 million annually, cf. e. g. Cmd. 7 268, p. 3). During the war they were largely lost, and the country was compelled to endeavour to make good the deficit that would otherwise result in the balance of payments by increasing exports, if it was to maintain a standard of living even approximating to the pre-war. The expansion of exports and the resulting increase in the use of packing material were in fact considerable (cf. TTJ 23. 11./1946).

In view of the purpose of the present investigation the changes in the pattern of exports should also be examined. However, approximate calcula-

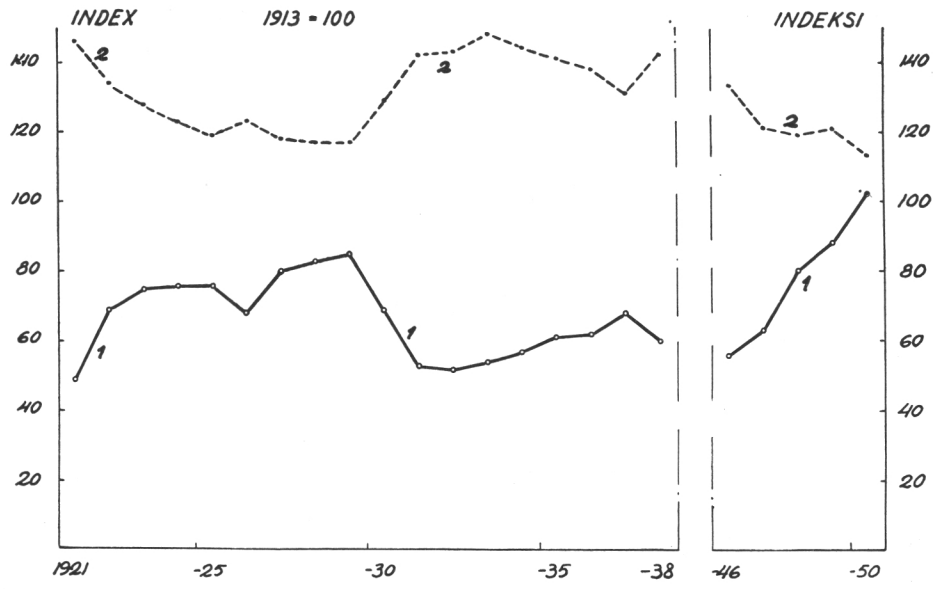


Fig. 5. Volume of exports (1) and the terms of trade (2) of the United Kingdom, 1921—1950.

Kuvio 5. Britannian viennin volyymi (1) ja ulkomaankaupan vaihtosuhde (2) vv. 1921—1950.

tions only can be given. S c h l o t e (1938), in his study of the structural changes in U. K. exports, has classified the export products as follows:

1. Food, drink and tobacco
2. Raw materials
3. Manufactures

From the point of view of the consumption of sawn softwood the groups of primary interest are »food, drink and tobacco» and »manufactures» as it is timber principally that has been used in the packing of the articles belonging to these groups. According to S c h l o t e, the exports of especially the largest group (manufactures) have varied parallelly, in the main, with the total export volume. But the declining trend seems to have affected manufactures more than raw materials. This structural development of exports probably also reduced the sawn goods required for packing during the period between the wars.

After World War II the situation was different. Not only did the volume of exports grow to a higher level than at any time between the wars but its pattern also changed: the proportion of raw materials decreased and that of finished products increased. This is shown by the following figures (Accounts relating to the Trade . . . .):

	1938	1947	1950
	per cent of the total value of exports		
Food, drink, tobacco	7.6	5.7	6.2
Raw materials	12.1	3.0	4.9
Manufactures	77.6	87.9	86.7
Other items	2.7	3.4	2.2
	100.0	100.0	100.0

In the »manufactures» group the proportion of motor cars and miscellaneous machinery in particular grew remarkably. Quite considerable quantities of sawn softwood were required for their packing.

Hence the changed structural development of exports has also contributed towards increasing the sawn softwood required for the packing of export goods since the war.

Timber has also been used in h o m e t r a d e for the packing of many commodities. The timber requirements in this branch can be considered to correlate primarily with industrial production which is illustrated in Table VII by groups.

It can be seen that the volume of industrial production, contrary to the export volume, expanded during the inter-war period. Thus, evidently, the quantity of commodities in home trade has grown. The increased production of foodstuffs would seem to indicate a simultaneous growth in the need for packing material. The production of the cotton and wool industries, by contrast, was on the decline.

A factor with the opposite effect, however, is that home market goods are now increasingly carried by road instead of rail. This has made it possible to pack them more lightly, perhaps in some cases to give up packing altogether.

Since World War II production has gradually grown in industry in general and in the foodstuffs industry to above the 1937—38 level, but in the cotton and wool industries it has contracted perceptibly. As exports have grown in ratio to total production it is difficult to assess whether the home market packing material requirements have increased. The figures of the table do not support such an assumption.

We can conclude from the above survey that the use of wooden packing material in the period between the wars was on the decline. This is borne out by data from the 1924, 1930 and 1935 Censuses on the production of the wooden packing case industry (Fifth Census of Production 1935, Part IV). The figures indicate the following:

	1924	1930	1935
Volume of production (1935 = 100)	116	101	100
Number of persons employed	13 510	12 188	11 551

This would indicate that the use of timber for packing purposes also was on the decline between the wars. The declining trend of exports was doubtless an essential cause (cf. TTJ 6. 4./pp. 47—48). A contributory factor affecting the phenomenon has been the replacement of timber by other packing materials. This will be discussed in greater detail (see pp. 73—74).

The expansion of exports since World War II and in part also their structural development, on the other side, have greatly increased the use of sawn softwood for packing.

7. Other items of timber utilization

As already pointed out a number of timber utilization items exist whose statistical study is impossible. They include:

— construction of ports, bridges, roads, canals and power lines,
— agricultural buildings other than housing (e. g. barns, sheds, silos),
— other agricultural uses (e. g. fences),
— use of sawn softwood in mining,
— use of fencing wood (other than on farms),
— furniture industry and, in general, the part of the joinery industry not directly connected with the building industry,
— use of sawn softwood for tools, toys, ladders, coffins, etc.

The variations in these residual items can hardly essentially change the picture obtained above of the fluctuations in the use of sawn softwood. Firstly, the proportion of the total use of sawn softwood represented by them is relatively small — in 1946—1949 under 25 per cent of total use. Secondly, the fluctuations in production can probably be largely coordinated with the fluctuations in the branches discussed above. For instance, the construction of ports, bridges etc. has probably followed the general rhythm of construction. The production fluctuations in the furniture industry and, in general, in the joinery industry are closely connected with the fluctuations in building. Mining operations also and the related use of sawn softwood in the mines have been closely connected with the general movements of the business cycles.

This probably applies to the building timber used on agricultural farms also; the income of farmers is known to be rather sensitive to business cycle fluctuations. U. K. agricultural policy, however, is also likely to have affected the trend in the utilization of timber by farms. In the 1920's British agriculture was left without any protection. This »laissez faire» policy weakened the economic standing of agriculture and production contracted. Investments by the agricultural population of the U. K. in agricultural buildings probably also contracted as a result parti-

cularly in the 1920's, exerting a contracting influence on the use of sawn goods as well. During and after World War II agriculture was subsidized by the state, and this has evidently helped to revive building in this branch. Hence a larger proportion of sawn softwood has probably been used by agriculture in the last years of the period under review than between the wars.

In considering the effects of these residual items as a whole, however, it must be remembered that many — perhaps most — of them are of such a character that they have to some extent levelled the fluctuations in the timber utilization of the branches discussed previously.

A special item of utilization, in a way, is the sawn softwood consumed by repairs in all the branches of use. We have been primarily concerned so far with the consumption for the construction of new houses, ships etc. No statistics are available to show the breakdown of the use of sawn softwood in each branch between production proper and repairs. However, it can probably be assumed that the proportion used on repair work is not more than 10—20 per cent. For the fluctuations in consumption this proportion is of no decisive importance for according to general experience the repairs of houses etc. follow closely new investment in the branch concerned. But there is one important exception worth pointing out: during both World Wars repair work accumulated to a great extent, not only because it was neglected during the war but also owing to the devastations of the wars. For this reason more repairs, particularly to houses, were effected in the early 1920's and especially immediately after World War II than during the period under review in general; consequently, more timber was consumed.

8. Production of home-grown timber

a. The period between the wars (1921—1939)

An appreciation of the U. K. imports of sawn softwood must take into account the production of home-grown timber. Unfortunately there are no statistics covering the whole investigation period. The annual changes in this production must therefore remain rather uncertain. Information enough is available, however, for a comparison of the order of magnitude of home timber production with imports.

The U. K. has a fairly advanced sawmill industry of her own (in 1935 1512 establishments employing more than 10 persons). Its main task, however, is the further conversion of imported sawn timber. The use of home-grown timber, especially of softwood, is comparatively limited.[1])

[1]) According to the Census of 1948 (Final Report on . . . 1948, Vol. 10, Trade A) home-grown oftwood accounted for not more than 13 per cent of the aggregate raw-material of the British awmills.

The proportion between home-grown and imported raw material has changed a good deal in the course of the years. The investigation period can be divided for further analysis into three sub-periods:

a) inter-war period (1921—1939)
b) World War II (1939—1945)
c) post-war period (1945—1950)

No regular statistics are available for the years prior to World War II on the conversion of home-grown softwood. Some information can however be derived from the Censuses of 1924 and 1930, as well as from the calculations made by the Keith Committee (Forestry Commission 1928; 1932; Report of the Committee appointed . . . 1948). The figures are set out in Table VIII.

The figures for 1924 and 1930 only indicate the production of home-grown timber of »sawmill size». Not all this timber has been used in sawmills, but even assuming it had the proportion of the aggregate production (the production of home-grown timber plus retained imports) represented by home-grown timber averaged only 4 per cent in the inter-war period. From this it can be concluded that imports have been by far the most important source of sawn softwood supply.

Obviously the production of home-grown sawn softwood has also experienced cyclical changes, although Table VII does not indicate this. The figures suggest that the trend of home timber production has been a declining one in 1921—1939. This applies both to its total volume and especially to its proportion of the aggregate production.

The principal reason for the small proportion of home-grown timber is the lack of adequate forest resources in the U. K. Table 6, summarizing the results of Censuses of Woodlands, shows the forest area of Great Britain (excluding Northern Ireland).

Table 6. Forest area of Great Britain, 1913—1949.

Taulukko 6. Ison Britannian metsäala vv. 1913—1949.

Date of survey *Arvioimisvuosi*	Total forest area, 1000 acres *Koko metsäala, 1000 acrea*	Area of high forest — *»Korkean metsän» ala*			
		Total *Yhteensä*	Softwoods *Havumetsät*	Hardwoods *Lehtimetsät*	Mixed forests *Sekametsät*
		1000 acres — *1000 acrea*			
1913—1914	2 736	2 168 (72%)	1 158	715	295
1924	2 959	1 417 (48%)	672	443	302
1930	3 000	.	.	.	.
1938—1939	3 201	.	.	.	.
1947—1949	3 448	1 789 (52%)	868	755	166

The method and accuracy of succeeding Censuses varies to some extent, which weakens the compatability of the results. The fact remains, however, that forest area per head has been very small (0.07 acres throughout the investigation period). The area of high forest has accounted for about half only of the woodland area since World War I and only about half of this area has been covered by coniferous trees.

World War I took a heavy toll of Britain's forests. Timber imports were heavily cut by submarine warfare and the requirements had to be met to very great extent from her own resources. Consequently the area of high forest was greatly reduced (Forestry Commission, 1928, p. 16). This applies also to coniferous forest.

On the other hand experience gained during World War I gave rise to a new direction of forest policy (cf. MacGregor 1951). On the basis of the proposals submitted by the Acland Committee (Final Report of Forestry Sub-Committee Reconstruction Committee, 1918) a comprehensive forestry programme was produced, including a large increase in stateowned forests, the establishment of the Forestry Commission and an ambitious programme for re- and afforestation. The main objectives of this policy were to provide adequate supplies of timber in case of war as well as employment for the rural population. The programme was agreed to by Parliament (Forestry Act 1919).

Area planted in 1919—1939 by	
Forestry Commission	369 000 acres
Private Woodland Owners (with State assistance)	126 000 »
Total	495 000 acres

These figures exclude the rather modest plantings carried out by private woodland owners without state assistance (cf. Forestry Commission, Annual Report for 1949). Two thirds of the area in question were planted with coniferous trees.

These plantings, however, did not affect the production of sawn softwood in the years prior to World War II.

The small proportion of home-grown softwood was also due to its inability to compete with the imported commodity. The experience gained during World War I did not encourage consumers to use the former. Home-grown timber was of inferior quality and inadequately seasoned. As soon as ample supplies of imported timber were available home-grown softwood suffered from a lack of markets (cf. Forestry Commission 1934).

Because only a sufficient outlet for timber and adequate revenue from forestry could induce private forest owners to replant their woodlands

the marketing problems of home-grown timber were given serious consideration in the 1930's. In 1933 the Home-grown Timber Committee submitted its report, recommending improvements in the marketing organisation of and a measure of protection for home-grown timber (Forestry Commission 1933, p. 4). No serious attention was paid to the latter proposal by the authorities, but the Home-Grown Timber Marketing Association and the National Home-Grown Timber Council were established to improve marketing conditions. The purpose of these organisations was information, the collection of statistics and the making of propaganda for home-grown timber.

These arrangements could be expected to produce only rather modest results. Scandinavian, Finnish and Russian timber were superior in quality and at least this handicap could hardly be overcome since the principal reason for it was the inherent quality of the wood grown in these countries. Consequently home-grown timber contributed but little to the supplies of sawn softwood, and its utilization was limited mainly to purposes in which quality played a minor role, e. g. the packing case industry and mining (cf. M e i g g s 1949, p. 81).

In the light of war-time over-cuttings, however, it may be justifiable to conclude that the coniferous forests of Britain were felled in the inter-war period to approximately the limit of allowable cut. According to statistics prepared by the Forestry Commission the balance for 1934—1938 appears to be as follows:[1])

	Millions of cubic feet of round timber in true measure excl. bark	
Gross annual increment		36.0
Removal:		
Production	30.0	
Natural losses by fire, decay, insects, windfall etc.	3.6	33.6
Net increment		2.4

An approximative forest balance was also calculated for 1924 (Forestry Commission 1928, p. 62). This was found to be negative, showing an excess of removal over increment in high forests as follows:

	Million cubic feet in true measure
coniferous forests	1.3
broadleaved forests	3.4
all forests	4.7

[1]) As to the cut, an average for 1934—1938 has been used. Annual increment refers to that in 1938.

In actual fact over-cutting may have been even stronger, for natural removal has apparently been omitted.

The fact that the total cut in 1930 was about 5.5 mill. cu. feet (14 %) short of that in 1924 suggests that a balance between increment and removal was achieved in the early 1930's.

These balance calculations are subject to rather large margins of error which, of course, weaken their compatability. It must also be borne in mind that the balance for 1924 has been calculated on the basis of one year's cut only. Nevertheless, there are fairly good reasons supporting the view that the increment balance of U. K. forests was negative in the 1920's but considerably improved in the 1930's, and taking the inter-war period as a whole removal and increment may have been of about the same order (cf. Meiggs 1949, p. 2). Both the gradually increasing growth and the declining cut seem to have contributed to this development. This statement applies also to coniferous forests. From the extensive fellings carried out in 1921—1939 it is fairly obvious, however, that the increase of growth concentrated chiefly on a small-sized timber whereas hardly any increase has taken place in timber of saw-mill size.

Growth may not perhaps be considered the proper criterion for allowable cut. In the light of heavy war-time fellings the line of progressive forest policy (cf. Saari 1948) and even more restricted felling policy would have been advisable. On the other hand it must be remembered that clear felling methods were extensively applied in war-time cutting (Forestry Commission 1928, pp. 16—17). In those stands which escaped these fellings a certain amount of thinning was inevitable.

b) The period of World War II (1939—1945)

During World War II the production of home-grown sawn softwood was some three times that of the late 1930's and it accounted for 29 per cent of the aggregate production (in 1941—1944 about 37 per cent).

Factors affecting this expansion were much the same as during World War I: the cut in imports owing to submarine warfare and tonnage losses. As the transports vital to warfare occupied the entire available shipping space imports of so bulky a commodity as timber had to be reduced to the minimum. In addition trade with the traditional sources of sawn softwood: the Scandinavian countries, Finland and Russia came almost to a standstill during the war.

On the other hand the expansion of home timber production involved many serious problems, labour perhaps the worst. These problems can be disregarded here by referring to Meiggs' (1949) book.

c) Post-war development (1945—1950)

The effects of war-time fellings on Britain's forests can be seen from the following (Forestry Commission 1947, p. 3 et seq.):

	Softwoods	Hardwoods
	Millions of cubic feet of round timber in true measure excl. bark	
Volume of standing timber in exploitable forests in 1938	1424.0	1829.6
Output of home-grown wood, 1940—1945	895.1	652.7
Output of home-grown wood % of the volume of standing timber in 1938	62.9	37.6

The alarming situation at the end of the war is proved by the fact that nearly two thirds of the growing stock of coniferous forests and one third of that of broadleaved forests had been felled in 1940—1945. In mature stand fellings were even heavier; the greater part of the plantations dating from the 1920's and 1930's were left almost intact.

According to the Census of Woodlands carried out in 1947—1949 (Forestry Commission 1951) the growing stock of coniferous forests amounted to 1001 mill. cu. feet (true measure excl. bark)[1]) which is about 70 per cent of that in 1938.

The balance was found to be as follows:

	Removal (production + natural losses)	Increment	Removal % of increment
	Millions of cubic feet of round timber in true measure		
Softwoods	152.8	36.0	424
Hardwoods	111.5	26.6	419
Total	264.3	62.6	422

It can be seen that removal exceeded growth by more than 300 per cent. A radical change had taken place, then, in the favourable development seen in the 1930's (Forestry Commission, Annual Report for 1949).

According to the Census of 1947—49 the age distribution of the stands classified as »mainly coniferous» was as follows:

Age class	per cent of the area
1—20	52
21—40	24
41—60	7
61—80	5
81+	5
uneven-aged	7
Total	100

[1]) The volume, originally expressed in terms of quarter girth measure incl. bark, has been converted into true measure excl. bark assuming that the percentage of bark is 19.

It can be seen that the young age-classes are by far the predominating. Stands consisting of timber of sawmill-size occupy only a fraction of the forest area.

Contrary to forest resources, the sawmill industry greatly expanded during World War II. As the home production of sawn timber had to be greatly increased the erection of new sawmill capacity capable of conversion of round wood was inevitable. The capacity available at the end of World War II was big enough to meet considerable requirements. Owing to the reduced timber resources, however, the production of home-grown sawn softwood was bound to remain on a rather modest level (see Table VIII).

The main task of post-war forest policy was accepted as being the increase of the growing stock of the forests. This principle was dictated not only by the sound forestry practice but also by national interests.

As a mean to this end a very restrictive felling policy has been applied in both state and private forests. Fellings have been permitted only under licence issued by the Forestry Commission, and these licenses have only been granted in cases of urgent silvicultural requirements.

Re- and afforestation policy had also to be reconsidered in the light of findings made during World War II. The principles of the new policy were outlined in two White Papers: Post-War Forest Policy (Cmd 6 447) and Post-War Forest Policy: Private Woodlands (Cmd. 6 500). The former Paper contained a proposal that the State should devote 5 million acres of land to effective timber production. Of this total 2 million acres were to come from existing woodland and 3 million acres were to be secured by afforestation over a period of fifty years.

As the heaviest toll of war-time fellings was taken from private forests as much as 1 million acres of these woodlands were found to be in need of re- and afforestation (Forestry Commission, Annual Report for 1949, p. 34). In view of the extraordinary importance of these operations and of the rather slow progress made in the inter-war period (cf. Mac Gregor 1951), the policy affecting private forestry took rather a new course after World War II. A special »Dedication Scheme» was outlined in which state subsidies were secured to woodland owners with the object of inducing them to replanting and thinnings.[1]) Unless forest owners voluntarily accept the responsibility for replanting their land can be taken over by the State.

Many factors, not least the shortage of plants and labour, contributed to the rather slow progress made in replanting in the years immediately after World War II. Nevertheless, about 170 000 acres of state-owned land were planted in 1946—1950 (Forestry Commission, Annual Report for 1950, p. 23), which is about half of the aggregate achievements of the 1920's and 1930's and considerably more than the wartime (1940—1945) contribution (about 100 000 acres) to the planting programme.

[1]) At the end of 1949 the planting grant was £ 12.— and the maintenance grant 4 s. per acre

The progress made in private woodlands, however, has been less encouraging (cf. Economist 1951, II p. 275). The reasons for this are much the same as prior to World War II: heavy taxation, rather low (controlled) prices for standing timber, and high transport costs. In addition, the State subsidy for agriculture especially for hillfarming has discouraged landowners from investing money in forestry (cf. Economist 1950, II, pp. 990—991). Recent developments in land policy may have had a similar influence. High death duties especially have contributed to the splittingup of large estates and made land-owners less willing to risk a long-term investment like forestry.

Recent long-term policies for the promotion of forestry have not increased the production of home-grown sawn softwood in 1946—1950. Indeed the reverse has been the case. The strict control of fellings in particular has seriously curtailed softwood production in post-war years. These policies, however, may play a decisive role in U. K. softwood production in the future. Young stands which have been planted and which are going to be planted constitute a reserve which can considerably raise the self-sufficiency of the U. K. in sawn softwood. Indeed, that is one of the main goals of post-war forest policy.

9. Control of imports

There were no restrictions on sawn softwood imports during the inter-war period, and accordingly requirements could be met freely. Price was the only restrictive factor.

A different state of affairs prevailed during World War II, and especially so after it. Controls have considerably influenced the quantity of sawn softwood imported.

The mechanism of control has already been discussed (p. 13). The organisation was administered by the Timber Control established in 1939, at first subordinated to the Ministry of Raw Materials and later to the Board of Trade.

In fact goods were imported under control during the war even. However, it is safe to assume that war-time factors beyond the control of the U. K. determined the quantities imported. It is obvious that had it been possible the Timber Control would have imported considerably more sawn softwood.

Even after the armistice many factors beyond the control of the U. K., made timber imports difficult. The most serious of these were probably: disturbed production and increased domestic demand in the exporting countries (owing to their own reconstruction work) and the shortage of tonnage (cf. FAO 1947). Gradually, however, the influence of these factors has diminished and, the need of sawn softwood being considerable every-

where, a very great increase in imports was to be expected during the five-year period after the armistice. The control of imports kept it down.

Two stages are discernible in this control:

1) Timber Control, to whom the monopoly to import was granted, has determined the imports of sawn softwood. Before the beginning of every buying season, after having received reports from the different administrative bodies, the Board of Trade made an estimate of the need for the coming year and endeavoured to place contracts with exporters to satisfy the demand. It must be emphasized here that the reports mentioned did not give a real picture of the need. They were concerned with the so-called »urgent need», in the estimation of which even the exporting countries' capacity and prices as well as general economic conditions were taken into consideration (Seventh Report from the Select Committee on Estimates, 1950, p. XII).

2) The proper distribution of the sawn softwood delivered has been ensured by controlling distribution as well. The licences have been dealt out by the Timber Control with the assistance partly of its area officers, partly of the different sponsoring departments, usually quarterly, within the limits of the quotas granted. The Materials Committee of Cabinet dictated the principles for the distribution system on receipt of the computed quantities of timber available from the Board of Trade.

In certain cases, e. g. house production, very rigid licencing rules have been enforced. Apart from curtailing demand direct, through the control of imports and use of sawn softwood, production has been held back indirectly by limiting those forms of production, especially house-building, which had used a great deal of sawn softwood (see p. 37). However, where possible, these restrictions have been avoided, and at the same time means have been sought of replacing sawn softwood by some other material. This is discussed in the next chapter.

The difficult economic conditions the U. K. had to face up to after the armistice were the underlying reason for the control of imports, and they are largely the aftermath of the war. The obvious intention in curtailing demand was simultaneously to influence prices as well. To some extent this was successful; but it is generally admitted that, because of the low level of her timber stocks, the U. K. was no longer the decisive agent in pricing that she had been prior to World War II.

It is somewhat difficult to decide how much controls really kept imports down. The fact remains, however, that had the demand been met freely imports would have increased considerably more than they did. This has been proved e. g. by the fact that the consumers have bought expensive hardwood — after its release from control — for purposes where sawn softwood had been used before.

10. Economy in the use of sawn softwood and its replacement by other materials

a. On economising in sawn softwood and the use of substitutes

Up to the present it has been taken for granted that the amount of sawn softwood utilized in each branch of production has been in a fixed proportion to the volume of production. However, this is not always the case. In the following this assumption is abandoned and efforts are made to show the development in the various branches of production and in relation to its effect on sawn softwood imports. The attention must be focussed above all on the use of substitutes for sawn softwood and particularly on the variations in their use.

The traditional building material for housebuilding in the U. K. has long been brick. In this respect British building differs essentially from the Northern which is characterized — for smaller houses — by the use of wood in wall structures also. With British building methods the consumption of timber per house is relatively small. The most important parts made of timber are the roof trusses, the floors (beams and floor boarding), doors and windows, staircases, cupboards and sculleries and other interior fittings, and possibly wooden scaffolding in the building stage. There area further number of small items of minor importance.

Hence the possibilities of economising in and finding substitutes for the timber are not very great per unit (house). Building methods must be considerably changed before the effects become visible in the statistics. On the other hand it must be borne in mind that the traditional British habit of living in one-family houses implies a higher average consumption of all building materials than flat-dwelling.

It may be said that the methods of building dwellings in the period between the wars were fairly established as regards timber utilization. It is calculated that a traditional house, before World War II, consumed 2—3 stds of sawn softwood. Most calculations give 2.5 stds (see e. g. Bateson 1948, p. 1; Cmd. 7 268, p. 9). Consumption in the early 1920's was probably somewhat higher. This above all because the type and size of the houses built then required more timber than at the end of the 1930's (see Olin 1933, pp. 227—228; The Cost of House-building 1948, p. 61).

A great change, however, came with the end of World War II. The consumption of sawn softwood per traditional three-bedroom house of 1 000 sq. ft. of floor space was reduced, by a Ministry of Works order of April 1946, to 2 stds. Later on the permissible quantity was reduced again: as from Oct. 31, 1946, the maximum allowance of softwood timber was

only 1.6 stds [1]) per house, i. e. just over half the quantity usually required before the war. Consumption per unit of floor space was further reduced due to the fact that the houses built before the war were considerably under 1 000 sq. ft. For instance, according to the calculations by the Girdwood Committee (the Cost of House-building 1948, p. 28) the floor space was mostly only 750—780 sq. ft., whereas since the war it has in most cases exceeded 1 000 sq. ft.

Timber for repairs was also cut down. Up to the beginning of 1947 anybody was entitled to buy sawn softwood for £ 1 monthly without a licence. But now an order was enforced according to which only »home-grown or recovered unclassified material» could be bought in this way. This was another effort at stopping up the »leaks» in the controls.

These restrictions necessitated extreme economy in the use of sawn softwood by builders. The principal measures taken were:

(1) the elimination of wasteful forms of construction,
(2) no sawn softwood was used for non-essential purposes,
(3) the adoption of substitute materials.

Evidence of the more efficient use of sawn softwood during and since the war is the introduction of smaller-dimension goods. For instance trusses, before the war made of 2″ × 4″ scantlings, have generally been made of 2″ × 3″ and 1 $^1/_2$″ × 3″ goods since the war. Skirting-boards in the 1930's were usually of 1″ × 7—9″ board whereas since the war the sizes $^3/_4$″ × 3—4″ have been adopted. Similar development has been observable in the use of timber for other purposes also. These reductions have been achieved by detailed strength tests, an aspect to which rather little attention was paid previously (cf. Seventh Report from the Select Committee on Estimates 1950, pp. 71—72). Also the increasingly general standardization and pre-fabrication of various wooden constructions has aided efforts at economising.

But there is a limit to the reduction in the dimensions of timber intended for a certain use. Very small quantities of sawn goods have been used for purposes where the material could be dispensed with completely. Thus it has become necessary to use substitute materials to a large extent in post-war building. Intense research has been effected on the initiative of authorities to find suitable substitute materials; the results of this work have been reported on in various publications (see e. g. War-time Timber Economy No. 5, Housing Manual 1944. Use of Timber in all Building Work 1949). A few examples of the most important materials used as substitutes for sawn softwood are given in the following (see Use of Timber in all Building Work, 1949, The Economics of Timber Substitution 1949, Masterman 1950):

[1]) In Scotland 2 stds.

Shoring and strutting: round timber, hardwood, steel
Sheeting of excavations and trenches: hardwood, steel, reinforced concrete
Shuttering and formwork: metal, composite metal and timber shuttering, hardwood
External wall framing: reinforced concrete, hardwood
Exterior door frames: hardwood
Floor joists: a) ground floors: concrete
b) above ground floor: reinforced concrete, composite steel and timber joists
Ceiling joists: metal, reinforced concrete
Rafters and purlins: steel, reinforced concrete composite steel and timber
Roof boardings: a) pitched roofs under slate or tiles: felt
b) flat roofs: asbestos, precast concrete units
Rainwater gutters: steel, asbestos, cement
Window boards and reveals: steel, hardwood
Floor coverings: concrete, hardwood blocks, sawdust cement etc.
Scaffolding: steel

Plywood and hard fibre board have also been used, especially for interior fittings.

As can be seen from the above list sawn softwood substitutes can be divided, in principle, into two main groups:

(a) substitutes made of wood,

(b) other substitute materials.

The most important commodities in group (a) are hardwood, plywood and fibre board. During and since the war a great deal of effort has been devoted in the U. K. to finding suitable deciduous tree species to replace sawn softwood. Particular endeavours have been made to find species which in their technical qualities approximate most closely to conifers. Some such species (»soft hardwood») have in fact been found, particularly in the African colonies. The imports (annual average) of African tree species listed in the import statistics as »other sorts of hardwood» (other than mahogany, oak, walnut, teak, persimmon, hickory and cornel) before and after the war totalled (Annual Statement of the Trade . . . .):

	1936—1938	1947—1948	1949—1950
		million cu. ft.	
Hewn (not further prepared)	3.1	9.7	10.9
Sawn	0.2	1.1	3.5

It can be seen that the imports have increased considerably above the pre-war level. Compared with sawn softwood the total (approx. 42 000 stds) is small it is true, but as the production of home-grown hardwood since the war has also remained at a fairly high level it may be concluded that hardwood constitutes an important substitute for sawn softwood in post-war building. However, some of the hardwood imported from Africa has been used to replace deciduous tree species in short supply (teakwood for shipbuilding).

Table 7. U. K. imports of plywood and fibre building board, 1927—1938 and 1946—1950.

Taulukko 7. Britannian vanerin ja rakennuskuitulevyn tuonti vv. 1927—1938 ja 1946—1950.

Period *Vuosijakso*	Annual averages of retained imports *Keskimääräinen nettotuonti*	
	Plywood — *Vaneri* 1000 cu. ft. — *1000 kj.*	Fibre board — *Kuitulevy* 1000 tons — *1000 tonnia*
1927—29	(6 050)[1])	86.5
1930—32	(7 640)[1])	208.9
1933—35	9 945.4	360.8
1936—38	13 413.1	578.0
1946—48	7 687.0	787.2
1949—50	6 900.8	12 926.0

Source — *Lähde:*
1927—1948: Annual Statement of Trade of the United Kingdom with British Countries and foreign Countries. 1949—1950: Accounts relating to Trade and Navigation of the United Kingdom.

Plywood and fibre board have been used as softwood substitutes for many purposes. Plywood has been employed e. g. for wall panelling, in some cases for flooring, but above all for interior fittings. The plywood has usually been made of hardwood, and hence in the majority of cases its use implies a displacement of softwood. But even when softwood plywood is used it usually displaces sawn softwood in that it is generally a more economic use of softwood. Increased plywood consumption is actually a phenomenon of the pre-World War II period. This can be seen from Table 7, which shows the development of plywood and fibre board imports from 1927. Imports since the war have been considerably smaller than in 1936—38, in part, admittedly, due to increased home production of plywood.

Fibre board is a different matter. There was a great increase in its imports as early as in the 1930's. This increase, unlike that of plywood, continued even in the post-war years. The 1949—50 imports of fibre board were more than double those of before the war.

Particularly in the post-war years, therefore, fibre board has become an important material in the British building industry. Hard fibre board has been introduced especially for the interior fittings of shops, offices, restaurants etc. Fibre board has partly replaced sawn softwood — in many cases plywood also. This is indicated also by the observation above

[1]) Prior to 1933 imports of plywood have been expressed in square feet. They have been calculated in this table in cubic feet using the conversion factor: 1 cubic foot = 50.8 square feet (cf. Report of the Committee appointed . . . 1948, p. 6).

that plywood imports since the war have been considerably lower than in the 1930's and show no signs of increasing.

Fibre board has also replaced softwood in other fields than interior fitting. For instance, the »lath and plaster method» of finishing, walls, especially common in the 1920's has been almost abandoned in favour of various fibre boards (TTJ 24.8./1946). Considerable quantities of fibre board have also been used in prefabricated houses, provided since the war especially for miners and agricultural workers (cf. TTJ 7.2./1948).

Most important among the sawn softwood substitutes other than those made of wood are steel, reinforced concrete and cement. S t e e l was used instead of wood in house production in the inter-war period already. Particularly window frames of steel became popular. Apart from for the final structures, steel was commonly employed for scaffolding also (cf. G r o t t i a n 1938, p. 22).

Since World War II the use of steel for the above purposes has continued to increase. But difficulties were encountered from time to time in obtaining this commodity as well. Particularly in 1946 it became necessary, therefore, to return to window frames of wood (cf. TTJ 20.7./1946).

The use of reinforced c o n c r e t e also increased in the period between the wars, particularly when blocks of flats became somewhat more popular than they used to be in pre-World War I house production. This new building form indirectly affected the use of sawn softwood by reducing its consumption per dwelling.

Since World War II the use of cement has increased in several ways. Firstly, it has become the flooring material of the basement of dwelling houses also. Secondly, joists in particular, but other structures also, began to be made »from precast concrete units». In addition to displacing sawn softwood in the permanent structures of the house itself this use of preformed parts has had an indirect influence by reducing the requirements of sawn softwood for shuttering.

The uses of sawn softwood in housebuilding, therefore, were relatively established in the inter-war period. O t h e r b u i l d i n g went farther in the use of substitutes. E. g. the windows and doors of factory buildings and certain other parts previously made of sawn softwood were generally made of steel as early as in the beginning of the 1930's (cf. G r o t t i a n 1938, p. 22 et seq.). Scaffolding was made of tubular steel. Hence the sawn softwood consumed per building unit was clearly fairly low before the war and could not be reduced much further after World War II.

In the interior fittings of restaurants, hotels, banks and other business premises etc. hardwood has reduced the use of softwood. The interior decoration of this type of building has become increasingly luxurious, which fact alone makes it necessary to find the beautiful woods required from among the deciduous tree species.

In the shipbuilding industry the use of sawn softwood per building unit was already fairly limited by the beginning of the period under review, for wood was used for the hulls of very small vessels only. Wood gave way to steel as the building material for ships' hulls in the 19th century, in the days when the steam engine gained in popularity as the driving power for vessels (cf. Allen 1935, p. 146). By World War I the use of wood in shipbuilding was limited mainly to the interior fittings, decking, hatch covers and walls, scaffolding and lifeboats (cf. Jussila 1937, pp. 129—132). The large quantities of hardwood used in shipbuilding further reduces the softwood consumption.

Consepuently there was no great possibility of replacing sawn softwood in shipbuilding. In the period between the wars, however, the use of plywood grew at the expense of softwood. Hardwood may have displaced softwood to some extent in other respects as well. This was the case especially in passenger ships; their interior fittings have grown more and more sumptuous from year to year.

Fewer substitutes for sawn softwood have been used in shipbuilding since the war than e. g. in house production. It has continued to figure e. g. in hatch covers, sparring timber, door frames, staircases etc. and in lifeboats. To some extent, however, African »soft hardwood» (e.g. obeche) has been used e. g. for the interior parts of panel doors. Quite recently steel has been introduced as scaffolding in shipbuilding also. Before World War II sawn softwood was used for this purpose.

In the construction of railway vehicles also a diminution in the sawn softwood used has been observable as a result of the adoption of substitutes, particularly since World War II. Plenty of hardwood was used before the war for carriages, but this still left adequate uses for good-quality sawn softwood as well (cf. Jussila 1937, pp. 123—128). Since the war sawn softwood has been used almost exclusively only for the partitions, usually four, of carriages. Practically no wood is used in the bodies, which are generally made of steel. The roofs, which often used to be made of plywood, are now generally of hard fibre board coated with synthetic panelling. Hence, for carriages, the use of sawn softwood has been reduced to a minimum. The difference from pre-war practices is quite considerable in this respect (cf. Jussila 1937, p. 127).

With waggons the case is different. Their floors, sides and interior roofs (of box waggons) are still made mainly of softwood. The edges of the waggons, however, are now increasingly made of metal. In some cases plywood has also been used in the construction of box waggons, particularly fish vans (cf. TTJ 11. 12./1948). The framing poles to support the loads are generally steel.

In waggon construction, therefore, the replacement of softwood has not advanced nearly as far as in carriage building. As waggons represent

a much larger proportion of the rolling stock of the railways than carriages (cf. p. 50) this has been a considerable factor in maintaining the use of sawn softwood.

It may be pointed out, further, that since the war repairs to railway waggons in particular have required considerable quantities of sawn softwood, especially as repair work had very largely to be neglected during the war. For instance, of the waggon repair work done in 1945—48 some four-fifths required softwood and only one-fifth hardwood (TTJ 22. 5./1948). It is evident that sawn softwood is used for repairs to existing rolling stock even where in the construction of new waggons it may be replaced by some other building materials.

Quite considerable changes occurred during the period under review in the utilization of sawn softwood for p a c k i n g. The adoption of sawn softwood substitutes in this field actually largely began in the period between the wars. The most important of them is p l y w o o d, used in the manufacture of whisky and many other light-weight cases. Particularly in the early 1930's plywood came rapidly into general use (cf. Forestry Commission 1934, pp. 15, 18, 25). But development on the lines indicated above continued even after World War II (see the Times Review of Industry 1951, April, p. 33). Especially during and immediately after the war it has been necessary to use home-grown hardwood too for packing.

Particularly serious competitors of sawn softwood are p a p e r, c a r d b o a r d and f i b r e b o a r d. For instance cement packing, for which softwood barrels were used in the early 1920's, changed over completely to paper sacks in the inter-war period (cf. TTJ 9.1./1932; S a a r i 1936, p. 44). In other branches of the packing industry also, e. g. grain, sugar, cattle feedstuffs, fertilisers, there has been a marked increase in the use of craft paper, though for these purposes jute bags had generally been used earlier. Cardboard and fibre board have gained ground in light-weight packing, *e. g.* of boots, hosiery, millinery, confectionery etc. (cf. Forestry Commission 1934, pp. 17, 21). The above-mentioned sawn softwood substitutes have been used to quite an exceptional degree since World War II, and new substitute materials have been invented. For instance, the carton used for packing margarine and condensed milk has, it is calculated, meant a reduction of approx. 20 000 stds. in the use of wood, primarily sawn softwood (TTJ 23. 3./1946).

Apart from the introduction of substitute materials, entirely n e w p a c k i n g m e t h o d s had led to diminished sawn softwood utilization, in fact in some cases to the discontinuance entirely of wood packing. For instance, by the early 1930's, the packing of textiles in hydraulically pressed bales had been introduced, dispensing with wood altogether. Packing methods since the war have also observed greater economy in the use of materials. This has advanced so far that even the lopping or rolling boards used for

folding the cloth are no longer made of solid wood but four thin strips. Similarly, folding and returnable boxes have been introduced for home use (TTJ 13. 3./1948, p. 1 233).

b. Certain economic aspects of the use of sawn softwood substitutes

The replacement of one commodity by another may be caused, e. g. in house production, primarily by the following reasons:

1. a certain new material proves more advantageous economically than another;
2. the taste of the users of dwellings etc. changes to such an extent that new building materials are favoured at the expense of those used formerly;
3. the lack or shortage of traditional building materials with resulting restrictions on their use makes it necessary to adopt new materials.

The decisive part played by state controls on the general adoption of new building materials has already been indicated above. In the following we will study the extent to which economic viewpoints have justified such substitutions. The assessment of the economic importance of the various building materials is, of course, a very complex problem. It cannot be decided simply by ascertaining that a given quantity of a building material required for a certain purpose costs more than a similar quantity of another material. Contributory factors, the durability of the materials, the various methods of work they entail etc., must be taken into consideration.

It must also be stressed that, side by side with the »purely» economic factors, the tastes and habits [1]) of the consumers in many cases decisively affect the choice of building materials. For instance, houses are not equipped with a wooden floor only because it is cheaper than a concrete floor but — within certain cost limits — because it is more attractive to and also healthier for the user of the house.

The price development of building materials, however, must be considered a principal factor. Fig. 6 illustrates the development of the prices of sawn softwood and its most important substitutes, steel and cement, in 1928—1950. The prices of the latter group are the wholesale prices paid at the end of each year, published in the »Statist»; the prices of sawn softwood are the average import prices (c. i. f.) each year including customs duty.

[1]) It can be claimed with justification that tastes and habits also are economic factors. The writer finds it justicable in this connection, however, to consider them separately.

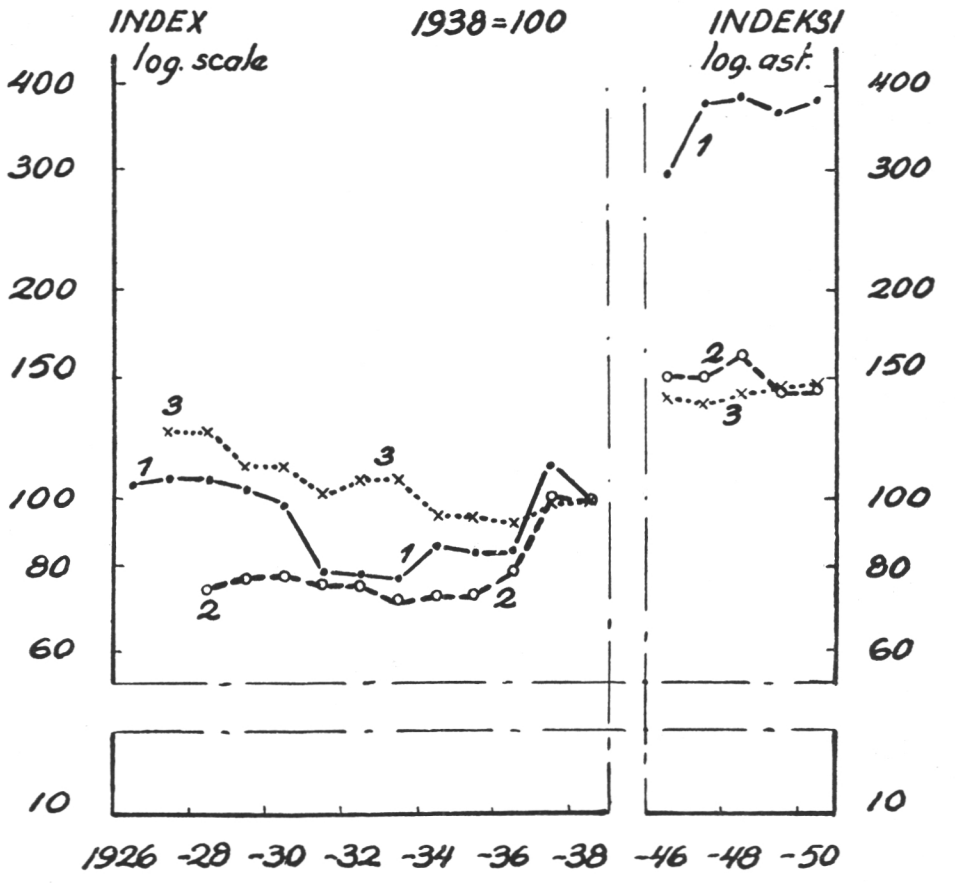


Fig. 6. Prices of sawn softwood (1) compared with those of steel (2) and cement (3) in the U. K., 1928—1950.

Kuvio 6. Britannian havusahatavaran (1) sekä teräksen (2) ja sementin (3) hintojen kehitys vv. 1928—1950.

The import prices of the various years are not fully comparable as the quality varies somewhat. However it has been necessary to base the calculation on them as no wholesale price quotations are available for the post-World War II years. To reduce the variations due to possible changes in the pattern of imports the sawn softwood price calculations are for sawn timber only (not further prepared).

A study of the prices shows that there was a declining trend in the price of sawn softwood in the inter-war period. The trough was reached fairly late during the great depression, not until 1932, and the recovery later on in the 1930's was quite weak. A similar general trend is discernible in the development of cement prices. The price of steel, by contrast, has gradually increased.

Hence the price development of these commodities is hardly responsible for the increased use of sawn softwood substitutes during the period between the wars, especially if we bear in mind the small price elasticity of the demand for timber used in house production. It is possible, however, that the price of sawn goods was so high at the beginning of the 1920's that consumers turned increasingly to steel and cement. It is evident that the greater durability of steel has later been considered such a great advantage that once it was adopted there was no return to timber. This may account for the use e. g. of steel window frames and scaffolding. As pointed out above, apart from this there was evidently no great »flight» from the use of sawn softwood in the period under review, particularly in house production.

World War II changed this situation. The price of sawn softwood reached such a height that the cost factor alone would have sufficed to revolutionise earlier use ratios.

From the investigations by Masterman (1950) the saving of wood and reduction in costs achieved by using wood substitutes for the roofs and floors of normal-sized houses may be compared with the costs of the traditional wooden floor and roof, at autumn 1949 prices. The following table gives some examples of Masterman's calculations. (The figures refer to the saving of wood and variation in costs per house.)

Roofs	Timber saved Stds	Price range £
Flat roofs		
In situ slabs:		
Reinforced concrete:		
a) solid slabs	0.50	114—128
b) hollow slabs	0.50	142—156
Precast		
Prestressed or reinforced concrete	0.50	153—172
Pitched roofs		
Steel trusses and purlins with:		
a) corrugated asbestos sheeting	0.35	120—135
b) timber rafters and battens	0.22	135—150
Traditional pitched roofs	—	140—190
Floors		
Reinforced concrete:		
a) In situ solid slabs	0.50	63— 76
b) hollow slabs	0.50	88— 98
c) hollow beams	0.50	81—100
Prestressed joist and board floor	0.18	80— 90
Traditional timber floor	—	61— 80

The figures reveal that the timber used for roofs and floors (0.5 stds per house for both) can be completely replaced by other materials if the new methods are used. For roof structures in particular it is cheaper to use substitutes in some cases than the traditional wooden structure. This does not apply to quite the same extent with the floor: the wooden floor has generally been cheaper than one made of substitutes. This is the more so as a concrete floor requires a special, relatively expensive surface in order to improve its appearance and facilitate cleaning.

Considering that the figures of the table illustrate the costs in 1949, when the prices of sawn softwood were approx. 4 times but those of steel and cement only 1.5 times as high as in 1938, it is fairly certain that wooden floor and roof structures were very competitive as regards cost during the inter-war period. Hence there was no particular necessity to use timber substitutes in housebuilding. But the steep rise of timber prices since 1950 has obviously recently increased the competitiveness of the substitutes.

However, there is little probability that substitutes would have become so popular in post-war housebuilding without state controls making their adoption a necessity. Several arguments can be advanced to support this assumption.

Most of the substitutes do not meet aesthetical standards, and this counts for a great deal in housebuilding (»traditions die hard»). Again, a concrete floor cannot compare with a wooden floor from the hygiene point of view. The weight of these points is shown e. g. by the fact that floors have sometimes been built of hardwood, considerably more expensive than softwood, when no softwood has been available.

The use of substitutes changes traditional methods of work. The labour force must be trained to use them, and this takes time (cf. M e a d e 1951, p. 76). B o u l t o n (1948, p. 70) points out that new methods make quite special demands on the occupational skill of the labour force and meeting them, particularly in small building enterprises, is often not an economic proposition.

Another category in which the use of wood substitutes has brought special problems in its train is repairs to houses etc., a very big item in the years since World War II. Wood, an easily workable material, is very competitive in this branch, though its price may be higher. It is the extensive repair activities that largely account for the high consumption of wood on dwellings immediately after the war (see Table 2).

The requirements of f a c t o r y and s t o r a g e b u i l d i n g s are very different from those of dwellings. The high durability of e. g. steel, concrete etc. makes these substitutes superior to wood for such premises. It is understandable that the use of substitutes became general during the inter-war period already.

As pointed out above, the use of sawn softwood substitutes has gained much ground in packing. Statistical comparisons of the various materials are not possible in this field either. However, several factors can be mentioned which have tended to favour the substitutes.

1. The use of paper, cardboard and plywood almost always produces considerable materials saving. If, therefore, these materials can do the job previously done by a case of boards this alone will warrant their use.

2. Substitute materials reduce the weight of the packing, and the article thus packed will take up less space than if packed in cases. This reduces transport costs.

3. The manufacture of packing material expressly of paper is fully mechanised; hence less human labour is required than for wood and so production costs are reduced.

The long period of controls and the timber shortage during their operation have also had a certain effect on the future use of sawn softwood. Both the taste of the population and building technics have gradually adapted themselves to the use of substitute materials, for which reason the future demand for various building materials will probably grow more flexible. It is by no means certain, therefore, that timber will return to all its previous fields of use even when its availability is improved. In the choice of building materials increased attention will probably be paid to cost considerations, and the building material that proves most advantageous will lead the field in the increasingly keen competition.

11. Pattern of imports, and imports of round and hewn softwood

In considering sawn softwood imports round and hewn timber can naturally enter into the question as its substitutes; they are further processed in the importing country into sawn goods, planed goods, joinery products, box boards etc. Any essential increase in the imports of such raw timber will correspondingly reduce the import requirements of products of a higher degree of finish, and vice versa. To demonstrate this reciprocity requires consideration of the over-all make-up of softwood imports and their fluctuations. Some idea of this is given by Table 1 which, in addition to sawn and planed goods and box boards includes round and hewn softwood (excluding pitprops, pulpwood and sleepers) converted into sawn goods.

The imports of round and hewn softwood increased considerably in 1921—25, as did those of sawn softwood. Evidently the new sawmill capacity built during the war encouraged the increase in these imports after it was no longer necessary to get the raw material from the country's own forests. However, it is interesting to note that the maximum pre-World War II volume of these imports was attained in 1930, when the imports of sawn

goods were definitely on the decrease. It seems obvious that the importers, in order to avoid dismissing their workers, imported timber during the depression period in the round and hewn form also. Later on in the 1930's, with imports expanding greatly this incentive was removed. The reduced proportion of round and hewn softwood at this time is the more interesting to note as the 1932 Import Duties Act imposed (as from April 26, 1932) a duty of 10 per cent of the value on sawn and planed goods imported from outside the Empire.

All in all it can be said that the increase in the imports of round and hewn timber to some extent curtailed sawn softwood imports in 1921—25 and especially in the early 1930's. Later on in the 1930's the contraction of the former contributed to open improved opportunities for sawn softwood imports. The quantities of round and hewn timber imported were actually very small compared with the quantities of sawn goods imported; fluctuations in the former therefore had but slight repercussions.

World War II changed this state of affairs. Expressly in 1947—48 round and hewn timber imports grew quite considerably, offsetting in part the contraction from the pre-war period which occurred in the imports of sawn timber. In fact all this meant was a transient expansion of imports from Germany who paid her war reparations in this form.

When considering the development of the various components of sawn goods imports attention is attracted by the growth of the proportion of planed goods in the inter-war period. In reality this was even more marked than Table 1 indicates, for the 1921—32 figures include planed hardwood and the imports of Eire were included in the U. K.'s statistics in 1921—23 (cf. p. 16). However, this development was interrupted by World War II, for since the war the ratio of planed goods has declined. This was partly due to the fact that planing capacity grew during the war and efforts were made to keep it going after. It was also due partly to the fact that currency could be saved by importing the sawn goods in the lowest possible degree of finish.

12. The price elasticity of demand for sawn softwood imports

It is reasonable to expect that prices too have had some influence on the imports of sawn softwood. This influence is known as the price elasticity of demand for imports. A priori this elasticity is negative, which means that imports contract when the price rises and vice versa.

The price elasticity of demand for imports can be illustrated by means of the general elasticity coefficient. This can be established from the equation

$$(1) \qquad Y = a\ X^e$$

or in logarithmic form

$$(2) \qquad \log Y = k + e \log X$$

in which the independent variable X indicates the price and Y the corresponding quantity of imports. Coefficient k and e are constants, which can be determined from the formulas

$$(3) \qquad e = \frac{\Sigma\, \overline{Y}\, \overline{X} - n\, M_{\overline{y}}\, M_{\overline{x}}}{\Sigma\, \overline{X}^2 - n\, (M_{\overline{x}})^2}$$

$$(4) \qquad k = M_{\overline{y}} - e\ M_{\overline{x}}$$

in which $\overline{X}$ and $\overline{Y}$ are logarithms for X and Y; $M_{\overline{x}}$ and $M_{\overline{y}}$ are the means of these logarithms (cf. Ezekiel 1950, pp. 101, 121—124).

From these two constants e is the elasticity coefficient. It must however, be borne in mind that equations (1) and (2) express the average price elasticity. They make no allowance for the fact that the elasticity varies at the different points of the demand curve.

The annual average c. i. f. prices plus the import duties on sawn softwood (not further prepared) have been used in determining the elasticity empirically.

Since the correlation of imports with prices depends more on real than nominal prices the real prices have been derived from £-prices by using the British wholesale price index. The quantities of imported sawn softwood are taken from Table 1 (column 5). The elasticity has been determined only for the period 1921—1938.

The relation between the changes in real prices and in the imports of sawn softwood is expressed by the equation

$$\log Y = -0.884 + 1.445 \log X$$

with correlation coefficient $r = +0.882$.

This would seem to mean that the price elasticity of demand for imports is positive or, in other words, imports rise when prices go up, which sounds absurd.

The explanation lies in the fact that certain other factors affect the imports of sawn softwood so much that they overshadow the influence of prices. These factors have already been discussed. Building activity and construction, the export trade and other activities which are the principal users of sawn softwood in the U. K. are determined almost exclusively by other factors than the price of timber. Indeed it is the changes in these activities which play a decisive role in the formation of softwood prices.

This is because the U. K. is the chief purchaser of sawn softwood in the world. For example in 1936—1938 her imports accounted for 48 per cent of world's total (cf. Grottian 1942, pp. 142—143).

The influence of prices on imports cannot be seen if prices only are taken as an independent variable. Consequently multiple correlation analysis has been applied by determining the quantity of softwood imports as a function of two variables: prices and the index of industrial production (London & Cambridge Economic Service, Monthly Bulletin). In a country like the U. K. this index can be considered a fairly good indicator of the economic development of the activities in which sawn softwood is used. National Income, of course, would be an alternative variable but it fails, as Chang (1951, p. 101) remarks, to reveal short term fluctuations in home economic conditions which often have an important influence on imports.

Let Y = the quantity of imports of sawn softwood
X_1 = the price of sawn softwood
X_2 = index of industrial production

The relation between these is expressed by the formula

$$Y = a X_1^{e} . X_2^{\alpha} \tag{5}$$

or in logarithmic form

$$\log Y = k + e \log X_1 + \alpha \log X_2 \tag{6}$$

We can compute k, e and α by substituting values as explained above for Y, X_1 and X_2. This gives us the following regression equation:

$$\log Y = 1.333 - 0.993 \log X_1 + 1.373 \log X_2$$

with a multiple correlation coefficient = 0.93.

The correlation coefficient 0.93 means that these two variables »explain» about 86 per cent of the variance in U. K. softwood imports. As can be seen from Fig. 7 the mathematical regression curve fits fairly well the curve computed from actual data.

With certain assumptions coefficients e and α can be interpreted as a measure of the »influence» of the corresponding variables on Y (cf. Tinbergen 1939, pp. 22—23). It can be seen that industrial production plays a far greater part as a determinant of softwood imports than prices. It will be noted, however, that e is now negative and fairly high. According to the terminology of Wold (1940) the price elasticity of demand for imports is now »normal» (normalelastisk).

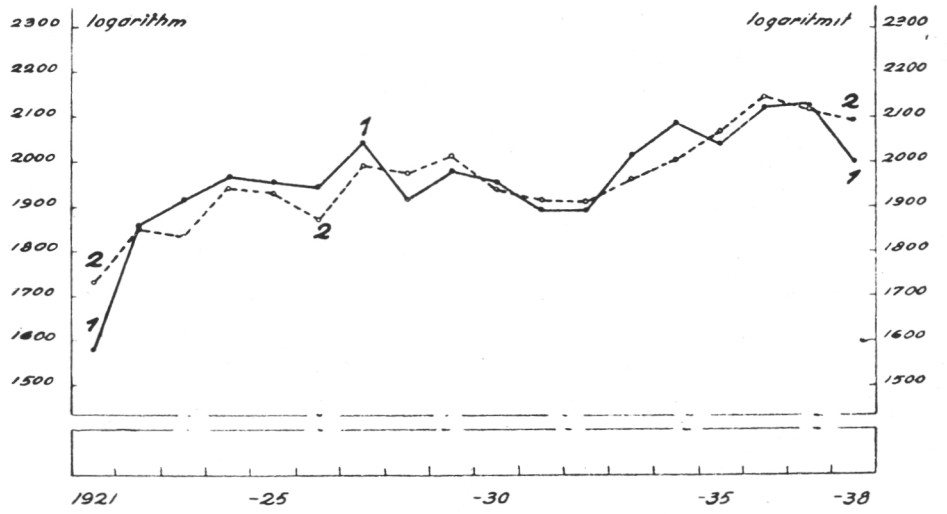


Fig. 7. A diagram showing the »fit» between actual import figures and theoretically calculated figures, using prices of sawn softwood and the index of industrial production as independet variables.
1 = log Y (actual import figures).
2 = log Y* (theoretically calculated figures).

Kuvio 7. Diagramma, joka osoittaa, missä määrin havusahatavaran hinnat ja teollisuustuotannon volyymi »selittävät» Britannian havusahatavaran tuonnin vaihteluja.
1 = log Y (todellinen tuonti).
2 = log Y (teoreettisesti johdettu tuonti).*

This result does not, however, invalidate what has been said about the nature of the relationship between prices and imports. At least on the basis of annual averages it is impossible to decide which is the primary and which the secondary phenomenon. In the light of all the facts discussed above it can be stated with reasonable certainty that imports and factors connected with them play a primary role and prices are determined by them.

It may be pointed out that a general feature of the foreign trade of the U. K. is that her import prices rise more during a boom and fall further during a slump than her exports prices. This is illustrated by Fig. 5, which shows the fluctuations in the U. K. terms of trade.

It is interesting to learn also that the volume of U. K. exports fluctuates inversely to her terms of trade. This means that the U. K. has increased her exports during a boom when the terms of trade have grown unfavourable to her (1921—1929, 1933—1937 and 1946—1950) and decreased them during a slump when the terms of trade have been more favourable (1929—1932, 1937—1938). Schlote (1938, pp. 52, 84) has drawn attention to this fact and explained that the U. K. has compensated high import prices with a greater volume of exports.

In fact the volume of U. K. exports and the country's terms of trade are determined independently although their fluctuations have the same

origin, viz. the peculiar position of the U. K. in international trade. British exports consist mainly of capital equipment and high-standard-of-living goods. For these foreign demand tends to have a high income elasticity. Consequently the exports of the U. K. increase considerably when there is a boom in other countries and decline during a slump, as is illustrated by Fig. 5.

As British exports consists of products of rather high degree of finish their prices fluctuate less violently than those of raw materials and semi-products (cf. Mitchell 1927, pp. 502—503; Haberler 1941, pp. 279—282; Boulding 1948, p. 378). The latter on the other hand, constitute the most important item in imports into the U. K. This explains why the terms of trade of the U. K. deteriorate during a boom and improve during a slump, i. e. move in the opposite direction to the volume of exports (cf. Chang 1951, p. 14).

Because the U. K. is an exporter of manufactures the cyclical fluctuations of her export trade are less violent than in general. It is interesting to learn also that the turning-points in her export trade come somewhat later than in countries exporting mainly raw materials.

In this connection it is worthy of note the favourable development in the British export trade in early 1930's, which contributed to the recovery of private building activity, was not due to the increase in the volume of exports but to the improvement in the terms of trade.

13. Stocks and their variations

Another factor which may essentially affect the short-term fluctuations in sawn softwood imports is the size of the stocks in hand. If importers and merchants have large stocks in a period of declining consumption imports are reduced more than consumption. With consumption growing imports again increase, and the smaller the stocks the more rapid the increase.

Statistics on the total stocks of sawn softwood in the U. K. exist only for the period after World War II. For the period between the wars figures have been obtained from the Port of London Authority. As London is by far the biggest import harbour for timber in the U. K. (in 1926—28 its share was 31.0 per cent and in 1936—38 30.9 per cent of the total imports of sawn and planed softwood and box boards of the country), its stock fluctuations provide some indication of the general fluctuations in stocks. The data are given in Fig. 8.

It can be seen that a fairly close connection has obtained between the fluctuations in stocks and imports; as imports increased stocks also have grown, and vice versa. For instance, during the boom of the 1920's stocks grew, whereas during the great depression (early 1930's) they contracted

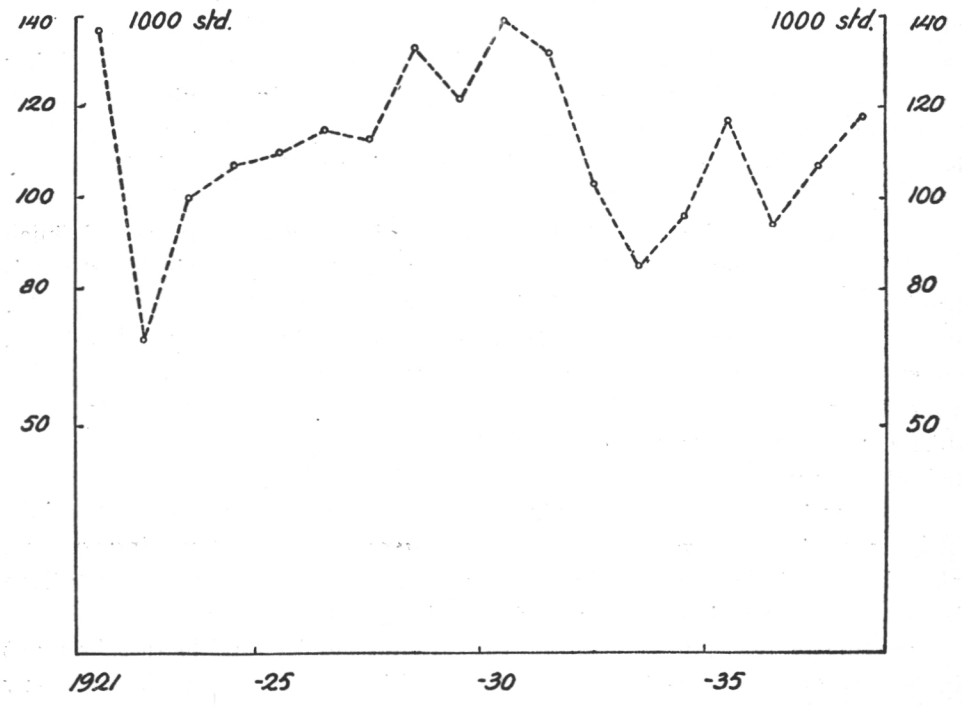


Fig. 8. Stocks of softwood in the port of London at the end of each of the years 1921—1938.
Kuvio 8. Havupuuvarastojen suuruus Lontoon satamassa vv. 1921—1938 (kunkin vuoden lopussa).

considerably. Later on in the 1930's stocks again expanded somewhat but stayed under the level of the late 1920's.

Hence stock fluctuations, incidentally an essential feature of the business cycle (see e. g. Clark 1950), have contributed to emphasize the variations in the imports of sawn softwood. In other words, had the imports been determined by consumption alone they would have fluctuated less markedly than they actually did (see Saari 1936, p. 45).

There are several reasons for the fluctuation of stocks. We can start from the assumption that the stocks held by importers and merchants are in at least an approximate, known ratio to sales. This proportion must be maintained to ensure smooth and rapid distribution to consumers. Let us assume that the stocks amount to 30 per cent of the annual sales. If the importer or merchant reckons his sales at say 20 000 stds, he will try and maintain a stock of 6 000 stds. If he foresees sales totalling 10 000 stds, he may reduce his stocks to 3 000 stds. The existence of this sales — stocks ratio is in fact the simplest application of the principle of acceleration (cf. Haberler 1941, p. 89; Meade 1951, p. 57).

In practice the proportion is not as mathematical as this. The size of stocks often varies probably more than the mere fluctuation in sales would

presuppose. This is due to the tendency to speculation among importers and merchants. When demand and prices are on the increase stocks are a good investment; during the down swing of the business cycle they are reduced to a minimum (see Clark 1950).

It is remarkable that the peaks of the series indicating stock development usually occur a year later than the turning point in imports. In 1922, for instance, when imports began to rise again after falling off the year before, stocks were at their lowest and did not start climbing until the following year. Similarly, the peak in the development of stocks in 1928, 1930, 1933, 1935 and 1936 came a year later than the high in imports.

This lag in following the business cycle in the fluctuations of sawn softwood stocks is to be expected. Imports and stocks are both determined, ultimately, by consumption and its variations. With the first signs of a decline in consumption importers cut down their purchases from the exporting countries. Their contracts, however, are made with long delivery times, even over 6 months (»first open water»). Hence, with consumption declining deliveries agreed upon previously, perhaps in the expectation of good demand, increase stocks long after the market situation has reached its peak. On the other hand it takes some time before stocks can be increased to meet a growing demand for increased imports must be channelled direct to the consumer.

This contractive effect of stocks on imports, for instance during a depression, is probably more pronounced in the sawn goods trade than in many other branches of commerce because the stocks held are relatively abundant. Sawn goods are no homogeneous commodity; each tree species, grade and size of timber in a way constitutes a separate article. To keep a sufficient selection of different sizes and qualities available for their buyers importers and merchants must hold considerable stocks. A similar influence is exerted by the fact that the different sizes and grades sell in somewhat varying proportions in different periods, depending on the sector of consumption most emphasized at that time.

By way of an example it may be mentioned that the stocks of softwood in the London docks at the end of 1938 represented 20 per cent of the year's imports. To this must be added the stocks held by the merchants and consumers themselves (cf. Saari 1936, p. 45). Hence stocks in their entirety represent a very considerable proportion of the annual consumption and imports. It is computed that the stocks of softwood held by importers and merchants at the end of 1938 totalled 880 000 stds (Seventh Report from the Select Committee on Estimates, p. 50). It takes quite a long time to eat down such substantial stocks during a depression.

Another striking feature is that the stocks in the late 1930's, a time of record imports, were smaller than in the 1920's. This was probably the result mainly of the rationalisation of business operations. Road trans-

port expanding continuously made possible a more flexible system of distribution than before, for which smaller stocks sufficed. Evidently the severe depression had taught the merchants to be cautious in their stockpiling, particularly as demand in the 1930's depended more on speculaative building than it had in the 1920's. The part played by the Port of London in timber imports remained unchanged (cf. p. 83).

Sawn softwood stocks since World War II have varied as follows (Monthly Digest of Statistics) [1]):

1946	205 000	stds
1947	607 000	»
1948	457 000	»
1949	407 000	»
1950	212 000	»

Immediately after the conclusion of the war stocks were extremely low, and hence some of the imports had to be reserved to build them up. By the end of 1947 the stock situation was essentially improved, partly because imports were by then on a fairly high level (see Table 1) and partly due to reduced consumption. This no doubt made it possible to reduce imports in the following year (1948). In 1950 imports remained at quite a low level, and this brought stocks so low that the normal system of distribution was disturbed (see Seventh Report from the Select Committee on Estimates, p. 2). This was one of the causes of the subsequent boom (1951) in sawn goods markets.

The stock position, therefore, has had its effect on import fluctuations even since the war. It must be emphasized, however, that imports and stocks both depended ultimately on the economic standing of the country at a given time and the government import and control policy dictated by it. The demand created by individual merchants and consumers had practically no influence. This also helps to explain the casual nature of the stock fluctuations since the war.

[1]) The figures refer to the whole of the U. K. and include round and hewn timber converted into sawn goods.

IV Conclusions

The aim of the present investigation has been to ascertain the fluctuations in the U. K. imports of sawn softwood in 1921—1950, to analyse the nature of these fluctuations and, above all, to study the factors governing these imports at any given time in the period.

The first observation made was that the U. K. imports of sawn softwood grew strongly in 1921—1927, declining perceptibly in 1927—1932, and then climbed again steeply in 1932—1937. 1938 marked the start of a decline which gained in strength during World War II. Since the war imports have on the whole increased somewhat though not to their pre-war level.

The import fluctuations are explicable partly as the normal phenomena of the business cycle and partly as changes in the character of trend development. There were also, however, remarkable casual fluctuations.

It was impossible to analyse in the present investigation every branch of production using sawn softwood. But it does seem evident that many, perhaps all branches of production have contributed to the business cycle fluctuations of sawn softwood imports. The most perceptible influence on these variations, however, has been exercised by building and particularly the building of houses as the proportion of the sawn goods used in this branch has been very high. World War I left the country with a serious housing shortage and compelled the state to intervene actively in the housing problem. It was this circumstance in particular that increased the imports of sawn softwood in the 1920's. At the end of the 1920's the reduction in building costs and rate of interest together with the improved state of the credit market for house production created favourable prerequisites for private house building. Contrary to the frequently advanced assumption (cf. Ekholm 1937, Tamminen 1948, p. 107; Rossi 1951, p. 263), the boom in private house building in fact had a decisive effect on the great increase in the imports of sawn softwood in the 1930's. The »slum clearance» programme subsidised by the state was a secondary factor in comparison.

In the light of the limited data available on non-residential building it can be stated that the business cycle fluctuations in production in the inter-war period were perhaps somewhat more extensive than the fluctuations in house production. Cyclical fluctuations were violent also

in shipbuilding and in the production of railway rolling stock. Especially the depression period in the early 1930's hit all these branches of production very hard, and primarily as a result of this sawn softwood imports contracted. House production in fact did not diminish much and the production of the packing industry also remained fairly even.

The fluctuations in stocks have served to emphasize considerably the effects of other business cycle factors.

By the side of business cycle fluctuations phenomena indicative of a certain t r e n d were also observable in many branches in the inter-war period. The contraction in the volume of world trade and U. K. foreign trade and the growing competition from other countries in shipping and shipbuilding resulted in a definite declining trend in U. K. shipbuilding and its consumption of sawn softwood. The same tendency was distinctly apparent in British exports too. Here again it was caused in part by foreign competition on the international markets and in part by the renewed emphasis on protectionism in international trade in the 1930's. Reduced exports meant that less sawn goods were required for export packing. In addition, various substitutes reduced the use of sawn goods, in particular for packing for the home market.

The declining trend was observable also in the use of sawn goods in constructing railway rolling stock: rail transport declined with the growth of road transport, and rolling stock exports fell off.

Sawn softwood imports in the period between the wars actually showed an increasing trend. Countering the factors reducing demand was the powerful boom in house production in the 1930's. This is further evidence of the decisive importance of house production for sawn goods imports. At the same time it must be emphasized, however, that the rising trend of the imports in question was only apparent, a result of exceptionally favourable conditions for house production. Almost all the other components tended to reduce imports.

The U. K. production of home-grown sawn softwood was small between the wars, and its fluctuations had no considerable influence on the rise and fall of imports. During World War II, on the other hand, with normal trade connections severed, sawn goods requirements had to met largely from home forests.

After World War II sawn softwood was in great demand in all branches. The need was particularly great in the various branches of construction, primarily because of war devastation and the war-time interruption of building operations. The efforts made by the country to increase exports, because of balance of payments difficulties, also increased the need of sawn goods for packing. This was partly due also to the development of the country's exports — less raw materials and an increased proportion of manufactures.

However, the economic position of the U. K., weakened by the war, prevented this urgent need from appearing as effective demand on the market. Imports and the use of the sawn goods since the war, up to the end of the period under review, have been strictly controlled. All this shows convincingly that these imports are not determined by the potential but by the effective demand.

The price development of sawn softwood has also had a certain effect, on post-war imports in particular. To start with, the price level rose so high that certain amount of currency could only buy a small proportion of the quantity of goods it used to buy before the war. In addition, sawn goods prices since the war climbed further than those of other building materials; this together with the controls enforced, has led to the extensive adoption of substitutes. Between the wars the price elasticity of imports was small. It may be said that the general business cycle factors of the U. K. governed the imports of sawn goods and, in part, the development of prices, and not vice versa.

Post-war efforts to reduce imports are also seen in the circumstance that planed goods imports have been much smaller than between the wars. In addition, particularly in 1947—1948, considerable quantities of round and hewn softwood were imported from Germany and sawn at home. Home-grown sawn goods also have played somewhat a greater part than in the inter-war period.

Casual fluctuations also have occurred in the imports of sawn softwood. These have been caused e. g. by the 1926 General Strike, stock variations and certain other factors outside the range of the present investigation. World War II, with its deep and all-embracing effects, is another casual factor in a way.

The tight state control of house production and many other production branches has increased greatly since the war. This has had its repercussion on sawn goods import fluctuations, changing their nature essentially. The balance of payments difficulties of the country will probably keep imports in the future at a lower level than in the 1930's. This is indicated also by the efforts towards increasing softwood production at home and by the adoption of the use of various sawn softwood substitutes.

Bibliography

Achinstein, Asher. 1950. Introduction to Business Cycles. New York.

Allen, G. C. 1935. British Industries and their Organization. London.

Bateson, R. G. 1948. The Economy of Timber in Building. London.

Bellman, Harald. 1938. The Building Trades. Britain in Recovery, pp. 395—437. London.

Boadle, A. E. 1928. The British Lumber Market. U. S. Department of Commerce. Trade Promotion Series, No. 64. Washington.

Boulding, Kenneth E. 1948. Economic Analysis. New York.

Boulton, E. H. B. 1944. Timber in Shipbuilding. Glasgow.

Bowley, Marian. 1937. Fluctuations in Housebuilding and the Trade Cycle. Rev. of Econ. Stud., IV, pp. 167—181.

—»— 1947. Housing and the State 1919—1944. London.

Chang, Tse Chun. 1951. Cyclical Movements in the Balance of Payments. Cambridge.

Clark, Colin. 1938. National Income and Outlay. London.

Clark, John M. 1950. Business Acceleration and the Law of Demand: A Technical Factor in Economic Cycles. Readings in Business Cycle Theory, pp. 235—260. London.

Einarsen, Johan. 1938. Reinvestment Cycles. Rev. of Econ. Statistics, Vol. XX. Cambridge, Mass.

Ekholm, Miriam. 1937. Några huvuddrag i den ekonomiska återhämtningen i Finland efter 1931. Ekon. Samf. Tidskr., ny serie, häfte 37, pp. 1—35.

Elsas, Moritz Johan. 1945. Housing before the War and after. London.

Estey, James Arthur. 1947. Business Cycles. Their Nature, Causes and Control. New York.

Ezekiel, Mordecai. 1950. Methods of Correlation Analysis. U. S. A.

Freemantle, F. E. 1927. The Housing of the Nation. London.

Grottian, Walter. 1938. Holz. Holzverbrauch und Holzerzeugung der Welt in der Nachkriegszeit. Leipzig.

—»— 1942. Die Umsatzmengen im Weltholzhandel 1925—1938. Silvae Orbis 3. Berlin.

Grøn, A. Howard. 1931. Den almindelige Skovøkonomis Teori. København.

von Haberler, Gottfried. 1941. Prosperity and Depression. Geneva.

Hallsworth, H. M. 1935. The Shipbuilding Industry. Britain in Depression, pp. 247—258. London.

Hansen, Alvin H. 1938. Full Recovery or Stagnation. New York.

—»— 1941. Fiscal Policy and Business Cycles. New York.

Hiley, W. E. 1930. The Economics of Forestry. Oxford.

Jussila, Eino A. 1937. Sahatavaran käyttö ja laatuvaatimukset ostajamaissa. IV. Iso-Britannia ja Irlanti. — Summary in English: The Use and Quality Requirements of Sawn Timber in the Wood Importing Countries. IV. Great Britain and Ireland. Puutekniikan tutkimuksen kannatusyhd. julk. No. 26. Helsinki.

Kahn, Alfred E. 1946. Great Britain in the World Economy. U. S. A.

Kendall, M. G. 1948. Losses of U. K. Merchant Ships in World War II. Economica, pp. 289—293.

Lewis, Arthur. 1950. Economic Survey 1919—1939. London.

Liepmann, Kaethe K. 1937. English Housing Policy since the War. The Amer. Econ. Rev., XXVII, pp. 503—518.

Mac Gregor, J. J. 1948. The Dedication Scheme for Private Woodlands. Journal of the Royal Agricultural Society of England, pp. 222—230.

—»— 1951. The Political Economy of British Forestry. Journal of the Agricultural Economic Society, July 1951.

Mallinson, R. F. A., Grugeon, Roland. 1950. Timber Trade Practice. London.

Marples, Ernest. 1950. Housing. London.

Massey, Philip. 1942. The Expenditure of 1 360 British Middle-class Households in 1938—39. Journal of the Royal Statistical Society, pp. 159—185. New Series. London.

Masterman, O. J. 1950. Timber Substitutes in Houses. The Architects' Journal, July 13.

Meade, J. E. 1951. The Theory of International Economic Policy. Volume one, The Blance of Payments. Oxford.

Meiggs, Russel. 1949. Home Timber Production (1939—1945). London.

Mitchell, Wesley C. 1927. Business Cycles. The Problem and its Setting. New York.

Nurkse, Ragnar. 1944. International Currency Experience. League of Nations. Princeton.

Olin, C. E. 1933. Trävaruproduktion och trävaruhandel. Finlands sågverksprodukter i den internationella konkurrensen. Åbo.

Oxholm, Axel H. 1921 a. Forest Resources, Lumber Industry and Lumber Export Trade of Finland. Washington.

—»— 1921 b. Swedish Forests, Lumber Industry and Lumber Export Trade. Washington.

—»— 1922. Forest Resources, Lumber Industry and Lumber Export Trade of Norway. Washington.

Prest, A. R. 1948. National Income of the United Kingdom, 1870—1947. Economic Journal, pp. 31—62.

Robbins, Lionell. 1934. The Great Depression. Edinburgh.

Robertson, D. H. 1923. Shipping and Shipbuilding. London & Cambridge Economic Service. Special Memorandum, No. 3.

Robinson, H. W. 1939. The Economics of Building. London.

Rossi, Reino. 1951. Suomen Pankin korkopolitiikka vuosina 1914—1938. Summary in English: The Interest Rate Policy of the Bank of Finland in 1914—1938. Suomen Pankin taloustiet. tutkimusl. julk., sarja B : 12. Helsinki.

Rostas, L. 1951. Production and Productivity in 1950. Manchester Guardian Review of Industry, pp. 7—8.

Runeberg, L. 1950. The Activities of Timber Agents and Timber Agents Associations. — Selostus: Puuasiamiesten ja puuasiamiesyhdistysten toiminta puutavarakaupassa. Acta forest. fenn. 58. Helsinki.

Saari, Eino. 1936. The Sawmill Industry in Scandinavia and Finland and the Exports of Sawn Softwood from these Countries. London & Cambridge Economic Service. Special Memorandum, No. 42.

—»— 1948. Suomen metsäteollisuuden raakapuun saanti metsätaseen kannalta tarkasteltuna. I. Summary in English: The Supply of Wood as Raw Material for the Finnish Forest Industries. Metsätehon julk., No. 16. Helsinki.

Salant, William A. 1950. Foreign Trade Policy in the Business Cycle. Readings in the Theory of International Trade, pp. 201—226. London.

Schlote, Werner. 1938. Entwicklung und Strukturwandlungen des englischen Aussenhandels von 1700 bis zur Gegenwart. Probleme der Weltwirtschaft, No. 62. Jena.

Schumpeter, Joseph A. 1939. Business Cycles. New York.

Sheinfield, A. 1938. Britain's Balance of Payments. London & Cambridge Economic Service, Monthly Bulletin, pp. 72—75. London.

Shephard, Richard. 1949. Building for People. London.

Stobart, Thomas J. 1927. The Timber Trade of the United Kingdom I—II. London.

Streyffert, Thorsten. 1931. Världens barrskogstillgångar. Stockholm.

—»— 1950. Sveriges skogar och skogsindustrier. Stockholm.

Tamminen, Mikko. 1945. Suomen kaupunkien asuntotuotannon vaihtelut ja niiden syyt itsenäisyyden aikana. — Summary: The Fluctuations in Residential Building and their Causes in the Towns of Finland during the Time of Independence. Suomen Pankin taloustiet. tutkimusl. julk., sarja B : 4. Helsinki.

—»— 1946. Rakennustoiminta suhdannekehityksen »strategisena» tekijänä. Kansantaloudellinen aikakauskirja, ss. 52—65.

—»— 1948. Valuuttakurssit ja valuuttapolitiikka. I osa. Suomen Pankin taloustiet. tutkimusl. julk., sarja B : 9. Helsinki.

Taylor, John B. 1951. Shipbuilding: a Worldwide Review. Manchester Guardian Review of Industry, pp. 22—23.

Tinbergen, J. 1938. Statistical Evidence of the Acceleration Principle. Economica, pp. 164—176.

—»— 1939. Statistical Testing of Business-Cycle Theories I. A. Method and its Application to Investment Activity. Geneva.

Wold, Herman. 1940. Efterfrågan på jordbruksprodukter och dess känslighet för pris- och inkomstförändringar. Statens offentliga utredningar 1940 : 16.

Accounts relating to Trade and Navigation of the United Kingdom. Various years.

Annual Abstract of Statistics (prior to 1940: Statistical Abstract) of the United Kingdom. Various years.

Annual Statement of the Trade of the United Kingdom with Foreign Countries and British Countries. Various years.

Board of Trade Journal. Various years.

Britain in Depression. 1935. London.

Building Industries National Council. Yearbook for 1935—1938.

Building Societes. Yearbook. Various years. London.

Census of England and Wales, 1911, 1921, 1931. Population.

» 1931, Housing.

Census of Scotland, 1911, 1921, 1931. Vol. II. Population. Ages and Conjugal Conditions, Birthplaces, Gaelic-speaking and Housing. Edinburgh.

Chamber of Shipping of the United Kingdom. Annual Report. Various years.

Cmd. 4535. 1933. Slum Clearance Programmes of Local Authorities. England and Wales.

Cmd. 6447. Post-war Forest Policy.

Cmd. 6500. Supplementary Report on Post-war Forest Policy.

Cmd. 6609. Housing.

Cmd. 6741. The Provision of Houses for Owner-Occupation in Scotland. Report by the Scottish Housing Avisory Committee.
Cmd. 7021. Housing Programme for 1947.
Cmd. 7268. Capital Investment in 1948.
Cmd. 7344. Economic Survey for 1948.
Cmd. 7915. Economic Survey for 1950.
The Cost of House-building. 1948. First Report of the Committee of Inquiry appointed by the Minister of Health. London.
The Cost of House-building. 1950. Second Report of the Committee of Inquiry appointed by the Minister of Health. London.
Department of Health for Scotland. Annual Report. Various years.
Economics of Timber Substitution. 1949. Timber Development Association. London.
The Economist. Various years.
Fifth Census of Production. 1935. Parts I—IV.
Final Report on the Census of Production for 1948. London.
Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 1947. Forestry and Forest Products, 1937—1946. World Situation. Geneva.
Forestry Commission. 1928. Report on Census of Woodlands and Census of Production of Home-grown Timber, 1924. London.
Forestry Commission. 1932. Report on Census of Production of Home-grown Timber, 1930. London.
Forestry Commission. 1933. Interim Report of the Interdepartmental Home-grown Timber Committee. London.
Forestry Commission. 1934. Report on the Demand for Timber for Box and Packing-case Manufacture in Great Britain. London.
Forestry Commission. 1938. Report on the Demand for Timber in Shipbuilding and in Docks and Harbours. London.
Forestry Commission. 1947. Empire Forests and the War. Statement presented by Great Britain to the Fifth Empire Forestry Conference 1947 by His Majesty's Forestry Commission. London.
Forestry Commission. 1951. Census of Woodlands 1947—1949. Summary Report Forest Record, No. 3. London.
Forestry Commission. Annual Report. Various years. London.
Housing and Town Planning, etc., Act. 1919.
Housing, etc., Act. 1923.
Housing (Financial Provisions) Act. 1924.
Housing Act. 1930.
Housing Act. 1935.
Housing Act. 1938.
Housing (Financial and Miscellaneous Provisions) Act. 1946.
Housing Manual. 1944. London.
Housing Summary. Various years.
League of Nations. Review of World Trade. Various years. Geneva.
Lloyd's Register of Shipbuilding. Various years.
London & Cambridge Economic Service. Monthly Bulletin. Various years.
Ministry of Health. Annual Report. Various years.
Ministry of Health. Circular to Housing Authorities. 1 331. April 1933.
Monthly Digest of Statistics.
National Register. United Kingdom and Isle of Man. Statistics of Population on 29th September, 1939. 1944. London.
Planning Our New Homes. 1944. Edinburgh.

Report of the Committee appointed to consider the United Kingdom's probable Requirements and Supplies of Timber & Plywood 1949 to 1953. 1948. London.
Seventh Report from the Select Committee on Estimates. 1950. Session 1950. The Timber Control. London.
The Statist. A Journal of Practical Finance and Trade. Various years.
Statistical Year-book of the United Nations. Various years.
Suomen Paperi- ja puutavaralehti. Various years.
A Survey of the Economic Situation and Prospects of Europe. 1948. Geneva.
Svensk Trävarutidning — The Swedish Timber Journal. Various years.
The Timber Trades Journal (TTJ). Various years.
Times Review of Industry and Practical Finance. Various years.
Unasylva. Vol. II, No. 4.
Use of Timber in All Building Work. 1949. Economy Memorandum, Timber No. 2. London.
War-time Timber Economy, No. 5. London.

TABULAR APPENDICES

Liitetaulukot

Table I. United Kingdom imports of sawn softwood (including planed and dressed softwood, boxboards and staves), by exporting countries, 1921—1950.

Taulukko I. Britannian havusahatavaran (höylätty tavara ja laatikkolaudat mukaan luettuna) tuonti eri maista vv. 1921—1950.

Year *Vuosi*	Canada *Kanada*	U. S. A.	Brasil *Brasilia*	U. S. S. R.	Finland *Suomi*	Sweden *Ruotsi*	Norway *Norja*	Estonia, Latvia, Lithuania *Viro, Latvia ja Liettua*	Poland & Danzig *Puola ja Danzig*	Germany *Saksa*	Czechoslovakia, Roumania *Tsekkoslovakia ja Romania*	Yugoslavia *Jugoslavia*	Other countries *Muut maat*	Total *Yhteensä*	Year *Vuosi*
	1000 stds — 1000 std.														
1921	57.7	31.3	—	34.7	222.8	241.0	43.5	37.1	14.3	11.8	4.6	—	11.5	710.3	1921
1922	141.7	55.6	—	119.2	324.2	416.0	93.4	114.2	35.6	11.0	28.2	—	11.1	1 350.2	1922
1923	130.6	82.9	—	182.7	366.4	396.5	74.6	171.1	61.0	15.0	63.0	—	28.3	1 572.1	1923
1924	104.5	73.8	—	287.4	412.2	377.8	68.4	192.1	102.2	6.5	84.0	—	39.5	1 748.4	1924
1925	106.8	64.9	—	291.4	441.5	394.7	90.6	156.1	79.2	4.8	68.5	—	19.8	1 718.3	1925
1926	72.1	58.7	—	222.6	481.1	389.0	84 7	139.6	158.4	11.8	27.6	7.0	8.6	1 661.2	1926
1927	95.9	74.9	—	349.0	554.8	417.3	89.3	185.8	246.1	17.2	15.0	14.4	6.5	2 066.2	1927
1928	74.6	89.3	—	374.1	391.4	319.1	72.5	169.7	83.3	7.5	4.4	15.7	3.0	1 604.6	1928
1929	68.1	95.3	—	510.0	460.8	380.7	88.5	148.8	38.9	3.1	1.5	7.0	6.5	1 809.2	1929
1930	70.9	118.5	—	533.5	366.5	322.0	73.4	130.9	55.1	3.3	1.2	5.1	5.4	1 685.8	1930
1931	45.9	75.3	—	516.6	343.7	257.9	42.2	107.4	76.7	2.6	2.7	2.4	11.9	1 485.3	1931
1932	70.0	52.2	—	460.2	358.7	302.8	40.3	104.0	61.4	—	1.6	—	10.7	1 461.9	1932
1933	200.4	45.0	—	361.9	539.6	428.0	30.9	167.0	160.5	2.0	2.3	—	4.9	1 942.5	1933
1934	382.4	44.8	—	393.5	598.3	430.9	35.3	175.9	190.4	1.7	9.8	—	8.8	2 271.8	1934
1935	298.3	41.6	—	445.1	601.9	359.4	29.4	132.3	140.7	0.4	11.5	0.2	3.8	2 064.6	1935
1936	413.1	54.2	0.4	439.4	666.7	499.5	32.3	116.0	233.8	0.3	15.6	6·0	7.7	2 485.0	1936
1937	478.3	59.7	3.4	462.6	563.9	468.4	29.7	144.8	227.4	4.6	29.9	34.9	9.0	2 516.6	1937
1938	401.2	39.6	1.0	354.9	436.8	371.8	23.4	111.6	121.7	0.1	6.1	10.6	5.4	1 884.2	1938
1939	592.6	66.2	2.3	167.2	306.5	264.1	28.0	78.3	99.5	1.6	19.7	6.2	15.7	1 647.9	1939
1940	730.1	65.5	14.5	21.6	0.8	25.5	11.3	—	—	—	6.2	2.3	5.1	882.9	1940
1941	418.5	30.7	10.7	30.2	—	—	—	—	—	—	—	—	0.5	490.6	1941
1942	270.2	22.1	3.4	38.1	—	—	—	—	—	—	—	—	1.1	334.9	1942
1943	469.0	34.6	6.3	17.4	—	—	—	—	—	—	—	—	0.7	528.0	1943
1944	403.8	53.8	8.2	30.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	495.8	1944
1945	411.7	18.1	5.7	15.6	53.0	288.8	—	—	—	2.3	—	—	0.6	795.8	1945
1946	351.0	38.3	2.1	12.2	109.8	220.9	—	—	—	25.1	0.7	—	1.1	761.2	1946
1947	499.9	174.8	8.6	7.4	193.7	207.2	—	—	—	104.8	2.0	—	4.9	1 203.3	1947
1948	263.6	69.1	4.8	23.0	156.9	213.9	—	—	31.5	78.5	1.9	43.6	4.3	891.1	1948
1949	214.7	25.7	2.6	90.8	223.8	232.9	—	—	69.3	88.0	24.6	106.1	13.8	1 092.3	1949
1950	116.9	20.1	32.1	161.4	128.8	98.3	—	—	44.6	14.0	14.4	93.2	78.3	802.1	1950

Table II. Number of houses [1]) built in Great Britain, 1922—1950.

Taulukko II. Ison Britannian asuntotuotanto [1]) vv. 1922—1950.

Year *Vuosi*	Houses built by authorities *Viranomaisten toimesta rakennetut asunnot*	Houses built by private enterprise *Yksityinen asuntotuotanto*			Grand Total *Kaikkiaan*	
		With state assistance *Valtion avustama*	Without state assistance *Ilman valtion avustusta*	Total *Yhteensä*		
	1000 houses — 1000 taloa					1938 = 100
1922	69.1	13.8	20.8	34.6	103.7	28.8
1923	34.6	6.0	58.1	64.1	98.7	27.7
1924	24.4	37.7	70.7	108.4	132.8	36.9
1925	41.5	60.7	69.0	129.7	171.2	47.6
1926	72.0	79.2	66.3	145.5	217.5	60.4
1927	106.5	79.8	63.2	143.0	249.5	69.4
1928	84.3	58.7	65.7	124.4	208.7	58.0
1929	74.2	53.0	85.0	138.0	212.2	59.0
1930	70.4	18.2	117.9	136.1	206.5	57.4
1931	74.7	5.5	129.5	135.0	209.7	58.3
1932	68.4	5.5	140.3	145.8	214.2	59.5
1933	68.2	6.5	197.0	203.5	271.7	75.5
1934	60.6	9.8	272.8	282.6	343.2	95.4
1935	69.0	0.4	282.5	282.9	351.9	97.8
1936	83.2	0.7	281.5	282.2	365.4	101.6
1937	89.8	2.1	269.6	271.7	361.5	100.5
1938	114.4	3.9	241.4	245.3	359.7	100.0
1939	82.2	3.1	170.0	173.1	255.3	71.0
1940	34.6	1.5	59.0	60.5	95.1	26.4
1941	10.8	0.2	11.3	11.5	22.3	6.2
1942	4.9	Δ	3.5	3.5	8.4	2.3
1943	4.9	Δ	1.5	1.5	6.4	1.9
1944	4.8	0.1	1.8	1.9	6.7	1.9
1945	2.2	Δ	1.4	1.4	3.6	1.0
1946	22.2	·	·	27.4	49.6	13.8
1947	94.2	·	·	32.4	126.6	35.2
1948	188.3	·	·	22.2	210.5	58.5
1949	165.2	·	·	21.7	186.9	52.0
1950	163.0	·	·	27.0	190.0	52.8

Source — *Lähde:* Annual Abstract of Statistics.
Ministry of Health, Housing Summary.
Cmd. 6 741.

[1]) Each self-contained flat or tenement in a multiple building is counted as a separate house.
[1]) *Taloksi on luettu myös jokainen erillinen huoneisto.*

Table III. Building cost, prices of building materials and wages, 1924—1939 (1938 = 100).

Taulukko III. Rakennuskustannusten, rakennusaineiden hintojen ja palkkojen kehitys vv. 1924—1939 (1938 = 100).

Year *Vuosi*	1 Local authority contract price per house *Paikallisten viranomaisten maksamat rakennuskustannukset taloa kohden*	2 Wholesale prices of building materials *Rakennusaineiden hinnat*	3 Bricklayer's weekly wagerates *Tiilenlyöjän keskim. viikkopalkat*
1924	117	.	102
1925	120	.	102
1926	120	.	102
1927	112	.	102
1928	98	.	100
1929	95	.	100
1930	93	96	98
1931	91	93	96
1932	83	91	93
1933	79	89	91
1934	79	89	91
1935	82	90	92
1936	85	93	95
1937	97	100	98
1938	100	100	100
1939	101	101	101

Source — *Lähde:* (1) Ministry of Health Annual Report. (2) Board of Trade. (3) Prof. A. L. Bowley's index numbers.

Table IV. National income of the U. K. (at factor cost), 1921—1950.

Taulukko IV. Britannian kansantulo vv. 1921—1950.

Year *Vuosi*	National income — *Kansantulo*		
	at current prices £ million *vallitsev. hintoihin, milj. £*	at 1913 prices £ million *muunnettuna v:n 1913 hintatasoon, milj. £*	at 1913 prices per head of population, £ *muunnettuna v:n 1913 hintoihin henkeä kohden, £*
1913	2 368	2 368	51.9
1921	4 460	1 965	41.8
1922	3 856	2 107	44.6
1923	3 844	2 222	46.8
1924	3 919	2 239	46.9
1925	3 980	2 163	45.1
1926	3 914	2 276	47.3
1927	4 145	2 482	51.3
1928	4 154	2 502	51.4
1929	4 178	2 548	52.1
1930	3 957	2 504	50.0
1931	3 666	2 477	50.3
1932	3 568	2 478	50.0
1933	3 728	2 644	53.1
1934	3 881	2 752	55.0
1935	4 109	2 853	56.8
1936	4 388	2 958	59.2
1937	4 616	2 978	58.8
1938	4 676	2 994	58.8
1946	8 411	3 525	67.1
1947	9 266	3 628	68.5
1948	10 057	3 677	68.9
1949	10 466	3 678	68.3
1950	11 196	.	.

Source — *Lähde:* 1913—1939: Prest 1948; 1940—1950: Cmd. 7 933 and 8 203.

Table V. Tonnage of merchant vessels launched in Great Britain & Ireland and in the world, 1921—1950 (according to Lloyd's Register).

Taulukko V. Britannian ja Irlannin sekä koko maailman kauppalaivojen tuotanto (vesille laskettu tonnisto) vv. 1921—1950 (Lloyd's Registerin mukaan).

Year *Vuosi*	Tonnage launched — *Valmistunut tonnisto*						Great Britain's percentage of the world total *Ison Britannian osuus maailman tuotannosta* %
	in Great Britain & Ireland *Isossa Britanniassa ja Irlannissa*		in the rest of the world *muissa maissa*		Total *Yhteensä*		
	1000 tons *1000 tn*	1938 = 100	1000 tons *1000 tn*	1938 = 100	1000 tons *1000 tn*	1938 = 100	
1921	1 538	149	2 819	141	4 357	144	35
1922	1 031	100	1 436	72	2 467	81	42
1923	646	63	997	50	1 643	54	39
1924	1 440	140	808	40	2 248	74	64
1925	1 085	105	1 108	55	2 193	72	50
1926	640	62	1 035	52	1 675	55	38
1927	1 226	119	1 060	53	2 286	75	54
1928	1 446	140	1 253	63	2 699	89	54
1929	1 523	148	1 270	63	2 793	92	55
1930	1 479	144	1 410	70	2 889	95	51
1931	502	49	1 115	56	1 617	53	31
1932	188	18	539	27	727	24	26
1933	133	13	356	18	489	16	27
1934	460	45	507	25	967	32	48
1935	499	48	803	40	1 302	43	38
1936	856	83	1 262	63	2 118	70	40
1937	921	89	1 770	88	2 691	89	34
1938	1 030	100	2 004	100	3 034	100	34
1939	630	61	1 909	95	2 539	84	25
1940	843	82	.	.	.	.	.
1941	1 180	115	.	.	.	.	.
1942	1 276	124	.	.	.	.	.
1943	1 123	109	.	.	.	.	.
1944	928	90	.	.	.	.	.
1945	894	87	.	.	.	.	.
1946	1 133	110	994	50	2 127	70	53
1947	1 202	117	910	45	2 112	70	57
1948	1 176	114	1 134	57	2 310	76	51
1949	1 267	123	1 865	93	3 132	103	41
1950	1 314	128	2 109	105	3 423	113	38

Table VI. U. K. exports and the terms of trade, 1913 and 1921—1950.

Taulukko VI. Britannian vienti ja ulkomaankaupan vaihtosuhde vv. 1913 sekä 1921—1950.

Year *Vuosi*	1 Value of exports *Viennin arvo*		2 Volume of exports *Viennin volyymi* 1913 = 100	3 Terms of trade (export prices as % of import prices) *Vaihtosuhde (vientihinnat % tuontihinnoista)* 1913 = 100
	£ million *milj. puntaa*	1913 = 100		
1913	525	100	100	100
1921	703	134	49	146
1922	720	137	69	134
1923	767	146	75	128
1924	801	153	76	123
1925	773	147	76	119
1926	653	124	68	123
1927	709	135	80	118
1928	724	138	83	117
1929	729	139	85	117
1930	571	109	69	129
1931	391	74	53	142
1932	365	70	52	143
1933	368	70	54	148
1934	396	75	57	144
1935	426	81	61	141
1936	441	84	62	138
1937	521	99	68	131
1938	471	90	60	142
1946	915	174	56	133
1947	1 138	217	63	121
1948	1 582	301	80	119
1949	1 784	340	88	121
1950	2 170	413	102	113

Source — *Lähde:* 1. Annual Statement of the Trade of the United Kingdom with British Countries and Foreign Countries. Vol. I.
2—3. Based on estimates by Professor R. G. D. Allen.

Table VII. Industrial production and unemployment in the U. K. 1921—1950 (1913 = 100).

Taulukko VII. Britannian teollisuustuotanto ja työttömyys vv. 1921—1950 (1913 = 100).

Year *Vuosi*	Industrial production *Teollisuustuotanto*		Food, drink and tobacco, paper and printing *Ravinto- ja nautinto-aineet, paperi- ja painotuotteet*	Cotton and wool *Puuvilla- ja villateollisuus*	Average % unemployed *Keskimääräinen työttömyys, %*
	Total *Yhteensä*	per head of population *henkeä kohden*			
1913	100	100	100	100	2.1
1921	70	68	90	53	15.4
1922	85	82	99	75	15.3
1923	88	85	105	58	11.6
1924	98	94	111	67	10.2
1925	98	94	110	71	11.0
1926	86	82	110	66	12.3
1927	109	104	118	68	9.6
1928	106	99	115	64	10.7
1929	114	107	128	63	10.3
1930	105	97	124	50	15.8
1931	95	88	119	55	21.1
1932	95	88	123	52	21.9
1933	104	96	127	56	19.8
1934	118	108	138	61	16.6
1935	127	115	141	59	15.3
1936	140	126	151	62	13.0
1937	149	134	130	58	9.7
1938	138	124	143	61	11.5
1946	128	111	136	34	2.4
1947	138	119	139	34	3.0
1948	154	131	141	40	1.7
1949	161	137	151	42	1.5
1950	·	·	160	44	·

Source — *Lähde:* London & Cambridge Economic Service, Special Memorandum No 8 and Monthly Bulletins.

Table VIII. U. K. production of home-grown softwood (of sawmill-size) compared with imports, 1924, 1930, 1934—1938 (annual average) and 1940—1950.

Taulukko VIII. Britannian oma järeän havupuun tuotanto tuontiin verrattuna vv. 1924, 1930, 1934—1938 (keskim.) ja 1940—1950.

Year or period *Vuosi tai vuosijakso*	Home production *Kotimainen tuotanto*		Retained imports *Nettotuonti*		Total *Yhteensä*	
	1000 stds 1000 std.	%	1000 stds 1000 std.	%	1000 stds *1000 std.*	%
1924	102	5.3	1 813	94.7	1 915	100.0
1930	77	4.2	1 772	95.8	1 849	100.0
1934—1938	75	3.1	2 307	96.9	2 382	100.0
1940	178	16.3	911	83.7	1 089	100.0
1941	280	36.0	497	64.0	777	100.0
1942	298	46.8	339	53.2	637	100.0
1943	288	35.2	531	64.8	819	100.0
1944	196	28.3	497	71.7	693	100.0
1945	130	14.1	791	85.9	921	100.0
1946	88	9.8	806	90.2	894	100.0
1947	67	4.6	1 377	95.4	1 444	100.0
1948	65	6.0	1 012	94.0	1 077	100.0
1949	65	5.5	1 116	94.5	1 181	100.0
1950	53	5.8	853	94.2	906	100.0

N. B. All items in this table have been calculated in terms of sawn softwood.
Huomautus. Kaikki tässä taulukossa esiintyvät puutavaralajit on ilmaistu standartteina sahatavaraksi muunnettuna.

Source — *Lähde:* Home production — *Kotimainen tuotanto:*
1924: Forestry Commission 1928.
1930: Forestry Commission 1932.
1934—1938: Report of the Committee appointed to consider ..... 1948, p. 6.
1940—1945: Meiggs 1949, Table 3.
1946—1950: Monthly Digest of Statistics.
Imports — *Tuonti:* See Table 1. — *Ks. taulukko 1.*

Conversion factors applied

Käytetyt muuntoluvut

1	cubic metre (cu. m.)	sawn timber	= 0.214	stds
1	load	» »	= 0.303	»
1	standard	» »	= 165	cubic feet
1	ton	» »	= 0.42	stds
1 000	cubic feet	of round wood	= 3.6	stds of sawn and hewn timber

SUOMENKIELINEN SELOSTE

Britannian havusahatavaran tuonnin vaihtelut ja niiden syyt vuosina 1921—1950

Esillä olevan tutkimuksen tarkoituksena on tarkastella Britannian (= The United Kingdom) havusahatavaran tuonnin vaihteluja vuosina 1921—1950, analysoida näiden vaihtelujen luonnetta ja ennen muuta syventyä niihin tekijöihin, jotka ovat tuontia kulloinkin ohjanneet. Tämä tapahtuu tarkastelemalla havusahatavaran käytön rakennetta ja seuraamalla käytön kehitystä eri aloilla. Niinikään tutkitaan kotimaisen puutavaran tuotantoa ja havusahatavaran hintoja yhtenä tuontiin vaikuttavana tekijänä. Tutkimuksen piirin ulkopuolelle jää kuitenkin viejämaiden tarjonta ja siihen liittyvät ongelmat samoin kuin hinnanmuodostuksen tekijöiden analysointi.

Markkinoiden rakenne

Tuotu puutavara tulee yleensä lopulliselle käyttäjälle verraten vakiintunutta kaupan mekanismia käyttäen. Sen tärkeimmät renkaat ovat viejämaan laivaaja, ostajamaan agentti, tuoja ja kauppias, jolta lopulliset käyttäjät sahatavaran ostavat. Usein toimii tuoja myöskin kauppiaana.

Sahatavaran lopullisena käyttäjänä voitaneen yleensä, kun on kysymys rakennustoimintaan menevästä puutavarasta, pitää rakennusurakoitsijaa, joka yleensä ostaa myös tarveaineet. Näiden yritysten koko vaihtelee suuresti. Suurimmilla on omat puusepänverstaansa, joissa ikkunat, ovet yms. valmistetaan. Pienet urakoitsijat ostavat nämä puusepäntehtailta. Eräissä tapauksissa rakennustoimintaa harjoittavat viranomaiset ovat organisoineet itse työvoiman ja tarveaineiden hankinnan.

Rakennusyritysten alkuunpanijoina ovat kuitenkin asuntojen tarvitsijat tai spekulatiiviset rakentajat. Näiden toiminta muodostuu siten sahatavaran käyttöä ajatellen varsin keskeiseksi.

Laivanrakennusteollisuus ostaa yleensä tarvitsemansa puutavaran joko kauppiailta tai tuojilta. Rautatievaunuja rakentavat laitokset menettelevät samoin. Pakkausteollisuutta harjoittavat usein erilliset yritykset, jotka ostavat puutavaran tuojilta ja kauppiailta. Eräissä tapauksissa tuojat muun liiketoiminnan ohella harjoittavat laatikkoteollisuutta. Jotkut laatikoiden suurkäyttäjät valmistavat kuitenkin ne itse. Tällöin laatikkolaudat yleensä tuodaan valmiina tietyille mitoille valmistettuna.

Tuonti ja sen vaihtelut

Kuten taulukosta 1 (s. 17) ja kuviosta 1 nähdään, Britannian havusahatavaran tuonti kasvoi melko voimakkaasti vuosina 1921—27, aleni tuntuvasti vuosina 1927—32, kunnes jälleen vuosina 1932—37 esiintyi voimakas nousu. Jo tämän jälkeen alkoi kuitenkin aleneva kehitys, joka yhäti voimistui II maailmansodan aikana. Sodan päätyttyä tuonti on yleensä jonkin verran noussut saavuttamatta kuitenkaan sodan edellistä tasoaan.

Tuonnin vaihtelujen syyt

Tilastoa sahatavaran käytön jakautumisesta eri tarkoituksiin on saatavissa vain vuosilta 1946—49 (taulukko 2, s. 19). Siitä ilmenee, että rakennusteollisuus eri haaroineen on ollut suurin käyttäjä (keskimäärin 58 %). Tämän ryhmän tärkein on ollut asuntotuotanto (34 % koko käytöstä). Seuraavalla tilalla on muu talonrakennustoiminta (11 %), kun taas liikenteen ja laivanrakennuksen merkitys on ollut verraten pieni.

Suuri merkitys on myös pakkausteollisuudella (18 %). Noin neljännes koko käytöstä jakaantuu moniin erilaisiin tarkoituksiin: tie- ja satamanrakennustoiminta, maatilojen ulkorakennukset, työkaluteollisuus yms.

Käytön rakenne on sotien välisenä aikana poikennut ilmeisesti taulukon 2 osoittamasta, mutta nyt mainitut ryhmät ovat silloinkin näytelleet pääosaa.

Tuonnin vaihteluja on tutkimuksessa selvitelty tarkastamalla toiminnan aktiviteettia tärkeimmillä sahatavaraa käyttävillä tuotannon aloilla: asuntotuotannossa, muussa talonrakennustoiminnassa, laivanrakennuksessa, rautatievaunujen rakennustoiminnassa sekä pakkausteollisuudessa. Tämän jälkeen tarkastellaan havusahatavaran tuonnin säännöstelyä, korvikkeiden käyttöä, maan omaa sahatavaran tuotantoa ja hintoja tuontiin vaikuttavana tekijänä.

Asuntotuotantoa valaisevat taulukko II ja kuvio 1. Voidaan helposti todeta puheena olevan tuotannon suuret vaihtelut ja havusahatavaran tuonnin läheinen yhteys niihin. Asuntotuotantoon puolestaan ovat vaikuttaneet monet tekijät. Sekä 1920-luvun alussa että II maailmansodan jälkeen oli asuntojen tarve erityisen suuri sodan aiheuttamien hävitysten ja sen tyrehdyttämän asuntotuotannon johdosta (vrt. taulukko 3, s. 24). Valtion aktiivinen puuttuminen asuntokysymykseen tukipalkkioiden muodossa elvytti 1920-luvulla asuntotuotantoa. 1920-luvun lopussa juuri suuren lamakauden syttyessä tapahtui lasku, mutta se kääntyi jo verraten aikaisin voimakkaaksi nousuksi. Rakennuskustannusten (taulukko III, kuvio 3) ja korkokannan aleneminen sekä luotonsaantimahdollisuuksien paraneminen ynnä tulosaajain tulojen kohoaminen (taulukko IV) loivat tällöin suotuiset edellytykset yksityiselle asuntotuotannolle. Päinvastoin kuin mitä usein on esitetty (vrt. Ekholm 1937, Tamminen 1948, s. 107; Rossi 1951, s. 263), 1930-luvulla tapahtuneeseen havusahatavaran tuonnin voimakkaaseen kasvuun vaikutti ratkaisevasti juuri yksityisen asuntotuotannon alalla esiintynyt boomi. Valtion tukitoimenpitein harjoitettu »slum clearance» jäi sen rinnalla toisarvoiseen asemaan.

II maailmansodan jälkeen asuntotuotanto on ollut täysin viranomaisten ohjauksen alaisena. Vaikka kysymykseen on kiinnitetty paljon huomiota, ei asuntojen tarvetta ole ohjelmien puitteissa voitu tyydyttää, vaan se oli vielä tutkimuskauden päättyessä huomattavan suuri — Marples'n (1950, s. 2) mukaan noin 1.8 milj. asuntoa.

Muusta talonrakennustoiminnasta saadut tiedot ovat niukkoja. 1930-luvulta peräisin olevat laskelmat (taulukko 4, s. 40) viittaavat kuitenkin siihen, että tämän rakennustoiminnan suhdannevaihtelut ovat sotien välisenä kautena olleet asuntotuotannon vaihteluja voimakkaammat. II maailmansodan jälkeen tämä rakennustoiminnan haara on ollut erityisen ankarien rajoitusten alainen.

Myös laivanrakennuksen suhdannevaihtelut ovat olleet jyrkät (taulukko V ja kuvio 4). 1930-luvun alussa vesille laskettujen kauppalaivojen määrä oli vain murto-osa siitä, mitä se oli 1920-luvun ja 1930-luvun lopussa.

Laivanrakennuksen vaihtelut ovat seuranneet herkästi rahtien kehitystä ja rahdit vuorostaan maailmankaupan volyymin vaihteluja (kuvio 4). II maailmansodan jälkeen laivojen tuotanto on ollut varsin korkea, mihin erityisesti sodan aikana koetut menetykset — lähes 9 milj. bruttotonnia — ovat olleet syynä. Toisaalta kampanja viennin lisäämiseksi lisäsi myös tonniston tarvetta.

Niiden verraten niukkojen tietojen valossa, jotka ovat käytettävissä r a u t a t e i d e n liikkuvan kaluston tuotannosta (taulukko 5, s. 49), voidaan päätellä, että tuotannon suhdannevaihtelut myös tällä alalla ovat olleet erityisen voimakkaat. Vuonna 1933 tuotannon volyymi oli vain noin 1/10 vuosien 1924 ja 1930 tuotannosta. Korjaustoiminnassa vaihtelut lienevät kuitenkin olleet tuotannon vaihteluja jonkin verran pienemmät.

Näyttää siltä, että rautatievaunujen tuotanto on verraten herkästi seurannut liikenteen vaihteluja.

II maailmansodan jälkeen myös rautatievaunuteollisuus on kokenut ekspansion. Syynä on ollut toisaalta sodan aikana syntyneiden rästien korjaaminen, toisaalta taloudellisen aktiviteetin kasvamisesta johtunut liikenteen kasvu. Puutavaran käyttöä lisäsi myös melkoisesti myös tarve korjata vanhaa rautatiekalustoa.

P a k k a u s t e o l l i s u u s on palvellut toisaalta vientiä, toisaalta kotimaan kauppaa. Ensiksi mainitun piirissä esiintynyt pakkausmateriaalin ja siihen liittyvä puutavaran tarve on ollut läheisessä yhteydessä viennin volyymiin, jota valaisee taulukko VI (ks. myös kuvio 5). Vuonna 1926 yleislakon aiheuttamaa keskeytystä lukuunottamatta viennin volyymi kasvoi, joskin loivasti 1920-luvulla, mutta laski jyrkästi 1930-luvun alussa sattuneen suuren lamakauden aikana eikä saavuttanut ennen II maailmansotaa 1920-luvun tasoa. Varsinkin 1925 suoritettu punnan palauttaminen sen sodan edelliseen kulta-arvoon muodostui Britannian ulkomaankauppaa vaikeuttavaksi tekijäksi.

II maailmansodan jälkeen ulkomaankaupan volyymi on melko voimakkaasti kasvanut. Maan tarve korvata ulkomaisista sijoituksista ennen kertyneet tulot lisääntyneellä viennillä on pääasiallisin selitys tähän. Sahatavaran käyttöä ajatellen on tietty merk tys myös sillä, että viennin rakenne on muuttunut yhä enemmän valmiita tuotteita käsittäväksi.

Britannian o m a n h a v u s a h a t a v a r a n t u o t a n n o n vaihteluista ei maailmansotien väliseltä kaudelta ole tilastoa. Eräät kotimaisen puutavaran tuotantoa koskevat tutkimukset vuosilta 1924 ja 1930 osoittavat kuitenkin, että kotoisen havusahatavaran osuus oli tällöin varsin pieni, keskimäärin vain noin 4 % koko tuotannosta (ks. taulukko VIII). Tämän vaihtelut eivät siten ole varsin suuresti vaikuttaneet tuontiin. II maailmansodan aikana sen sijaan tuonti tavanomaisilta lähteiltä keskeytyi miltei kokonaan, minkä vuoksi tarpeet oli tyydytettävä melkoiselta osalta (noin 30 %) omista metsistä. On laskettu, että lähes 2/3 maan havupuuvaroista hakattiin sodan aikana. Vaikka sodan jälkeen noudatettiin erittäin pidättyvää hakkuupolitiikkaa, oli kotimaisen sahatavaran osuus vv. 1945—50 hiukan suurempi kuin sotien välisenä kautena. Heti I maailmansodan jälkeen aloitetut ja viime sodan jälkeen yhä tehostetut metsitykset lisäävät tulevaisuudessa huomattavasti kotoisen havusahatavaran tuotantoa.

T u o n n i n ja k ä y t ö n s ä ä n n ö s t e l y on olennaisesti hillinnyt havusahatavaran käyttöä II maailmansodan aikana ja vallankin vuosina 1945—50. Tuonti on tapahtunut aina 1950:n loppuun keskitetysti valtion elimen Timber Control'n toimesta. Tuonnin säännöstelyyn on liittynyt myös käytön säännöstely. Toisaalta suuri kotimainen, kysyntä toisaalta maan heikentynyt taloudellinen asema ja niukan tarjonnan vuoksi korkealle nousseet hinnat ovat olleet syynä säännöstelytoimenpiteisiin.

Jotta niukoilla sahatavaroilla on voitu saada aikaan mahdollisimman paljon, sen asemesta on käytetty suuressa mittakaavassa k o r v i k k e i t a. Niinpä viranomaiset ovat annostelleet kutakin asuintaloa kohden käytettävän havusahatavaramäärän 1.6 std:ksi, sen sijaan että ennen II maailmansotaa käytettiin noin 2.5—3.0 std. Erotus on korvattu muilla materiaaleilla: sementillä, teräksellä, vanerilla, kuitu-

levyllä yms. Myös muilla rakennusteollisuuden aloilla ja varsinkin pakkauksessa on korvikkeiden käyttö muodostunut yleiseksi. Viimeksi mainitulla alalla ovat erityisesti paperi ja pahvi sekä vaneri ja kuitulevy voittaneet alaa. Säästöä on aikaan saatu myös pienentämällä kuhunkin tarkoitukseen käytetyn havusahatavaran mittoja. Tätä samoinkuin korvikkeiden käyttöä on edistänyt intensiivinen rakennusteollisuuteen kohdistunut tutkimustoiminta.

Merkkejä korvikkeiden käytöstä havaittiin jo sotien välisenä kautena, mutta silloin kehitys oli verraten hidasta — lukuun ottamatta pakkausteollisuutta. Sodan jälkeen kehitystä on kiihdyttänyt paitsi säännöstely, se seikka, että sahatavaran hinnat ovat nousseet suhteellisesti paljon enemmän kuin kilpailevien aineiden hinnat (ks. kuvio 6). Eräinä vuosina II maailmansodan jälkeen havusahatavaran tuontia on osittain korvattu tuomalla suhteellisesti enemmän pyöreätä ja veistettyä järeää havupuuta kotimaassa edelleen työstettäväksi. Nimenomaan Saksasta sotakorvauksina hankitut erät on tässä yhteydessä mainittava.

Varastojen vaihtelut ovat osaltaan vahvistaneet havusahatavaran tuonnin vaihteluja.

Havusahatavaran hintojen ja tuonnin yhteys on ollut sotien välisenä kautena erikoislaatuinen. Britannian havusahatavaran tuonnin hintajoustavuuskertoimeksi on näet saatu positiivinen luku, mikä merkitsee, että tuonti ja hinnat ovat kasvaneet samanaikaisesti. Tällainen asiain tila on kuitenkin helposti ymmärrettävissä, sillä Britannian, maailman suurimman sahatavaran tuojan, markkinoilla on olennainen vaikutus sahatavaran hintojen kehitykseen. Hinnat ovat siis kohonneet, kun Britannian tuonti on syystä tai toisesta kasvanut.

Toisen maailmansodan jälkeen sahatavaran korkeat hinnat ovat epäilemättä melkoisesti hillinneet sen tuontia.