METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
JULKAISUJA

COMMUNICATIONES
INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

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

71

HELSINKI 1971

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Jaloetusosasto
3.16

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN JULKAISUJA

COMMUNICATIONES
INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

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

71

HELSINKI 1971

COMMUNICATIONES

INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

71

71.1 Kuusela, Kullervo. 1970. Suomen eteläpuoliskon metsävarat 1964—68 ja niiden kehittyminen. *Summary:* Forest resources in southern half of Finland in 1964—68 and their development .. 1—69

71.2 Koivisto, Pentti. 1970. Regionality of forest growth in Finland. *Seloste:* Metsän kasvun alueellisuus Suomessa ..... 1—76
CORRECTION: The publication has been printed as a serial publication 70.3, should be 71.2.
KORJAUS: Julkaisu on painettu sarjajulkaisuna 70.3, pitäisi olla 71.2.

71.3 Tiihonen, Paavo. 1970. Ruskean mäntypistiäisen *(N. Sertifer Geoffr.)* tuhojen vaikutuksesta männiköiden kasvuun Etelä-Pohjanmaalla, Pohjois-Satakunnassa ja Länsi-Uudellamaalla vuosina 1960—61. *Referat:* Über die Einwirkungen des Schadfrasses der roten Kiefernbuschhornblattwespe auf den Zuwachs der Kiefernbestände im südlichen Pohjanmaa, im nördlichen Satakunta und im westlichen Uusimaa in den Jahren 1960—67 ..... 1—21

71.4 Harstela, Pertti. 1970. The effect of winter conditions on the preparation of rough-limbed spruce pulpwood of approximate length. *Seloste:* Talviolosuhteiden vaikutus tynkäkarsitun ja likipituisen kuusikuitupuun tekoon ..... 1—54

71.5 Hakkila, Pentti. 1970. Basic density, bark percentage and dry matter content of grey alder *(Alnus incana). Seloste:* Harmaalepän puuaineen tiheys, kuoriprosentti ja kuiva-ainesisältö ..... 1—33

71.6 Rummukainen, Ukko. 1971. Lumikarsiteen, *Phacidium infestans* Karst., torjuntakokeita PCNB-pölytyksin männynviljelyaloilla. *Summary:* On the control of snow blight, *Phacidium infestans* Karst., by means of dusting with PCNB ..... 1—27

SUOMEN ETELÄPUOLISKON METSÄVARAT 1964—68 JA NIIDEN KEHITTYMINEN

Forest resources in southern half of Finland in 1964—68
and their development

KULLERVO KUUSELA

HELSINKI 1970

Helsinki 1970. Valtion painatuskeskus

ALKUSANAT

Valtakunnan metsien IV inventoinnin kenttätyön tultua suoritetuksi v. 1963 jouduttiin ratkaisemaan jatkuvien inventointitutkimusten työmuoto. Koska piirimetsälautakuntien alueiden ja yleensä maan osa-alueiden metsävaratiedot olivat yli 10 vuotta vanhoja ja koska osa-alueita koskevat tiedot näyttivät silloisessa metsätasetilanteessa ensiarvoisen tärkeiltä, aloitettiin V inventointi maan lounaisosasta ja kunkin kesän kenttätyöt käsittivät niin monta piirimetsälautakunnan toimialuetta ja talousaluetta kuin määrärahat mahdollistivat. Maastonäytteen tiheys tuli niin suureksi, että tarkkuudeltaan käyttökelpoisia tuloksia voidaan laskea noin 150 000 hehtaarin suuruisille pienalueille ja että koko maan osalta näyte tulee mitatuksi 7—8 vuodessa. Käsillä oleva julkaisu sisältää vuosina 1964—68 mitattuun näytteeseen perustuen Suomen eteläpuoliskon metsävarojen kuvauksen ja päätunnusten vertailun aikaisempien inventointien tuloksiin.

Inventoinnin suunnitteluun, johtamiseen ja suoritukseen sekä tulosten laskentaan on osallistunut pääosa metsänarvioimisen tutkimusosaston henkilökuntaa. Tutkijoiden panos on keskittynyt seuraaviin tehtäviin:

Erikoistutkija, tri Paavo Tiihonen: Kenttäryhmien koulutus, kenttätyön johto ja valvonta.

Vanhempi assistentti Sakari Salminen: Aineiston tietokonekäsittelyn suunnittelu ja toteutus sekä kenttäryhmien koulutus ja valvonta aineiston käsittelyn toteutusta silmällä pitäen.

Nuorempi assistentti Alli Salovaara: Kenttäaineiston vastaanoton ja esikäsittelyn järjestely, eräiden laskentavaiheiden suorittaminen ja julkaistavien tulostaulukoiden valmistaminen.

Kenttätyön alkuvaiheissa ja ns. koeinventointeja suoritettaessa työhön osallistui tohtori Veikko O. Mäkinen.

Ryhmänjohtajina ovat toimineet metsänhoitajat Kari Borgman, Juhani Huittinen, Markku Kiikka, Ilkka Kohmo, Aarno Koukkula, Veikko Laukkanen, Heikki Mäki, Raimo Pökälä, Jorma Rajala, Jaakko Salo, Mauno Saloniemi, Tarmo Uusitalo, Arno Uusvaara ja Lauri Vuorisalo. Erityistehtävissä mittausryhmän johtajana on toiminut metsäteknikko Matti Kujala.

Kiitän edellä nimettyjä henkilöitä sekä muuta tutkimusosaston henkilökuntaa heidän panoksestaan, joka on tehnyt mahdolliseksi V inventoinnin

toteutuksen olosuhteissa, joille on ollut ominaista menetelmien suuret muutokset ja metsävaratietojen loputtomalta tuntunut tarve.

Kenttätyön toteutusta ja ennen muuta metsänomistuksen selvitystä ovat tehokkaasti avustaneet metsähallitus, keskusmetsälautakunnat, piirimetsälautakunnat, Ahvenanmaan maakuntahallinnon metsäosasto, metsänhoitoyhdistykset ja teollisuusyhtiöiden metsäosastot, joille kaikille esitän parhaan kiitoksen.

Kullervo Kuusela

SISÄLTÖ — CONTENTS

	Sivu
Alkusanat	3
Valtakunnan metsien V inventointi	
Eteläpuoliskon metsävarat 1964—68	7
Maan kuvaus	7
Puuston kuvaus	10
Metsiköiden laatu ja toimenpiteiden tarve	12
Vuotuisen kasvun ja hakkuusuunnitteen arvio	13
Metsävarojen ja hakkuumahdollisuuksien kehittyminen	15
Maa	15
Puusto	17
Metsiköiden laatu ja tiheys	23
Puuston alueellinen vaihtelu	26
Kasvu ja hakkuumahdollisuudet	32
Metsätase	36
Taulukot — *Tables*	41
Kirjallisuus — *References*	65
Summary in English	67

ETELÄPUOLISKON METSÄVARAT 1964—68

Maan kuvaus

Maan kuvauksessa pinta-alan arvioiden perustana on virallisen tilaston kunnittaiset maa-alat sellaisina kuin ne julkaistiin kesinä 1964 ja 1965 inventoidun alueen osalta vuonna 1963, 1966 inventoidun alueen osalta 1966, 1967 inventoidun alueen osalta 1967 ja 1968 inventoidun alueen osalta 1968. Maapinta-alan jakaantuminen maaluokkiin perustuu inventoinnin arvioihin. Taulukossa 1 esitettyjen maaluokkien määritelmät ovat (vert. Ilvessalo 1965, s. 32):

Metsämaalla on puuston keskimääräinen vuotuinen kasvu suotuisimpien olosuhteiden vallitessa ja 100 vuoden kiertoaikaa käytettäessä vähintään 1 m^3/ha kuorineen. Metsämaahan sisältyy aikaisempi kasvullinen metsämaa ja paras osa aikaisempaa huonokasvuista metsämaata.

Kitumaalla on puuston kasvu edellä mainituilla edellytyksillä 1.0—0.1 m^3/ha. Kitumaa käsittää pääosan aikaisempaa huonokasvuista metsämaata kuitenkin siten, että huonoin osa huonokasvuista maata on luokitettu joutomaaksi.

Joutomaalla on puuston kasvu edellä mainituilla edellytyksillä alle 0.1 m^3/ha.

Nykyistä metsätalouden veroluokituksen käytäntöä silmällä pitäen metsämaa vastaa lähinnä sitä pinta-alaa, joka kuuluu luokkiin I—IV. Kitumaa ja joutomaa yhdessä muodostavat verotuksen ulkopuolelle jäävän pinta-alan, jossa ensin mainittu on kituliasta puustoa kasvavaa joutomaata ja jälkimmäinen puutonta tai miltei puutonta joutomaata.

Metsätalouden tiet, varastot, jne. ovat pinta-alaa, joka inventoinnin ajankohtana käytetään muuhun metsätalouden tarkoitukseen kuin puun kasvattamiseen.

Metsätalouden maa on edellä määriteltyjen neljän maaluokan summa. Joutomaan sisällyttämisestä metsämaahan voitaneen olla eri mieltä, koska monien maiden metsätilastossa joutomaa on oma itsenäinen luokkansa. Käytetty luokitus on katsottu sopivimmaksi sen vuoksi, että inventoinnissa metsätalouden joutomaaksi arvioitu pinta-ala on suurimmaksi osaksi suota ja ojituksella metsämaaksi muutettavissa. Kankaiden jouto-

maa on metsämaan sisällä, metsätalouden käytössä ja se kuuluu Pohjois-Suomen metsänrajaseudullakin metsätalouden hallinnollisiin yksikköihin.

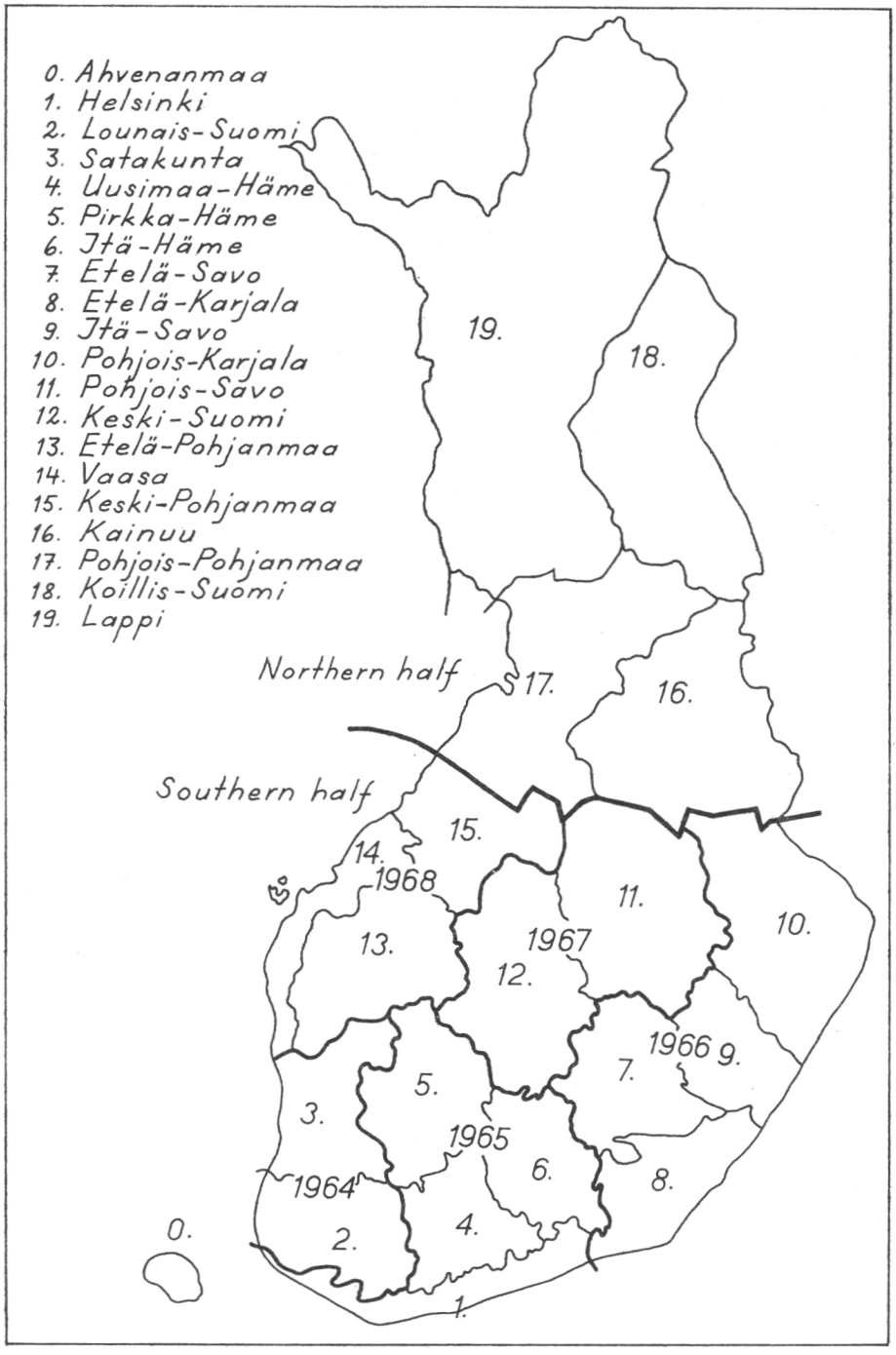
M a a t a l o u d e n m a a sisältää pellot, laitumina hoidetut alueet, maatalouden tiet ja rakennusten vaatiman maa-alan sekä maatalousmaan sisällä olevan ja siihen välittömästi liittyvän joutomaan.

R a k e n n u s t e n a l a käsittää kaupungit, asutuskeskukset, teollisuusalueet ja vastaavat.

L i i k e n n e v ä y l ä t, j n e. käsittää maantiet, rautatiet, lentokentät, voimajohtolinjat ja vastaavat.

Metsämaan, kitumaan ja joutomaan jakaantuminen kankaihin, korpiin, rämeisiin ja nevoihin on esitetty taulukossa 2 sekä kasvupaikkatyyppeihin taulukossa 3. Kasvupaikkatyypit koostuvat seuraavista metsä- ja suotyypeistä:

1. Metsämaan kankailla lehdot.
   » turvemailla lehtomaiset kasvupaikat, pääasiassa lehtokorpi; rämeillä poikkeuksellisen hyväpuustoinen lettoräme.
   Kitumaan turvemailla lehtomaiset kasvupaikat; korvissa lettokorpi ja koivulettokorpi; rämeillä varsinainen lettoräme ja rahkainen lettoräme.
   Joutomaan turvemailla lehtomaiset kasvupaikat; rämeillä heikkopuustoisin lettoräme; nevoilla letto.
2. Metsämaan kankailla käenkaali-mustikka- ja pyrolatyyppi.
   » turvemailla ruohoiset kasvupaikat; korvissa ruoho- ja heinäkorpi; rämeillä poikkeuksellisen hyväpuustoinen ruohoinen sararäme.
   Kitumaan turvemailla ruohoiset kasvupaikat; korvissa ruohoiset sarakorvet ja heikkopuustoisimmat ruoho- ja heinäkorvet; rämeillä ruohoinen sararäme.
   Joutomaan turvemailla ruohoiset kasvupaikat; rämeillä heikkopuustoisin ruohoinen sararäme; nevoilla ruohoinen saraneva.
3. Metsämaan kankailla mustikkatyyppi.
   » turvemailla suursaraiset ja mustikkaiset kasvupaikat; korvissa pääosa kangaskorpia ja mustikkakorpi; rämeillä paraspuustoinen sararäme.
   Kitumaan turvemailla suursaraiset ja mustikkaiset kasvupaikat; korvissa varsinainen sarakorpi; rämeillä varsinainen sararäme.
   Joutomaan turvemailla suursaraiset ja mustikkaiset kasvupaikat; korvissa heikkopuustoisin sarakorpi; rämeillä heikkopuustoinen sararäme; nevoilla varsinainen saraneva.
4. Metsämaan kankailla puolukkatyyppi.
   » turvemailla piensaraiset ja puolukkaiset kasvupaikat; korvissa puolukkakorpi, pallosarakorpi, heikompi osa kangaskorpia; rämeillä pääosa korpirämeitä ja kangasräme.
   Kitumaan turvemailla piensaraiset ja puolukkaiset kasvupaikat; korvissa heikkopuustoiset pallosarakorvet; rämeillä pääosa pallosara-, lyhytkortinen sara- ja heikkopuustoisin osa korpirämeistä.
   Joutomaan turvemailla piensaraiset ja puolukkaiset kasvupaikat, heikkopuustoisimmat pallosarakorvet; rämeillä heikkopuustoisimmat pallosara- ja lyhytkortiset sararämeet; nevoilla harvakseltaan suursaroja kasvavat lyhytkortiset nevat.



Kuva 1. V inventoinnin suoritusaika alueittain maan eteläpuoliskossa.

Fig. 1. Time when the 5th inventory was carried out by regions in the southern half of the country.

5. Metsämaan kankailla kanervatyyppi.
» turvemailla tupasvillaiset ja isovarpuiset kasvupaikat; rämeillä pääosa isovarpuisia rämeitä ja paraspuustoiset tupasvillarämeet.
Kitumaan turvemailla tupasvillaiset ja isovarpuiset kasvupaikat; rämeillä heikkopuustoisimmat isovarpuiset rämeet ja pääosa tupasvillarämeistä.
Joutomaan turvemailla tupasvillaiset ja isovarpuiset kasvupaikat; rämeillä heikkopuustoisimmat tupasvillarämeet; nevoilla lyhytkortinen ja rimpineva.
6. Metsämaan kankailla jäkälätyyppi.
Joutomaan turvemailla rahkaiset kasvupaikat; rämeillä rahkaräme ja nevoilla rahkaneva.
7. Kitumaan ja joutomaan avokalliot, louhikot ja hietikot.

Inventoinnin ajankohdan ojitustilanne on kuvattu taulukossa 4. Turvemaiden luokat ovat:

Luonnontilainen suo. Pintakasvillisuudesta yli 75 % suokasvillisuutta.
Ojikko on ojitettu suo, jossa ojituksen vaikutusta ei ole vielä havaittavissa pintakasvillisuudessa eikä puustossa.
Muuttuma on aina metsämaata ja siinä on ojituksen vaikutus selvä, mutta pintakasvillisuudelle lyö alkuperäinen suotyyppi vielä leimansa.
Turvekangas on aina metsämaata ja pintakasvillisuus muistuttaa ojituksen vaikutuksesta jotain metsätyyppiä.

Metsätalouden maa jaettiin vanhan järjestelmän mukaisiin veroluokkiin (Taulukko 5, vert. esim. Tapion Taskukirja, 1965). Metsätyypin mukaista veroluokkaa alentavia tekijöitä ovat olleet kivisyys, soistuneisuus (soistuneella kankaalla on pintakasvillisuudesta 25—75 % suokasvillisuutta), kuntaisuus ja sijainti tuulille alttiilla paikalla sekä lakimailla. Tulosten osalta on otettava huomioon, että pieni osa metsämaasta ja huomattava osa kitumaasta sisältyy veroperusteiden mukaiseen joutomaahan, esim. ne alunperin joutomaan suot, joiden ojituksesta ei inventoinnin hetkellä ole kulunut 10 vuotta, mutta joiden kasvukyky on jo parantunut. Samoin pieni osa metsämaasta kuuluu V veroluokkaan.

Puuston kuvaus

Vallitsevan puulajin perusteella suoritetun metsikköluokituksen tulokset on esitetty taulukossa 6. Vallitseva puulaji käsittää suhteellisesti suurimman osan vallitsevan puujakson kuutiomäärästä, ts. ylispuut ja alikasvos eivät vaikuta luokitukseen. Taimistoissa se on kuitenkin puulaji, joka hoitotoimenpiteen jälkeen jää metsikköön vallitsevaksi.

Metsämaan metsiköiden ikärakenne ja ikäluokkien keskipohjapinta-ala sekä keskikuutio on esitetty taulukossa 7 a. Taulukoissa 7 b—g on esitetty samat tunnukset metsämaan kankaiden, turvemaiden, ojittamattomien soiden, ojikoiden, muuttumien ja turvekankaiden metsikköluokille. Suoritet-

taessa esitettyjen arvioiden ja esim. kasvutaulukoiden välisiä vertailuja on otettava huomioon, että käytetty laskentamenetelmä antaa liian suuren kuutiomäärän nuorimmille ja vanhimmille metsiköille, joissa muotokorkeuskerroin (vert. K u u s e l a 1966) on keskimääräistä pienempi ja liian pienen kuutiomäärän tiheimmille keski-ikäisille metsiköille, joissa muotokorkeuskerroin on keskimääräistä suurempi. Erot ovat suurimmillaan noin 5 %:n suuruusluokkaa. — Ikäluokkien pohjapinta-alat ovat virheettömät.

Ylispuuston ja kehityskelpoisen alikasvoksen esiintymistä kuvaavat arviot ovat taulukossa 8 ja metsämaan metsiköiden kehitysluokkien osuudet taulukossa 9. Kehitysluokkien puuston yksityiskohtainen kuvaus on esitetty taulukoissa 10 a—j metsämaan alaluokittain samoin ikäluokkien osalta aikaisemmin. Vastaavasti ikäluokkien kuutiomäärän arvioita koskevan huomautuksen kanssa on syytä todeta, että laskentamenetelmästä johtuen harvennus- ja väljennysmetsiköiden keskikuutio on jonkin verran liian pieni ja taimistojen sekä vajaatuottoisten metsiköiden kuutiomäärä liian suuri.

Puuston kuutiomäärä kuorineen (pienin luettu puu on 2.5 cm rinnankorkeusläpimitaltaan) on esitetty taulukossa 11 erikseen metsämaalla, kitumaalla ja yhteensä. Kuorettoman puuston keskimääräinen prosentti on 84. Männyllä se on hieman suurempi kuin kuusella, lehtipuilla pienempi kuin havupuilla.

Puuston kuorellisen kuutiomäärän jakaantuminen tärkeimpiin puutavaralajeihin on esitetty taulukossa 12. Sahapuuksi on luettu kaikista vähintään 19.5 cm rinnankorkeusläpimitaltaan olevista puista se rungon osa, joka laatunsa puolesta on saha- tai vaneritukkia ja siten, että tukin pienin latvaläpimitta on 16 cm kuoren päältä (noin 6 tuumaa kuoren alta). Paperipuun pölkyn pituus on 2 m ja pienin latvaläpimitta kuoren päältä 8 cm. Ohutpuun vastaavat mitat ovat 1 m ja 5 cm. Muu rungon osa ja ne puut, joista ei saada vähintään yhtä ohutpuupölkkyä, ovat hakkuutähdettä. Jos sahatukki otetaan 5 tuuman latvaläpimittaan 6 tuuman asemesta ja puista 18 cm:n rinnankorkeusläpimittaan saakka (esim. N y y s s ö n e n 1965, taulukko 42 ja 43 tai T i i h o n e n 1966 a), niin männyn sahapuuprosentti 48 suurenee noin 54:ksi ja kuusen 35 noin 45:ksi. Sahapuuosuuden voimakkaampi suureneminen kuusella kuin männyllä johtuu siitä, että kuusikoiden runkolukusarjassa on pienimmän tukin kohdalla enemmän puita kuin männyn runkolukusarjassa.

Taulukossa 12 esitetyt puutavaralajien osuusprosentit samoin kuin aikaisemmin julkaistut piirimetsälautakuntien alueita koskevat (K u u s e l a 1966 ja 1967; K u u s e l a ja S a l o v a a r a 1968 ja 1969) on saatu ns. keskipuumenetelmällä (K u u s e l a 1966). Maan eteläpuoliskon inventoinnin valmistuttua suoritetuissa tarkistuslaskelmissa on voitu todeta, että keskipuumenetelmällä saatuihin puutavaralajiprosentteihin sisältyy systemaattista virhettä. Tämän vuoksi julkaistuja puutavaralajiprosentteja on

pidettävä eri alueiden puustojen suhteellista järeyttä osoittavina. Maan eteläpuoliskon kokonaispuuston osalta korjatut prosentit ovat:

puulaji	sahapuu	paperipuu	ohutpuu	hakkuutähde
mänty	49	39	7	5
kuusi	41	45	10	4
lehtipuu	13	63	12	12

Ts. keskipuumenetelmällä saadut ja keskiläpimittaan perustuvat funktiot aliarvioivat sahapuun, ohutpuun ja jonkin verran myös hukkapuun osuutta sekä yliarvioivat paperipuun osuutta.

Edellä esitetyn lisäksi on korjuun yhteydessä kiinnitetty huomiota siihen, että vaneripuuna korjataan keskimääräistä tukkia lyhyempiä pölkkyjä ja että vaneritukin laatuvaatimukset ovat alhaisemmat kuin inventoinnin kenttätyön ohjeissa esitetyt. Korjuussa noudatettavia periaatteita vastaava vaneripuuosuus on noin 30 % suurempi taulukossa 12 esitettyä osuutta.

Puulajien osuudet kuutiomäärästä, runkoluvusta ja pohjapinta-alasta on esitetty taulukoissa 13 ja 14, runkoluvun ja kuutiomäärän jakaantuminen 1 cm:n rinnankorkeusläpimittaluokkien ryhmiin taulukoissa 15 ja 16 sekä tukkirunkojen lukumäärän ja kuutiomäärän jakaantuminen läpimittaluokkien ryhmiin taulukoissa 17 ja 18. Tukkirungoksi on luettu puu, joka on vähintään 19.5 cm rinnankorkeusläpimitaltaan ja josta saadaan vähintään yksi laatuvaatimukset täyttävä tukki.

Metsiköiden laatu ja toimenpiteiden tarve

Metsiköiden metsänhoidollisen tilan ja vajaatuottoisuuden syyn mukaisen luokituksen tulokset on esitetty taulukossa 19. Luokat on pyritty pitämään mahdollisimman tarkoin samakäsitteisinä kuin III inventoinnissa. Lehtipuumetsiköiden osalta arvostelu on kuitenkin kiristynyt sikäli, että vain rauduskoivuvaltaiset metsiköt on V inventoinnissa arvioitu kehityskelpoisiksi. Luokka »muu vajaatuottoinen» sisältää myös uudistusalat, joiden on arvioitu edellyttävän metsänviljelyä, joten vajaatuottoisten metsiköiden pinta-ala on näitä uudistusaloja suurempi verrattuna kehitysluokkataulukoiden (9 ja 10) puustoisten vajaatuottoisten metsiköiden pinta-alaan.

Taulukossa 20 on esitetty määrä ja laatu niistä metsiköistä, jotka inventoinnin luokituksia suoritettaessa voitiin todeta viljelyllä perustetuiksi. Täydennysviljelyä tarvitsevat taimistot ovat olleet runkoluvultaan liian harvoja. Pääosa niistä on ilmeisesti kehityskelpoisia, kun otetaan huomioon luonnonsiemennyksen kautta saatavat taimet. Kasvu ja tuotto jäävät niissä kuitenkin pienemmiksi kuin täysitiheissä taimistoissa.

Hyvien, tyydyttävien, vajaatuottoisten ja viljelyllä perustettujen metsiköiden jakaantuminen ikäluokkiin ja ikäluokkien keskimääräiset pohjapinta-alat sekä kuutiomäärät on esitetty taulukoissa 21 a—c ja 22.

Viimeisestä hakkuusta kulunut aika on esitetty taulukossa 23, hakkuun tarve taulukossa 24, hoitotöiden tarpeellisuus taulukossa 25 ja ojitustoiminnan tarpeellisuus taulukossa 26. Taulukoiden tiedot muodostavat perustan hakkuulaskelmien ja metsänhoito-ohjelmien valmistamiselle. Erityisesti on korostettava, että hakkuiden, metsänhoitotöiden ja ojituksen tarvetta osoittavat tiedot eivät sellaisenaan ole metsänhoito-ohjelma, vaan eri töiden määrät on mitoitettava noudattaen periaatteita, joiden mukaan metsiä hakataan ja kehitetään. Käytännössä suurimpaan mahdolliseen puuntuotantoon tähtäävä ohjelma on esim. MERA-toimikunnan viimeisimmässä mietinnössä esitetty (MERA . . . ., 1969), jota valmistettaessa on ollut käytettävissä V inventoinnin tuloksia.

Vuotuisen kasvun ja hakkuusuunnitteen arvio

Vuotuisen kasvun ja hakkuusuunnitteen arvio on esitetty taulukossa 27. Kasvulla ja poistumalla tarkoitetaan kotimaisilla kuutioimistaulukoilla saatavia pystypuiden kuorellisen runkopuun keskimääräistä vuotuista lisäystä ja vähenemistä. Kasvu on inventointia edeltäneiden 5 vuoden keskimääräinen todellinen kasvu (so. kasvun arviota ei ole korjattu keskimääräistä ilmastoa vastaavaksi), jossa mittauksilla saatuun, inventoinnin ajankohtana metsässä olleiden puiden kasvuun on lisätty arviona mittausjakson aikana metsästä poistuneiden puiden kasvu. Valtakunnan metsien III ja IV inventoinnin kasvun arvioihin (Ilvessalo 1956; Tiihonen 1968) verrattuna V inventoinnin kasvun arvio on noin 4 % suurempi kuin jos olisi käytetty aikaisempaa menetelmää.

Suunnite vastaa suurinta kestävää hakkuumahdollisuutta ja arviota tehtäessä on otettu huomioon tällä hetkellä ja lähitulevaisuudessa todennäköinen metsänhoidon ja perusparannustoiminnan taso. Lisäksi on oletettu, että kaikki omistajat käsittelevät metsiään valtakunnallisten tavoitteiden mukaisesti. Kasvun arvioon verrattuna suunnite on 3.5 % suurempi. Kuorettoman puun osuus suunnitteessa on noin 86 %.

Suunnitteen puutavaralajit ovat samat kuin pystypuuston rakenteen yhteydessä esitetyt (s. 11). Niitä koskevat samat huomautukset kuin mitä on esitetty pystypuuston puutavaralajisuhteiden yhteydessä, ts. sahapuuosuus on arvioitu hieman liian pieneksi. Edellä sanottu huomioon ottaen ja jos tukki otetaan 5 tuuman latvaläpimittaan myös puista, joiden rinnankorkeusläpimitta on vähintään 18 cm, suunnitteen havupuiden sahapuuosuus on noin 55 % männyllä ja 51 % kuusella. Vaneripölkkyjen tarkka

talteenotto suurentaa lehtipuun tukkiosuuden noin 17 %:ksi. Pinotavaraosuus pienenee vastaavasti.

Suunnitteen kuorellisen kuutiometrin ja puutavaralajien kesken on käytetty seuraavia kertoimia: 1 m^3 on 21 j^3 teknillistä mittaa havutukkia, 30.5 j^3 (mitattu tukin keskeltä kuoren päältä) lehtipuutukkia, 1.2 p-m^3 puolipuhdasta havupaperipuuta, 1.4 p-m^3 kuorellista lehtipaperipuuta, 1.35 p-m^3 kuorellista havuohutpuuta ja 1.5 p-m^3 lehtipuuhalkoa. Puutavaralajit on ensiksi arvioitu kiintomittana ja muunnettu sen jälkeen teknillisiksi mitoiksi.

METSÄVAROJEN JA HAKKUUMAHDOLLISUUKSIEN KEHITTYMINEN

Maa

Valtakunnan metsien inventointi on suoritettu maan eteläpuoliskossa viisi kertaa (Ilvessalo 1927, 1942, 1956, 1962, 1963; Tiihonen 1966, 1968). Käyttämällä inventointien kenttätyöjaksojen keskimmäistä vuotta tietojen ajankohtana, voidaan aikasarjalla 1922, 1937, 1952, 1961 ja 1966 kuvata metsävarojen kehittymistä. Vertailuja vaikeuttavat jonkin verran käsitteiden määrittelyssä, tulosten julkaisussa ja maapinta-alassa tapahtuneet muutokset, mutta tärkeimpien tunnusten osalta on kuitenkin saatavissa täysi aikasarja. Edellä todetuista syistä kehityksen tarkastelu rajoittuu monien tunnusten osalta III ja V tai III, IV ja V inventoinnin tulosten vertailuun.

Metsätalouden piirissä olevan maa-alan kehittyminen inventointien tuloksissa on esitetty taulukossa 28. Vuodesta 1922 vuoteen 1961 jatkunut metsätalouden maan pieneneminen on ilmeisestikin tilastollisesti merkitsevä. Tärkeimpänä syynä siihen on ollut maatalouden maan lisääntyminen. Myös rakennetut alat ja liikenneväylät ovat lisääntyneet. Metsätalouden maan pinta-alan arvion suureneminen v. 1966 (III inventoinnin tulokseen verrattuna suureneminen on 292 000 ha) johtunee osittain arvioimislinjojen maassoon sijoittamisen muutoksesta (Kuusela ja Ervasti 1969). Toitaalta on ilmeistä, että maatalousmaan pieneneminen, ennen muuta huonoimpien laitumien ja peltojen luontainen metsittyminen ovat jo vaikuttaneet tulokseen ja että metsäpinta-ala on lisääntymässä. Tämä lisääntyminen on kiihtyvää, sillä kuluvalla vuosisadalla peltopinta-alan odotetaan pienenevän vähintään 600 000 ha.

Metsämaan luokkien määritelmien muuttamisesta aiheutuneet pinta-alan muutokset on esitetty taulukossa 29. Metsämaan alan suureneminen johtuu pääosaksi siitä, että paras osa entistä huonokasvuista metsämaata on luokitettu metsämaaksi. — Vertauksen vuoksi todettakoon, että V inventoinnin metsämaan arvio on 10 944 000 ha ja samakäsitteinen metsämaa IV inventoinnin arvion mukaan 10 822 000 ha. Kun otetaan huomioon aikaisemmin mainittu linjojen maastoon sijoittamisen muuttamisesta todennäköisesti

aiheutuva ero, voidaan todeta, että uusitun määritelmän mukainen metsämaa on kyetty luokittamaan yhtenäisillä perusteilla IV ja V inventoinnissa.

Joutomaan arvio on taas suurentunut V inventoinnin tuloksissa, joka johtuu siitä, että huonoin osa aikaisempaa huonokasvuista metsämaata on luokitettu joutomaaksi.

Metsämaan lisääntymiseen vaikuttaa enenevässä määrässä ojitus, jonka edistyminen on esitetty taulukossa 30. Uudisojitus on ilmeisestikin saavuttanut suurimman määränsä 1960-luvun puolivälissä. Vuonna 1966 oli 47.1 % soista ojitettu. Tällöin oli ojittamatonta suota 2.1 milj. ha (Taulukko 4) ja inventoinnissa tehdyt ojitusehdotukset käsittivät 1.6 milj. ha (Taulukko 26). Kun vuoden 1969 ojitustuloksen ennuste on 165 000 ha ja uudisojituksen tavoite 1970-luvun alkupuoliskolla 172 000 ha vuotta kohti (MERA . . . ., 1969), saadaan tämän mukaan maan eteläpuoliskon kaikki ojituskelpoiset suot ojitetuiksi noin 1976 mennessä. On kuitenkin todennäköistä, että varsinaisen uudisojituksen työtulokset alkavat pienetä 1970-luvun alussa ja työ muuttuu lisääntyvässä määrässä täydennysojitukseksi. Uudisojitusta suoritettaneen vielä 1980-luvullakin. Tätä kehitystä ei ole ehkä riittävässä määrässä otettu huomioon edellä mainitun MERA III ohjelman työtavoitteita määritettäessä. Täydennysojituksen ja ojien perkauksen tarpeellisuutta korostaa myös V inventoinnin tulos, jonka mukaan v. 1966 oli puutteellisessa kunnossa olevia ojituksia 658 000 ha:lla eli 35 %:lla ojitetusta alasta (Taulukko 26).

Taulukossa 31 on esitetty metsätyyppien osuudet kankailla III ja V inventoinnin tulosten mukaan. Tuloksissa voidaan todeta pinta-alan liukumista parempien metsätyyppien suuntaan. Tätä on voitu odottaakin sen vuoksi, että parhaiden metsätyyppien kasvillisuus on lisääntynyt 1930- ja 1940-lukujen keskimääräistä lämpimämmän ilmaston vuoksi ja kaskeamiseen sekä metsäpaloihin perustuvan metsän uudistumisen jäädessä yhä kauemmaksi menneisyyteen. Jälkimmäisen tekijän merkitystä korostaa havainto, että metsätyyppien paraneminen on suhteellisesti voimakkainta koivu- ja leppäalueilla.

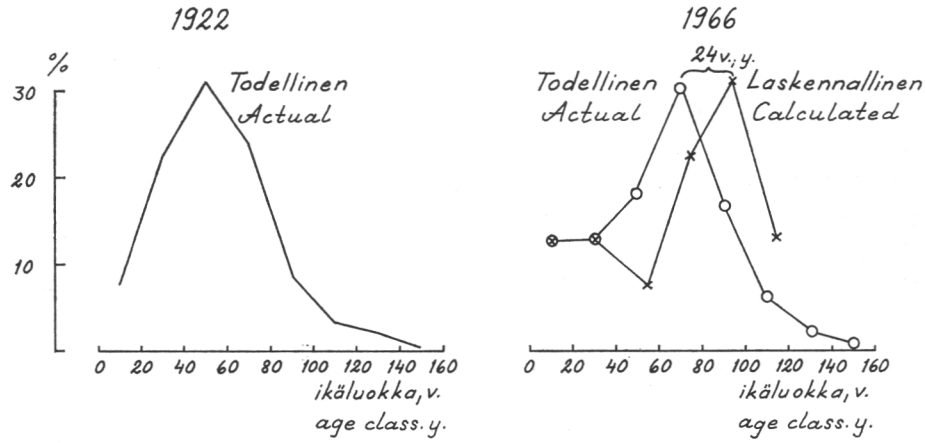
Taulukossa 5 on esitetty metsätalouden maan jakaantuminen veroluokkiin. Arvio on sikäli mielenkiintoinen, että se on ensimmäinen luokitus, jonka ovat suorittaneet yhtenäisesti koulutetut henkilöt ilman välitöntä kosketusta veroluokituksen suoritukseen sinänsä. Taulukkoon 32 on laskettu piirimetsälautakuntien metsä- ja kitumaan pinta-alojen summalla punnitut keskimääräiset verokuutioluvut (asetus 1. 10. 1959/376), jotka ovat kasvulukuja ja perustuvat ennen ko. asetuksen valmistumista suoritettujen inventointien kasvun arvioille. Järjestelmän periaatteiden mukaan veroluokituksen ja verokuutiolukujen tulisi antaa kasvun arvio, joka vastaa edellä mainittujen inventointien aikaista puustoa.

Edellä selostetulla menetelmällä saatu kasvun arvio on 35.6 milj. m^3 kuoretonta puuta, valtakunnan metsien III inventoinnin kasvun arvio on 35.1, IV inventoinnin ilmastoindeksillä korjattu arvio 35.8 ja V inventoinnin arvio 37.9 milj. m^3. Kun otetaan huomioon, että V inventoinnin kasvun arvio on laskentamenetelmänsä puolesta noin 4 % suurempi aikaisemmilla menetelmillä saatavia arvioita ja että viimeisimpien ojitusten vaikutus ei näy veroluokituksen tuloksissa mutta sisältyy V inventoinnin kasvun mittauksiin, voidaan todeta, että metsä- ja suotyypeille perustuva maiden puuntuottokyvyn arviointi on yllättävän luotettava menetelmä, kun tavoitteena on suurten alueiden keskiarvot. Erityisesti on syytä korostaa myös sitä, että suuri soiden osuus, joka on 31 %, kankaiden kivisyys 23 % ja soistuneisuus 8 %, on kyetty ottamaan huomioon luokitusta suoritettaessa. On tuskin kuviteltavissa, että nykymetsien olosuhteissa esim. pelkästään puuston ikään ja valtapituuteen perustuva maiden luokitus antaisi metsä- ja suotyyppien käyttöä paremman tuloksen. Vaikka edellä esitetty onkin metsä- ja suotyyppien soveltuvuutta maiden bonitointiin erittäin voimakkaasti puoltava tulos, on ilmeistä, että yksityisiä metsiköitä varten olisi syytä tutkia pintakasvillisuutta täydentäviä tunnuksia.

Puusto

Puulajivaltaisuuden kehittymistä voidaan tarkastella kaikkien viiden inventoinnin tulosten perusteella (Taulukko 33). Tosin pinta-alojen ja maaluokkien määritelmien muutokset ovat jonkin verran vaikuttaneet metsikköluokkien suhteellisiin osuuksiin, mutta tärkeimmät kehityspiirteet ovat ilmeisestikin merkitseviä. Metsämaan laajentuminen aikaisempaan kasvulliseen metsämaahan verrattuna sekä metsämaan suureneminen ojituksen vaikutuksetta suurentavat mäntyvaltaisten metsiköiden osuutta. Pääsyynä mäntyvaltaisten metsiköiden osuuden pienenemisen pysähtymiseen ja suurenemiseen viimeisten noin 15 vuoden aikana on kuitenkin mäntyä suosiva uudistaminen ja viljely kuivahkoilla kankailla. Mäntyvaltaiset metsiköt ovat yleisimmät maan eteläpuoliskossa ja niiden osuus näyttäisi säilyvän vajaana 50 %:na lähitulevaisuudessakin.

Suhteellisesti voimakkainta on ollut kuusivaltaisten metsiköiden yleistyminen ja lehtipuuvaltaisten väheneminen. Kehitykseen ovat vaikuttaneet sekä kaskikauden jälkeen tapahtunut kuusettuminen että metsän käsittelyn periaatteet. Koivuvaltaisten metsiköiden väheneminen hyppäyksenä III ja IV inventoinnin välissä on suurelta osalta johtunut siitä, että alueet metsittäneisiin kuusialikasvoksiin on kiinnitetty aikaisempaa suurempaa huomiota. Kahdessa viimeisimmässä inventoinnissa kuusi on luokitettu vallitsevaksi jaksoksi ja metsiköissä oleva koivu ylispuustoksi. Tästä syystä kuusivaltaisten taimisto- ja riukuvaiheen metsiköistä 58 % on sellaisia, joissa



Kuva 2. Metsien ikärakenne vuosina 1922 ja 1966 sekä vuoden 1922 tilanteeseen perustuva laskennallinen ikärakenne vuodelle 1966. Ikärakennetiedot ovat ilman Pohjanmaan laskenta-alueiden 13, 14 ja 15 arvioita.

Fig. 2. Age class distribution in 1922 and 1966 and calculated distribution for 1966 based on situation in 1922. Estimates of calculation units 13, 14 and 15 in Ostrobothnia are excluded.

pääosaksi ylispuina kasvavien lehtipuiden kuutiomäärä on 35 m^3 hehtaaria kohti (Taulukko 10 c).

Haapa- ja leppävaltaisten metsiköiden osuus on pienentynyt itsenäisyyden aikana selvästi, mikä kehitys on viime vuosina hidastunut. Näyttää ilmeiseltä, että huomattava osa maataloudesta vapautuvaa pinta-alaa metsittyy luontaisesti vähäarvoiseksi lehtipuu-, pääasiassa leppävaltaiseksi metsiköksi.

Metsien ikärakenteen kehittymistä kuvaavia tietoja on esitetty taulukoissa 34 ja 35 sekä kuvassa 2. Pääosa metsiköistä on koko itsenäisyyden ajan kuulunut ikäluokkiin 21—80. Taimistojen määrä on ollut aivan viime aikoja lukuun ottamatta suhteellisen vähäinen ja pienimmillään se oli 1950-luvun alussa. Taimistojen vähäisestä määrästä huolimatta metsät eivät ole vanhentuneet niin kuin metsiköiden laskennallinen siirtyminen ikäluokasta toiseen olisi edellyttänyt. Kuvassa 2 on esitetty vuodelle 1966 arvioitu ikärakenne ja laskennallinen ikärakenne, jolloin jälkimmäinen on laskettu vuoden 1922 arviosta olettamalla, että metsiköt siirtyvät ikäluokasta toiseen kalenterivuosien mukaisesti. Laskennallisen ikärakenteen pinta-alalla punnittu keski-ikä on 24 vuotta suurempi kuin inventoinnin tulosten mukainen keski-ikä vuonna 1966.

Syynä tähän metsien nuorentumiseen ilman, että osa pinta-alaa olisi käynyt nuorimmissa ikäluokissa, on ollut alikasvosten muuttuminen vallitsevaksi jaksoksi ylispuuston tultua poistetuksi hakkuissa (vert. N y y s s ö-

n e n 1962). Näin voimakas tällä tavalla tapahtunut nuorentuminen on ollut mahdollista ennen muuta luontaisesti tapahtuneen puulajikehityksen vuoksi. Koko kuluvan vuosisadan alkupuoliskon ajan on kuusi tunkeutunut alikasvoksena kaski- ja kuloalueille syntyneisiin lehtipuumetsikköihin ja männikköihin sekä noussut vähitellen vallitsevaksi jaksoksi. Tätä luontaista kehitystä ovat jouduttaneet harsinnan luonteiset hakkuut, joissa on poistettu koivua ja mäntyä. On myös todennäköistä, että eri-ikäisenä syntyneissä männiköissä ja koivikoissakin suurimpien ja vanhimpien puiden poiminta on nuorentanut metsiköitä. Olosuhteissa, jolloin pinotavaralla ei ollut säännöllistä kysyntää, jolloin sen kantohinta oli hyvin alhainen ja jolloin puulajisuhteiden luontainen kehittyminen lievensi harsinnan puustoa heikentävää vaikutusta, tällainen hakkuutapa, varsinkin jos metsiköiden keskikuutiota ei pienennetty liikaa, oli oikeata metsien käsittelyä. Yhteiskunta sai tarvitsemaansa puuta, metsänomistaja tuloja ja puuston kasvua pienentävää metsiköiden vanhenemista kyettiin tehokkaasti hidastamaan. Metsiköiden vanhenemisen hidastamisen merkityksestä saa käsityksen, kun todetaan, että jos vuoden 1966 puusto maan eteläpuoliskossa olisi kuutiomäärältään nykyisen suuruinen mutta keski-iältään 24 vuotta vanhempi, sen kasvuprosentti olisi noin 0.7 prosenttiyksikköä pienempi eli kuoreton kasvu noin 5 milj. m^3 nykyistä pienempi. — Edellä sanottu ei ole ristiriidassa sen aiempien tutkimusten tuloksiin perustuvan käsityksen kanssa, että harsinnat ovat suuresti heikentäneet metsän tilaa. Harsintojen haitallinen vaikutus on johtunut ensisijaisesti liian voimakkaasta puuston määrän pienentämisestä eikä hakkuutavasta sinänsä. Puuston ja puun kasvun pienenemistä on puolestaan viime aikoina aiheutettu liian voimakkailla alaharvennusten luontoisilla harvennuksilla, väljennyksillä ja ennen muuta suojuspuuhakkuilla, joita käsitellään tarkemmin edempänä.

Taulukossa 34 on esitetty puulajivaltaisuudeltaan erilaisissa metsiköissä nuorimpien ikäluokkien osuuden kehittymistä kuvaavat tiedot. Viimeaikainen uusia taimistoja aikaansaava metsien käsittely on lisännyt ennen muuta männiköitä ja myös kuusikoita. Lehtipuuvaltaisten taimistojen väheneminen on pysyvää. Tältä osalta metsien käsittely on ollut puulajisuhteiden luontaista kehittymistä myötäilevä. Myös voidaan todeta, että uudistaminen ja ennen muuta viljely on kohdistunut metsiköiden perustamiseen keskimääräistä huonommille kasvupaikoille. Niinpä viljelyllä perustetuista metsiköistä (755 000 ha) on mäntyvaltaisia 76 % ja kuusivaltaisia 24 % sekä lehtipuuvaltaisia vain 0.07 %. Uudistamisessa on vältetty parhaiden kasvupaikkojen vajaatuottoisia metsiköitä ja siten hidastettu nopeimmin puuntuotantoa suurentavaa perusparannustoimintaa. Syinä tähän on ilmeisestikin ollut tuoreiden kankaiden uudistamisvaikeuksien välttäminen mutta myös tuoreiden kankaiden vajaatuottoisten metsiköiden lehtipuun alhainen kantohinta ja metsänparannusvarojen ohjaaminen muihin hitaammin vaikutta-

viin kohteisiin. Viimeksi mainittu paradoksaaliselta tuntuva syy johtuu siitä, että yhteiskunnan varoja ei ole haluttu antaa yksityismetsien sellaisiin kohteisiin, joista koituisi selvää hyötyä metsien nykyisille omistajille ja omistajat puolestaan eivät ole tunteneet riittävää mielenkiintoa suorittaa perusparannuksia omilla varoillaan.

Taulukossa 35 on esitetty vuosina 1922 ja 1966 maan eteläpuoliskon metsiköiden luokat syntymävuoden perusteella. Koska osa puista on kasvanut jonkin aikaa pienikokoisena alikasvoksena, niin todellinen puiden syntymäaika on osittain ollut vielä kauempana menneisyydessä kuin taulukon luvuista ilmenee. Joka tapauksessa itsenäisyyden ajan alussa olleista metsiköistä yli neljännes oli syntynyt 1800-luvun alkupuoliskolla ja nykyisistä metsiköistä noin puolet on syntynyt 1800-luvulla. Itsenäisyyden aikana on perustettu noin kolmannes nykyisistä metsiköistä. Kaskiviljelyn jälkeiseen puulajisuhteiden luontaiseen muuttumiseen ja sitä vahvistaneeseen harsinnan luontoiseen puun korjuuseen liittyvä metsän uudistaminen oli vielä 1920- ja 1930-luvulla niin voimakasta, että vasta 1960-luvun lopulla on päästy yhtä voimakkaaseen uusien metsiköiden syntymiseen.

1800-luvun loppupuoliskolla syntyneiden metsiköiden suuri määrä viittaa siihen, että metsien käyttö on ollut ennen maatalouden voimaperäistymistä ja teollistumisen alkua erittäin voimakasta ja uusille taimistoille tilaa antavaa ja että teollistuvan yhteiskunnan puun käyttö pääsee vasta 1970-luvulla yhtä voimakkaaseen metsän käyttöön ja uusien taimistojen perustamiseen. Itsenäisyyden ajan metsistä on yli kolmeneljäsosaa syntynyt 1800-luvun loppupuoliskolla. Mikäli metsä- ja puutalouden kehittyminen jatkuu tällä hetkellä todennäköiseltä näyttävällä tavalla, on vuoden 2000 metsistä perustettu noin kolmeneljäsosaa vuoden 1950 jälkeen. Seuraavan vuosisadan yhteiskunta saa perintönä samanlaisen puun kasvun aallon kuin itsenäisyyden ajan yhteiskunnalla on tähän asti ollut käytettävissään. Tämä aalto on kuitenkin edeltäjäänsä selvästi havupuuvaltaisempi.

Ylispuustoa esiintyi v. 1952 4.6 %:lla ja v. 1966 8.1 %:lla metsämaan pinta-alasta. Vastaavat alikasvoksen osuusprosentit olivat 3.0 ja 3.6. Vaikka ylispuuston ja alikasvoksen erottamisperusteet eivät ole olleet III ja V inventoinnissa täsmälleen samat, sillä ennen muuta nuoren kuusikon päällä olevia koivuja on jälkimmäisessä inventoinnissa luokitettu enemmän ylispuustoksi, niin siemen- ja suojuspuustojen kautta tapahtuvassa uudistumisessa ei todennäköisesti ole tapahtunut ainakaan vähenemistä.

Metsiköiden jakaantumista kehitysluokkiin on selvitetty IV ja V inventoinneissa. Samakäsitteisiä luokkia koskevat tulokset on esitetty taulukossa 36. Nykyisin yleisimmin käytetyt kehitysluokat eivät ilmeisestikään olleet vakiintuneet vielä IV inventoinnin aikana, joten tuloksia vertailtaessa on mahdollista tehdä vain joitain yleisiä päätelmiä. Niinpä uudistamista osoittavan pinta-alan suureneminen 1960-luvun alkupuoliskolla on ollut sel-

vää joskin siihen on voinut vaikuttaa se, että kuusialikasvokset on V inventoinnissa luokitettu aikaisempaa johdonmukaisemmin vallitsevaksi puujaksoksi. Puustoisten vajaatuottoisten metsiköiden arvion suureneminen taas johtunee siitä, että V inventoinnissa luokitettiin vain rauduskoivuvaltaiset lehtipuumetsiköt kehittämiskelpoisiksi, mikäli ne olivat tiheytensä ja laatunsa puolesta riittävän hyviä.

Puuston kuutiomäärän arvioiden ja puulajien osuuksien kehittyminen on esitetty taulukossa 37. Ottamalla huomioon pinta-alan muutokset ja satunnaisvirheen mahdollisuus voidaan todeta, että puuston kuutiomäärässä tapahtui 1940-luvulla sota-aikana pienentyneiden hakkuiden vuoksi kuutiomäärän suurenemista ja 1950-luvun alusta lähtien kuutiomäärä on säilynyt kutakuinkin ennallaan. Tätä on pidettävä merkittävänä metsätalouden edistämistoiminnan, metsänhoidon ja perusparannustoiminnan saavutuksena, sillä puun käyttö on ollut erittäin suurta ja viimeistä inventointia edeltäneiden 15 vuoden aikana poistuma on ollut 4.5 % vuodessa maan eteläpuoliskon kuutiomäärästä. Tämä merkitsee sitä, että pystypuuston suuruinen kuutiomäärä hakataan kerran 22 vuodessa. Vertauksen vuoksi todettakoon, että Suomen ilmasto-oloja vastaavilla alueilla muissa maissa vuotuinen poistuma on kestävän metsätalouden olosuhteissa 2.5—3.5 % puuston kuutiomäärästä.

Puulajien osuudet ovat kehittyneet samalla tavalla kuin aikaisemmin puulajivaltaisuuden kuvauksen yhteydessä (s. 17) todettiin. Kuitenkin kuutiomäärän osuuksien muutokset ovat paljon hitaampia kuin puulajivaltaisuuteen perustuvat pinta-alamuutokset kuusen ja varsinkin lehtipuiden osalla, jotka säilyttävät asemaansa metsässä sekapuuna. Lähitulevaisuudessa on ilmeisestikin odotettavissa lehtipuun kuutiomäärän tähänastista nopeampaa pienenemistä, sillä lehtipuuvaltaisia metsiköitä uudistuu vähän ja koivun suureneva poistuma ylittää sen kasvun erittäin selvästi (lähemmin s. 37). Kuusen lisääntyminen jatkunee lähitulevaisuudessa, vaikka toisaalta on odotettavissa, että kuusen kysyntä teollisuuden raakapuuna tulee suurenemaan ja että tämä kysyntä on kuusikoiden vanhenemisen vuoksi tyydytettävissä. Mäntyä suosiva uudistaminen ja nykyisten laajojen männyn taimistojen suureneva kasvu tulevaisuudessa korvannee korjuussa tapahtuvan hakkuukypsien männiköiden vähenemisen. Kuusesta on tullut kuutiomääräosuudella mitattuna pääpuulaji.

Kuoren osuus koko puuston kuutiomäärästä on noin 16 %. Puulajeittaisten kuutiomäärien laskelmissa, joissa tarvitaan kuorettomia kuutiomääriä (esim. K u u s e l a ja E r v a s t i 1969), on männyllä käytetty kuoriprosenttina 16.0, kuusella 15.5 ja lehtipuulla 16.5.

Puuston kuutiomäärän jakaantuminen läpimittaluokittain eri inventointien tuloksissa on esitetty taulukossa 38 ja vähintään 20 cm rinnankorkeusläpimitaltaan olevien sahatukkikelpoisten runkojen lukumäärän kehittymi-

nen taulukossa 39. Tuloksissa kiintyy erityinen huomio siihen, että vaikka metsien ikärakenteen kehittyminen olisi edellyttänyt jo 1920- ja 1930-luvulla järeän puuston suhteellisen osuuden lisääntymistä, niin tämä kehitys alkoi selvänä vasta 1950-luvulla eli silloin, kun pinotavara sai suurta ja säännöllistä kysyntää ja harvennushakkuut tulivat taloudellisesti mielekkäiksi. Kehitykseen on myös metsänhoidon edistymisellä ollut oma vaikutuksensa. Toisaalta metsänhoidon edistyminen ei ole aiheuttanut suhteellisesti samaa järeyden lisääntymistä lehtipuustossa, vaikka puuston vanhenemisen vuoksi sen järeyden lisääntymisen olisi pitänyt olla vielä selvempää kuin havupuustossa. Syynä lehtipuuston järeyden suhteellisen hitaaseen suurenemiseen on ollut lehtipuutukkien ja -pinotavaran hintojen suuri ero, jonka vuoksi tulojen saamiseksi lehtipuustoa on vielä 1950- ja 1960-luvuillakin ollut pakko käsitellä harsinnanluontoisilla hakkuilla samalla tavalla kuin havupuustoa aikaisemmin. Sanottu riippuvuussuhde osoittaa, että jos hakkuita ohjaava metsänhoidon periaate on ristiriidassa puutavaralajien hintasuhteiden kanssa, sitä ei voida eikä olisi syytä yrittääkään toteuttaa käytännössä.

Mäntypuuston järeytyminen jatkunee vielä jonkin aikaa kunnes nykyisistä taimistoista varttuvien nuorten metsiköiden osuus yhdessä vanhojen metsiköiden hakkaamisen kanssa alkaa suurentaa alle 20 cm rinnankorkeudelta olevien puiden osuutta. Kuusella järeän puuston suhteellisen osuuden suureneminen jatkuu todennäköisesti kauemman aikaa kuin männyllä ennenkuin se saavuttaa suurimman arvonsa. Vaikka vanerikoivujen hakkuu onkin erittäin voimakasta, niin koivikoiden ikärakenteen kehittyminen ja pinotavarakoivun hakkuiden voimakas lisääntyminen saattavat lähitulevaisuudessa suurentaa järeän koivun suhteellista osuutta nopeasti pienenevässä lehtipuiden kuutiomäärässä.

Tukkirunkojen lukumäärän arviot (Taulukko 39) osoittavat samoja kehityspiirteitä kuin edellä on kuvattu. Erityisesti on syytä kiinnittää huomiota kuusitukkipuiden määrän suureen kasvuun. Lehtipuutukkirunkojen lukumäärä näyttää saavuttaneen suurimman määränsä 1950-luvulla.

Mikäli maan eteläpuoliskossa puuston kuutiomäärä ei suurten hakkuiden vuoksi ala pienetä, voidaan taimistojen hoidolla ja kasvatushakkuilla ilmeisestikin vielä jonkin aikaa suurentaa järeän puuston osuutta ja määrää. Jos taas suureneva puun kysyntä johtaa kasvua selvästi suurempiin hakkuisiin, niin ne kohdistuvat kasvatettavien metsiköiden harvuuden vuoksi vanhimpia metsiköitä uudistaviksi, joka voi johtaa järeän puuston osuuden pienenemiseen siihen asti, kunnes viime aikoina ja lähitulevaisuudessa perustettavien uusien metsiköiden aalto ehtii varttua tukkipuita tuottavaan ikään.

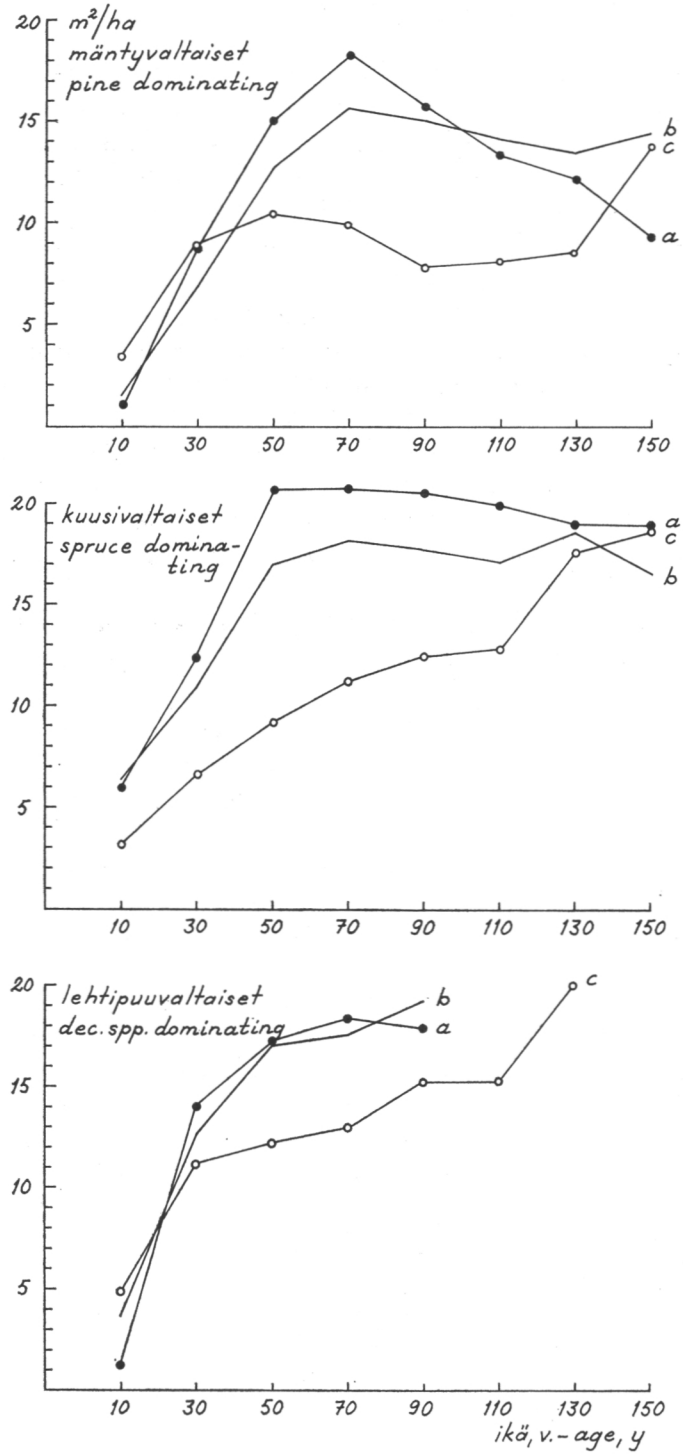
Metsiköiden laatu ja tiheys

Metsiköiden laatua osoittavien luokitusten tulokset on esitetty taulukossa 40. Koska laadun tai metsänhoidollisen tilan luokitus perustuu käsityksille oikeasta metsänhoidosta ja arvostelun perusteet vaihtelevat ja ovat enemmän tai vähemmän subjektiivisia, on perättäisten arviointien tuloksiin ja niiden perusteella mahdollisiin päätelmiin suhtauduttava suurella varovaisuudella. Kuitenkin on ilmeistä, että kasvatettavien metsiköiden laatu on parantunut ennen muuta harsinnan luonteisten hakkuiden nopean vähenemisen vuoksi. Harvennushakkuiden ja taimiston sekä riukuvaiheen metsiköiden hoidon yleistyminen on taas pienentänyt hoitoa vaille jääneiden luokkaa. Tältä osalta laadun luokituksen tulokset osoittavat samaa kuin aikaisemmin tarkastellut puuston mitatut tunnukset.

Vajaatuottoisten metsiköiden pinta-alan suureneminen viimeisimmän arvioinnin tuloksissa johtuu kaikkien lepiköiden ja hieskoivikoiden luokittamisesta vajaatuottoisiksi ja siitä, että viljelyä tarvitsevat päätehakkuualat, joita yleisesti seisotetaan 1—3 vuotta ennen metsitystä, kuuluvat myös tähän ryhmään.

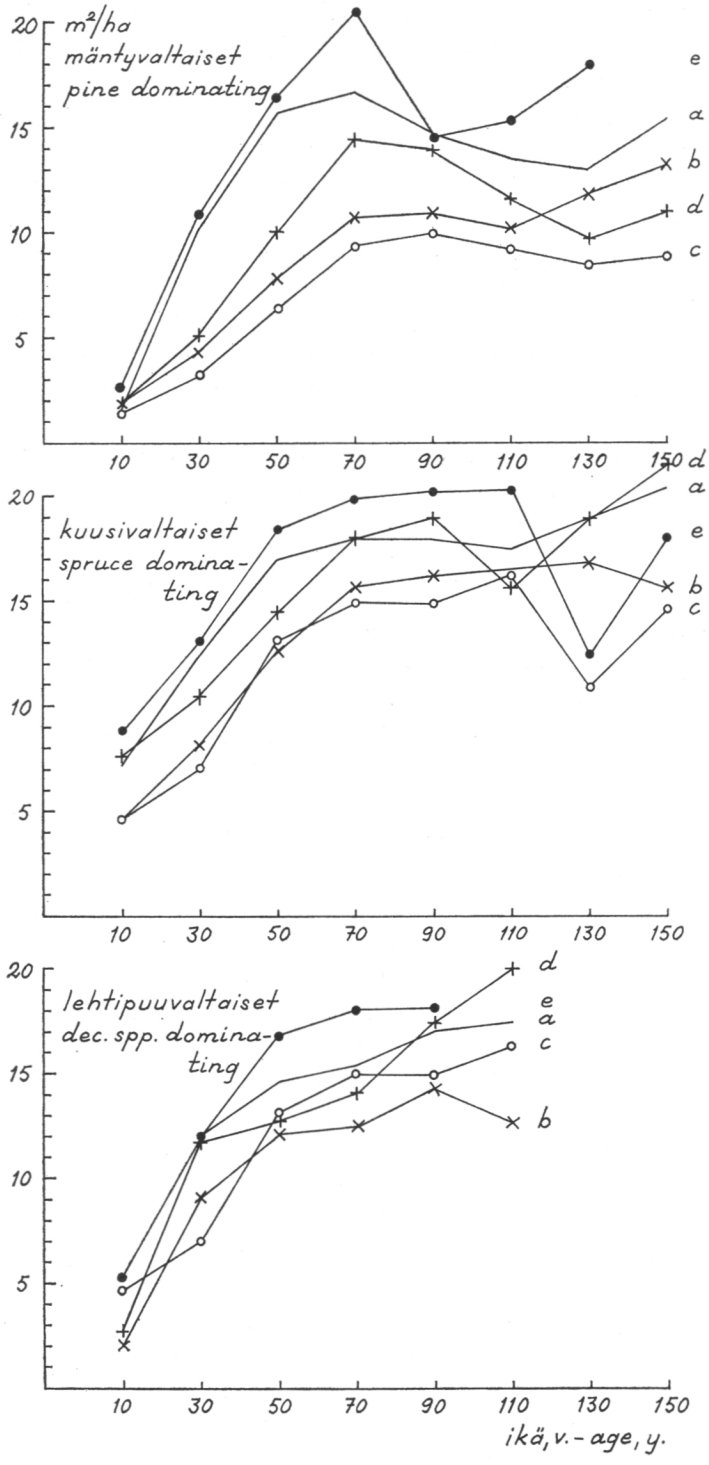
Aikaisempien inventointien tulosten käsittelyn yhteydessä on usein korostettu kasvatettavien metsiköiden harvuutta metsien heikkoutena. Koska aukean uudistusalan ja aivan nuorien taimistojen suuresta lisääntymisestä huolimatta puuston kuutiomäärä ei ole pienentynyt ja järeän puuston määrä on lisääntynyt, merkitsee tämä kasvatettavien metsiköiden tiheyden ja järeyden lisääntymistä sekä myös metsänhoidollisen tilan paranemista.

Metsänhoidolliselta tilaltaan hyvien, tyydyttävien ja vajaatuottoisten metsiköiden tiheys pohjapinta-alalla kuvattuna on esitetty kuvassa 3. Käyrien kulusta voidaan todeta ensinnäkin, että tähänastisessa metsien käsittelyssä pohjapinta-alan suureneminen pysähtyy männiköissä noin 70 vuoden ja kuusikoissa noin 50 vuoden iässä, jolloin alkavat voimakkaat väljennyksen luontoiset hakkuut. Pohjapinta-alan kehitys iän funktiona noudattaa yllättävän hyvin luontaiselle uudistamiselle perustuvan metsiköiden käsittelyn periaatteita (H e i k u r a i n e n, jne. 1960). Luontaista uudistumista tärkeämpänä tavoitteena metsänomistajilla lienee kuitenkin ollut puuston edustaman pääoman siirtäminen metsätalouden ulkopuolelle ja metsän suhteellisen rajakannattavuuden suurentaminen (vert. K u u s e l a 1968; K i l k k i 1968). Suurinta mahdollista hehtaaria kohti arvioitua puun tuotantoa silmällä pitäen tällainen metsien käsittely johtaa kasvun pienenemiseen. Kasvun menetys täysitiheään metsikköön verrattuna on merkittävän suuri metsänhoidolliselta laadultaan hyviksikin arvioiduissa metsiköissä, sillä pohjapinta-ala on 3—5 m^2 täysitiheän metsikön pohjapinta-alaa pienempi.



Kuva 3. Pohjapinta-ala ikäluokittain metsänhoidollisel-ta laadultaan hyvissä (a), tyydyttävissä (b) ja vajaatuottoisissa (c) metsiköissä.

Fig. 3. Basal area by age classes in stands where silvicultural quality is good (a), satisfactory (b) and low-yielding (c).



Kuva 4. Pohjapinta-ala ikäluokittain metsämaan kankailla (a), ojittamattomilla soilla (b), ojikoilla (c), muuttumilla (d) ja turvekankailla (e).
Fig. 4. Basal area by age classes on mineral soils (a), on swamps in natural state (b), on ditched swamps (c), on swamps in transforming stage (d), and on transformed peat sites of forest land (e).

Vajaatuottoisissa metsiköissä nuorinta ja vanhinta ikää lukuunottamatta puuston vähyys on selvä vajaatuottoisuuden syy. Toinen pääsyy on lehtipuun suhteellisesti suuri osuus.

V inventoinnissa metsänhoidolliselta laadultaan hyviksi luokitettujen metsiköiden tiheys on jonkin verran pienempi kuin III inventoinnissa hyviksi ja tyydyttäviksi luokitettujen metsiköiden tiheys (vert. Kasvu- ja tuottotaulukoita, 1959). Syynä tähän on todennäköisesti se, että lievästi harvennettuja metsiköitä oli III inventoinnin aikana enemmän kuin V inventoinnin aikana.

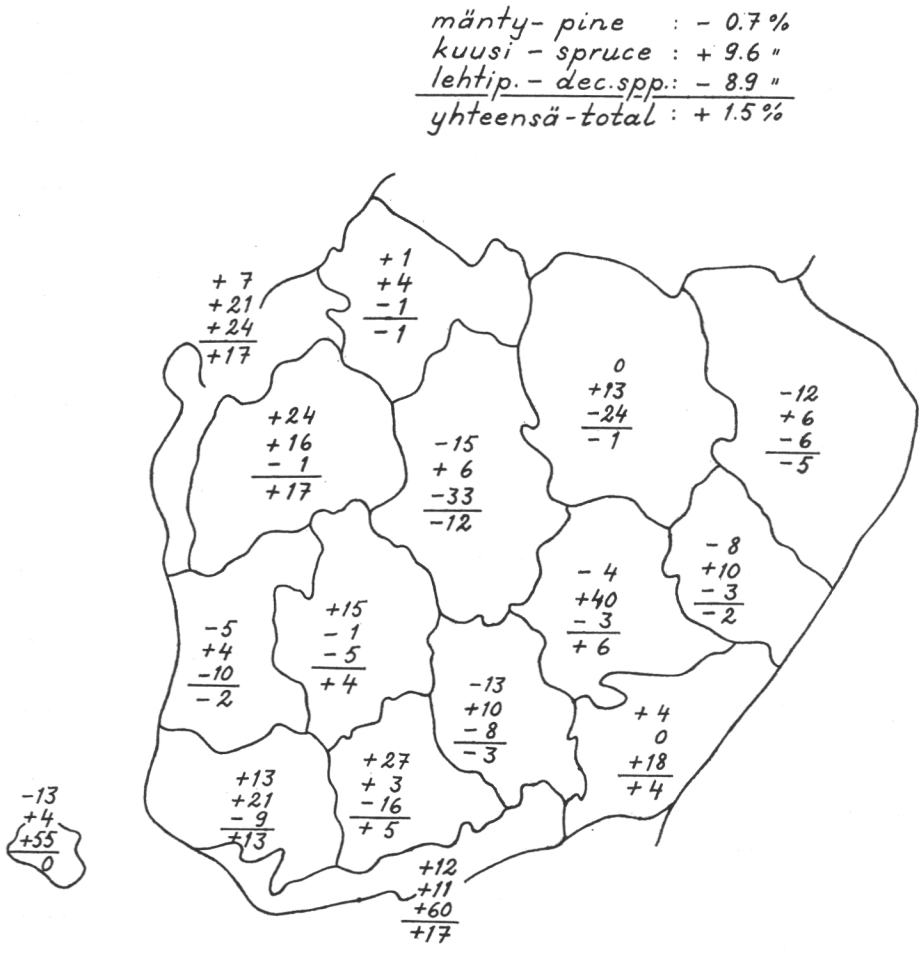
Lehtipuu- so. koivuvaltaisten metsiköiden osalta voidaan todeta, että niistä hyvien ja tyydyttävien tiheys on suhteellisesti lähempänä kasvu- ja tuotostaulukoiden täysitiheitä koivikoita kuin mitä tiheyden suhteet ovat havupuumetsiköissä.

Kuvassa 4 on esitetty metsiköiden tiheys kankailla ja turvemailla. Yleinen piirre havupuuvaltaisissa metsiköissä on, että ojikoilla on suhteellisesti pienin tiheys, todennäköisesti seurauksena ojitukseen liittyvistä hakkuista, ja että turvekankailla ja osittain muuttumillakin puuston pohjapinta-ala on suurempi kuin keskimäärin kankailla. Vastaavasti turvekankailla myös puun tuotanto on suurempaa kuin kankailla. Tällä hetkellä on ennenaikaista yrittää päätellä, johtuuko tämä turvekankaiden paremmasta boniteetista vai paremmasta puustosta kankaisiin verrattuna.

Vaikka viljelyllä perustettujen metsiköiden nuoren iän vuoksi on epävarmaa arvostella niiden tiheyttä (vert. s. 57), niin näyttää todennäköiseltä, että ne ovat alkuvaiheessaan harvempia kuin kasvututkimusten koealametsiköt. Viljelylläkään perustetuille metsiköille ei ole ehkä suurilla pinta-aloilla realistista asettaa tavoitteeksi kasvu- ja tuotostutkimusten täysitiheiden metsiköiden tiheyttä eikä myöskään kasvua, vaan jälkimmäisiä tulisi alentaa noin 15 % (vert. Eriksson 1967). Yleensäkin voidaan todeta, että suurten pinta-alojen keskiarvoina on hyvin vaikeata ellei mahdotonta saavuttaa täysitiheiden koealametsiköiden puuston määrää ja että koealametsiköiden tulosten asettaminen vähentämättömänä suurten alueiden tavoitteeksi on epärealistista ja yliarvioi metsän tuotannollisia mahdollisuuksia.

Puuston alueellinen vaihtelu

Vaikka puuston kokonaismäärän arvio onkin maan eteläpuoliskossa säilynyt muuttumattomana, osa-alueilla kehitys on ollut niin erilaista, että ellei hakkuutoiminta yhdenmukaistu lähitulevaisuudessa, seuraukset ovat väistämättömästi puun tarjonnan kokonaismäärää pienentäviä. Tämän vuoksi on ennen hakkuumahdollisuuksien ja metsätaseen tarkastelua syytä kosketella puuston määrän ja rakenteen alueellisia eroja.



Kuva 5. Kuutiomäärän muutosprosentti vuosien 1952 ja 1966 arvioiden perusteella.
Fig. 5. Percentage of change in growing stock volume according to the estimates in 1952 and 1966.

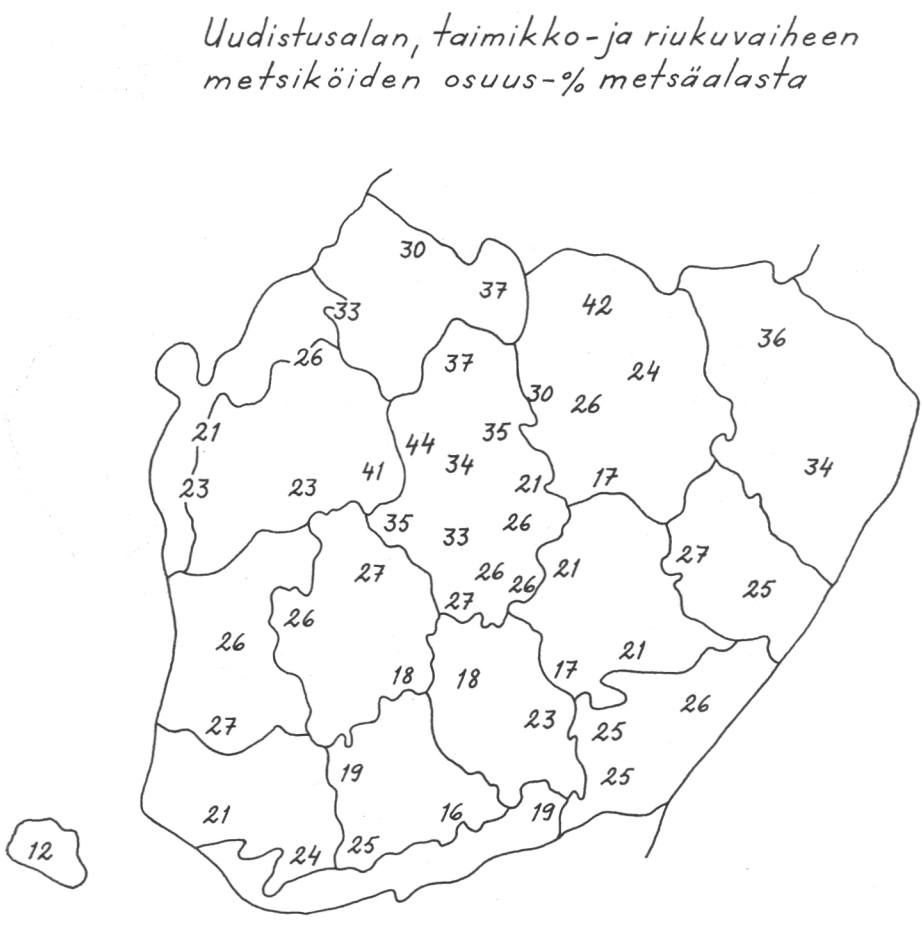
Piirimetsälautakuntien alueet ovat niin suuria, että niiden puitteissa suoritettu vertailu ei anna riittävän täsmällistä kuvaa tilanteesta. Kuten kuvasta 5 voidaan todeta, nämäkin tiedot osoittavat, että eteläpuoliskon pohjoisosassa puuston määrä on pienentynyt suhteellisesti enemmän kuin rannikkomaakunnissa. Etelä-Pohjanmaalla on tähänastinen vajaapuustoisuus korjautunut selvästi. Alueilla, joissa on kaskikauden jäljiltä eniten lehtipuuvaltaisia metsiköitä, kuusen kuutiomäärän suureneminen on ollut selvintä. Toisaalta osittain näillä samoilla alueilla lehtipuuston kuutiomäärä on vastaavasti pienentynyt. Suhteellisesti suurin lehtipuun määrän pienene-

minen on ollut alueilla, joissa lehtipuupinotavaran teollinen käyttö laajassa mitassa alkoi ensimmäisenä.

Kuvassa 5 herättää erityistä huomiota Suomenlahden rannikkoon liittyvillä alueilla tapahtunut lehtipuuston kuutiomäärän arvioiden suureneminen. Osittain se voi johtua kokonaispuuston pienen osan arvioiden tilastollisesta virheestä. Toisaalta on ilmeistä, että näillä alueilla on suoritettu lehtipuustoa vähentäviä kasvatushakkuita vähemmän ja että lehtipuustoa on uudistunut maatalouden piiristä vapautuvalle pinta-alalle enemmän kuin sisämaassa. Lehtipuiden säilyttäminen metsässä lisääntyvän lahovikaisuuden vaarasta huolimatta on merkki metsätalouden yleisestä passiivisuudesta, joka näkyy myös uudistamistoiminnassa.

Kuten edellä jo todettiin, pienalueiden arviot antavat hakkuutoiminnan alueellisesta painottumisesta paremman kuvan kuin piirimetsälautakuntien alueille lasketut arviot. Koska V inventointia aikaisempien inventointien tuloksia ei ole laskettu piirimetsälautakuntien alueita pienemmille alueille, voidaan vertailuja tehdä vain nykytilanteessa todettavien erojen perusteella. Ennen kuutiomäärien tarkastelua on syytä kiinnittää huomiota aukean uudistusalan, taimisto- ja riukuvaiheen metsiköiden osuuteen metsäalasta (Kuva 6). Jos oletetaan kasvatettavien metsiköiden vähimmäistiheyden olevan kaikilla alueilla suurin piirtein sama, niin edellä mainittujen kehitysluokkien pinta-alaosuus osoittaa hakkuutoiminnan suhteellista voimakkuutta. Vertailussa on syytä ottaa huomioon, että lounaisimman osan inventointitiedot kuvaavat tilannetta v. 1964 ja Pohjanmaan tiedot tilannetta v. 1968. Koska uudistamistoiminta on lisääntynyt suhteellisesti voimakkaimmin viimeisina vuosina, ovat sen seurauksia kuvaavat tiedot lounaisosassa ja etelärannikolla jonkin verran vanhentuneita.

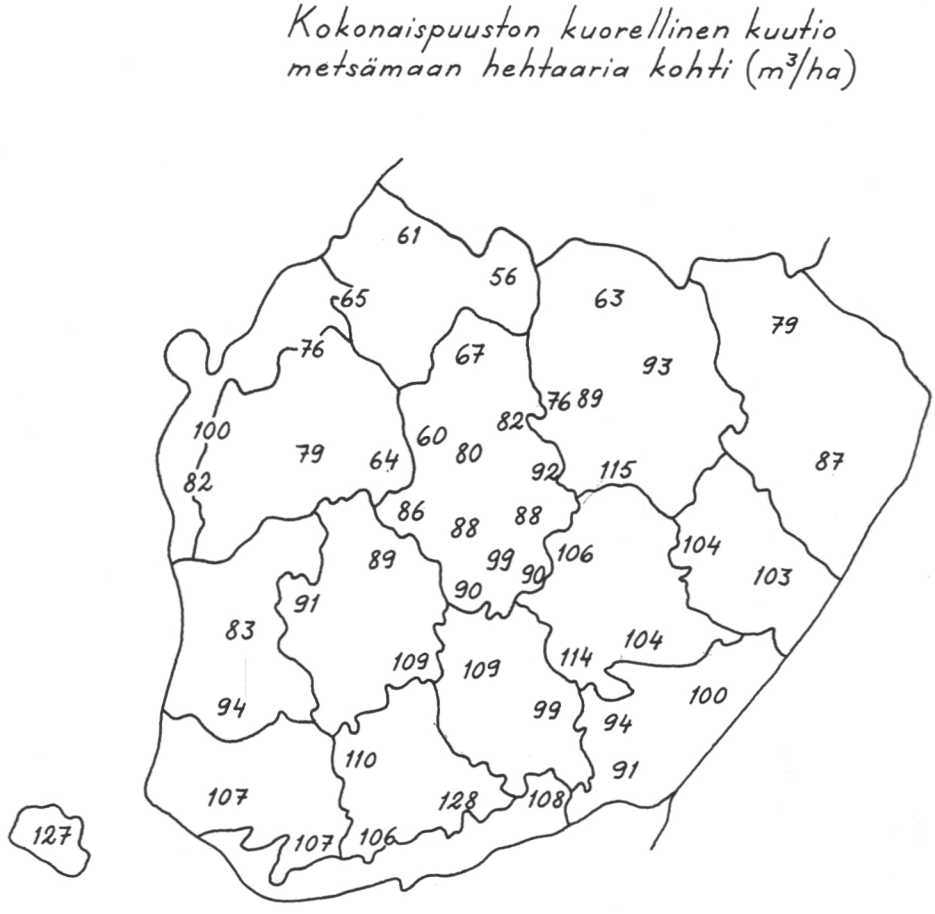
Hakkuulaskelmien ja inventoinnin tulosten perusteella on pääteltävissä, että jos kestävät hakkuumahdollisuudet on käytetty täysin hyväksi eikä niitä ole ylitetty, niin uudistusalan, taimiston ja riukuvaiheen osuus metsäalasta on noin 27 %. Alueilla, joilla ojitustoiminnalla aikaansaadaan suuressa määrässä uusia taimistoja, osuus on noin 30 %. Jos ko. kehitysluokkien osuus on mainittuja suhdelukuja pienempi, hakkuumahdollisuuksia ei ole käytetty täysin hyväksi, ts. on muodostunut hakkuusäästöjä. Jos taas suhdeluku on suurempi, on alueella ollut ylihakkuuta, josta seurauksena hakkuita on ennemmin tai myöhemmin pienennettävä tulevaisuudessa. Keski-Suomen, Pohjois-Savon ja Pohjois-Karjalan pohjoisosassa on selvä ylihakkuualue, jossa paikoitellen uudistusalan, taimisto- ja riukuvaiheen metsiköiden osuus on noin puolet metsäalasta. Vastaavasti lounaisosassa maata, eteläisellä rannikolla ja osittain myös sisämaassa on alueita, joissa ko. kehitysluokkien osuus on 25 % tai vähemmän. Varsinkin Ahvenanmaalla mutta myös Helsingin ja Vaasan piirimetsälautakunnan alueella ikärakenteessa on jo kasvua pienentävää ja puiden vikaisuutta aiheuttavaa yli-ikäistymistä.



Kuva 6. Uudistusalan, taimikko- ja riukuvaiheen metsiköiden osuusprosentti metsäalasta.
Fig. 6. Percentage of regeneration areas, seedling and sapling stands on forest land.

Kuvassa 7 on esitetty vastaavien pienalueiden kokonaiskuutio metsämaan hehtaaria kohti. Ottamalla huomioon maiden keskimääräisen viljavuuden vaikutus keskikuutioon voidaan todeta, että keskikuution ja uudistus- sekä taimistoalojen pinta-alan kesken on selvä riippuvuussuhde, keskikuutio on sitä pienempi mitä enemmän metsiä on uudistettu.

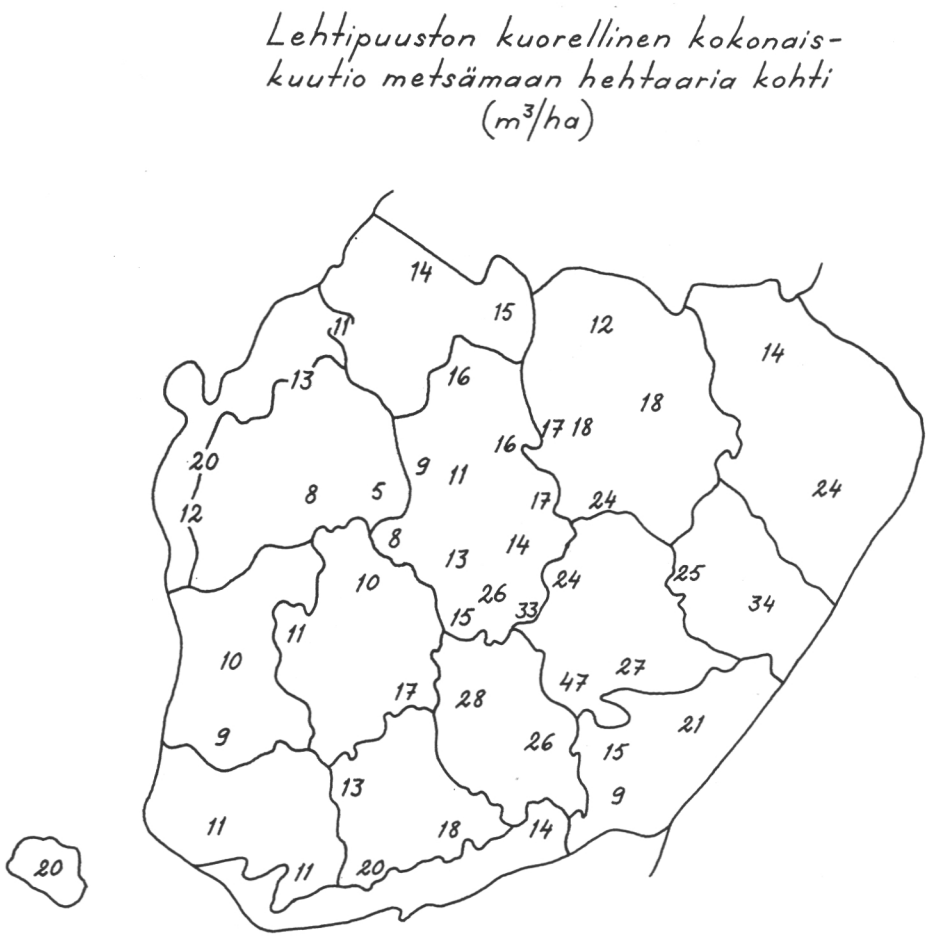
Kuvassa 8 on esitetty lehtipuuston keskikuutio metsämaan hehtaaria kohti. Runsaimmat vielä jäljellä olevat lehtipuuvarat ovat Etelä-Savossa, Keski-Suomen kaakkoiskulmassa, Pohjois-Savon ja Pohjois-Karjalan eteläosassa, Etelä-Karjalan pohjoisosassa ja Itä-Hämeessä. Myös Helsingin, Vaasan ja Ahvenanmaan alueilla on niiden sijainti viimeisiin kaskitalous-



Kuva 7. Kokonaispuuston kuorellinen kuutiomäärä metsämaan hehtaaria kohti (m³/ha).
Fig. 7. Total growing stock volume, incl. bark, per forest land hectare (m³/ha).

alueisiin huomioon otettuna runsaasti lehtipuuta. Keski-Suomessa lehtipuuston väheneminen III inventoinnin aikaiseen tilaan verrattuna keskittyy lehtipuuta pisimmän ajan käyttäneiden selluloosatehtaiden ympäristöön.

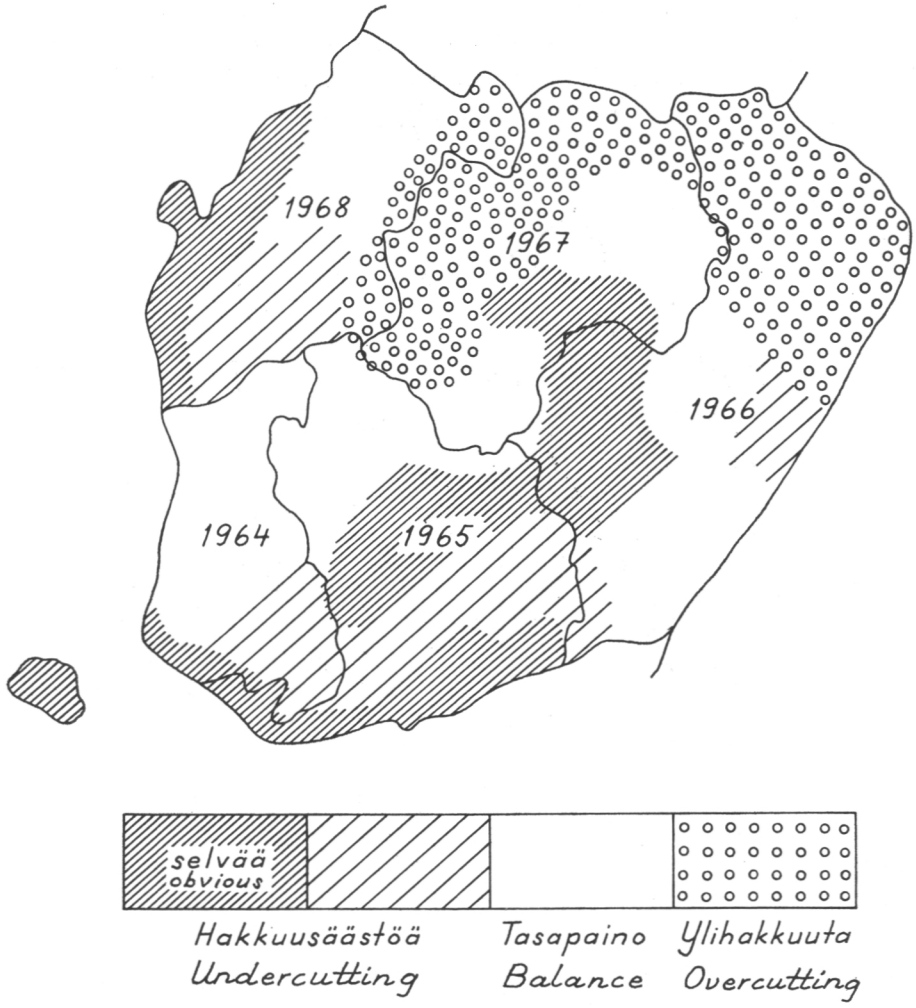
Kuvassa 9 on käytettävissä olevien tietojen perusteella hahmotettu likimäärin V inventoinnin ajankohdan ylihakkuu- ja hakkuusäästöalueet. Ne eivät ole rajoiltaan täsmällisiä ja osittain ne saattavat perustua vanhentuneisiin tietoihin. Hakkuumahdollisuus- ja poistumatietoja vertailemalla voi päätellä, että hakkuutoiminnan tähänastinen tasapainottomuus merkitsee noin 3 milj. m³ vajausta puun tarjonnassa verrattuna siihen vaihtoehtoon, jossa nykysuunnitetta vastaava metsien käsittely toteutettaisiin yhtäläi-



Kuva 8. Lehtipuuston kuorellinen kokonaiskuutio metsämaan hehtaaria kohti (m³/ha).
Fig. 8. Total volume of the deciduous species, incl. bark, per forest land hectare (m³/ha).

sesti kaikissa metsissä. Mikäli täysimääräinen puun käyttö ei yleisty tähänastisille hakkuusäästöalueille, kasvaa tarjonnan vajausta suurentava paine sitä mukaa kuin puuston määrä ylihakkuualueilla pienenee.

Metsävarojen kehittymisessä todettavien alueellisten erojen yhteydessä on syytä korostaa sitä ilmeistä riippuvuutta, joka vallitsee metsien käsittelyn ja metsän omistajan ominaisuuksien välillä. Suuri puun tai metsätulojen tarve suurentaa hakkuita, kun taas metsätulojen pieni osuus omistajan kokonaistuloissa ja omistajan varallisuus johtaa tuotannon kannalta tarpeettomankin puupääoman metsään säästämiseen. Maan eteläpuoliskossa tilanne on jo kehittynyt sellaiseksi, että laskennallinen suurin kestävä suun-



Kuva 9. Hakkuusäästö- ja ylihakkuualueet V inventoinnin ajankohtana.
Fig. 9. Under- and overcut areas at the time of 5th inventory.

nite ei ole hakattavissa ellei metsäpoliittisilla toimenpiteillä varmisteta kaikkien omistajien yhdenmukaista käyttäytymistä.

Kasvu- ja hakkuumahdollisuudet

Inventointien tuloksissa esitetyt kasvun arviot ovat taulukossa 41. Kasvun kokonaismäärän vertailu antaa vain summittaisen kuvan kehityksestä, sillä kasvun arviointimenetelmässä on tapahtunut muutoksia ja ilmaston vaihtelun vaikutusta kasvun arvion suuruuteen on hyvin vaikea ellei mah-

doton esittää numerollisesti. Menetelmien muutokset ovat vaikuttaneet siten, että III inventoinnin menetelmää käytettäessä II ja I inventoinnin arvio olisi tullut suuremmaksi ja V inventoinnin menetelmää käytettäessä IV ja III inventoinnin arvio olisi tullut noin 4 % suuremmaksi. Menetelmien muutokset ja puuston vanheneminen huomioon ottaen voidaan päätellä, että III inventoinnin yhteydessä todellinen kasvu suureni puuston kuutiomäärän suurenemisen vuoksi ja että V inventoinnin tuloksissa näkyvään suurenemiseen on todennäköisesti vaikuttanut ojitustoiminnan aiheuttama kasvupaikkojen paraneminen. Kuusen kuutiomääräosuuden suureneminen (Taulukko 37) on myös suurentanut kasvua, sillä kuusen kasvuprosentti on suurempi kuin männyn:

V inventoinnin tulosten mukainen kasvuprosentti

	mänty	kuusi	lehtip.	yht.
kuorelliset kuutiomäärät ...	3.6	4.9	4.9	4.4
kuorettomat » ...	3.7	5.0	5.0	4.5

Elleivät puulajisuhteet olisi muuttuneet ja ellei metsäojitusta olisi suoritettu, olisi metsien kasvu tällä hetkellä pienenevä puuston vanhenemisen vuoksi. Nykyiset taimistot ovat vasta noin 20 vuoden kuluttua kasvua merkittävästi suurentava tekijä.

Kasvun suhteellinen jakaantuminen puulajien osalle ja vastaava kuutiomäärän jakaantuminen osoittavat puulajisuhteiden luontaisen kehittymisen suunnan: Kuusi lisää osuuttaan ja lehtipuut säilyttävät mäntyä paremmin asemansa. Puuston uudistuminen ja hakkuutoiminta ovat tämän lisäksi vaikuttaneet kuusta lisäävästi. Koivun suurenevat hakkuut johtanevat paraikaa ja lähitulevaisuudessa lehtipuun pienenemisen nopeutumiseen.

Kasvun kehittyminen lähitulevaisuudessa on riippuvainen hakkuiden voimakkuudesta ja perusparannustoiminnan laajuudesta. Ojitus ja perustetut taimistot suurentavat vuosi vuodelta yhä enemmän kasvua. Mikäli runsaspuustoisten metsiköiden lannoitus yleistyy MERA III ohjelman mukaisesti, merkitsee se tuntuvaa kasvun suurenemista. Toisaalta ikärakenteen ja koneellistuvan korjuun vuoksi yleistyvät uudistushakkuut vaikuttavat kasvua pienentävästi sinä aikana, jolloin perustettujen taimistojen kuutiomäärä on pieni. Jo olemassa olevien taimistojen suuri määrä ja uudistushakkuiden laajuus vaikuttanevat siten, että ellei puustoisten metsiköiden lannoittaminen yleisty, kasvu voi pienetä lähimmän 20 vuoden aikana suuretakseen voimakkaasti sen jälkeen, kun uusien metsiköiden aalto alkaa lähestyä metsikön suurimman kasvun kehitysvaihetta.

Mikäli puun käyttö ei ylitä suurinta kestävää poistumaa, niin maan eteläpuoliskon metsien kasvu kuluvan vuosisadan lopussa on nykykasvua suurempi. Tiedot uusien metsiköiden tiheydestä viittaavat siihen, että suurilla alueilla metsiköiden tiheys ja kasvu jäävät kasvututkimusten koeala-

metsiköiden vastaavia tunnuksia pienemmiksi. Realistisin ennuste saavutettavissa olevasta kasvun tasosta näyttäisi olevan metsätalouden suunnittelukomitealle tehty HKLN-ohjelma, jonka kasvun tasoa voitaneen kohottaa vain sillä määrällä, mikä on saatavissa lannoituksella, vapautuvan maatalousmaan metsityksellä ja ojitettavan pinta-alan suurenemisella (H e i k u r a i n e n, jne. 1960; vert. myös E r i k s s o n 1968).

Hakkuumahdollisuuksien kehittymistä kuvaa parhaiten HKLN-ohjelman suunnitteen ja nykysuunnitteen vertailu taulukossa 42. Koska nykysuunnitteen kestävyyden perustana on saavutettu metsänhoidon ja metsänparannustoiminnan voimaperäisyys ja laajuus sekä kehityksen todennäköiseltä näyttävä jatkuminen, on kokonaissuunnite voitu arvioida 13 % suuremmaksi 1960-luvun alun suunnitetta. MERA III ohjelman täysimääräinen toteuttaminen suurentaisi kestävää suunnitetta noin 2 milj. m^3 eli HKLN-suunnitteeseen verrattuna suurentumisen mahdollisuus olisi kaiken kaikkiaan noin 18 %.

Nykysuunnitteen suureneminen HKLN-suunnitteeseen verrattuna johtuu miltei kokonaan kuusen hakkuumahdollisuusarvion suurenemisesta. Osittain tämä perustuu kuusipuuston vanhenemiseen ja suurenemiseen mutta osittain syynä on se, että koska teollisuuden rakenne 1960-luvun alussa ei edellyttänyt kuusen kysynnän yhtä suurta kasvua kuin männyn ja lehtipuun osalla, mitoitettiin HKLN-ohjelmassa kuusen osuus todellisia hakkuumahdollisuuksia pienemmäksi, so. puuston riittävyys tulevaisuudessa rakennettiin kuusen suurenevan kuutiomäärän varaan. Puun tarpeen jatkuva kasvu ja kuusivaltaisten metsiköiden vanheneminen ovat nyt tehneet ajankohtaisiksi tämän »reservin» käyttöön oton.

HKLN-ohjelman maan eteläpuoliskon osa-alueilla hakkuumahdollisuudet ovat suurentuneet eniten eli 25 % Pohjanmaalla. Näin on tapahtunut pääasiassa sen vuoksi, että tähänastinen metsien vajaapuustoisuus on suurelta osalta korjautunut ja puusto on vanhentunut. Itä-Suomessa on kuusen hakkuumahdollisuus voitu arvioida 51 % aikaisempaa suuremmaksi. Männyn suunnite on tällä alueella pienentynyt männyn ylihakkuiden vuoksi. Länsi-Suomessa lehtipuun suunnitteen pieneneminen johtuu ennen muuta lehtipuun kuutiomäärän pienenemisestä Keski-Suomen piirimetsälautakunnan alueella.

Puutavaralajien vaikeasti saavutettavissa olevan samakäsitteisyyden vuoksi suunnitteen rakenteessa on syytä kiinnittää huomiota tukkiosuuteen:

tukkien osuus % suunnitteesta

	mänty	kuusi	lehtipuu	yhteensä
1960	46	30	12	30
1968 alkuperäinen	49	38	13	34
1968 suurin mahdollinen	55	51	17	43

Nykysuunnitteen alkuperäinen tukkiosuus perustuu rinnankorkeuden pienimpään läpimittaan 19.5 cm ja tukin pienimpään läpimittaan 6 tuumaa. Suurin mahdollinen tukkiosuus perustuu taas noin 18 cm:n pienimpään rinnankorkeusläpimittaan, tukin 5 tuuman latvaläpimittaan ja keskitukkia lyhyempien vaneripölkkyjen korjaamiseen. Kun otetaan huomioon aikaisemmin todettu järeän puuston osuuden lisääntyminen vuosien 1952 ja 1966 pystypuuston arvioissa, niin edellä olevassa asetelmassa nykysuunnitteen suurimman mahdollisen tukkiosuuden vertaaminen HKLN-suunnitteen tukkiosuuteen antaa lähinnä oikean kuvan suunnitteen tukkiosuuden kehittymisestä. Puuston ikärakenteen perusteella on pääteltävissä, että tukkiosuus suurenee vielä jonkin aikaa hakkuumahdollisuuksissa. Suureneminen ei ole kuitenkaan yhtä voimakasta kuin 1950- ja 1960-luvuilla.

Puunkäyttötutkimusten tulosten mukaan saha- ja vaneritukkien osuus oli vuoden 1967 poistumasta noin 31 % (E r v a s t i, jne. 1969). Jos oletetaan, että vuoden 1967 poistumassa olisi ollut 43 % 5 tuuman pienimmän latvaläpimitan mukaista tukkia, niin selluloosa- ja paperiteollisuus olisi käyttänyt 4.2 milj. m^3 (noin 100 milj. j^3) kuoretonta puuta tukkimitat täyttävistä rungon osista. Esitetty karkea vertailu osoittaa, että nykyisessä teollisuuden ja hakkuumahdollisuuksien rakenteen mukaisessa tilanteessa perinteellisten puutavaralajikäsitteiden käyttäminen on erittäin harhaanjohtavaa.

Taulukossa 43 on esitetty puulajien suhteelliset osuudet puuston kuutiomäärän, kasvun ja suunnitteen arvioissa. Suunnitteiden osuusluvuista ilmenee, miten valtakunnallisissa metsien käsittelyn ohjelmissa on suositeltu lehtipuuston vähentämistä suhteessa havupuihin. Puuston puulajisuhteet ovatkin muuttuneet tämän periaatteen mukaisesti. Kuusen osuus sekä puuston kuutiomäärässä että kasvussa on ilmeisesti suurentunut odotuksia enemmän. Pääsyynä tähän näyttää olevan kuusen kasvun aliarviointi 1950-luvulla.

Vielä on syytä todeta, että hakkuumahdollisuuksien lisääntymisen ohella hakattavissa olevan puuston arvo on suurentunut erittäin merkittävästi kahden viimeksi kuluneen vuosikymmenen aikana. Arvon suureneminen ei rajoitu yksinomaan siihen, mikä ilmenee hakattavan puun kantohinnassa, vaan työpalkkojen noususta sekä korjuun koneellistamisesta seurauksena oleva pienikokoisen puun korjuukustannusten suhteellinen suureneminen järeän puun korjuukustannuksiin verrattuna on myös otettava huomioon. Metsien käsittelyssä yleistyneillä alaharvennuksilla ja ne mahdollistaneella pinotavaran suurella kysynnällä on siten ollut erittäin myönteinen ja suuriarvoinen merkitys nykyisyyden ja lähitulevaisuuden kannalta.

Metsätase

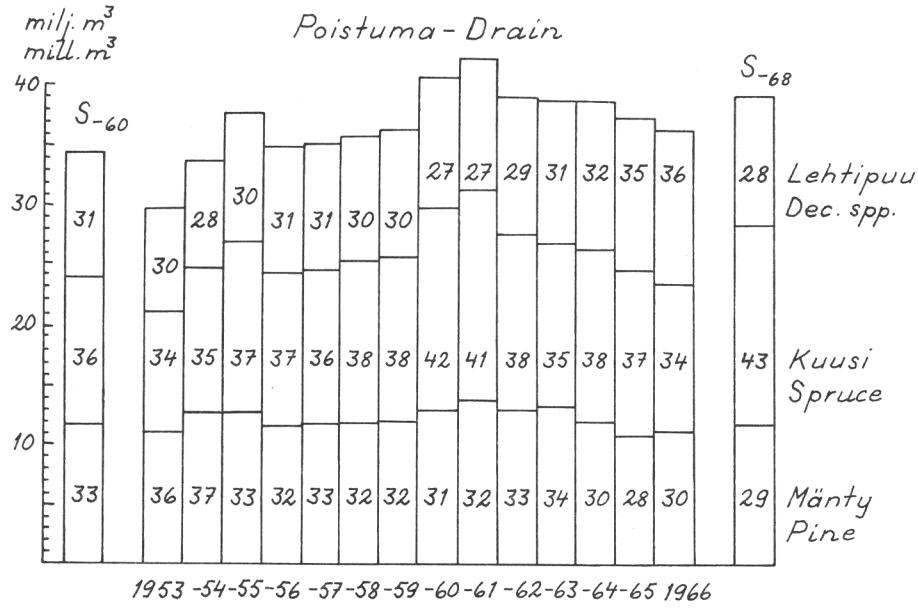
Kuvassa 10 on esitetty metsätase vertaamalla vuosien 1953—66 käyttötutkimuksen mukaisen poistuman arviota III ja V inventoinnin tulosten perusteella arvioituun hakkuusuunnitteeseen puulajeittain (vert. Ervasti ja Kuusela 1968; Kuusela ja Ervasti 1969). Kuten edellä mainituissa julkaisuissa on lähemmin tarkasteltu, muodostavat pystypuuston kuutiomäärän, kasvun ja poistuman arviot kutakuinkin ristiriidattoman kokonaisuuden maan eteläpuoliskossa, joten kuvassa 10 esitetyt suureet vastaavat todellista metsätasetilannetta.

Vuonna 1960 julkaistu HKLN-suunnite vastaa hyvin sekä suuruudeltaan että puulajisuhteiltaan poistumaa 1950-luvun lopulla. 1960-luvun alussa suuri raakapuun vienti suurensi poistuman muutamaksi vuodeksi selvästi yli suunnitteen. Kuten kuvasta nähdään, suureneminen koski ennen muuta kuusta.

Noin 1963 alkoi lehtipuun käyttö teollisuuden raakapuuna lisääntyä tavalla, jota vielä tämän vuosikymmenen alussa ei kyetty ennustamaan. Tämä johti lehtipuun määrän ja osuuden lisääntymiseen suuremmaksi kuin mitä se on viimeisimmässäkin suunnitteessa. Männyn poistuma on säilynyt kutakuinkin suunnitteen suuruisena. Kuusen pienentyneen poistuman vuoksi kokonaispoistuma on pienentynyt vuodesta 1961 lähtien.

Teollisuus ei ole saanut tarkasteltavan jakson viimeisinä vuosina kaikkea tarvitsemaansa puuta kotimaasta ja raakapuun tuonti on ollut 2—3 milj. m^3 vuotta kohti. Syynä tarjonnan pienenemiseen on ollut vuonna 1964 alkanut laskevien kantohintojen kausi ja aikaisemmin selostettu hakkuusäästöjen muodostuminen laajoille alueille.

Vuoden 1966 jälkeisestä metsätasetilanteen kehittymisestä ei ole täsmällisiä tietoja maan eteläpuoliskon osalta, sillä poistumasta on tietoja julkaistu vain koko maan osalta (Huttunen 1968). Koko maan tietojen perusteella on kuitenkin pääteltävissä, että vuonna 1966 poistuma oli pienimmillään ja kutakuinkin samansuuruinen vuonna 1967. Vuonna 1968 se oli koko maassa 2.7 % suurempi kuin vuonna 1966 ja vuoden 1969 poistuman ennuste on suunnitteen suuruusluokkaa. Vuoteen 1968 mennessä on männyn poistuma suurentunut 11 % vuoden 1966 poistumaan verrattuna ja lehtipuun poistuma on suurentunut 5.5 %. Kuusen poistuma on samana aikana pienentynyt 9 %. Vuoden 1967 jälkeen alkanut puunkäytön laajeneminen on siis tapahtunut männyn ja lehtipuun hakkuiden suurenemisena, vaikka metsävarojen puolesta kuusen hakkuumahdollisuudet ovat parhaat. Tämä voi johtua siitä, että teollisuus ei rakenteensa vuoksi pysty käyttämään kaikkia kuusen hakkuumahdollisuuksia hyväksi ja että pääosa kuusesta on alueilla, joilla jatkuvasti muodostuu hakkuusäästöjä. Kuusi on myös massateollisuuden kannalta kallein puulaji, mikä voi osaltaan selittää kuusen käytön suhteellista vähäisyyttä.



Kuva 10. Vuosien 1953—66 poistuman arvio ja puulajien prosenttiosuudet vuosien 1960 (S_{-60}) ja 1968 (S_{-68}) suunnitteen arvioihin verrattuna.

Fig. 10. Drain estimates and the tree species percentages during 1953—66 compared with the allowable drain on sustained basis estimated in 1960 (S_{-60}) and in 1968 (S_{-68}).

Lähitulevaisuuden hakkuumahdollisuuksia ajateltaessa ehkä tärkein kysymys on, kuinka kauan lehtipuun käyttö voi suureta nykyistä vauhtia ja koska sen täytyy puuston pienenemisen vuoksi pienetä. Vuodesta 1953 vuoteen 1966 lehtipuun poistuman arvio on suurentunut 10.5 milj. m³:stä (kuoretonta puuta) 15.4 milj. m³:iin eli 47 %. Vuoden 1968 poistuman arvio on 16.3 milj. m³. Lehtipuun käytön lisääntyminen on ollut suurinta maan eteläpuoliskossa, jossa vuoden 1966 poistuman arvio on 63 % suurempi kasvun arviota ja 37 % suurempi suunnitteen arviota.

Lehtipuun lisääntyvä käyttö teollisuuden raakapuuna suurentaa sen poistumaa. Järeän lehtipuun käyttö on yli kaksinkertaistunut vuodesta 1947. Lehtipuuainespinotavaran teollinen käyttö alkoi merkittävänä vasta 1950-luvun alussa. Vuodesta 1960 se on yli kuusinkertaistunut. Kotimaisen lehtipuun teollinen käyttö on vajaat kuusinkertaistunut vuodesta 1947 ja suurenee tällä hetkellä ainakin 0.5 milj. m³ vuodessa. Se oli 5.8 milj. m³ vuonna 1968. Samaan aikaan lehtipuun käyttö polttopuuna on pienentynyt vuoden 1955 arviosta, yli 13 milj. m³:stä 7.8 milj. m³:iin vuonna 1966. Polttopuun käytön arvioidaan pienenevän noin 0.25 milj. m³ vuodessa, joten polttopuusta vapautuva lehtipuu ei vastaa läheskään teollisuuspuun käytön kas-

vua. Niinpä vaneripuun käyttö voi tehtaiden rakentamisen perusteella suureta vuodesta 1968 vuoteen 1971 vähintään 45 %:lla. Ainespinotavaran osalla kysynnän kasvu näyttää yhtä voimakkaalta.

Näissä olosuhteissa on aihetta kysyä, eikö lehtipuun suunnite ole epärealistisen pieni ja eikö sen pitäisi vastata todennäköisen käytön suuruusluokkaa? Syynä suunnitteen säilyttämiseen esitetyssä suuruudessa on käsitys, että lehtipuun poistuma ei voi kovin kauan säilyä nykyisen suuruisena. Tähänastisten kantohintasuhteiden vallitessa metsänomistajat pyrkivät vapautumaan vähäarvoisesta koivusta ja lisäämään havupuun osuutta metsissä. Suurta tarjontaa puoltaa myös hakkuukypsyyttä lähestyvien koivikoiden runsaus. Kuitenkin kun koivun määrä on alentunut kyllin pieneksi, aiheuttaa jäljellä olevien puiden korjaaminen suurenevia kustannuksia, joten sen tarjonta alkaa pienetä paljon ennen sen »loppumista». Koivun suuren tarjonnan edellytyksenä näyttäisi olevan, että lehtipuuta on vähintään 15 m^3 hehtaaria kohti (vert. kuva 8). Jos lehtipuun määrä pienenee alle tämän, ei jäljellä olevaa lehtipuumäärää vähennetä enää suhteellisesti yhtä voimakkaasti kuin jos lehtipuuta on 20—40 m^3/ha.

Puuston kehittymistä ennakoivat laskelmat näyttävät osoittavan, että ellei polttopuun käytössä tapahdu nykyistä ennustetta hyvin paljon voimakkaampaa pienenemistä, lehtipuun poistuma voi jatkua tähänastisen suuruisena enintään 10—15 vuotta. Puuston pienenemisestä seurauksena oleva poistuman ja tarjonnan pieneneminen koskee todennäköisesti ensiksi pinotavaraa, sillä metsiköiden ikärakenteen vuoksi viimeiseksi metsään jäävä puuston osa koostuu pääosaksi järeistä puista. Edellytykset säilyttää suuri vaneritukin tarjonta kestänevat 15—20 vuotta. Pitemmällä olevaa tulevaisuutta ajateltaessa koivun hakkuumahdollisuudet riippuvat siitä, miten taimiston käsittelyssä ja harvennushakkuissa sekä uudistamisessa suhtaudutaan sekapuuna olevaan koivuun. Tähänastinen käytäntö johtaa lehtipuun osuuden nopeaan pienenemiseen. Aivan viimeaikoina on virinnyt yritys saada metsänomistajat viljelemään koivua. Puustoa harvennettaessa ei myöskään enää pyritä mahdollisimman puhtaisiin havupuumetsikköihin. Toistaiseksi on ennenaikaista sanoa, muodostuuko näistä pyrkimyksistä puulajisuhteiden kehittymisessä koivun asemaa vahvistava tekijä vai jäävätkö ne hetkellisiksi virtauksiksi metsänhoidon käytännössä.

Kokonaisuutena hakkuiden ja puuntarjonnan kehittyminen maan eteläpuoliskossa ovat riippuvaisia metsänparannustoiminnan, ennen muuta lannoituksen laajenemisesta ja vanhojen puustojen kiertoajan lopussa tapahtuvan uudistamisen yleistymisestä tähänastisille hakkuusäästöalueille. Jälkimmäinen tekijä on todennäköisesti tärkein puun tarjonnan suuruuteen vaikuttava tekijä lähitulevaisuudessa. Suomen eteläisimmässä ja lounaisimmassa osassa metsätuloilla on suhteellisesti niin pieni merkitys omistajalle, että passiivisesta, yli-ikäistyvien metsiköiden lisääntymiseen johtavasta metsien

käsittelystä tuskin luovutaan ilman talouspoliittisia toimenpiteitä. Passiivista metsän käsittelyä lisää vielä pyrkimys varata asutuskeskusten ympäristöön maiseman ja virkistyskäytön vuoksi alueita, joissa avohakkuuta ei pidetä suotavana. Nämä maankäyttösuunnitelmat käsittävät satoja tuhansia hehtaareja ja mikäli ne toteutuvat, niiden vaikutus ulottuu paljon suuremmille alueille. Sama puun tarjontaa pienentävä vaikutus on myös suunnitelmilla rajoittaa hakkuutoiminnan ulkopuolelle laajoja alueita Pohjois-Suomessa. Tällä hetkellä ei ole vielä täyttä varmuutta, kuinka nopeasti ja missä laajuudessa nämä metsänkäyttöä muuttavat suunnitelmat vaikuttavat puun tarjontaan. Kehitys on ilmeisestikin riippuvainen puunjalostusteollisuuden suhteellisesta asemasta viennin ylläpitäjänä. Jos muut tuotannon alat kehittyvät tähänastista nopeammin, paine rasittaa metsävaroja äärimmilleen vähenee. Toistaiseksi talouselämää kehittävät suunnitelmat rakentuvat suurenevan puunkäytön varaan. Suurenevat hakkuut taas näyttävät olevan ensisijassa riippuvaisia metsänomistajien käyttäytymisestä.

Yleiskuva viimeaikaisesta metsävarojen kehittymisestä maan eteläpuokossa on, että v. 1961 ilmestyneen metsätalouden suunnittelukomitean mietinnössä esitetyt periaatteet ovat yllättävän suuressa määrässä toteutuneet ja että metsätalous on kyennyt luovuttamaan kansantaloudelle puumääriä, joita noin 20 vuotta sitten ei osattu pitää mahdollisena. Siten on ilmeistä, että Suomen oloissa metsätalouden periaateohjelmillakin voidaan ohjata kehitystä silloin, kun ohjelman sisältö on olevia oloja vastaava.

TAULUKOT — *TABLES*

Taulukko 1. Maaluokat — *Table 1. Land classes*

Maaluokka — *Land class*	%		1 000 ha	
Metsämaa — *Forest land*	68.0		10 944	
Kitumaa — *Poorly productive land*	5.9		944	
Joutomaa — *Waste land*	5.2		836	
Tiet, varastot, jne. — *Roads, depots, etc.*	0.3		43	
Yhteensä metsätalouden maa — *Total forestry land*		79.4		12 767
Maatalouden maa — *Agricultural land*	18.1		2 920	
Rakennusten ala — *Building sites*	1.4		225	
Liikenneväylät, jne. — *Communication routes, etc.* ..	1.1		177	
Yhteensä muu maa — *Total other land*		20.6		3 322
Yhteensä — *Total*		100.0		16 089

Taulukko 2. Metsä-, kitu- ja joutomaan jakaantuminen alaryhmiin
Table 2. Forest, poorly productive and waste land by sub-classes

Maaluokka *Land class* / Alaryhmä *Sub-class*	Kangas *Mineral soils*		Korpi *Spruce and deciduous swamp*		Räme *Pine swamp*		Neva *Open swamp*		Yhteensä *Total*	
	1 000 ha	%	1 000 ha	%	1 000 ha	%	1 000 ha	%	1 000 ha	%
Metsämaa — *Forest land*	8 460	77.3	1 171	10.7	1 313	12.0	—	—	10 944	100.0
Kitumaa — *Poorly productive land*	210	22.2	68	7.2	666	70.6	—	—	944	100.0
Joutomaa — *Waste land*	89	10.7	16	1.9	325	38.9	406	48.5	836	100.0
Yhteensä — *Total*	8 759	—	1 255	—	2 304	—	406	—	12 724	—
%	—	68.8	—	9.9	—	18.1	—	3.2	—	100.0

Taulukko 3. Metsä-, kitu- ja joutomaan jakaantuminen kasvupaikkatyyppeihin
Table 3. Forest, poorly productive and waste land by fertility classes

Maaluokka — *Land class*	Kasvupaikkatyyppi — *Fertility class*							Yhteensä *Total*
	1	2	3	4	5	6	7	
	% alasta — *Per cent of area*							
Metsämaa — *Forest land*								
Kangas — *Mineral soils*	0.9	23.1	39.7	33.2	3.0	0.1	—	100.0
Korpi — *Spruce and decid. swamp*	1.1	27.8	53.6	17.4	0.1	—	—	100.0
Räme — *Pine swamp*	0.0	4.0	17.8	61.2	17.0	—	—	100.0
Kitumaa — *Poorly prod. land*								
Kangas — *Mineral soils*	—	—	—	—	—	—	100.0	100.0
Korpi — *Spruce and decid. swamp*	0.3	28.5	43.5	27.0	0.7	—	—	100.0
Räme — *Pine swamp*	2.0	10.8	35.2	52.0	—	—	—	100.0
Joutomaa — *Waste land*								
Kangas — *Mineral soils*	—	—	—	—	—	—	100.0	100.0
Korpi — *Spruce and decid. swamp*	—	38.4	53.5	7.7	0.4	—	—	100.0
Räme — *Pine swamp*	—	1.8	11.9	14.1	32.9	39.3	—	100.0
Neva — *Open swamp*	—	12.8	27.8	15.0	30.2	14.2	—	100.0

Taulukko 4. Ojitustilanne
Table 4. Situation in drainage activity

Turvemaan luokka — *Peat land class*	1 000 ha		%	
Luonnontilaista suota — *Swamp in natural state* ...		2 098		52.9
Ojikkoa — *Ditched swamp*	910		22.9	
Muuttuma — *Transforming peat land*	657		16.6	
Turvekangas — *Transformed peat land*	300		7.6	
Yhteensä ojitettua — *Total ditched*		1 867		47.1
Yhteensä turvemaata — *Total peat land*		3 965		100.0

Taulukko 5. Veroluokat metsätalouden maalla
Table 5. Tax classes on forestry land

I A	I B	II	III	IV	V	Joutomaa *Waste land*	Yhteensä *Total*	
% alasta — % *of area*								1 000 ha
12.9	22.6	24.8	17.3	8.1	5.0	9.3	100.0	12 767

Taulukko 6. Puulajien vallitsevuus
Table 6. Dominance of tree species

Maaluokka — *Land class*	Puuton *Treeless*	Vallitseva puulaji *Dominant tree species*					Yhteensä *Total*	
		Mänty *Pine*	Kuusi *Spruce*	Lehtipuut *Deciduous species*				
				Koivu *Birch*	Haapa *Aspen*	Leppä *Alder*		
	% alasta — % *of area*							1 000 ha
Metsämaa — *Forest land*	4.0	47.5	38.9	8.0	0.2	1.4	100.0	10 944
Kitumaa — *Poorly prod. land* .	4.2	88.0	2.2		5.6		100.0	944

Taulukko 7 a. Puusto kuorineen ikäluokittain metsämaalla
Table 7 a. Growing stock, incl. bark, by age classes on forest land

Ikäluokka, v. *Age class, y.*	Mäntyvaltaiset *Dominated by pine*			Kuusivaltaiset *Dominated by spruce*			Lehtipuuvaltaiset *Dominated by dec. sp.*			Yhteensä *Total*
	Pinta-ala *Area* %	Pohja-pinta-ala *Basal area* m²/ha	Kuutio-määrä *Volume* m³/ha	Pinta-ala *Area* %	Pohja-pinta-ala *Basal area* m²/ha	Kuutio-määrä *Volume* m³/ha	Pinta-ala *Area* %	Pohja-pinta-ala *Basal area* m²/ha	Kuutio-määrä *Volume* m³/ha	Pinta-ala *Area* %
Puuton — *Treeless*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.0
10	19.1	1.6	9.3	9.2	7.0	47.0	2.9	4.8	19.9	12.9
30	11.6	8.0	40.8	12.7	11.8	69.7	22.3	11.6	56.7	12.6
50	14.2	13.4	83.3	19.7	16.6	110.1	30.9	14.1	88.6	17.3
70	24.5	15.5	112.2	33.3	17.8	133.1	37.1	14.9	114.1	28.2
90	17.7	14.1	108.8	17.3	17.6	138.2	6.3	16.8	135.2	15.7
110	8.6	12.9	100.0	5.3	17.1	134.2	0.5	15.8	119.4	6.2
130	3.0	12.6	100.6	1.7	18.3	147.2	0.0	19.0	167.8	2.1
150+	1.3	14.4	118.0	0.8	18.6	148.6	—	—	—	1.0
Yhteensä ja keskimäärin — *Total and average* ...	100.0	11.0	77.8	100.0	15.7	112.9	100.0	13.8	92.3	100.0

Taulukko 7 b. Puusto kuorineen ikäluokittain metsämaan kankailla
Table 7 b. Growing stock, incl. bark, by age classes on mineral soils of forest land

Ikäluokka, v. *Age class, y.*	Mäntyvaltaiset *Dominated by pine*			Kuusivaltaiset *Dominated by spruce*			Lehtipuuvaltaiset *Dominated by dec. sp.*			Yhteensä *Total*
	Pinta-ala *Area* %	Pohja-pinta-ala *Basal area* m²/ha	Kuutio-määrä *Volume* m³/ha	Pinta-ala *Area* %	Pohja-pinta-ala *Basal area* m²/ha	Kuutio-määrä *Volume* m³/ha	Pinta-ala *Area* %	Pohja-pinta-ala *Basal area* m²/ha	Kuutio-määrä *Volume* m³/ha	Pinta-ala *Area* %
Puuton — *Treeless*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.6
10	20.4	1.5	9.4	9.1	7.1	49.1	2.7	5.3	22.6	13.4
30	9.5	10.2	53.3	12.9	12.3	73.7	22.5	11.9	60.6	11.7
50	12.5	15.7	103.6	20.5	16.9	115.5	27.1	14.5	96.9	16.7
70	24.8	16.6	125.8	33.8	18.0	138.8	40.3	15.3	120.7	29.0
90	19.1	14.7	116.8	16.7	17.9	144.4	6.9	17.0	142.1	16.3
110	9.2	13.5	107.7	4.8	17.4	141.4	0.5	17.4	136.8	6.3
130	3.2	13.0	106.5	1.6	19.0	154.4	0.0	19.0	167.8	2.1
150+	1.3	15.3	128.5	0.6	20.4	163.7	—	—	—	0.9
Yhteensä ja keskimäärin — *Total and average* ...	100.0	11.9	88.4	100.0	16.0	118.9	100.0	14.3	99.7	100.0

Taulukko 7 c. Puusto kuorineen ikäluokittain metsämaan turvemailla
Table 7 c. Growing stock, incl. bark, by age classes on peat sites of forest land

Ikäluokka, v. *Age class, v.*	Mäntyvaltaiset *Dominated by pine*			Kuusivaltaiset *Dominated by bruce*			Lehtipuuvaltaiset *Dominated by dec. sp.*			Yhteensä *Total*
	Pinta-ala *Area* %	Pohja-pinta-ala *Basal area* m²/ha	Kuutio-määrä *Volume* m³/ha	Pinta-ala *Area* %	Pohja-pinta-ala *Basal area* m²/ha	Kuutio-määrä *Volume* m³/ha	Pinta-ala *Area* %	Pohja-pinta-ala *Basal area* m²/ha	Kuutio-määrä *Volume* m³/ha	Pinta-ala *Area* %
Puuton — *Treeless*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.5
10	15.1	1.8	8.8	9.6	6.4	38.7	3.3	3.3	13.4	11.2
30	18.0	4.6	21.1	12.0	9.5	51.8	21.8	10.6	47.0	15.5
50	19.3	8.9	43.3	15.9	14.3	80.0	41.6	13.2	73.0	19.6
70	23.7	12.1	67.6	31.4	16.7	104.4	28.1	13.5	84.6	25.4
90	13.2	11.6	72.2	19.5	16.9	112.9	4.4	15.9	101.8	13.5
110	6.9	10.6	69.0	7.4	16.4	113.3	0.7	12.9	85.0	6.0
130	2.5	11.0	74.8	2.4	16.1	120.6	0.1	—	—	2.0
150+	1.3	12.3	88.7	1.8	16.5	130.2	—	—	—	1.3
Yhteensä ja keskimäärin — *Total and average*	100.0	8.4	46.8	100.0	14.4	91.1	100.0	12.6	69.9	100.0

Taulukko 7 d. Puusto kuorineen ikäluokittain metsämaan ojittamattomilla soilla
Table 7 d. Growing stock, incl.bark, by age classes on swamps in natural state of forest land

Ikäluokka, v. *Age class, y.*	Mäntyvaltaiset *Dominated by pine*			Kuusivaltaiset *Dominated by spruce*			Lehtipuuvaltaiset *Dominated by dec. sp.*			Yhteensä *Total*
	Pinta-ala *Area* %	Pohja-pinta-ala *Basal area* m²/ha	Kuutio-määrä *Volume* m³/ha	Pinta-ala *Area* %	Pohja-pinta-ala *Basal area* m²/ha	Kuutio-määrä *Volume* m³/ha	Pinta-ala *Area* %	Pohja-pinta-ala *Basal area* m²/ha	Kuutio-määrä *Volume* m³/ha	Pinta-ala *Area* %
Puuton — *Treeless*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.4
10	12.5	1.9	10.7	7.0	4.5	29.2	2.0	2.0	7.4	8.7
30	14.9	4.3	20.4	9.5	8.1	43.4	15.0	9.1	40.1	12.1
50	16.8	7.8	35.9	13.4	12.7	66.1	40.7	12.0	65.0	16.9
70	23.7	10.8	56.0	31.4	15.7	92.1	34.0	12.4	75.9	26.7
90	15.6	10.9	64.1	23.4	16.2	103.7	7.1	14.3	87.1	17.3
110	9.5	10.2	64.3	9.2	16.4	111.2	1.0	12.6	76.1	8.1
130	4.2	11.9	81.3	3.2	16.8	117.5	0.2	—	—	3.3
150+	2.8	13.3	96.1	2.9	15.6	123.9	—	—	—	2.5
Yhteensä ja keskimäärin — *Total and average*	100.0	8.4	45.9	100.0	14.0	85.8	100.0	11.8	65.4	100.0

Taulukko 7 e. Puusto kuorineen ikäluokittain metsämaan ojikoilla
Table 7 e. Growing stock, incl.bark, by age classes on ditched swamps of forest land

Ikäluokka, v. *Age class, y.*	Mäntyvaltaiset *Dominated by pine*			Kuusivaltaiset *Dominated by spruce*			Lehtipuuvaltaiset *Dominated by dec. sp.*			Yhteensä *Total*
	Pinta-ala *Area* %	Pohja-pinta-ala *Basal area* m²/ha	Kuutio-määrä *Volume* m³/ha	Pinta-ala *Area* %	Pohja-pinta-ala *Basal area* m²/ha	Kuutio-määrä *Volume* m³/ha	Pinta-ala *Area* %	Pohja-pinta-ala *Basal area* m²/ha	Kuutio-määrä *Volume* m³/ha	Pinta-ala *Area* %
Puuton — *Treeless*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6.6
10	16.4	1.4	6.2	9.2	4.6	25.3	2.4	2.0	6.1	12.6
30	20.9	3.2	13.3	10.2	7.0	35.8	21.2	7.5	34.5	17.1
50	20.9	6.4	29.0	15.8	13.1	70.4	40.1	10.8	53.2	19.8
70	23.0	9.3	46.0	36.9	14.9	117.4	31.7	10.4	60.5	25.3
90	11.1	9.9	58.4	18.0	14.9	95.3	3.4	15.8	96.5	11.4
110	5.3	9.2	57.0	6.9	16.2	106.0	1.2	—	—	5.0
130	1.7	8.4	53.8	1.5	10.9	84.0	—	—	—	1.4
150+	0.7	8.9	57.7	1.5	14.6	107.2	—	—	—	0.8
Yhteensä ja keskimäärin — *Total and average* ...	100.0	6.3	31.2	100.0	12.8	76.7	100.0	10.0	51.2	100.0

Taulukko 7 f. Puusto kuorineen ikäluokittain metsämaan muuttumilla
Table 7 f. Growing stock, incl.bark, by age classes on swamps in transforming stage of forest land

Ikäluokka, v. *Age class, y.*	Mäntyvaltaiset *Dominated by pine*			Kuusivaltaiset *Dominated by spruce*			Lehtipuuvaltaiset *Dominated by dec. sp.*			Yhteensä *Total*
	Pinta-ala *Area* %	Pohja-pinta-ala *Basal area* m²/ha	Kuutio-määrä *Volume* m³/ha	Pinta-ala *Area* %	Pohja-pinta-ala *Basal area* m²/ha	Kuutio-määrä *Volume* m³/ha	Pinta-ala *Area* %	Pohja-pinta-ala *Basal area* m²/ha	Kuutio-määrä *Volume* m³/ha	Pinta-ala *Area* %
Puuton — *Treeless*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.2
10	17.1	1.7	8.4	12.4	7.6	44.1	5.2	2.7	12.5	13.5
30	18.9	5.1	22.5	14.2	10.4	57.1	22.8	11.7	49.3	17.1
50	20.4	10.0	49.7	18.0	14.4	79.5	42.1	12.7	68.4	21.3
70	23.5	14.4	83.9	29.5	18.0	118.1	26.3	14.0	88.4	24.3
90	12.2	13.9	90.6	16.4	18.9	133.5	3.1	17.4	114.6	11.6
110	5.9	11.6	80.2	6.9	15.5	113.2	0.5	20.0	151.2	5.2
130	1.5	9.7	67.1	1.8	18.9	157.6	—	—	—	1.3
150+	0.5	11.0	89.7	0.8	21.6	168.5	—	—	—	0.5
Yhteensä ja keskimäärin — *Total and average* ...	100.0	9.1	52.8	100.0	15.1	96.6	100.0	12.4	68.3	100.0

Taulukko 7 g. Puusto kuorineen ikäluokittain metsämaan turvekankailla
Table 7 g. Growing stock, incl.bark, by age classes on transformed peat sites of forest land

Ikäluokka, v. *Age class, y.*	Mäntyvaltaiset *Dominated by pine*			Kuusivaltaiset *Dominated by spruce*			Lehtipuuvaltaiset *Dominated by dec. sp.*			Yhteensä *Total*
	Pinta-ala *Area* %	Pohjapinta-ala *Basal area* m²/ha	Kuutiomäärä *Volume* m³/ha	Pinta-ala *Area* %	Pohjapinta-ala *Basal area* m²/ha	Kuutiomäärä *Volume* m³/ha	Pinta-ala *Area* %	Pohjapinta-ala *Basal area* m²/ha	Kuutiomäärä *Volume* m³/ha	Pinta-ala *Area* %
Puuton—*Treeless*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7.3
10	14.3	2.6	13.1	14.9	8.8	54.3	3.4	5.2	20.7	11.0
30	18.0	10.9	55.6	18.7	13.1	74.3	30.0	12.1	55.0	19.7
50	20.7	16.4	95.4	21.1	18.4	116.5	43.3	16.8	99.7	24.4
70	26.7	20.5	137.6	28.1	19.8	143.0	20.1	18.0	119.4	23.8
90	13.9	14.3	98.8	12.6	20.2	151.9	2.9	18.1	126.6	9.9
110	5.2	15.3	111.8	3.0	20.3	150.2	0.3	—	—	2.9
130	1.1	18.0	125.4	1.3	12.4	96.3	—	—	—	0.9
150+	0.1	—	—	0.3	18.0	147.8	—	—	—	0.1
Yhteensä ja keskimäärin—*Total and average*	100.0	14.0	89.3	100.0	16.8	112.1	100.0	15.5	88.1	100.0

Taulukko 8. Ylispuusto ja kehityskelpoinen alikasvos metsämaalla
Table 8. Standards and usable undergrowth in the stands on forest land

Ylispuustoa — *Standards*		Alikasvosta — *Undergrowth*	
1 000 ha	% metsämaan alasta *% of forest land area*	1 000 ha	% metsämaan alasta *% of forest land area*
886	8.1	394	3.6

Taulukko 9. Metsiköt kehitysluokittain metsämaalla
Table 9. Stands by development classes on forest land

Kehitysluokka — *Development class*	1 000 ha	%
1. Aukea uudistusala tai siemenpuusto [1]—*Open area or seed tree stand* [1]	636	5.8
2. Taimisto tai riukuasteen metsikkö sekä ylispuita—*Seedling or sapling stand with standards*	763	7.0
3. Taimisto tai riukuvaiheen metsikkö—*Seedling or sapling stand*	1 529	14.0
4. Harvennusmetsikkö—*Thinning stand*	2 601	23.8
5. Väljennysmetsikkö—*Accretion stand*	2 011	18.3
6. Uudistuskypsä metsikkö—*Mature stand*	1 153	10.5
7. Suojuspuumetsikkö—*Shelterwood stand*	753	6.9
8. Vajaatuottoinen metsikkö—*Low-yielding stand*	1 488	13.6
9. Luonnonsuojelualue—*Natural park*	10	0.1
Yhteensä—*Total*	10 944	100.0

[1]) Sisältää vajaatuottoiset uudistusalat.
Including low-yielding regeneration areas.

Taulukko 10 a. Puuston rakenne kehitysluokittain metsämaalla (Kehitysluokat taulukossa 9)

Table 10 a. Structure of the growing stock by development classes on forest land (Development classes in Table 9)

Tunnus — *Characteristic*	Kehitysluokka — *Development class*									Yhteensä *Total*
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pinta-ala, % — *Area*, % (10 944 000 ha)	5.8	7.0	14.0	23.8	18.3	10.5	6.9	13.6	0.1	100.0
Keski-ikä, vuotta — *Mean age, years*	97	19	20	58	75	96	91	64	108	61
Keskipohjapinta-ala — *Mean basal area*, m^2/ha	1.2	8.7	2.8	16.1	19.2	18.8	10.2	11.7	21.2	12.8
Keskiläpimitta, cm: — *Mean diameter, cm:*										
Mänty — *Pine*	23.9	21.8	8.6	15.7	22.5	25.5	25.6	22.7	28.8	20.7
Kuusi — *Spruce*	13.1	15.3	9.4	14.9	20.1	21.8	23.8	17.5	21.7	18.3
Lehtipuut — *Deciduous spp.*	12.5	15.8	7.8	13.4	17.8	19.6	17.9	14.6	22.9	15.5
Keskikuutio, m^3/ha, kuorineen: — *Mean volume, m^3/ha, incl. bark:*										
Mänty — *Pine*	6.1	19.4	5.5	36.3	60.2	66.4	41.2	19.8	104.8	34.7
Kuusi — *Spruce*	1.0	17.4	3.2	43.8	69.0	66.6	36.4	24.5	45.8	37.7
Lehtipuut — *Deciduous spp.*	1.8	23.0	2.4	16.8	19.9	22.9	8.8	35.3	35.7	17.5
Keskikuutio yhteensä — *Total mean volume*, m^3/ha	8.9	59.8	11.1	96.9	149.1	155.9	86.4	79.6	186.3	89.9

Taulukko 10 b. Mäntyvaltaisten metsiköiden puuston rakenne kehitysluokittain metsämaalla (Kehitysluokat taulukossa 9)

Table 10 b. Structure of the growing stock in the stands dominated by pine by development classes on forest land (Development classes in Table 9)

Tunnus — *Characteristic*	Kehitysluokka — *Development class*									Yhteensä *Total*
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pinta-ala, % — *Area*, % (5 198 000 ha) .	3.5	6.0	23.0	22.7	18.5	11.7	8.7	5.8	0.1	100.0
Keski-ikä, vuotta — *Mean age, years*	99	17	19	59	77	100	96	77	110	61
Keskipohjapinta-ala — *Mean basal area*, m^2/ha	2.9	4.9	2.2	14.2	18.7	18.0	9.1	10.7	20.5	11.0
Keskiläpimitta, cm: — *Mean diameter, cm:*										
Mänty — *Pine*	24.7	19.6	8.3	14.8	22.2	25.2	25.4	23.5	26.6	20.2
Kuusi — *Spruce*	12.4	13.6	8.7	13.1	17.2	18.0	17.9	16.8	19.4	16.1
Lehtipuut — *Deciduous spp.*	12.9	14.2	7.7	11.4	16.6	17.3	16.0	14.9	17.1	14.6
Keskikuutio, m^3/ha, kuorineen: — *Mean volume, m^3/ha, incl. bark:*										
Mänty — *Pine*	19.4	23.1	6.4	62.6	107.4	107.9	61.9	52.9	124.4	58.8
Kuusi — *Spruce*	1.3	3.2	0.8	9.5	19.7	22.5	6.9	12.7	31.1	10.2
Lehtipuut — *Deciduous spp.*	2.1	6.7	1.2	8.7	15.0	15.9	6.2	15.5	15.9	8.8
Keskikuutio yhteensä — *Total mean volume*, m^3/ha	22.8	33.0	8.4	80.8	142.1	146.3	75.0	81.1	171.4	77.8

Taulukko 10 c. Kuusivaltaisten metsiköiden puuston rakenne kehitysluokittain metsämaalla (Kehitysluokat taulukossa 9)

Table 10 c. Structure of the growing stock in the stands dominated by spruce by development classes on forest land (Development classes in Table 9)

Tunnus — *Characteristic*	Kehitysluokka — *Development class*									Yhteensä *Total*
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pinta-ala, % — *Area*, % (4 257 000 ha)	0.2	10.7	7.6	30.5	22.6	10.8	6.6	11.0	0.0	100.0
Keski-ikä, vuotta — *Mean age, years*	83	20	22	58	74	96	85	74	105	63
Keskipohjapinta-ala — *Mean basal area*, m²/ha	3.6	11.6	4.8	17.7	19.9	19.9	11.9	11.4	22.6	15.7
Keskiläpimitta, cm: — *Mean diameter, cm:*										
Mänty — *Pine*	27.6	24.4	13.0	20.2	24.6	27.4	28.0	22.7	44.9	23.4
Kuusi — *Spruce*	21.6	15.5	9.5	15.2	20.6	22.9	24.8	17.5	24.3	18.7
Lehtipuut — *Deciduous spp.*	13.8	16.1	8.3	14.5	18.0	20.5	18.7	15.1	24.8	16.1
Keskikuutio, m³/ha, kuorineen: — *Mean volume, m³/ha, incl. bark:*										
Mänty — *Pine*	6.3	16.5	1.8	13.6	17.7	19.6	10.1	11.5	67.5	14.1
Kuusi — *Spruce*	16.9	27.9	12.9	78.6	120.7	132.3	83.8	56.1	123.0	81.4
Lehtipuut — *Deciduous spp.*	4.7	34.9	5.3	18.8	16.9	16.0	9.5	11.8	13.0	17.4
Keskikuutio yhteensä — *Total mean volume*, m³/ha	27.9	79.3	20.0	111.0	155.3	167.9	103.4	79.4	203.5	112.9

Taulukko 10 d. Lehtipuuvaltaisten metsiköiden puuston rakenne kehitysluokittain metsämaalla (Kehitysluokat taulukossa 9)

Table 10 d. Structure of the growing stock in the stands dominated by deciduous species by development classes on forest land (Development classes in Table 9)

Tunnus — *Characteristic*	Kehitysluokka — *Development class*									Yhteensä *Total*
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pinta-ala, % — *Area*, % (1 051 000 ha)	1.0	0.1	1.7	11.7	7.6	7.9	1.9	68.1	0.0	100.0
Keski-ikä, vuotta — *Mean age, years*	67	14	25	51	65	75	71	52	92	55
Keskipohjapinta-ala — *Mean basal area* m²/ha	4.0	11.0	9.2	17.6	19.7	18.5	10.7	12.1	24.4	13.8
Keskiläpimitta, cm: — *Mean diameter, cm:*										
Mänty — *Pine*	20.2	19.1	11.3	17.2	23.7	25.6	26.5	20.9	—	21.3
Kuusi — *Spruce*	12.0	7.7	10.8	14.3	17.5	18.9	18.9	17.8	—	17.3
Lehtipuut — *Deciduous spp.*	20.5	16.2	7.1	13.2	19.3	21.6	21.7	14.5	26.8	15.6
Keskikuutio, m³/ha, kuorineen: — *Mean volume, m³/ha, incl. bark:*										
Mänty — *Pine*	3.6	31.4	5.8	16.2	25.8	22.6	12.5	10.1	—	12.9
Kuusi — *Spruce*	2.1	4.8	1.9	13.5	16.8	17.7	15.2	9.2	—	10.9
Lehtipuut — *Deciduous spp.*	24.7	36.4	29.2	74.5	109.9	111.9	60.2	59.7	220.1	68.5
Keskikuutio yhteensä — *Total mean volume*, m³/ha	30.4	72.6	36.9	104.2	152.5	152.2	87.9	79.0	220.1	92.3

Taulukko 10 e. Puuston rakenne kehitysluokittain metsämaan kankailla (Kehitysluokat taulukossa 9)

Table 10 e. Structure of the growing stock by development classes on mineral soils of forest land (Development classes in Table 9)

Tunnus — *Characteristic*	Kehitysluokka — *Development class*									Yhteensä *Total*
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pinta-ala, % — *Area*, % (8 460 000 ha)	5.5	6.6	12.5	20.6	20.7	12.0	7.7	14.3	0.1	100.0
Keski-ikä, vuotta — *Mean age, years*										
Keskipohjapinta-ala — *Mean basal area*, m^2/ha	1.3	9.1	2.7	17.2	19.5	19.1	10.5	12.0	22.2	13.4
Keskiläpimitta, cm: — *Mean diameter, cm:*										
Mänty — *Pine*	25.0	23.9	8.7	16.6	22.8	25.9	26.3	23.4	29.4	21.8
Kuusi — *Spruce*	13.8	15.7	9.7	15.4	20.3	22.1	24.1	17.8	21.7	18.8
Lehtipuut — *Deciduous spp.*	13.5	16.8	8.1	14.7	18.3	20.3	18.9	15.4	23.0	16.6
Keskikuutio, m^3/ha, kuorineen: — *Mean volume, m^3/ha, incl. bark:*										
Mänty — *Pine*	7.1	21.0	5.0	39.4	62.4	69.1	43.1	21.5	112.4	38.2
Kuusi — *Spruce*	1.1	19.6	3.6	51.6	70.1	67.9	38.1	26.8	44.0	41.9
Lehtipuut — *Deciduous spp.*	2.0	24.6	2.0	16.3	19.8	23.4	8.8	36.1	40.2	18.1
Keskikuutio yhteensä — *Total mean volume*, m^3/ha	10.2	65.2	10.6	107.3	152.3	160.4	90.0	84.4	196.6	98.2

Taulukko 10 f. Puuston rakenne kehitysluokittain metsämaan turvemailla (Kehitysluokat taulukossa 9)

Table 10 f. Structure of the growing stock by development classes on peat sites of forest land (Development classes in Table 9)

Tunnus — *Characteristic*	Kehitysluokka — *Development class*									Yhteensä *Total*
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pinta-ala, % — *Area*, % (2 484 000 ha)	7.0	8.2	19.1	34.7	10.0	5.6	4.3	11.1	0.0	100.0
Keski-ikä, vuotta — *Mean age, years*										
Keskipohjapinta-ala — *Mean basal area*, m^2/ha	0.9	7.7	3.1	14.0	17.9	16.7	8.6	10.3	15.0	10.3
Keskiläpimitta, cm: — *Mean diameter, cm:*										
Mänty — *Pine*	19.2	15.8	8.3	13.7	20.2	20.9	20.4	18.2	21.9	15.6
Kuusi — *Spruce*	10.8	13.8	8.4	13.5	17.9	19.1	21.2	15.1	21.6	15.4
Lehtipuut — *Deciduous spp.*	9.6	13.1	7.5	11.5	14.8	14.6	12.9	11.7	20.5	12.0
Keskikuutio, m^3/ha, kuorineen: — *Mean volume, m^3/ha, incl. bark:*										
Mänty — *Pine*	3.6	14.6	6.6	30.3	43.5	45.2	28.3	12.3	54.9	22.7
Kuusi — *Spruce*	0.6	11.8	2.4	28.3	61.2	56.6	26.6	14.8	56.6	23.4
Lehtipuut — *Deciduous spp.*	1.4	18.5	3.3	17.7	20.2	18.8	8.3	32.3	8.1	15.4
Keskikuutio yhteensä — *Total mean volume*, m^3/ha	5.6	44.9	12.3	76.3	124.9	120.6	63.2	59.4	119.6	61.5

Taulukko 10 g. Puuston rakenne kehitysluokittain metsämaan ojittamattomilla soilla (Kehitysluokat taulukossa 9)

Table 10 g. Structure of the growing stock by development classes on swamps in natural state on forest land (Development classes in Table 9)

Tunnus — *Characteristic*	Kehitysluokka — *Development class*									Yhteensä *Total*
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pinta-ala, % — *Area*, % (960 000 ha) ..	6.1	8.2	15.7	34.8	10.1	7.8	5.2	12.0	0.1	100.0
Keski-ikä, vuotta — *Mean age, years*										
Keskipohjapinta-ala — *Mean basal area*, m^2/ha	1.2	7.4	3.1	13.8	16.4	16.5	8.4	10.4	15.0	10.4
Keskiläpimitta, cm: — *Mean diameter, cm:*										
Mänty — *Pine*	20.1	16.5	8.2	13.4	19.3	20.3	20.0	19.5	21.9	15.7
Kuusi — *Spruce*	11.6	14.2	8.4	13.1	17.2	17.8	21.2	15.0	21.6	15.0
Lehtipuut — *Deciduous spp.*	10.0	12.5	7.8	11.2	14.3	14.0	14.2	11.7	20.5	12.0
Keskikuutio, m^3/ha, kuorineen: — *Mean volume, m^3/ha, incl. bark:*										
Mänty — *Pine*	5.1	15.2	5.6	25.8	32.6	42.2	24.0	14.5	54.9	21.0
Kuusi — *Spruce*	0.8	13.5	3.3	32.1	61.2	54.6	29.3	21.7	56.6	27.5
Lehtipuut — *Deciduous spp.*	1.4	14.8	2.7	15.4	16.7	17.8	8.4	25.4	8.1	13.7
Keskikuutio yhteensä — *Total mean volume*, m^3/ha	7.3	43.5	11.6	73.3	110.5	114.6	61.7	61.6	119.6	62.2

Taulukko 10 h. Puuston rakenne kehitysluokittain metsämaan ojikoilla (Kehitysluokat taulukossa 9)

Table 10 h. Structure of the growing stock by development classes on ditched swamps of forest land (Development classes in Table 9)

Tunnus — *Characteristic*	Kehitysluokka — *Development class*									Yhteensä *Total*
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pinta-ala, % — *Area*, % (567 000 ha) ..	8.8	7.8	27.7	34.9	5.5	3.5	3.4	8.4	—	100.0
Keski-ikä, vuotta — *Mean age, years*										
Keskipohjapinta-ala — *Mean basal area*, m^2/ha	0.8	5.8	2.5	11.6	15.8	13.7	6.9	8.5	—	7.6
Keskiläpimitta, cm: — *Mean diameter, cm:*										
Mänty — *Pine*	18.2	12.3	8.1	12.8	18.5	19.5	18.2	16.1	—	13.5
Kuusi — *Spruce*	15.4	12.4	8.2	13.4	16.6	18.3	19.9	13.1	—	14.3
Lehtipuut — *Deciduous spp.*	10.6	11.1	7.1	10.8	13.1	13.0	11.3	10.6	—	10.8
Keskikuutio, m^3/ha, kuorineen: — *Mean volume, m^3/ha, incl. bark:*										
Mänty — *Pine*	3.6	12.4	6.5	29.2	35.9	44.0	26.4	10.3	—	18.6
Kuusi — *Spruce*	0.5	6.6	1.4	21.2	53.9	38.1	12.6	9.3	—	13.8
Lehtipuut — *Deciduous spp.*	0.9	10.7	1.7	11.0	13.9	12.4	6.8	25.2	—	8.8
Keskikuutio yhteensä — *Total mean volume*, m^3/ha	5.0	29.7	9.6	61.4	103.7	94.5	45.8	44.8	—	41.2

Taulukko 10 i. Puuston rakenne kehitysluokittain metsämaan muuttumilla (Kehitysluokat taulukossa 9)

Table 10 i. Structure of the growing stock by development classes on swamps in transforming state on forest land (Development classes in Table 9)

Tunnus — *Characteristic*	Kehitysluokka — *Development class*									Yhteensä *Total*
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pinta-ala, % — *Area*, % (657 000 ha) ..	6.3	8.0	20.7	35.2	11.4	4.6	4.0	9.8	—	100.0
Keski-ikä, vuotta — *Mean age, years*										
Keskipohjapinta-ala — *Mean basal area*, m^2/ha	0.9	8.0	3.6	14.5	18.4	17.3	9.3	10.1	—	10.6
Keskiläpimitta, cm: — *Mean diameter, cm:*										
Mänty — *Pine*	18.3	16.1	8.2	14.2	20.5	22.0	21.1	16.9	—	15.8
Kuusi — *Spruce*	7.2	13.5	8.5	13.3	18.7	20.4	20.8	16.2	—	15.8
Lehtipuut — *Deciduous spp.*	9.2	13.8	7.3	11.3	14.5	14.6	11.9	11.6	—	11.8
Keskikuutio, m^3/ha, kuorineen: — *Mean volume, m^3/ha, incl. bark:*										
Mänty — *Pine*	2.5	15.9	7.3	36.2	52.5	49.2	36.5	9.8	—	26.3
Kuusi — *Spruce*	0.5	10.9	2.3	22.7	58.7	63.9	22.9	10.5	—	21.0
Lehtipuut — *Deciduous spp.*	1.4	20.2	4.5	20.4	20.9	17.0	8.3	36.7	—	16.9
Keskikuutio yhteensä — *Total mean volume*, m^3/ha	4.4	47.0	14.1	79.3	132.1	130.1	67.7	57.0	—	64.2

Taulukko 10 j. Puuston rakenne kehitysluokittain metsämaan turvekankailla (Kehitysluokat taulukossa 9)

Table 10 j. Structure of the growing stock by development classes on transformed peat sites of forest land (Development classes in Table 9)

Tunnus — *Characteristic*	Kehitysluokka — *Development class*									Yhteensä *Total*
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pinta-ala, % — *Area*, % (300 000 ha) ..	7.8	9.6	10.2	33.2	14.7	4.9	3.7	15.9	—	100.0
Keski-ikä, vuotta — *Mean age, years*										
Keskipohjapinta-ala — *Mean basal area*, m^2/ha	0.8	11.0	5.4	18.9	21.1	20.2	11.4	12.2	—	14.5
Keskiläpimitta, cm: — *Mean diameter, cm:*										
Mänty — *Pine*	19.9	19.2	10.2	15.4	21.5	23.1	23.7	18.3	—	18.3
Kuusi — *Spruce*	9.8	14.2	8.1	14.8	18.9	22.2	22.5	16.7	—	17.0
Lehtipuut — *Deciduous spp.*	8.6	14.1	7.9	12.8	16.4	16.9	12.4	12.4	—	13.3
Keskikuutio, m^3/ha, kuorineen: — *Mean volume, m^3/ha, incl. bark:*										
Mänty — *Pine*	1.6	13.6	8.5	33.8	55.5	52.0	32.2	12.4	—	27.4
Kuusi — *Spruce*	0.5	16.5	4.0	44.1	70.0	72.9	46.3	9.9	—	33.8
Lehtipuut — *Deciduous spp.*	2.3	37.9	9.9	33.3	29.7	35.1	10.4	49.4	—	30.2
Keskikuutio yhteensä — *Total mean volume*, m^3/ha	4.4	68.0	22.4	111.2	155.2	160.0	88.9	71.7	—	91.4

Taulukko 11. Kuutiomäärä kuorineen puulajeittain
Table 11. Volume, incl. bark, by tree species

Puulaji — *Tree species*	Metsämaalla *On forest land*			Kitumaalla *On poorly prod. land*			Yhteensä — *Total*		
	Kuutio - *Volume*		% kuutiosta *% of volume*	Kuutio - *Volume*		% kuutiosta *% of volume*	Kuutio - *Volume*		% kuutiosta *% of volume*
	m³/ha	milj. m³ *mill. m³*		m³/ha	milj. m³ *mill. m³*		m³/ha	milj. m³ *mill. m³*	
Mänty — *Pine*	34.6	378.2	38.6	12.1	11.4	80.8	32.8	389.6	39.2
Kuusi — *Spruce*	37.7	413.1	42.1	1.0	1.0	7.1	34.8	414.1	41.6
Lehtip. — *Decid. spp.*	17.3	189.7	19.3	1.8	1.7	12.1	16.1	191.4	19.2
Yhteensä — *Total*	89.6	981.0	100.0	14.9	14.1	100.0	83.7	995.1	100.0

Taulukko 12. Kuorellisen puuston puutavaralajirakenne
Table 12. Growing stock volume, incl. bark, by timber products

Puulaji — *Tree species*	Kuutio milj. m³ *Volume mill. m³*	Sahapuu *Saw timber*	Paperipuu *Pulp wood*	Ohutpuu *Small timber*	Hakkuutähde *Cutting waste*	Yhteensä *Total*
		% kuutiosta — % *of volume*				
Mänty — *Pine*	389.6	48	42	6	4	100
Kuusi — *Spruce*	414.1	35	53	8	4	100
Lehtipuu — *Decid. spp.*	191.4	11	70	11	8	100
Yhteensä — *Total*	995.1	36	51	8	5	100

Taulukko 13. Puulajien osuudet kuutiomäärästä metsämaalla
Table 13. Proportions of tree species in growing stock volume

Mänty *Pine*	Kuusi *Spruce*	Koivu *Birch*	Haapa *Aspen*	Leppä *Alder*	Yhteensä *Total*	
% kuutiosta — % *of volume*						m³/ha
38.6	42.1	16.4	1.2	1.7	100.0	89.6

Taulukko 14. Puulajien osuudet runkoluvusta (vähintään 2.5 cm rinnankorkeudelta täyttävät puut), pohjapinta-alasta ja kuutiomäärästä metsämaalla
Table 14. Proportions of tree species in stem number (including all trees at least 2.5 cm of breast height diameter), basal area and volume on forest land

Puulaji — *Tree species*	%		
	runkoluvusta *of stem number*	pohjapinta-alasta *of basal area*	kuutiosta *of volume*
	1 300 kpl/ha *stems/ha*	12.7 m²/ha	89.6 m³/ha
Mänty — *Pine*	25.8	36.9	38.6
Kuusi — *Spruce*	39.9	42.2	42.1
Lehtipuu — *Decid. spp.*	34.3	20.9	19.3
Yhteensä — *Total*	100.0	100.0	100.0

Taulukko 15. Runkoluvun jakaantuminen 1 cm:n rinnankorkeusläpimittaluokkien ryhmiin metsämaalla

Table 15. Distribution of stems by groups of 1 cm DBH-classes on forest land

Puulaji *Tree species*	1 cm rinnankorkeusläpimittaluokkien ryhmät *Groups of 1 cm DBH-classes*									Yhteensä *Total*
	3—4	5—9	10—14	15—19	20—24	25—29	30—34	35—39	40+	
	% runkoluvusta — % *of stem number*									
Mänty — *Pine*	22.6	32.2	17.5	11.7	8.7	5.0	1.8	0.4	0.1	100.0
Kuusi — *Spruce*	25.2	37.5	18.0	10.0	5.7	2.5	0.8	0.2	0.1	100.0
Lehtip. — *Decid. spp.*	41.4	37.6	11.9	5.0	2.7	1.0	0.3	0.1	0.0	100.0
Yhteensä — *Total*	30.1	36.2	15.8	8.7	5.4	2.7	0.9	0.2	0.0	100.0

Taulukko 16. Kuorellisen kuutiomäärän jakaantuminen 1 cm:n rinnankorkeusläpimittaluokkien ryhmiin metsämaalla

Table 16. Distribution of volume, incl. bark, by groups of 1 cm DBH-classes on forest land

Puulaji *Tree species*	1 cm rinnankorkeusläpimittaluokkien ryhmät *Groups of 1 cm DBH-classes*				Yhteensä *Total*	
	3—10	11—20	21—30	31+		
	% kuutiosta — % *of volume*					Milj. m³ *Mill. m³*
Mänty — *Pine*	5.1	27.7	49.6	17.6	100.0	378.2
Kuusi — *Spruce*	7.8	36.6	43.0	12.6	100.0	413.1
Lehtipuu — *Decid. spp.*	16.8	40.3	35.0	7.9	100.0	189.7
Yhteensä — *Total*	8.5	33.9	44.0	13.6	100.0	981.0

Taulukko 17. Tukkirunkojen (rinnankorkeusläpimitta vähintään 19.5 cm) lukumäärä metsämaalla

Table 17. Number of saw timber stems (DBH at least 19.5 cm) on forest land

Puulaji — *Tree species*	1 cm rinnankorkeusläpimittaluokkien ryhmät *Groups of 1 cm DBH-classes*			
	20—24	25—29	30+	Yht. — *Total*
	Milj. runkoa — *Mill. stems*			
Mänty — *Pine*	266	181	81	528
Kuusi — *Spruce*	274	142	60	476
Lehtipuu — *Decid. spp.*	44	27	10	81
Yhteensä — *Total*	584	350	151	1 085

Taulukko 18. Tukkirunkojen (rinnankorkeusläpimitta vähintään 19.5 cm) kuorellisen kuutiomäärän jakaantuminen 1 cm:n rinnankorkeusläpimittaluokkien ryhmiin metsämaalla

Table 18. Volume, incl. bark, of saw timber stems (DBH at least 19.5 cm) by groups of 1 cm DBH-classes

Puulaji — *Tree species*	1 cm rinnankorkeusläpimittaluokkien ryhmät *Groups of 1 cm DBH-classes*					Yhteensä *Total*	
	20—24	25—29	30—34	35—39	40+		
	% kuutiosta — *% of volume*						Milj. m³ *Mill. m³*
Mänty — *Pine*	34.8	37.8	19.6	6.1	1.7	100.0	238
Kuusi — *Spruce*	41.0	34.8	16.9	5.4	1.9	100.0	214
Lehtipuu — *Decid. spp.*	40.6	38.0	16.1	4.1	1.2	100.0	37
Yhteensä — *Total*	37.9	36.5	18.2	5.7	1.7	100.0	489

Taulukko 19. Metsiköiden laatu metsämaalla

Table 19. Quality of the stands on forest land

Laatu — *Quality*	1 000 ha		%	
Hyvä — *Good*	2 400		21.9	
Tyydyttävä — *Satisfactory*	4 609		42.1	
Harsien harvennettu — *Treated by selection cutting*	625		5.7	
Hoitoa vaille jäänyt — *Silvicultural measure neglected*	1 181		10.8	
Lepoa tarvitseva — *To be leaved uncut*	242		2.2	
Kehityskelpoiset — *Capable for development*		9 057		82.7
Harsintajäte — *Residual of selection cutting*	514		4.7	
Kasvupaikalle väärä puulaji — *Tree species unsuitable for site*	603		5.5	
Yli-ikäinen — *Over-aged*	42		0.4	
Muu vajaatuottoinen [1]) — *Other low-yielding* [1])	728		6.7	
Vajaatuottoiset — *Low-yielding*		1 887		17.3
Yhteensä — Total		10 944		100.0

[1]) Sisältää vajaatuottoiset uudistusalat.
Including low-yielding regeneration areas.

Taulukko 20. Viljelyllä perustetut metsiköt ja niiden laatu metsämaalla

Table 20. Artificially established stands and their quality on forest land

Laatu — *Quality*	1 000 ha	%
Hyvä tai tyydyttävä taimisto — *Good or satisfactory seedling and sapling stand*	525	69.5
Hoitamaton taimisto — *Untended seedling and sapling stand*	22	2.9
Täydennettävä männyn tai koivun taimisto — *Seedling and sapling stand of pine or birch in need of supplementary planting*	98	13.0
Täydennettävä kuusen taimisto — *Seedling and sapling stand of spruce in need of supplementary planting*	44	5.8
Taimistoa varttuneempi metsikkö — *Stand older than in seedling and sapling stage*	66	8.8
Yhteensä viljelyllä perustetut — *Total artificially established*	755	100.0

Taulukko 21 a. Hyvien metsiköiden puusto kuorineen ikäluokittain metsämaalla
Table 21 a. Growing stock, incl. bark, of good stands by age classes on forest land

Ikäluokka, v. *Age class, y.*	Mäntyvaltaiset *Dominated by pine*			Kuusivaltaiset *Dominated by spruce*			Lehtipuuvaltaiset *Dominated by dec. spp.*			Yhteensä *Total*
	Pinta-alasta, *From area,* %	Keski-pohja-pinta-ala, *Mean basal area,* m²/ha	Keski-kuutio, *Mean volume,* m³/ha	Pinta-alasta *From area,* %	Keski-pohja-pinta-ala, *Mean basal area,* m²/ha	Keski-kuutio, *Mean volume,* m³/ha	Pinta-alasta, *From area,* %	Keski-pohja-pinta-ala, *Mean basal area,* m²/ha	Keski-kuutio, *Mean volume,* m³/ha	Pinta-alasta *From area,* %
Puuton — *Treeless*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.8
10	27.1	1.1	6.1	13.3	5.9	41.5	2.0	1.2	4.9	21.1
30	12.5	8.7	42.0	11.4	12.3	68.3	9.1	14.0	74.2	11.5
50	13.8	15.0	90.8	14.6	20.6	140.2	35.5	17.2	112.7	13.8
70	19.4	18.2	134.4	33.4	20.7	164.7	44.9	18.3	147.2	23.3
90	15.6	15.7	127.1	20.1	20.5	170.9	8.1	17.9	152.4	16.1
110	8.4	13.3	109.6	5.5	19.8	168.2	0.4	—	—	6.9
130	2.6	12.2	104.0	1.4	18.9	167.6	—	—	—	2.1
150+	0.6	9.3	80.2	0.3	18.8	162.8	—	—	—	0.4
Yhteensä ja keski-määrin — *Total and average* ...	100.0	10.8	77.7	100.0	17.8	135.2	100.0	16.7	125.4	100.0

Taulukko 21 b. Tyydyttävien metsiköiden puusto kuorineen ikäluokittain metsämaalla
Table 21 b. Growing stock, incl. bark, of satisfactory stands by age classes on forest land

Ikäluokka, v. *Age class, y.*	Mäntyvaltaiset *Dominated by pine*			Kuusivaltaiset *Dominated by spruce*			Lehtipuuvaltaiset *Dominated by dec. spp.*			Yhteensä *Total*
	Pinta-alasta, *From area,* %	Keski-pohja-pinta-ala, *Mean basal area,* m²/ha	Keski-kuutio, *Mean volume,* m³/ha	Pinta-alasta, *From area,* %	Keski-pohja-pinta-ala, *Mean basal area,* m²/ha	Keski-kuutio, *Mean volume,* m³/ha	Pinta-alasta, *From area,* %	Keski-pohja-pinta-ala, *Mean basal area,* m²/ha	Keski-kuutio, *Mean volume,* m³/ha	Pinta-alasta, *From area,* %
Puuton — *Treeless*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	18.6	1.5	9.6	9.4	6.3	43.5	1.6	3.6	12.7	13.9
30	12.2	6.8	34.7	12.9	10.8	65.5	9.2	12.6	66.7	12.4
50	14.7	12.7	77.9	19.5	16.9	111.2	33.3	17.0	109.3	17.6
70	25.5	15.7	110.5	33.4	18.1	134.6	47.9	17.5	137.6	29.9
90	17.3	15.0	113.0	17.5	17.7	137.1	7.5	19.2	157.0	16.9
110	8.2	14.1	108.1	5.4	17.1	133.5	0.5	23.0	196.0	6.6
130	2.7	13.4	106.6	1.5	18.5	150.2	0.0	—	—	2.1
150+	0.8	14.4	115.5	0.4	16.5	129.6	—	—	—	0.6
Yhteensä ja keski-määrin — *Total and average* ...	100.0	11.2	77.8	100.0	15.8	113.1	100.0	16.9	121.3	100.0

Taulukko 21 c. Vajaatuottoisten metsiköiden puusto kuorineen ikäluokittain metsämaalla

Table 21 c. Growing stock, incl. bark, of low-yielding stands by age classes on forest land

Ikäluokka, v. *Age class, y.*	Mäntyvaltaiset *Dominated by pine*			Kuusivaltaiset *Dominated by spruce*			Lehtipuuvaltaiset *Dominated by dec. spp.*			Yhteensä *Total*
	Pinta-alasta, *From area*, %	Keskipohjapinta-ala, *Mean basal area*, m²/ha	Keskikuutio, *Mean volume*, m³/ha	Pinta-alasta, *From area*, %	Keskipohjapinta-ala, *Mean basal area*, m²/ha	Keskikuutio, *Mean volume*, m³/ha	Pinta-alasta, *From area*, %	Keskipohjapinta-ala, *Mean basal area*, m²/ha	Keskikuutio, *Mean volume*, m³/ha	Pinta-alasta, *From area*, %
Puuton — *Treeless*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	17.2
10	0.5	4.4	19.0	0.3	3.2	11.6	3.2	4.8	20.3	1.4
30	7.4	8.9	54.4	7.2	6.6	38.0	27.9	11.1	54.1	13.9
50	16.0	10.4	75.7	23.4	9.4	62.2	30.2	12.2	76.4	20.6
70	31.8	9.9	75.5	34.6	11.2	78.0	32.8	12.9	97.8	27.4
90	22.3	7.8	59.3	19.3	12.4	87.6	5.3	15.2	118.4	11.2
110	10.6	8.1	61.0	7.7	12.8	87.4	0.6	15.2	111.6	4.2
130	4.5	8.5	62.9	3.7	17.6	131.2	0.0	20.0	173.2	1.8
150+	6.9	13.8	114.3	3.8	18.6	147.4	—	—	—	2.3
Yhteensä ja keskimäärin — *Total and average* ...	100.0	9.6	70.7	100.0	11.4	78.4	100.0	12.1	77.8	100.0

Taulukko 22. Viljelymetsiköiden puusto kuorineen ikäluokittain

Table 22. Growing stock, incl. bark, of stands established artificially

Ikäluokka, v. *Age class, y.*	Mäntyvaltaiset *Dominated by pine*			Kuusivaltaiset *Dominated by spruce*			Lehtipuuvaltaiset *Dominated by dec. spp.*			Yhteensä *Total*
	Pinta-alasta, *From area*, %	Keskipohjapinta-ala, *Mean basal area*, m²/ha	Keskikuutio, *Mean volume*, m³/ha	Pinta-alasta, *From area*, %	Keskipohjapinta-ala, *Mean basal area*, m²/ha	Keskikuutio, *Mean volume*, m³/ha	Pinta-alasta, *From area*, %	Keskipohjapinta-ala, *Mean basal area*, m²/ha	Keskikuutio, *Mean volume*, m³/ha	Pinta-alasta, *From area*, %
Puuton — *Treeless*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	89.6	0.7	4.0	83.3	7.1	47.6	38.0	—	—	88.1
30	8.3	10.7	54.2	14.0	13.9	69.6	54.6	8.0	35.2	9.7
50	2.0	14.7	86.4	2.6	25.6	179.8	—	—	—	2.1
70	0.1	10.8	82.0	0.1	38.0	367.4	7.4	—	—	0.1
90	0.0	—	—	—	—	—	—	—	—	0.0
110	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
130	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
150+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Yhteensä ja keskimäärin — *Total and average* ...	100.0	2.0	9.8	100.0	8.5	54.3	100.0	4.0	19.2	100.0
Pinta-ala ha *Area*, »	573 000			181 000			1 000			755 000

Taulukko 23. Viimeisestä hakkuusta kulunut aika
Table 23. Time passed since last cutting

Maaluokka *Land class*	Aika hakkuusta — *Time passed since last cutting*					Hakkaamaton *Uncut*	Yhteensä *Total*
	1 v. — *y.*	2—5 v.- *y.*	6—10 v.-*y.*	11—30 v.-*y.*	31+ v.- *y.*		
	% pinta-alasta — % *of area*						
Metsämaa — *Forest land*	8.1	24.1	25.3	34.6	6.6	1.3	100.0
Kitumaa — *Poorly prod. land*	3.8	10.2	10.9	33.8	30.8	10.5	100.0

Taulukko 24. Hakkuun tarve eri kehitysluokkien metsiköissä
Table 24. Need of cutting in the stands of different development classes

Kehitysluokka — *Development class*	Hakkuu tarpeen — *Cutting needed*		
	5 vuodessa *in 5 years*	10 vuodessa *in 10 years*	10 v:n kuluttua *after 10 years*
	% pinta-alasta — % *of area*		
Aukea uudistusala tai siemenpuusto — *Open area or seed tree stand*	14.3	12.4	73.3
Taimisto tai riukuvaiheen metsikkö sekä ylispuita — *Seedling or sapling stand with standards*	80.1	19.9	—
Taimisto tai riukuvaiheen metsikkö — *Seedling or sapling stand*	1.0	4.0	95.0
Harvennusmetsikkö — *Thinning stand*	35.7	38.3	26.0
Väljennysmetsikkö — *Accretion stand*	25.2	42.4	32.4
Uudistuskypsä metsikkö — *Mature stand*	41.5	48.0	10.5
Suojuspuumetsikkö — *Shelterwood stand*	34.2	55.7	10.1
Vajaatuottoinen metsikkö — *Low-yielding stand*	100.0	—	—
Luonnonsuojelualue — *Natural Park*	—	—	—
Yhteensä — *Total*	40.0	28.4	31.6

Taulukko 25. Hoitotöiden tarpeellisuus metsämaalla
Table 25. Need of silvicultural works on forest land

Hoitotyö — *Silvicultural work*	1 000 ha	% metsämaan alasta *% of forest land area*
Raivaus luontaista uudistamista varten — *Clearing for natural regeneration*	285	2.6
Maanpinnan valmistus ja mahdollinen raivaus luontaista uudistumista varten — *Preparation of site and possible clearing for natural regeneration*	120	1.1
Männyn viljely ja kulotus — *Artificial regeneration of pine with burning*	66	0.6
Männyn kylvö — *Artificial seeding of pine*	197	1.8
Männyn istutus — *Planting of pine*	1 094	10.0
Kuusen viljely — *Artificial regeneration of spruce*	1 160	10.6
Taimiston hoito — *Tending of seedling stand*	1 642	15.0

Taulukko 26. Ojitustoiminnan tarpeellisuus
Table 26. Need of drainage works

Ojitustoimenpide — *Need of drainage work*	1 000 ha
Pintakuivatus kankaalla — *Surface drainage on mineral site*	44
Soistuneen kankaan ojitus — *Drainage of swampy mineral site*	296
Suon uudisojitus — *New drainage of swamp*	1 558
Täydennysojitus ja ojien perkaus — *Supplementary drainage and cleaning of ditches*	410
Ojien perkaus — *Cleaning of ditches*	179
Toiskertainen ojitus — *Repeated drainage*	69

Taulukko 27. Vuotuisen kasvun ja hakkuusuunnitteen arvio
Table 27. Estimate of the annual increment and the allowable cut

Puulaji *Tree species*	Kasvu *Increment*	Suunnite — *Allowable cut*			
			Tukki *Saw timber*	Paperipuu *Pulp wood*	Ohutpuu *Small timber*
	Milj. m³, kuorineen *Mill. m³, incl. bark*		Milj. j³ *Mill. j³*	1 000 p-m³ — 1 000 m³ *stacked measure*	
Mänty — *Pine*	14.17	13.42	139.2	6 329	1 156
Kuusi — *Spruce*	20.51	19.39	151.8	11 579	2 226
Lehtipuu — *Decid. spp.*	9.35	12.74	49.8	11 575	2 462
Yhteensä — *Total*	44.03	45.55	340.8	29 483	5 844
	%		% poistumasta — % *of drain*		
Mänty — *Pine*	32.2	29.4	49	39	6
Kuusi — *Spruce*	46.6	42.6	38	50	8
Lehtipuu — *Decid. spp.*	21.2	28.0	13	65	13
Yhteensä — *Total*	100.0	100.0	34	51	9

Taulukko 28. Maa-alan jakaantuminen metsätalouden maahan ja muuhun maahan
Table 28. Land area by forestry land and other land

	Aika — *Time*				
	1922	1937	1952	1961	1966
Metsätalouden maa — *Land of forestry* %	80.0	79.5	77.6	76.4	79.4
Muu maa — *Other land* %	20.0	20.5	22.4	23.6	20.6
Yhteensä — *Total* %	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
» — » 1 000 ha	17 458 [1]	18 586	16 090	16 090	16 089

[1]) Läänijaon mukainen eteläpuolisko.
Southern half based on administrative provinces.

Taulukko 29. Metsätalouden maaluokat
Table 29. Forestry land classes

Aika - *Time*	1952	Aika - *Time*	1966
Pinta-alan yksikkö — *Area unit* 1 000 ha			
Kasvullinen metsämaa — *Productive forest land*	9 958	Metsämaa — *Forest land*	10 944
Huonokasvuinen metsämaa — *Poorly prod. forest land*	1 722	Kitumaa — *Poorly productive land*	944
Joutomaa — *Waste land*	795	Joutomaa — *Waste land*	836
		Muu metsätalouden maa — *Other land of forestry*	43
Yhteensä — *Total*	12 475	Yhteensä — *Total*	12 767

Taulukko 30. Suoala ja ojituksen edistyminen
Table 30. Swamp area and the progress of drainage activity

		Aika — *Time*		
		1937	1952	1966
Suoala — *Swamp area*	1 000 ha	4 730 [1])	3 846	3 965
Ojitettu ala — *Drained area*	»	180	681	1 867
» » — » »	%	3.8	17.7	47.1

[1]) Ennen alueluovutuksia 1945. — *Before area cession in 1945.*

Taulukko 31. Metsätyyppien osuudet kankailla
Table 31. Proportions of forest site types on mineral sites

Aika — *Time*	Kasvupaikkatyyppi — *Fertility class*						Yhteensä *Total*
	1	2	3	4	5	6	
	Metsätyyppi — *Forest site type*						
	Lh	OMT	MT	VT	CT	CIT	
	% alasta — % *of area*						
Vuonna 1952 — *In 1952*	1.1	16.7	43.7	34.4	4.0	0.1	100.0
» 1966 — » *1966*	0.9	23.1	39.7	33.2	3.0	0.1	100.0

Taulukko 32. V inventoinnin veroluokkien pinta-aloihin ja verokuutiolukuihin perustuva kasvun arvio
Table 32. Increment estimate based on tax class areas of V inventory and tax cubic numbers

	Veroluokat — *Tax classes*							Yhteensä *Total*
	I A	I B	II	III	IV	V	O	
% metsätalouden maasta — % *of land of forestry*	12.9	22.6	24.8	17.3	8.1	5.0	9.3	100.0
Verokuutioluku — *Tax cubic number*, m³/ha	4.6	4.0	3.0	2.3	1.5	0.6	0.0	2.79
Maata — *Land area*, 1 000 ha	—	—	—	—	—	—	—	12 767
Kasvu, kuoretta, milj. m³ — *Increment excl. bark, mill. m³*	—	—	—	—	—	—	—	35.6

Taulukko 33. Puulajien vallitsevuus
Table 33. Dominance of tree species

Puulaji — *Tree species*	Aika — *Time*				
	1922	1937	1952	1961	1966
	% metsämaasta [1]) — % *of forest land* [1])				
Mäntyvaltaisia — *Dominated by pine*	51.0	43.4	42.7	47.8	47.5
Kuusivaltaisia — *Dominated by spruce* ...	27.1	34.8	39.1	39.1	38.9
Koivuvaltaisia — *Dominated by birch*	16.6	18.1	15.5	9.4	8.0
Haapavaltaisia — *Dominated by aspen* ...	0.5	0.3	0.2	0.2	0.2
Leppävaltaisia — *Dominated by alder*	3.3	2.5	1.8	1.6	1.4
Puutonta — *Treeless*	1.5	0.9	0.7	1.9	4.0
Yhteensä — *Total*	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

[1]) Kasvullinen metsämaa 1922, 1937, 1952 ja metsämaa 1961, 1966.
Productive forest land in 1922, 1937, 1952 and forest land in 1961, 1966.

Taulukko 34. Metsien ikärakenne
Table 34. Distribution of age classes

Ikäluokka, v. — *Age class, y.*	Aika — Time				
	1922	1937	1952	1961	1966
	% metsämaasta — % *of forest land*				
Puutonta — *Treeless*	1.5	0.9	0.7	1.9	4.0
1— 20 vuotta — *years*	7.5	6.8	5.3	10.0	12.9
21— 40 » — »	22.4	20.5	14.7	13.1	12.6
41— 60 » — »	30.6	35.5	31.0	27.9	17.3
61— 80 » — »	23.5	23.1	27.4	28.2	28.2
81—100 » — »	8.7	8.6	13.7	12.1	15.7
101—120 » — »	3.3	2.8	4.8	4.4	6.2
121+ » — »	2.5	1.8	2.4	2.4	3.1
Yhteensä — *Total*	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	Mäntyvaltaiset — *Dominated by pine*				
1—20 vuotta — *years*	7	8	6	15	19
21—40 » — »	24	20	14	13	12
	Kuusivaltaiset — *Dominated by spruce*				
1—20 vuotta — *years*	2	3	2	7	9
21—40 » — »	12	13	10	12	13
	Lehtipuuvaltaiset — *Dominated by dec. spp.*				
1—20 vuotta — *years*	—	6	6	4	3
21—40 » — »	—	30	24	18	22

Taulukko 35. Vuosina 1922 ja 1966 inventoitujen metsiköiden syntymän aika
Table 35. Time of establishment of the stand surveyed in 1922 and 1966

Aika *Time*	Metsiköiden syntymävuosi — *Time of stand establishment*									
	—1801	1802— 1821	1822— 1841	1842— 1861	1862— 1881	1882— 1901	1902— 1921	1922— 1941	1942— 1961	1962—
1922	2.5	3.3	8.8	23.8	31.1	22.7	7.8	—	—	—
1966	—	—	2.6	5.8	14.4	26.8	20.3	14.1	13.3	2.7

Taulukko 36. Kehitysluokat metsämaalla
Table 36. Development classes on forest land

Kehitysluokka — *Development class*	1961	1966
	% metsämaasta % *of forest land*	
Uudistusala, taimisto ja riukuvaihe — *Regeneration area, seedling and sapling stand*	22.1	26.8
Harvennusmetsikkö — *Thinning stand*	28.6	23.8
Väljennysmetsikkö — *Accretion stand*	21.7	18.3
Uudistuskypsä ja suojuspuumetsikkö — *Mature and shelterwood stand*	17.9	17.5
Vajaatuottoinen metsikkö — *Low-yielding stand*	9.7	13.6
Yhteensä — *Total*	100.0	100.0

Taulukko 37. Puuston kuutiomäärä
Table 37. Volume of the growing stock

	Aika — *Time*				
	1922 [1]	1937 [2]	1952	1961	1966
Milj. m³ kuorineen — *Mill. m³, incl. bark*	1 048	887	980	957	995
Mänty — *Pine* %	48.4	42.7	40.0	38.6	39.2
Kuusi — *Spruce* »	28.4	33.8	38.6	41.6	41.6
Lehtipuut — *Deciduous spp.* »	23.2	23.5	21.4	19.8	19.2
Yhteensä — *Total* %	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

[1]) Pinta-ala ennen v. 1940. — *Area before 1940.*
[2]) Pinta-ala v. 1944. — *Area in 1944.*

Taulukko 38. Puuston kuutiomäärä läpimittaluokittain
Table 38. Volume of the growing stock by diameter classes

Aika *Time*	Mänty — *Pine*					Kuusi — *Spruce*					Lehtipuut — *Decid. spp.*					Yhteensä — *Total*				
	Rinnankorkeusläpimitta, cm — *Diameter at breast height, cm*																			
	—10	11—20	21—30	31+	Yht. *Total*	—10	11—20	21—30	31+	Yht. *Total*	—10	11—20	21—30	31+	Yht. *Total*	—10	11—20	21—30	31+	Yht. *Total*
	% kuutiomäärästä — % *of growing stock volume*																			
1922 ..	9	38	40	13	100	16	48	30	6	100	22	52	20	6	100	15	43	32	10	100
1937 ..	9	43	39	9	100	17	52	27	4	100	18	58	20	4	100	15	48	31	6	100
1952 ..	8	36	46	10	100	13	47	34	6	100	16	51	29	4	100	12	43	38	7	100
1961 ..	7	30	49	14	100	10	39	41	10	100	18	42	34	6	100	10	37	43	10	100
1966 ..	5	28	50	17	100	8	36	43	13	100	17	40	35	8	100	8	34	44	14	100

Taulukko 39. Vähintään 20 cm rinnankorkeusläpimitaltaan olevien tukkirunkojen määrä (suluissa lukumäärä kun pienin läpimitta on 19.5 cm)

Table 39. Number of saw timber stems, at least 20 cm of breast height diameter (in the brackets the number when the minimum diameter is 19.5 cm)

Aika *Time*	Mänty — *Pine*		Kuusi — *Spruce*		Lehtipuut — *Decid. spp.*		Yhteensä — *Total*	
	Milj. kpl *Mill. stems*	Kpl/ha *Stems/ha*	Milj. kpl *Mill. stems*	Kpl/ha *Stems/ha*	Milj. kpl *Mill. stems*	Kpl/ha *Stems/ha*	Milj. kpl *Mill. stems*	Kpl/ha *Stems/ha*
1937 [1] ...	456	34	241	18	66	5	763	57
1952	470	40	330	28	87	8	887	76
1966	509	47	452	41	79	7	1 040	95
	(528)	(48)	(476)	(44)	(81)	(7)	(1 085)	(99)

[1]) Pinta-ala v. 1944. — *Area in 1944.*

Taulukko 40. Metsiköiden laatu metsämaalla

Table 40. Quality of the stands on forest land

Laatu — *Quality*	Aika — *Time*		
	1952	1961	1966
	% alasta — % *of area*		
Hyvä — *Good*	18.1	18.0	21.9
Tyydyttävä — *Satisfactory*	28.6	40.7	42.1
Harsien harvennettu — *Treated by selection cutting*	19.4	6.8	5.7
Hoitoa vaille jäänyt — *Silvicultural measure neglected*	17.3	20.9	10.8
Lepoa tarvitseva — *To be leaved uncut*	5.0	2.2	2.2
Yhteensä kehityskelpoiset — *Total capable for development* ...	88.4	88.6	82.7
Harsintajäte — *Residual of selection cutting*	4.1	1.4	4.7
Kasvupaikalle väärä puulaji — *Tree species unsuitable for site*	4.0	7.1	5.5
Yli-ikäinen — *Over-aged*	0.4	0.3	0.4
Muu vajaatuottoinen — *Other low-yielding*	3.1	2.6	6.7
Yhteensä vajaatuottoiset — *Total low-yielding*	11.6	11.4	17.3
Yhteensä — *Total*	100.0	100.0	100.0

Taulukko 41. Puuston kasvu

Table 41. Increment of the growing stock

	Aika — *Time*				
	1922 [1])	1937 [2])	1952	1961 [3])	1966
Milj. m³ kuoretta — *Mill. m³, excl. bark*	37.4	32.1	35.1	35.8	37.8
Mänty — *Pine* ..... %	46.2	39.9	35.9	31.4	32.2
Kuusi — *Spruce* ..... »	27.3	34.6	39.4	44.2	46.6
Lehtipuut — *Deciduous species* ..... »	26.5	25.5	24.7	24.4	21.2
Yhteensä — *Total* %	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

[1]) Pinta-ala ennen v. 1940. — *Area before 1940.*
[2]) Pinta-ala v. 1944. — *Area in 1944.*
[3]) Korjattu ilmastoindeksillä. — *Corrected by climatic index.*

Taulukko 42. Hakkuusuunnitteen arvion muuttuminen
Table 42. Change of allowable cut estimate

Alueet — *Areas*	Mänty *Pine*		Kuusi *Spruce*		Lehtipuut *Dec. spp.*		Yhteensä *Total*	
	1960	1968	1960	1968	1960	1968	1960	1968
	Milj. m³ kuorineen — *Mill. m³ including bark*							
Länsi-Suomi (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12)	5.57	5.58	7.74	9.77	5.20	5.00	18.51	20.35
Itä-Suomi (7, 8, 9, 10, 11)	6.01	5.67	4.88	7.35	5.98	6.15	16.87	19.17
Pohjanmaa (13, 14, 15)	1.66	2.17	1.66	2.27	1.46	1.59	4.78	6.03
Yhteensä — *Total*	13.24	13.42	14.28	19.39	12.64	12.74	40.16	45.55
	Muutos % — *Change %*							
	0		+26		—4		+10	
	— 6		+51		+3		+14	
	+31		+37		+9		+25	
	+ 1		+36		+1		+13	

Taulukko 43. Puulajiosuuksien muuttuminen puuston kuutiomäärässä, kasvussa ja suunnitteessa
Table 43. Change of tree species proportions in growing stock volume, increment and allowable cut

Puulaji — *Tree species*	Kuutiomäärä *Growing stock volume*		Kasvu *Increment*		Suunnite *Allowable cut*	
	Osuus % — *Proportion %*					
	1952	1966	1952	1966	1960	1968
Mänty — *Pine*	40.0	39.2	35.9	32.2	33.0	29.5
Kuusi — *Spruce*	38.6	41.6	39.4	46.6	35.5	42.5
Lehtipuut — *Deciduous spp.* .	21.4	19.2	24.7	21.2	31.5	28.0
Yhteensä — *Total*	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

KIRJALLISUUS — REFERENCES

Eriksson, Harry. 1967. En jämförelse mellan produktionen på fasta försöksytor och i hela bestånd. A comparison between the yield figures for permanent sample plots and those for the stand as a whole. Rapporter och Uppsatser Nr 14. Skogshögskolan, Stockholm.

Ervasti, Seppo — Kuusela, Kullervo. 1968. Suomen metsätase vuosina 1953—66. Forest balance of Finland in 1953—66. FF 49.

Heikurainen, Leo — Kuusela, Kullervo — Linnamies, Olavi — Nyyssönen, Aarne. 1960. Metsiemme hakkuumahdollisuudet. Pitkän ajan tarkastelua. *Summary:* Cutting possibilities of the forests of Finland. A long-term analysis. SF 110.

Huttunen, Terho. 1968. Suomen puunkäyttö vuonna 1966, ennakkotietoja vuodelta1967 ja ennuste vuodelle 1968. Wood utilization in Finland in 1966, preliminary data for 1967 and forecast for 1968. FF 46.

Ilvessalo, Yrjö. 1927. Suomen metsät. Tulokset vuosina 1921—24 suoritetusta valtakunnan metsien arvioimisesta. *Summary in English:* The forests of Suomi (Finland). Results of the general survey of the forests of the country carried out during the years 1921—24. MTJ 11.

—»— 1942. Suomen metsävarat ja metsien tila. II valtakunnan metsien arviointi. *Summary:* The forest resources and the condition of the forests of Finland. The second National Forest Survey. MTJ 30.

—»— 1956. Suomen metsät vuosista 1921—24 vuosiin 1951—53. *Summary in English:* The forests of Finland from 1921—24 to 1951—53. MTJ 47.1.

—»— 1962. IV valtakunnan metsien inventointi. 1. Maan eteläpuoliskon vesistöalueryhmät. *Summary in English:* Fourth National Forest Inventory. 1. Southern Water System Areas. MTJ 56.1.

—»— 1963. IV valtakunnan metsien inventointi. 2. Maan eteläpuoliskon metsänhoitolautakuntien alueryhmät. *Summary in English:* Fourth National Forest Inventory. 2. Southern Forestry Board Districts. MTJ 57.4.

—»— 1965. Metsänarvioiminen. Helsinki.

Kasvu- ja tuottotaulukoita. 1959. Koonnut Pentti Koivisto. Growth and yield tables. MTJ 51.8.

Kilkki, Pekka. 1968. Income-Oriented Cutting Budget. Tulotavoitteeseen perustuva hakkuulaskelma. AFF 91.

Kuusela, Kullervo. 1966. A basal area-mean tree method in forest inventory. *Seloste:* Pohjapinta-alakeskipuumenetelmä metsän inventoinnissa. MTJ 61.2.

—»— 1966 a. Ålands skogar 1963—64. FF 21.

—»— 1967. Helsingin, Lounais-Suomen, Satakunnan, Uudenmaan-Hämeen, Pohjois-Hämeen ja Itä-Hämeen metsävarat vuosina 1964—65. FF 27.

—»— 1968. Growing stock management in Central European and in British forestry. MTJ 66.2.

Kuusela, Kullervo — Ervasti, Seppo. 1969. Reliability comparisons of growing stock, increment and drain estimates in Finland in 1953—1966. MTJ 68.3.

Kuusela, Kullervo — Salminen, Sakari. 1969. The 5th National Forest Inventory in Finland. General design, instructions for field work and data processing. MTJ 69.4.

Kuusela, Kullervo — Salovaara, Alli. 1968. Etelä-Savon, Etelä-Karjalan, Itä-Savon, Pohjois-Karjalan, Pohjois-Savon ja Keski-Suomen metsävarat vuosina 1966—67. *Summary:* Forest Resources in the Forestry Board Districts of Etelä-Savo, Etelä-Karjala, Itä-Savo. Pohjois-Karjala, Pohjois-Savo and Keski-Suomi in 1966—67. FF 42.

—»— 1969. Etelä-Pohjanmaan, Vaasan ja Keski-Pohjanmaan metsävarat vuonna 1968. *Summary:* Forest Resources in the Forestry Board Districts of Etelä-Pohjanmaa, Vaasa and Keski-Pohjanmaa in 1968. FF 62.

MERA metsätalouden rahoitusohjelma III. 1969. Metsätalouden rahoitustoimikunta. Helsinki.

Nyyssönen, Aarne. 1962 The development of age-class composition. MTJ 55.25.

—»— 1965. Metsän arvioiminen. Tapion Taskukirja. Viidestoista painos. Helsinki.

Tiihonen, Paavo. 1966. IV valtakunnan metsien inventointi. 3. Maan pohjois-puoliskon vesistöjen ja metsänhoitolautakuntien alueryhmät. *Summary in English:* Fourth National Forest Inventory in Finland. 3. Northern water system areas and Forestry Board Districts. MTJ 60.6.

—»— 1966 a. Puutavaralajitaulukot. 1. Maan eteläpuoliskon mänty ja kuusi. FF 19.

—»— 1968. IV valtakunnan metsien inventointi. 4. Suomen metsävarat vuosina 1960—63. *Summary in English:* Fourth National Forest Inventory in Finland. 4. Forest Resources in Finland in 1960—63. MTJ 66.3.

Uusvaara, Arno. 1969. Maan ja metsän omistus Suomessa v. 1965 alussa ja sen kehitys v. 1957—65. *Summary:* Land and forest ownerships in Finland 1965 and their development during 1957—65. FF 63.

Abbreviations:

AFF = Acta Forestalia Fennica
FF = Folia Forestalia
MTJ = Metsäntutkimuslaitoksen Julkaisuja
SF = Silva Fennica

SUMMARY

FOREST RESOURCES IN SOUTHERN HALF OF FINLAND IN 1964—68 AND THEIR DEVELOPMENT

Introduction

Forest resources in southern half of Finland are described in this paper on the basis of the results of the 5th national inventory (Fig. 1, p. 9) and the development of the forest resources in 1922—66 on the basis of the results of the earlier inventories. The detailed description of the method of the 5th inventory can be found in the paper of K u u s e l a and S a l m i n e n (1969).

Forest resources in 1964—68

Land classes (Table 1) are:

F o r e s t l a n d has the potential quality for producing a mean annual increment of at least 1 m^3/ha of stem wood including bark, during a rotation of 100 years and under favourable stand conditions.

P o o r l y p r o d u c t i v e l a n d has the potential quality for producing a mean annual increment of 1.0—0.1 m^3/ha defined as above.

W a s t e l a n d has the quality for producing a mean annual increment of less than 0.1 m^3/ha defined as above.

R o a d s, d e p o t s, e t c. are areas in the domain of forestry used for other purposes than for growing trees.

T o t a l f o r e s t r y l a n d includes the land classes defined above.

A g r i c u l t u r a l l a n d includes fields, pastures and agricultural roads and building sites.

B u i l d i n g s i t e s includes areas for houses (excluding farm houses), centers of population, towns, cities, factories, etc.

C o m m u n i c a t i o n r o u t e s, e t c. include power lines and areas in the vicinity such as embankments and cuttings of a railway line.

Forest land, poorly productive land and waste land divided by sub-classes, mineral soils, spruce and deciduous swamps, pine swamps and open swamps, are presented in Table 2. A further division by fertility classes on the basis of the forest site types and swamp types is presented in Table 3 (fertility classes are described by K u u s e l a and S a l m i n e n, 1969).

Areas of peat land classes in the current situation of the drainage activity are presented in Table 4. The classes are:

S w a m p s i n t h e n a t u r a l s t a t e, where swamp plants comprise more than 75 per cent of the ground vegetation.

Ditched swamps which have been so recently drained that there is no marked effect on the vegetation and tree growth.
Transforming peat sites, always forest land. The site is in an intermediate stage after drainage. The original swamp type is recognizable.
Transformed peat sites, always forest land. The site has reached the stage of full productivity after drainage.

Tax classes (Table 5) are used in the tax income taxation in Finnish forestry and they are based on the average productivity of the site.

Dominance of the tree species and the growing stock by age classes are presented in Table 6 and 7 a—g, stands where there are standards and usable undergrowth in Table 8 and stands by development classes in Table 9.

Structure of the growing stock by development classes on different site types is presented in Tables 10 a—j, growing stock volume in Table 11 and volume by timber products in Table 12. For the growing stock the average percentage of wood excluding bark is 84.

Saw timber is that part of the trees having a breast height diameter at least 19.5 cm. The minimum top diameter of logs is 6 inches under bark and the quality of the wood will come up to the requirements of saw and veneer log. The minimum diameter of pulp wood logs is 8 cm above bark and the length 2 m; the corresponding dimensions of small timber are 5 cm and 1 m, respectively. The structure of the growing stock by tree species and by diameter distribution series is analysed in Tables 13—18.

The silvicultural condition of the stands is presented in Table 19 and the amount and quality of the artificially established stands in Table 20. The growing stock of the stands of different silvicultural quality is described in Tables 21 a—c and of the stands established artificially in Table 22. Information about the time passed since the last cutting (Table 23), about the need of cutting (Table 24), of silvicultural works and of drainage works are the basic data for preparing silvicultural and forest improvement plans.

Estimate of the annual increment and of the allowable cut for the near future are presented in Table 27. The increment is estimated as the mean annual increase of stem wood, including bark, during the last 5 years before the time of the inventory. It includes the increment of the trees standing in the forest at the time of the measurements and of the trees which have been cut during the measurement period. No correction due to the climatic fluctuation is made.

The estimate of the allowable cut is based on the assumption that the silvicultural and forest improvement activities are intensified according to the results of national silvicultural plans.

For both increment and allowable cut the average percentage of wood excluding bark is 86.

The timber product specifications are the same as in the case of the growing stock volume. A cubic meter (m^3), including bark, of saw timber includes 21 j^3 of wood based on the top diameter of logs measured under bark, of deciduous veneer timber 30.5 j^3 of wood based on the mid diameter of logs measured over bark, of conifer pulp wood 1.2 m^3 of half-barked wood, of deciduous pulp wood 1.4 m^3 of wood with bark, of conifer small timber 1.35 m^3 and of deciduous small timber 1.5 m^3, all pulp and small timber in stacked measure.

Development of the forest resources and cutting possibilities since the time of the 1st inventory in 1922 the estimate of the forestry land decreased from 80.0 per cent to 76.4 per cent in 1961 (Table 28). At present the land of forestry seems to be

increasing because of the afforestation of the marginal fields and pastures. The area of forest land (productive forest land) is increasing because of the afforestated agricultural land and of the change of poorly productive and waste land into forest land by peat land drainage (Tables 29 and 30).

During the period of 1922—1966 the stands dominated by pine have decreased at first but increased since the regeneration activity started about 15 years ago. The most conspicuous features are the increase of stands dominated by spruce and the decrease of stands dominated by birch (Table 33). In the age structure the youngest and oldest stands have increased during the last years (Table 34 and 35). The increase of the regeneration activity can be seen in occurrance of the development classes too (Table 36).

Taking into account the possibility of the random and systematic errors (K u u s e l a and E r v a s t i 1969), the estimate of the growing stock increased during the period of the Second World War and has been on the same level during the last 15 years (Table 37). Development of the tree species proportions has not been as rapid as the development of the tree species dominance because of the amounts of the mix species in growing stock volume change slower than the tree species dominance.

During the time since 1922 the silvicultural quality of the cutting methods has improved (Table 40), and as a result of this, the amounts and proportions of the large diameter trees and saw timber trees have increased very markedly (Tables 38 and 39). However, the area of the low-yielding stands and areas have increased (Table 40). The main reasons to this are: In the last inventory all the poor quality stands of deciduous species have been considered as low-yielding. In the regeneration activity the low-yielding stands have not had a proper proportion. The natural afforestation of the abandoned agricultural land has created new low-yielding stands.

The effect of the better silviculture and of the large amounts of forest improvement works can be seen in the increased increment (Table 41). Because of this and of the current forest improvement activity the estimate of the allowable cut on the sustained basis has increased considerably.

The cutting activity has variated in different areas and consequently the growing stock characteristics variate too (Figures 5—8). Thus there are distinct over- and undercut areas in the southern half of Finland (Fig. 9). If the undercut areas can not be covered by intensive silviculture the actual cut will be less than the allowable cut in the near future. Drain, increment and allowable cut balance during in 1952—66 is presented in Fig. 10.

CORRECTION:

The publication has been printed as a serialpublication 70.3. Should be 71.2.

KORJAUS:

Julkaisu on painettu sarjajulkaisuna 70.3. Pitää olla 71.2.

REGIONALITY OF FOREST GROWTH IN FINLAND

Seloste

METSÄN KASVUN ALUEELLISUUS SUOMESSA

PENTTI KOIVISTO

HELSINKI 1970

Helsinki 1970. Valtion painatuskeskus

Preface

National forest inventories always contain an accumulation of material providing a suitable basis for various specialized studies. The possibility of using the increment sample plots of the inventories for a study of the regionality of growth was brought to my attention by my chief, Professor Kullervo Kuusela. This prompted me to study forest growth changes in the whole territory of Finland on the basis of the increment sample plot material of the Third National Forest Inventory.

During the course of the study, Professors Kuusela readily gave me advice and encouragement. Professors Aarne Nyyssönen and Yrjö Vuokila perused the manuscript and gave helpful criticism and several suggestions for the further elucidation of the subject matter. Simo Poso, Licentiate of Agriculture and Forestry, and Sakari Salminen, Jouko Laasasenaho and Christian Keil, Foresters (B.For.), gave me invaluable help in the mathematical and statistical treatment of the material. I am greatly indebted to all the persons mentioned.

The diagrams were drawn by Miss Riitta Linnamies. I wish to express my warmest thanks to her and to the translators of the manuscript, Mrs Hilkka Kontiopää, M.A. (Helsinki) and Mrs Barbara Rikberg.

Finally, I gratefully acknowledge the study grant received from the Finnish Cultural Fund (Suomen Kulttuurirahasto).

Helsinki, December 1969

Pentti Koivisto

Contents

Page

1. Introduction and purpose of the investigation 5
2. Material 9
3. The method of deriving increment functions 13
   31. Qualities demanded of the material 13
   32. Model of regression analysis 15
   33. Variables of the regression model 17
      331. Errors in variables 22
   34. Calculation of the regression model 24
4. Results 26
   41. Increment functions 26
      411. Functions of pine-dominated stands 26
         4111. Systematic error of the function 29
         4112. Comparison with increment percentages of some other pine stand studies 35
         4113. Functions for practical purposes 36
      412. Functions for spruce- and birch- dominated stands 37
   42. Variation of forest growth in the territory of Finland 40
      421. Basis for computing 42
      422. Intensity of the increment 44
      423. Regional changes in the increment 46
         4231. Division of the country into growth regions 48
         4232. Discussion of division into growth regions and comparison with some other investigations 54
   43. Natural wood production capacity of Finnish forests 58
5. Summary 63
6. References 66
7. Suomenkielinen seloste 71

1. INTRODUCTION AND PURPOSE OF THE INVESTIGATION

Practically all forest growth studies, in Finland and elsewhere, have been based on materials collected over relatively limited areas (excepting e.g. Petterson 1955). Comparisons of the results of growth and yield studies in various regions (in Finland, e.g. Ilvessalo 1920, 1937 and 1967; Lönnroth 1925; Nyyssönen 1954; Vuokila 1956 and 1967; Koivisto 1957, and elsewhere in Europe e.g. Eide and Langsaeter 1941; Assmann 1954 and 1956; Fries 1964, and others) naturally show the changes in growth on transition from favourable to less favourable climatic conditions. But the regional differences in growth have to date hardly been reviewed in the light of results provided by one and the same increment function. It might be possible to study the regional growth changes of a tree species by means of a single function in the northern region of coniferous forests, especially in those countries covering a long distance from north to south and with a wide variation in increment. An example of one such suitable country is Finland, with a territory extending southwards from the outskirts of tundra over a good 1 100 km to the northerly periphery of the southern oak zone.

In working out a function intended for extensive areas special care must be devoted to the choice of suitable climatic and site factors. The stand characteristics which are frequently applied are often only adequate for studies of the increment over relatively small areas. Even in limited geographical regions the climatic factors have in fact been tested (e.g. Fries 1964 and Vuokila 1965). But the climatic and site factors primarily affecting the increment are often awkward to measure. The water and nutrient factors governing the fertility of the site are especially difficult to define numerically. For this reason, in the present and many other studies, the yardstick used for the site quality is an index of the relative growth capacity of the site. Despite the importance of the primary growth factors most of the growth variation will, therefore, still be accounted for by means of secondary factors, the stand characteristics.

Knowledge of the regional growth changes is necessary for various reasons. It may be helpful e.g. in assessing the profitability of forest cultivation on various sites and in various climatic regions. Distributions into growth regions have already been made for a number of uses.

Reforestation, mainly with exotic tree species, has been carried out in the British Isles for some time. To facilitate the selection of the tree species, Fairbairn (1968) divided Great Britain into zones on the basis of the length of the growing season and precipitation. Sweden has been divided into 6 growth regions, and a proposal has been made for their further division into sub-regions on the basis of the radial growth revealed by the material obtained from national forest inventories (Hagberg 1959).

Division into growth regions is not unknown in Finland either. For the purposes of forest taxation, the country has been divided into 9 forest taxation regions and these again into 5 site quality or tax classes. A so-called mean volume unit for taxation, i.e. mean increment per hectare, has been determined for each tax class of each forest taxation region on the basis of the national forest inventories (Tapion taskukirja, 1965, 15th ed., p. 74). However, since these increment figures are based on the increment of stands at the time of the inventory, they do not necessarily provide a correct picture of the mutual wood production ability of the different site classes and regions.

Lukkala (1938) divided the country into 5 climatic regions for forest drainage purposes. Heikurainen (1959), on the basis of the annual increment estimated from material collected from swamp forests in various parts of Finland, also divided the country into zones which differ slightly from those proposed by Lukkala. Heikurainen and Seppälä (1965) analysed the same material later, studying the correlations between the growing stock in swamp forests and the various climatic factors. Similar studies have also been carried out by Huikari, Aitolahti, Metsänheimo and Veijalainen (1968).

Paterson (1961, Fig. 31), in his division into zones, took a step further than those listed above. He made an attempt to divide the whole of Scandinavia into comparable regions on the basis of their »potential» yield.

Even though the absolute volume increment largely depends on the age and on the growing stock already reached, the increment level is nevertheless dictated by primary growth factors such as the fertility of the forest soil, and by climatic factors, the most important of which are the temperature and precipitation of the growing season. Although the soil in Finland becomes slightly less fertile towards the north (Aaltonen 1940) while at the same time precipitation diminishes (Suomen kartasto 1960), the temperature is apparently the most important climatic factor regulating forest growth. Leikola (1969) and Sirén (1961), among many other research workers, found that the diameter growth was most closely correlated with the temperature of the growing season. Some temperature characteristic

of the growing season is therefore the most natural basis of classification into growth regions.

Accordingly, the purpose of the present study was, first, to *derive volume increment functions for stands dominated by pine, spruce and birch, growing on productive forest lands over the whole of Finland, particular attention being given to the climatic factors.*

A second, and most important purpose was, with the aid of the functions derived, to *analyse the changes in the volume growth of the above types of stands within the area of Finland and if possible to divide the country, on this basis, into major growth regions with largely similar conditions for forest growth.* The subject matter of the study consists, therefore, not of yearly fluctuations of growth, but of growth changes attributable to the gradual deterioration or improvement of climatic and other growth factors from one region to another.

The functions derived can also be used to determine the increment percentages in the cutting budget for desirable growing stock (K u u s e l a and N y y s s ö n e n 1962) or to study the correlations between volume increment and the volume of the growing stock.

S y m b o l s
S y m b o l i t

Dependent variable
Selitettävä muuttuja

P_V = growth percentage of stand volume × 100 (excl. bark)
metsikön kuoreton kuutiokasvuprosentti × 100

Independent variables
Selittävät muuttujat

T	= biological stand age *metsikön biologinen ikä*	at the end of period *jakson lopussa*	years *vuotta*
V	= stand volume, excl. bark *metsikön kuoreton kuutiomäärä*	»	cu. m.solid measure/ha *k-m³/ha*
G	= basal area of the stand, incl.bark *metsikön kuorellinen pohjapinta-ala*	»	sq. dm/ha *dm²/ha*
D_G	= mean diameter of the stand, weighted by G, incl.bark *metsikön G:llä painotettu kuorellinen keskiläpimitta*	»	mm
H_G	= mean height of the stand, weighted by G *metsikön G:llä painotettu keskipituus*	»	dm
TS	= thermal growing season *termisen kasvukauden pituus*		days/10 *vrk/10*

ES	= effective temperature sum *tehoisa lämpösumma*	°C/100
HS	= height above sea level *korkeus merenpinnasta*	m/10
L	= latitude *leveysaste*	degree *aste*
SI	= site index *kasvupaikkaindeksi*	

Others
Muut

P_G	= growth percentage of basal area *pohjapinta-alan kasvuprosentti*
P_{FH}	= growth percentage of form-height *muotokorkeuden kasvuprosentti*
r	= coefficient of simple correlation *yksinkertainen korrelaatiokerroin*
R	= coefficient of multiple correlation *multippeli korrelaatiokerroin*
R^2	= coefficient of determination *determinaatiokerroin*
s^2	= estimate of variance *varianssin estimaatti*

2. MATERIAL

The main material of the present study consists of the growth sample plots, total 15,310, of the Third National Forest Inventory for the years 1951—53 (Ilvessalo 1956).

The circular sample plots of the inventory were measured at varying line intervals (6.5, 13, 16 and 20 km) at plot intervals of one kilometre. The plot size for trees exceeding 10 cm in diameter was 10 ares (exceptionally 5 ares), and for trees under 10 cm in diameter 1 are. The number of sample trees ranged from 10 to 20, and they were preferably selected in such a way that each sample tree represented an equal proportion of the sample plot volume uniformly throughout the stem distribution series.

The customary measurements for the volume table were taken of every sample tree: diameter at breast height, height and taper (Ilvessalo 1948). The thickness of bark and the radial growth in the last 5 and 10 years as the mean of two increment borings on opposite sides of the stem were recorded for about two-thirds of the sample trees. For conifers, the mean length of shoots of the last five years was measured, while for deciduous trees the crown storey of the sample tree was determined to obtain the increment in form-height.

On the results of these measurements, the current annual volume increment percentage, excluding bark, of each sample plot was calculated. The absolute volume increment excluding bark was then calculated on the basis of this increment percentage and the volume excluding bark.

The main material available was first reduced leaving only all the one tree-storey sample stands of not less than three trees, growing on productive mineral soil and dominated by pine, spruce or birch. Every seventh sample plot of the reduced material in a random arrangement of Forestry Board Districts was systematically taken for inclusion in the study.

Statistically, therefore, the *material of the present study is a systematic subsample of a more extensive systematic sample.*

The final material consisted of the following sample plots:

	sample plots *koealaa*	per cent %
stands dominated by pine — *mäntyvaltaiset metsiköt*	535	47
stands dominated by spruce — *kuusivaltaiset metsiköt*	467	40
stands dominated by birch — *koivuvaltaiset metsiköt*	145	13
total — *yhteensä*	1,146	100

Table 1. Distribution of sample plots by stand age and thermal growing season.
Taulukko 1. Koealametsiköiden jakaantuminen ikäluokkiin termisen kasvukauden pituuden mukaan.

Thermal growing season, days *Terminen kasvukausi, vrk*	Age class. years — *Ikäluokka, vuotta*								
	1—39	40—79	80—119	120—159	160—199	200—239	240—279	280+	Total *Summa*
	Number of sample plots — *Metsiköitä, kpl*								
	Dominated by pine — *Mäntyvaltaiset*								
—115	—	—	—	1	—	—	—	—	1
115—124	—	2	8	7	13	6	1	3	40
125—134	2	8	29	17	13	13	2	2	86
135—144	1	20	42	10	5	2	—	—	80
145—154	6	35	32	9	—	—	—	—	82
155—164	12	95	38	4	1	—	—	—	150
165—174	11	44	30	4	—	—	—	—	89
175+	—	3	4	—	—	—	—	—	7
Total — *Summa*	32	207	183	52	32	21	3	5	535
	Dominated by spruce — *Kuusivaltaiset*								
115—124	—	—	—	5	4	—	—	—	9
125—134	—	—	9	21	17	5	2	—	54
135—144	—	9	26	15	5	3	—	—	58
145—154	1	24	36	17	—	—	—	—	78
155—164 ...	4	84	42	6	—	—	—	—	136
165—174	9	84	27	4	—	—	—	—	124
175+	—	4	3	1	—	—	—	—	8
Total — *Summa*	14	205	143	69	26	8	2	—	467
	Dominated by birch — *Koivuvaltaiset*								
115—124	1	1	3	2	—	—	—	—	7
125—134	—	2	7	7	1	—	—	—	17
135—144	—	7	4	3	—	—	—	—	14
145—154	1	17	6	—	—	—	—	—	24
155—164	4	52	1	—	—	—	—	—	57
165—174	5	17	3	—	—	—	—	—	25
175+	—	1	—	—	—	—	—	—	1
Total — *Summa*	11	97	24	12	1	—	—	—	145

The distribution of the tree species in Finland is much the same as that shown in this table (Ilvessalo 1956). With the exception of the birch-dominated sample plots, the number of sample plots is remarkably high. This implies a high number of degrees of freedom, in the statistical tests, and therefore even the independent variables of relatively low importance in the function will be statistically significant. At the same time, the material is evenly distributed throughout the country, and the sample plot stands cover the whole range of sites, ages, volumes etc.

The distribution of the sample plots according to age and thermal growing season is presented in Table 1, according to age and basal area in Table 2, and according to basal area and mean height in Table 3.

Table 2. Distribution of sample plots by stand age and basal area.
Taulukko 2. Koealametsiköiden jakaantuminen ikä- ja pohjapinta-alaluokkiin.

Basal area, sq. metres per ha *Pohjapinta-ala, m²/ha*	Age class, years — *Ikäluokka, vuotta*								
	1—39	40—79	80—119	120—159	160—199	200—239	240—279	280+	Total *Summa*
	Number of sample plots — *Metsiköitä, kpl*								
	Dominated by pine — *Mäntyvaltaiset*								
0—	10	9	4	3	1	—	—	—	27
4—	5	24	25	14	11	6	1	1	87
8—	7	43	34	17	10	7	1	4	123
12—	6	45	53	5	4	4	1	—	118
16—	3	37	32	8	3	3	—	—	86
20—	1	26	18	2	1	1	—	—	49
24—	—	15	8	3	1	—	—	—	27
28—	—	5	8	—	1	—	—	—	14
32+	—	3	1	—	—	—	—	—	4
Total — *Summa*	32	207	183	52	32	21	3	5	535
	Dominated by spruce — *Kuusivaltaiset*								
0—	3	8	4	4	—	—	—	—	19
4—	3	23	18	6	8	1	1	—	60
8—	1	31	26	17	11	4	—	—	90
12—	5	49	35	21	7	1	1	—	119
16—	2	47	31	9	—	1	—	—	90
20—	—	26	15	5	—	—	—	—	46
24—	—	15	9	5	—	1	—	—	30
28—	—	4	4	—	—	—	—	—	8
32+	—	2	1	2	—	—	—	—	5
Total — *Summa*	14	205	143	69	26	8	2	—	467
	Dominated by birch — *Koivuvaltaiset*								
0—	3	2	2	—	—	—	—	—	7
4—	3	9	9	5	—	—	—	—	26
8—	—	16	3	4	1	—	—	—	24
12—	1	33	5	1	—	—	—	—	40
16—	3	22	3	1	—	—	—	—	29
20—	—	8	2	1	—	—	—	—	11
24—	—	6	—	—	—	—	—	—	6
28—	1	—	—	—	—	—	—	—	1
32+	—	1	—	—	—	—	—	—	1
Total — *Summa*	11	97	24	12	1	—	—	—	145

The number of young and middle-aged sample stands, especially spruce stands, declines from south to north, and owing to the age-class distribution of the forests they are non-existent in the northernmost part of the country (Table 1). This lack of material may cause a systematic error in the functions. A greater number of sample plots from the northern parts of the country might have been helpful on this point.

Old sample stands with high volume are few, whereas young and middle-aged stands, though not specifically spruce stands, include sample plots in

Table 3. Distribution of sample plots by mean height and basal area.
Taulukko 3. Koealametsiköiden jakaantuminen keskipituus ja pohjapinta-alaluokkiin.

Basal area, sq. metres per ha *Pohjapinta-ala, m²/ha*	Mean height, m — *Keskipituus, m*											
	2—	4—	6—	8—	10—	12—	14—	16—	18—	20—	22+	Total *Summa*
	Number of sample plots — *Metsiköitä, kpl*											
	Dominated by pine — *Mäntyvaltaiset*											
0—	7	2	5	3	6	3	—	1	—	—	—	27
4—	2	7	12	11	18	23	12	2	1	—	—	88
8—	1	4	7	21	22	30	28	6	3	—	—	122
12—	1	1	4	9	17	34	27	14	9	2	—	118
16—	—	—	5	7	10	14	26	18	5	—	1	86
20—	—	1	—	2	3	4	13	19	5	1	1	49
24—	—	—	—	1	6	3	5	8	3	1	—	27
28—	—	—	—	1	—	1	3	4	5	—	—	14
32+	—	—	—	—	—	—	2	1	—	1	—	4
Total-*Summa*	11	15	33	55	82	112	116	73	31	5	2	535
	Dominated by spruce — *Kuusivaltaiset*											
0—	2	3	5	1	3	2	2	1	—	—	—	19
4—	—	4	4	17	22	5	6	—	—	2	—	60
8—	—	—	7	11	26	25	15	5	1	—	—	90
12—	—	—	4	13	33	27	19	17	5	1	—	119
16—	—	—	2	6	12	19	28	15	5	3	—	90
20—	—	—	—	2	6	8	15	10	4	1	—	46
24—	—	—	—	2	1	4	7	9	5	2	—	30
28—	—	—	—	—	—	—	2	4	—	—	2	8
32+	—	—	—	—	—	1	3	—	—	—	1	5
Total-*Summa*	2	7	22	52	103	91	97	61	20	9	3	467
	Dominated by birch — *Koivuvaltaiset*											
0—	1	2	1	1	—	1	1	—	—	—	—	7
4—	—	1	9	5	7	2	2	—	—	—	—	26
8—	—	—	2	3	6	7	6	—	—	—	—	24
12—	—	—	—	4	8	8	10	9	1	—	—	40
16—	—	—	—	1	4	10	5	7	2	—	—	29
20—	—	—	—	—	2	2	1	3	3	—	—	11
24—	—	—	—	—	3	—	1	2	—	—	—	6
28—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1
32+	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1
Total-*Summa*	1	3	12	14	30	31	27	21	6	—	—	145

which the basal area exceeds the mean basal area of moderately heavily thinned pine, spruce and birch stands of the Finnish growth and yield tables (Table 2) (cf. Nyyssönen 1954; Vuokila 1956, and Koivisto 1957).

For South Finland in any case the material covers the whole range of the stands, and what is even more important, it includes stands with growing stocks markedly below the optimum.

3. THE METHOD OF DERIVING INCREMENT FUNCTIONS

The growth of forest is the result of the combined effect of many factors. In the present study this effect is analysed with the aid of *multivariate regression analysis*. The common regression function is

$$y = f\ (x_1,\ x_2,\ \cdots,\ x_n) \qquad (1),$$

where y is the increment of the stand, the dependent variable, while x_1, x_2, $\cdots$, x_n refer to the various growth factors, the independent variables. In a linear case the equation assumes the form

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \cdots, + b_nx_n \qquad (2),$$

where b_1, b_2, $\cdots$, b_n are unknown parameters of the independent variables, estimated in regression analysis by means of the least squares method.

Either the relative or the absolute increment of the stand volume can be chosen as the dependent variable (y) of the analysis. In this case the latter is the most suitable. However, according to earlier studies, the absolute volume increment has, as a function of age which is the most important of the independent variables, both a single maximum which, depending on tree species and site, occurs between 30 and 50 years, and an inflection point. Therefore, it is not easy to find a mathematical equation for absolute volume increment to illustrate the course of the growth. On the other hand, the dependence of the relative volume increment on growth factors is simpler and easier to interpret (K u u s e l a and K i l k k i 1963). Since, moreover, the accustomed method in Scandinavia is to calculate first the relative increment of a stand, the relative volume increment will here be chosen as a dependent variable of the analysis.

The multivariate regression analysis has been applied in numerous growth studies. Since they have been reviewed in many recent publications (e.g. J o n s s o n 1962; F r i e s 1964; V u o k i l a 1965), the present study will simply refer to them in suitable contexts.

31. Qualities demanded of the material

Regression analysis yields serviceable results, which can be statistically tested only provided the sample and its selection, and the measurement of

the variables, meet given conditions (see Ezekiel and Fox 1959; Pope 1962; Freese 1964).

1. The sample must be a random sample from a normally distributed bi- or multivariate population. In regression model II, in which the independent variables, unlike regression model I, are also random variables (Snedecor 1962), the standards of random sampling and normal distribution apply to every variable.

The basic data of the present study were obtained by a systematic sampling as described on page 9. The sample, therefore, is not strictly systematic, and the observations are hardly mutually correlated. Since systematic samples seldom lead to less reliable results than do random samples (Nyyssönen, Kilkki and Mikkola 1967, pp. 55—56) the reliability of the parameters can scarcely be overestimated when calculated with the formulas of random samples.

The demand for normal distribution is only approximately met by the different variables. Generally there is an excess around the mean, or there may be more or less curtailment at either end of the range. The regression coefficients, however, are not particularly sensitive to even pronounced abnormalities (Ezekiel and Fox 1959).

2. The variance of the dependent variable (y) must be independent of the values of the independent variables. This condition is usually met when the sample is random.

It can be foreseen, however, that the variance of increment percentage diminishes as the stand ages. For this reason some kind of transformation, e.g. a logarithmic transformation, is necessary. The independence of the variance after the transformation should be re-confirmed.

The variance in different parts of the range is adequately illustrated when the range of y in each class of x is divided by a figure that depends on the number of observations (Steel and Torrie 1960, p. 342). Since age is definitely the most significant independent variable, the increment percentages were classified into 40-year classes for which variances were calculated according to the above method. The variances by age classes (log y) with the associated degrees of freedom (d.f.) can be seen in the table below.

	11-50	51-90	91-130	131-170	171-210	age class *ikäluokka*
stands dominated by	.0189	.0238	.0246	.0281	.0350	s^2 (log y)
pine — *mäntyvalt.*	87	241	124	33	28	*d.f.*
stands dominated by	.0234	.0149	.0232	.0323	.0365	s^2 (log y)
spruce — *kuusivalt.*	52	221	124	42	18	*d.f.*
stands dominated by	.0259	.0088	.0119	—	—	s^2 (log y)
birch — *koivuvalt.*	41	72	22	—	—	*d.f.*

The variance of the logarithmic growth percentage is therefore not independent but tends to grow with age. According to the Bartlett test (e.g. Steel and Torrie, l.c., p. 347) the heterogeny of the variance, however, is not significant. It was therefore not considered necessary to use weighted analysis (Cunia 1964).

3. No interaction is permissible between the independent variables, in other words, the dependent/independent variable ratio must not change if the level of some other independent variable changes. If interaction occurs, additivity is no longer valid.

The product of independent variables eliminates the disadvantages of interaction. Since the model, in which the most important independent variables T and G were represented, was not significantly improved when the product (T × G) was added as another variable, disturbing interaction is improbable.

4. The observations must be as free from error as possible. Most dangerous among the *random errors* are those of the independent variables, for they reduce both the regression and the correlation coefficients and lead to increased variance (Ezekiel and Fox 1959). Random errors in observation of the dependent variable, by contrast, do not affect the regression coefficients but their effect on correlation coefficients and deviation is the same as above.

Systematic errors in observations, again, enlarge or reduce the coefficients, depending on the interrelationship of the variables and their errors (Ezekiel and Fox l.c., p. 311), and may obscure the true relationship.

The sources of error in observations are discussed in detail later (p. 22).

The demands for a normal distribution and independence of the variance are therefore not fully met. However, the deviations hardly exceed those of biological samples in general. Owing to the deviations, the reliability characteristics are not precise, but should rather be considered a relative standard of the reliability of these characteristics (Fries 1964, p. 52).

32. Model of regression analysis

The variables of the observation vectors have been obtained in the first place by systematic sampling (p. 9), but regression model II can nevertheless be considered valid. This means that if the material meets the conditions specified in the preceding chapter, the calculation of not only regression but also correlation coefficients and their reliability can be allowed (Ezekiel and Fox 1959). Since a biological sample practically always meets these conditions only approximately, some authors (e.g. Freese 1964) have been inclined to call into question the use of correlation

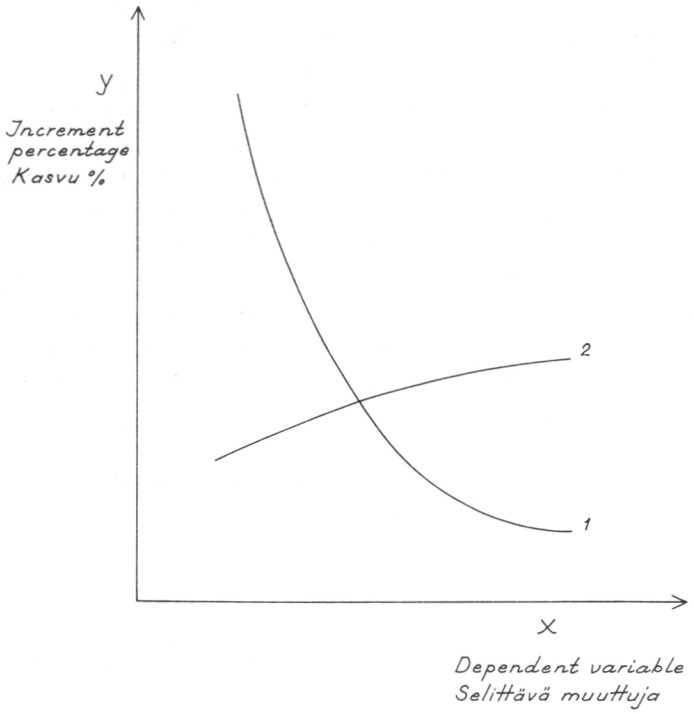


Fig. 1. Dependence of the relative volume increment on stand characteristics (curve 1) and on primary growth factors (curve 2).
Kuva 1. Suhteellisen kuutiokasvun riippuvuus puuston tunnuksista (käyrä 1) ja ensisijaisista kasvutekijöistä (käyrä 2).

coefficients in a regression analysis. The correlations only show the strength of the relationship between the variables. When correlation coefficients are presented this should, therefore, be borne in mind.

When a stand grows, its relative volume increment at first decreases rapidly and then asymptotically approaches the limit value 0 as the stand becomes older (Fig. 1, Curve 1). But when the primary growth factors, e.g. the climate, become more favourable while other growth factors remain constant, the relative growth of the stand increases. According to the plotted graphs, however, this does not take place rectilinearly but at an increasingly slow rate (Fig. 1, Curve 2). In both cases the dependence is curved, and the curves have almost the character of logarithmic curves (S t e e l and T o r r i e 1960, pp. 333—334). The function can therefore be either an exponential function

$$y = ab_1^{x_1} \cdot b_2^{x_2} \cdot b_3^{x_3} \cdots b_n^{x_n} \qquad (3)$$

in which the increase of the dependent variable, unlike function (2), is relative and not absolute, although the increase in the independent variables is absolute, or it may appear in the form of powers

$$y = ax_1^{b_1} \cdot x_2^{b_2} \cdot x_3^{b_3} \cdots x_n^{b_n} \quad (4)$$

in which a relative increase in the independent variable corresponds to that in the dependent variable (see Fries 1964, p. 47).

When the analysis is effected with logarithmic transformations the change of scale makes the function linear, the variance of the dependent variable becomes less dependent on the values of the independent variables, and the tests are simplified (Bartlett 1947, Cochran 1947). It should also be noted that since the dependent variable in both functions has the same form, the functions can be combined, and as a result the independent variables can be either original or logarithmic. Care must be taken that all calculations and tests use the transformed values. The logarithmic transformations of functions (3) and (4) are

$$\log y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 \cdots + b_nx_n \quad (5)$$

$$\log y = a + b_1\log x_1 + b_2\log x_2 + b_3\log x_3 + \cdots + b_n\log x_n \quad (6)$$

The solutions with transformed data admittedly have their drawbacks. The mutual ratios of the variables may change to some extent on transformation. For example, before back-transformation, the product 1.1513 x residual variance (Jeffers 1960) must be added to the constant of the derived logarithmic equation.

33. Variables of the regression model

Since the present material was originally collected for another study, the selection of the independent variables of the analyses has been limited, especially as regards stand characteristics, but also as regards climatic and site factors.

Dependent variable

The dependent variable of the analyses is the relative increment of the stand volume excluding bark (P_V). In the main data it has been calculated from the formula (Jonson 1928 and Ilvessalo 1939)

$$P_V = P_G + P_{FH} \quad (7)$$

in which P_V is the volume increment percentage, P_G the increment percentage of the basal area, and P_{FH} the increment percentage of form-height, all calculated according to a 5-year period of measurement. The control capital for percentage calculation was the capital at the end of the period.

Before the analyses the increment percentages, in principle, should be corrected to correspond to the average level of increment, for the increment fluctuates both from year to year and within any one year differently in different parts of the country, especially from south to north (Mikola 1950). Data on increment fluctuations at the date of the study are, however, very approximate and incomplete. The growth of pine in the years covered by the present study (1946—1952) is known to have been, according to the 5-year index, about 7 per cent above the mean level in South Finland and about 4 per cent below the mean level in North Finland. The growth of spruce was below the mean level in the whole country, by about 9 per cent in South Finland and 17 per cent in North Finland (Ilvessalo 1956). For adjustment of the growth figures, more detailed regional data would be required. In their absence the functions are derived by means of unadjusted increment percentages, keeping in mind the fact that the functions probably give too high increment percentages for the southern and too low for the northern half of the country. This point will be discussed again in connection with the results of the study.

Independent variables

The *stand characteristics, or secondary variables*, do not directly affect the growth of the stand. Since, however, they are closely correlated with the growth and, above all, are relatively easy to measure accurately, they have often been used for derivation of increment functions. In the present study, too, they are the main independent variables.

With the present material it was possible to carry out only the tests with the most common stand characteristics, i.e. those valid for the end of the measurement period. In derivation of prognostic functions the characteristics should preferably reflect the condition of the stand at the beginning of the period, and from this point of view the variables used are not beyond criticism. The measurement results in the material are, however, of such a kind that the reconstruction of the characteristics as at the beginning of the period would in part have been impossible, and owing to the very high number of the sample plots, extremely laborious. From the point of view of the main purpose, the study of the regionality of forest growth, this defect in the material is of scarcely any importance.

The *stand age (T)* refers to its biological age. According to the instructions issued for the inventory (Ilvessalo 1951) it has been obtained by adding to the age at stump height, the number of years estimated to have elapsed before that height was reached.

The *stand volume (V)* equals the stemwood volume, excluding bark, of the stand per hectare. It has been calculated according to Ilvessalo's (1948) tables.

The *basal area (G)* is the sum per hectare of the cross section areas at breast height, including bark.

Mean diameter (D_G) is the mean diameter of the stand weighted by the basal area, including bark.

The *mean height (H_G)* refers to the mean height of the stand weighted by the basal area.

The *climatic and site factors, i.e. the primary growth factors*, are difficult to express accurately by figures. Various authors have used different characteristics of the growing season to describe the climate, such as the mean temperature, the length, and the intensity of the temperature, etc. (Jonsson 1962; Fries 1964; Vuokila 1965), but also precipitation (Vuokila l.c.; Nebe 1968; Leikola 1969), temperature of the soil and wind velocity (Leikola l.c.). The fertility of the site has been indicated by various site indexes (Kuusela and Kilkki 1963) or height over age (Fries l.c.).

Since the sample plots of the present study had already been measured and were scattered all over the country, the climate and site peculiar to each plot could no longer be determined in detail, for reasons of economy. On the other hand, the climatic variables are general figures per zones, based on long-term observations in various parts of the country (Suuri metsäkirja I 1949; Kolkki 1959; Suomen kartasto 1960). A kind of site index, admittedly only for stands dominated by pine, was developed to characterize the site.

The *thermal growing season (TS)* refers to the number of days per growing season with mean 24-hour temperatures exceeding a given temperature considered as critical. The temperature has often been set at +6°C (e.g., Langlet 1936 and Fairbairn 1968). In the present study the limit was set at +5°C since the zones of Suomen kartasto (1960, Fig. 9) have been drawn on this basis.

The territory of Finland was divided, on the basis of the thermal growing season, at 10-day intervals into zones of 115—124, 125—134, ..., 165—174, 175—184 days. Each sample plot was given the length of the thermal growing season which corresponded to the mean of its zone (120, 130 etc. days) (Fig. 2).

The *effective temperature sum (ES)* refers to the sum of the daily mean temperatures of the growing season (Suuri metsäkirja I 1949). The country was divided into zones with 100°C class intervals, and each sample plot was given the temperature sum of the centre of the relevant zone.

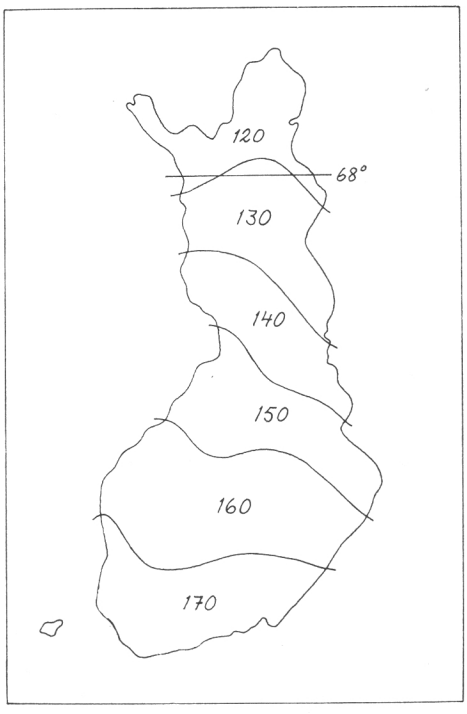


Fig. 2. Regions based on the length of thermal growing season.

Kuva 2. Termisen kasvukauden pituuteen perustuvat vyöhykkeet.

Latitude (L). Finland's length from north to south is relatively great and the country extends across a number of latitudes. For this reason it is tempting to use the factor of latitude, which indirectly correlates with the growth, as an independent variable in the function, even though it is known in advance that the latitude has a high negative correlation with the two factors mentioned.

Height above sea level (HS). Finland is, on the whole, a flat country with a relatively low elevation above sea level. Since, moreover, the height increases towards the north, its correlation with the variables listed above is obvious. The variable was tested, however, and the material was classified into 100 m classes: 0—99, 100—199 etc. metres above sea level.

Site index (SI). It has always proved awkward to take the site into account in the derivation of growth functions. The amount of the absolute increment of a stand is directly connected with site quality, whereas the relative increment after the age of 20 years is roughly the same on the different site classes (e.g. Nilsson 1961). The increment percentage of

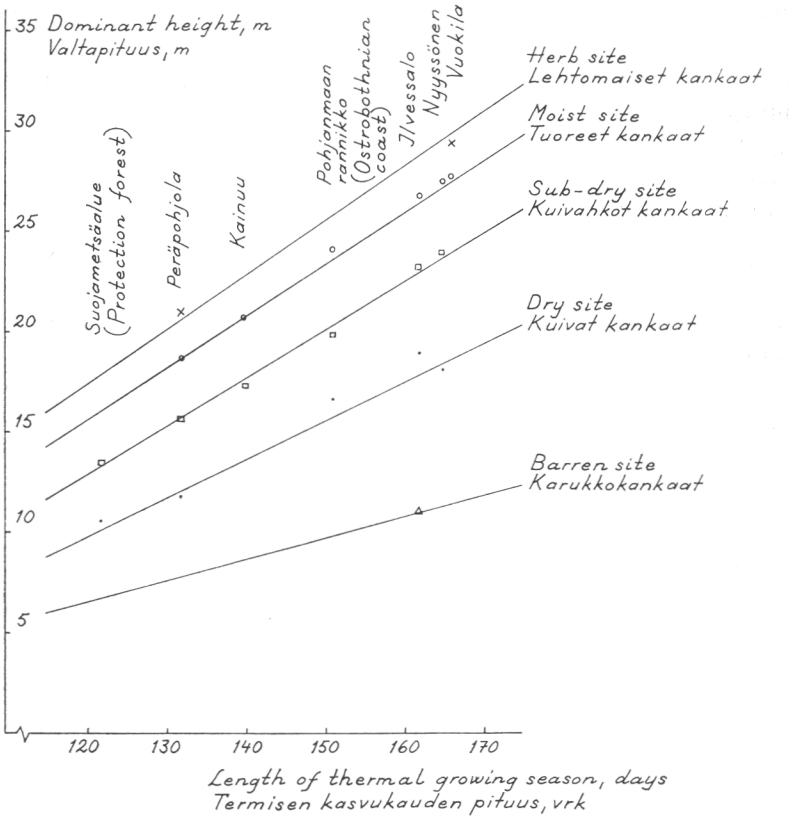


Fig. 3. Dominant height of pine stand at the age of 100 years as a function of thermal growing season.

Kuva 3. Männikön valtapituus kasvupaikkatyypeittäin 100 vuoden iällä termisen kasvukauden pituuden funktiona.

stands on barren forest soils, however, slightly exceeds that of equally old stands on better soils. Since the present material covers the whole range of the sites, it was decided to develop a site index, admittedly only for stands dominated by pine, and to test it as an independent variable.

The index is based on the dominant height of the stand at the age of 100 years (cf. Wiedemann 1951; Carbonnier 1968). The dominant heights of 100-year old pine stands were culled, by forest site types, from different sources (Ilvessalo 1920, 1937; Nyyssönen 1954; the permanent and temporary sample plots of the Forest Research Institute). Since the dominant heights of mutually similar forest site types were found to be very nearly rectilinearly dependent on the length of the thermal growing season, the dominant heights were plotted on graphs and smoothed

graphically by forest site types (Fig. 3). When the Oxalis-Myrtillus site type was rated at 100, the forest site types, according to the Finnish site classification, received the following relative ratios: OMT 100, MT 90, VT 77, CT 60 and CIT 38. These dominant height ratios are used in the study as auxiliary factors to characterize the different sites.

For the sake of comparison it may be mentioned that the ratios of the natural South Finnish pine stands (Ilvessalo 1920) on the corresponding forest site types and on the basis of total growth excluding bark would be 100—90—67—38—16. Kuusela and Kilkki (1963) reported the values 100—90—70—50—30 as the corresponding ratios on the basis of the mean growth of the dominant height calculated from Ilvessalo's (l.c.) tables. According to Vuokila (1967, p. 42) the volume increment indexes of pine stands on the basis of the mean annual volume increment during rotation of maximum volume increment are 100—87—75—52—38. The last but one figure refers to a fairly good and the last to a poor CT. Judged on the basis of these figures, the ratios of the poorest site types are too high in this investigation.

331. Errors in variables

It has already been said above that the present material does not fully meet the demands of normal distribution and independence of the variance. It is also evident that all the factors affecting growth could not be included, or that the factors included may have been inaccurately defined.

The reliability of the functions is affected by these errors in representation and »errors in definition», and also by the errors in observations which will be discussed in the following.

The *dependent variable, volume increment percentage* (P_V), has been calculated in the main material by means of Ilvessalo's (1948) growth calculation tables, as the sum of the increment percentages of the basal area and form-height. The calculation of the variable is thus based on measurements of several tree characteristics: diameter at breast height, bark, radial growth, height, stem taper and length of shoots. Only the errors in the measurement of radial and height growth and stem taper can essentially affect the reliability of the increment percentage.

If the *radial growth* is measured only from one side of the tree, the standard error in the basal area increment of an individual tree may, according to Siostrzonek (1958, p. 249), amount to 17—29 per cent within a 10-year calculation period. According to Matérn (1961), the standard error in diameter growth within a 5-year period may amount to 19 per cent. In Fries's (1964) paper one of the independent variables for the diameter

growth of an individual tree was the diameter growth before thinning. Without the standard error of 19 per cent shown by Matérn's study, the regression coefficient would, according to Fries, have been about 16 per cent higher than calculated. Although the diameter growth in the sample plots of the present study was measured as the sum of two borings on the opposite sides of the stem, and the volume increment percentage of the sample plot and not of an individual tree is involved, it is obvious that some inherent error is nevertheless left in the dependent variable of the present study. This residual error tends to increase the standard deviation of the function and in addition to reduce the multiple correlation coefficient.

The calculation of the increment percentage of form-height is based on measurements of *height growth and stem taper*. Alalammi (1968) found in his study that the length, by ocular estimation, of the shoots of spruce had been systematically underestimated by 10 per cent while those of pine had been overestimated by 27 per cent. As a result, volume increment showed errors of 1 and 6 per cent, respectively. Measurements of stem taper from the ground may also be grossly unreliable. But it is even worse that in stands different from the average, such as selectively cut pine stands (Nyyssönen 1952 and 1954) and in stands of rapidly tapering trees or trees with a high rate of height growth (Tiihonen 1966), the calculation tables systematically give too high percentages. In extreme cases the error in increment percentage for a sample plot may reach even 17 per cent (Nyyssönen 1952, p. 4). Nor is it certain that the calculation tables for increment in form-height, which cover the whole country, can adequately allow for regional differences in stem form. The errors in P_{FH} in any case affect the volume increment percentage less than do the errors in P_G, for the percentage of form-height increment represents only about a quarter or one-third of the volume increment percentage (Ilvessalo 1965).

Of the *independent variables*, the *stand age (T)* has been obtained by counting the annual rings of an increment core taken at stump height and then adding the estimated number of years needed to reach this stump height. Errors in observations concerning age may still be considerable in exceptional cases, especially in birch and spruce stands.

Although the accuracy of the *basal area of the stand (G)* is affected by errors of observation arising from the lack of representativeness, eccentricity of stems, use of diameter classes, direct mistakes in measuring, etc., some of these errors counteract one another. According to Prodan (1951, p. 99), for example, the total error in basal area measurement in even-aged stands is $\pm$ 0.65—$\pm$ 0.92 per cent, depending on the diameter classification used. This characteristic, however, is the most accurately determinable

of all stand characteristics (Tiren 1929). Careless measuring may produce even considerable errors, e.g. if tree thickness is measured at a point distinctly different from that indicated (Vuokila 1952). What is said of the basal area is also true of the *mean diameter of the stand* (D_G).

Measuring the tree height, on the other hand, is less reliable. Height observations made by the hypsometers used in Finland (Lönnroth, Blume-Leiss and Suunto) are associated with a standard error ranging, according to different authors, from 2.2 to 3.3 per cent (Vuokila 1960; Fitje 1967; Karppinen and Laine 1964). The standard error of the *mean height of a stand* (H_G) has apparently not been studied, but it can hardly be as great as that of an individual tree height measurement.

Climatic variables (TS, ES, L and HS) hold a special position in that they have not been determined per sample plot. For example, the thermal growing season was allotted to every sample plot according to the centre of the 10-day classes, and therefore the actual TS of the individual sample plots can differ from the mean of the class by 5 days on either side of the mean, and during the calculation period even more. The *site index (SI)* has also been classified. Its inherent error is increased by classification errors in the forest if the sample plot has been referred to a wrong forest site type.

To sum up, it can be said that the greatest errors are probably those in the observations of the dependent variable, and this has increased the standard deviation of the function whereas, although the errors of the most important independent variables are less pronounced, they reduce their regression coefficients.

Moreover, it should be borne in mind that the present material has accrued from routine measurements made in connection with the national forest inventory often under very difficult external conditions. As a result, the accuracy of measurements may have been less good than those in specialized studies.

34. Calculation of the regression model

The model was calculated by an Elliott 503 computer. The library programme »stepwise regression analysis» based on the work by Ralston and Wilf (1960) was applied (Tilastomatematiikan perusteet II). Disregarding the preparation of the data and parameter tapes, the versatile potential use of transformations in this programme may be emphasized here.

The programme analysed the material according to both the stepwise and the free model. It automatically sought the combination of variables which in the given sense was best, and selected stepwise another independent

variable which best improved the correlation coefficient (reduced the residual variance). Before selecting the new independent variable, however, the programme studied the possibility that an independent variable poor enough to merit rejection had been included in the model. The criterion used for selection of an independent variable to be added or eliminated was the F test:

$$F = \frac{R^2_{y \cdot 12} \Sigma y^2 - r^2_{y1} \Sigma y^2}{s^2_{y \cdot 12}}, \text{ d.f.} = 1, \text{ n-k-1} \qquad (8)$$

in which $R^2_{y \cdot 12}$ = coefficient of determination after addition of a new independent variable, $r^2_{y \cdot 1}$ = the same coefficient before addition, Σy^2 = the sum of squares of the dependent variable, and $s^2_{y \cdot 12}$ = residual variance after the addition of the independent variable (S t e e l and T o r r i e 1960, pp. 287—288). If the F obtained was under 4.0 it meant rejection of the independent variable, which equals a risk level of approximately 5 per cent (P.05 = 3.84). The treatment of the model ceased as soon as, within this criterion, no independent variable could be added or rejected.

4. RESULTS

41. Increment functions

Logarithmic functions were selected as the biological-mathematical model of regression analysis. When functions (5) and (6) are combined, the independent variables may be either original or their logarithmic or other transformations. The logarithm of age and volume was tested, in addition to the original variables, as the independent variables (cf. K u u s e l a and K i l k k i 1963). The square transformation of the climatic variables ES and TS was tested and, of the latter, also the square root transformation, for the rise in increment percentage as the climate improves is probably not rectilinear but gradually becomes slower (Fig. 2, Curve 2). The combined variable age $\times$ basal area (T $\times$ G), if selected, reveals the existence of a possible interaction (p. 15). Finally, another combined variable was included in the analysis of pine-dominated stands, viz. the thermal growing season $\times$ site quality index (TS $\times$ SI) which, it was believed, was able to reflect the climatic and site factors better than either of the factors separately.

The selection of independent variables for the final function has often been carried out by trial, or on the basis of simple correlation coefficients between the independent variables and the dependent variable. Owing to the correlations between the independent variables, an independent variable with a high simple correlation coefficient on the dependent variable does not necessarily reduce the residual variance of multiple regression any more than some other variable with a smaller coefficient. Furthermore, the programme in the present study was allowed to select for the model, one by one, the independent variables which significantly reduced the residual variance, or to reject the independent variables whose degree of determination was no longer significant. For these two reasons, a more detailed analysis of the table of simple correlations is not necessary. Reference is made to it if required.

411. Functions of pine-dominated stands

Two functions were derived for the relative volume increment of pine-dominated stands. For the first function, the programme could select all

the independent variables which significantly reduced the residual variance. This gave the best possible function which is used below (p. 46) to divide the country into growth regions. The second function is intended for practical purposes. Its obligatory independent variables are those that can be easily and accurately defined and measured in forest inventories.

The analysis selected seven of the available 18 independent variables. The »stepwise» progress of the analysis is illustrated in Table 4, which shows the regression coefficients with their standard error percentages and t values, the original and residual standard deviation of the function, and its relative share of the original, and finally the R and R^2 coefficients.

In agreement with earlier authors (e.g. Jonsson 1962; Kuusela and Kilkki 1963; Vuokila 1965), the age was found to be the independent variable which best explains the relative increment of the stands (Table 4, step 1). The stand age (logT) alone accounts for some 74 per cent ($R^2 = 0.745$) of the variance of log P_V. On the basis of the t values of regression coefficients, the second best independent variable was the mean diameter of the stand (D_G), instead of stand volume or basal area as expected, and the third best was the basal area (G). Together, they accounted for 83 per cent of the variance ($R^2 = 0.832$), and the standard deviation of the function was no more than 41 per cent of the original deviation of log P_V.

Of the climatic factors, the effective temperature sum (ES) seemed, in the light of simple correlation coefficients, to be the most promising, but the programme selected the square of the thermal growing season [$(TS)^2$, step 4]. Steps 5—7 include H_G, (SI × TS) and SI, after which $(TS)^2$ was no longer significant (step 8) and was replaced by $\sqrt{TS}$ (step 9). After step 4 the degree of determination of the function improved only a little (R^2 rose from 0.848 to 0.854), but owing to the large number of the degrees of freedom the improvement was still significant.

Since the function was calculated by using the logarithms, the percentages it yields are slightly too low. For this reason, before back-transformation, the term 1.1513 × residual variance must be added to the logarithm (e.g. Jeffers 1960, p. 71). In this case the addition makes 1.1513 × 0.010608 = 0.01221, and when this is added to the constant, the final function will be

$$\begin{aligned} \log P_V = {} & 5.39998 - 0.66666 \log T - 0.00127 D_G - 0.00006 G + \\ & + 0.00096\,(SI \times TS) - 0.01306 SI - 0.00063 H_G - \\ & - 0.33252 \sqrt{TS} \end{aligned} \qquad (9)$$

As can be seen from Table 4, step 9, its $R^2 = 0.854$, and the standard deviation of the function = 38.2 per cent of the standard deviation of log P_V.

The basal area (G) was selected although its correlation with log P_V is low (r = —0.176). It correlates, however, with the volume (r = +0.925) and

Table 4. Derivation of the function of volume increment percentage [log (100
Taulukko 4. Mäntyvaltaisten metsiköiden kuutiokasvuprosentin

Variable *Selittäjä*	Coeff. *Kerroin*	Step 1 *Askel 1*			Step 2 *Askel 2*			Step 3 *Askel 3*			Step 4 *Askel 4*		
		Value *Arvo*	*E*%	t	Value *Arvo*	*E*%	t	Value *Arvo*	*E*%	t	Value *Arvo*	*E*%	t
Constant - *Vakio*	a	4,49965			4,31659			4,43900			4,02460		
log T	b_1	—1.02888	2.5	39.5	—.77696	3.6	27.5	—.83070	3.4	29.7	—.70011	4.5	22.1
D_G	b_2				—.00162	7.8	14.3	—.00132	8.7	11.5	—.00148	7.5	13.3
G	b_3							—.00005	13.6	7.3	—.00007	10.9	9.2
$(TS)^2$	b_4										.00093	13.2	7.6
H_G	b_5												
SI × TS	b_6												
SI	b_7												
$\sqrt{TS}$	b_8												
$\overline{\log y}$		2.53567			2.53567			2.53567			2.53567		
S_y		0.26958			0.26958			0.26958			0.26958		
$S_{y \cdot 123 \cdots}$		0.13611			0.11570			0.11034			0.10492		
$100 \frac{S_{y \cdot 123 \cdots}}{S_y}$		50.5			42.9			40.9			38.9		
R		0.863			0.903			0.912			0.921		
R^2		0.745			0.816			0.832			0.848		

mean height (r = +0.150), whose correlation coefficients with log P_V are r = —0.295 and r = —0.499, respectively.

It could be expected that no variable for the climate would be required but that the growth conditions in different parts of the country would be reflected directly through stand characteristics. Reference may be made in this connection to Carbonnier (1968), according to whom the maximum mean volume increment of pine stands with the same dominant height at the age of 100 years is independent of latitude and of height above sea level. The climatic factor as independent variable for growth manifested itself more clearly this time than in the studies by e.g. Fries (1964) or Vuokila (1965). The material of their studies, admittedly, was collected from a much smaller geographical area, in a north-south direction, than that of the present study.

The influence of site and climate on the relative increment is accounted for predominantly by the combined variable (SI × TS) and its regression coefficient is, as expected, positive. The variable, however, does not explain the effect correctly, and the variables SI and $\sqrt{TS}$ adjust the function. Owing to the multicollinearity of the independent variables, the regression coefficients are, however, negative.

The stand characteristics selected, log T, D_G, and H_G, and the site quality index (SI) are identical with the characteristics of the increment function derived by Kuusela and Kilkki (1963, p. 18) from the material collected by Nyyssönen (1954) from variously cut pine stands in South

P_v)] for stands dominated by pine, with the aid of stepwise regression analysis. *[log (100 P_v)] funktion johto valikoivan regressioanalyysin avulla.*

Step 5 *Askel 5*			Step 6 *Askel 6*			Step 7 *Askel 7*			Step 8 *Askel 8*			Step 9 *Askel 9*		
Value *Arvo*	*E* %	t	Value *Arvo*	*E* %	t	Value *Arvo*	*E* %	t	Value *Arvo*	*E* %	t	Value *Arvo*	*E* %	t
4.00633			3.91903			4.32773			4.11498			5.38777		
—.69921	4.5	22.2	—.67534	4.9	20.6	—.66570	4.9	20.3	—.66733	4.9	20.3	—.66666	4.9	20.4
—.00118	13.9	7.2	—.00120	13.6	7.4	—.00121	13.4	7.5	—.00120	13.5	7.4	—.00127	13.0	7.7
—.00006	13.8	7.3	—.00006	13.1	7.6	—.00006	13.0	7.7	—.00006	13.1	7.7	—.00006	12.8	7.8
.00106	12.5	8.0	.00091	15.8	6.3	—.00098	69.7	1.4	—	—	—	—	—	—
—.00061	39.9	2.5	—.00070	35.4	2.8	—.00071	34.7	2.9	—.00072	33.9	2.9	—.00063	39.7	2.3
			.00008	40.9	2.4	.00079	32.1	3.1	.00043	11.4	8.8	.00096	26.2	3.8
						—.01059	35.4	2.8	—.00534	14.7	6.8	—.01306	28.4	3.5
												—.33252	46.9	2.1
2.53567			2.53567			2.53567			2.53567			2.53567		
0.26958			0.26958			0.26958			0.26958			0.26958		
0.10441			0.10392			0.10324			0.10334			0.10300		
38.7			38.5			38.3			38.3			38.2		
0.922			0.923			0.924			0.924			0.924		
0.850			0.851			0.853			0.853			0.854		

Finland. The volume in the latter increment function was now replaced by the basal area, and the independent variable, thermal growing season (TS) was added. Although the variation in the stands of the present study was considerably wider than that of the study by K u u s e l a and K i l k k i (l.c.), the degree of determination of the functions is much the same. In the former, $R^2 = 0.854$ and in the latter, $R^2 = 0.859$, and the residual standard deviations are 38.2 and 37.6 per cent, respectively, of the standard deviation of log P_V.

The independent variables obtained by V u o k i l a (1965, p. 65) for the volume increment function of southern Finnish pine stands treated with low thinnings of varying intensity were the stand age, volume and dominant height at the beginning of the period, and the intensity and interval of cuttings. The multiple correlation coefficient was as high as 0.964 ($R^2 = 0.929$).

4111. Systematic error of the function

The relative standard deviation and the R^2-coefficient show that the function fitted the data relatively well. This, however, cannot be interpreted to mean that it would, without fault, have fitted the observations over the whole range. In other words, the function may produce systematic errors in a part of the range.

The reliability of a derived function should be tested, in principle, by means of another sample from the same population from which the sample

Table 5. Systematic error of the dependent variable (P_v) of function (9).
Taulukko 5. Selitettävän muuttujan (P_v) systemaattinen virhe. Funktio (9).

Class average *Luokan keskim.*		Difference *Erotus*	Class average *Luokan keskim.*		Difference *Erotus*	Number of observations *Havaintojen lukumäärä*
Calculated *Laskettu*	Measured *Mitattu*		Calculated *Laskettu*	Measured *Mitattu*		
log (100 P_v)			P_v			
2.07993	1.93502	+.14491	1.20	0.86	+0.34	15
2.25355	2.18363	+.06992	1.79	1.53	+0.26	86
2.44105	2.40082	+.04023	2.76	2.52	+0.24	110
2.53579	2.53817	—.00238	3.43	3.45	—0.02	115
2.62553	2.64850	—.02297	4.22	4.45	—0.23	78
2.70063	2.74002	—.03939	5.02	5.50	—0.48	47
2.76712	2.80745	—.04033	5.85	6.42	—0.57	25
2.86613	2.87076	—.00463	7.35	7.43	—0.08	18
2.93676	2.93028	+.00648	8.65	8.52	+0.13	4
2.85997	2.98362	—.12365	7.24	9.63	—2.39	5
3.01114	3.02616	—.01502	10.26	10.62	—0.36	5
2.99377	3.06304	—.06927	9.86	11.56	—1.70	5
3.11157	3.09096	+.01851	12.93	12.33	+0.60	6
3.12067	3.12108	—.00041	13.20	13.21	—0.01	4
3.15683	3.16225	—.00542	14.35	14.53	—0.18	3
3.07852	3.18686	—.10834	11.98	15.38	—3.40	2
3.23692	3.21742	+.01950	17.26	16.50	+0.76	4
3.26651	3.23833	+.02818	18.47	17.31	+1.16	3

was drawn, which is seldom feasible. The most common method is to test the function against the sample from which the function is derived (e.g. Fries 1964 and Vuokila 1965). This was done in the present study also.

To start with, the *ability of the function to produce correct values for volume increment percentages of varying levels* was tested. The measured percentages were first divided into one per cent classes after which the class means for the measured and corresponding percentages obtained by function (9) were calculated. The results are presented in Table 5 and Fig. 4 (A and B).

Table 5 and Fig. 4 A show that the function (9) makes the low increment percentages apparently too high and the medium percentages somewhat too low, while the high percentages are very nearly correct. This must be interpreted to show that some of the independent variables in the model are incorrect in form and/or an important independent variable has been omitted in the model (Draper and Smith 1966). This point will be discussed in greater detail further below.

In the assessment of the systematic error of the function, the confidence limits of the function must be taken into account. They are determined by the combined effect of the deviation of the mean of the dependent variable (log y) and the regression coefficients (e.g. Steel and Torrie 1960,

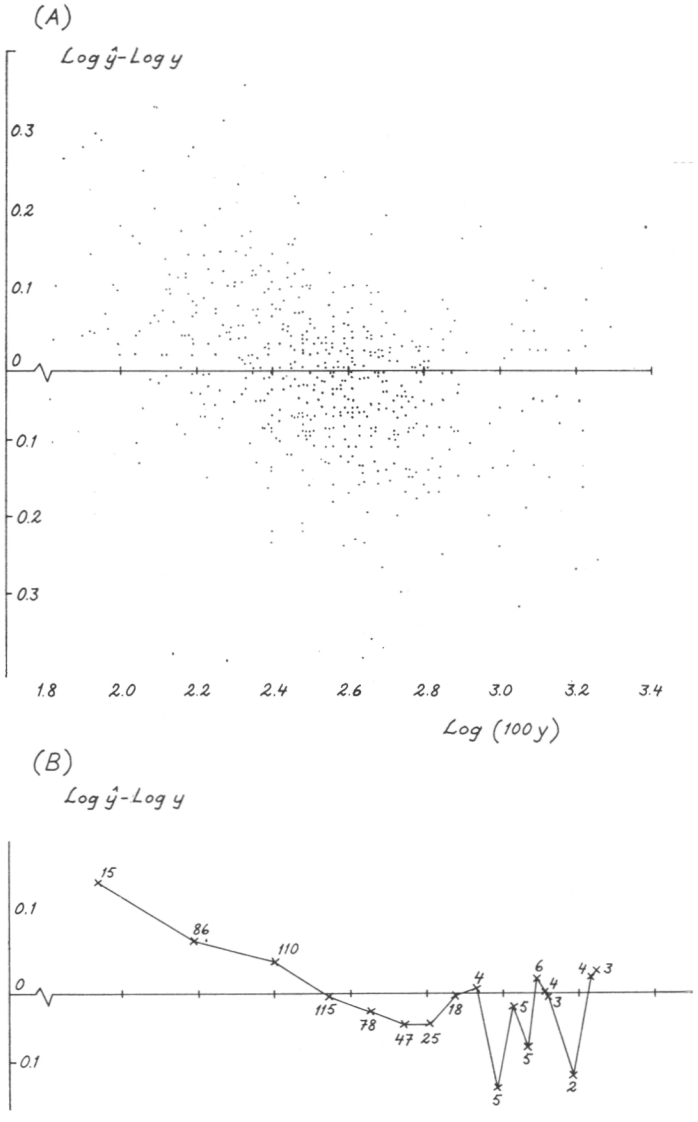
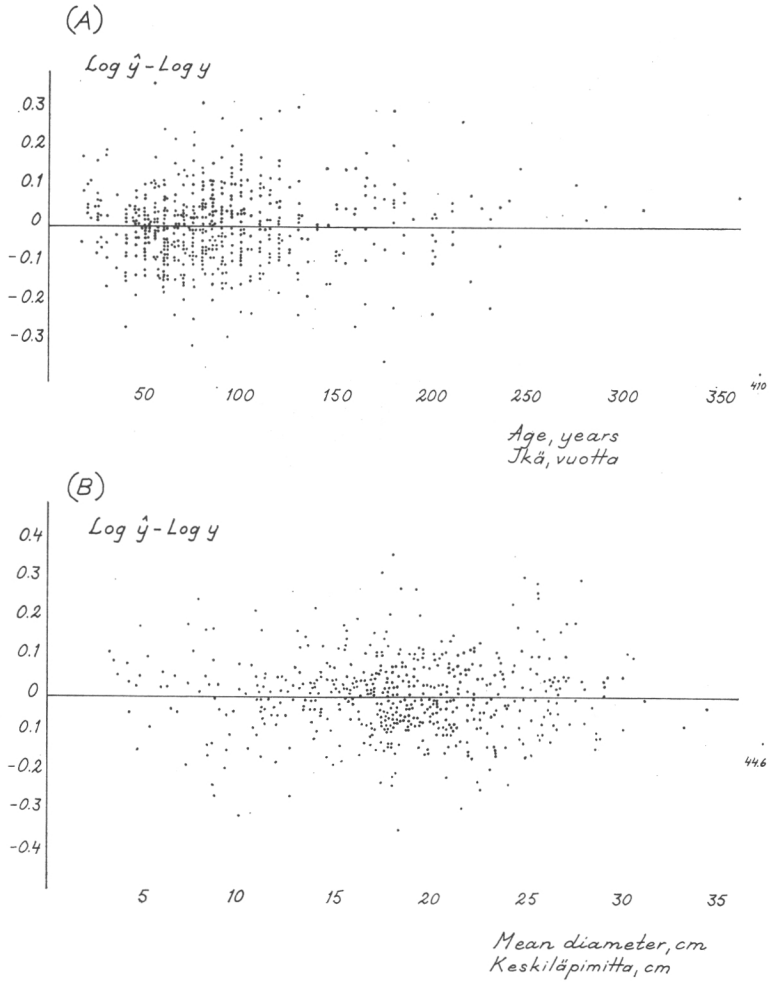


Fig. 4. A and B. Residuals as a function of the dependent variable [log (100 Pv)].

Kuva 4. A ja B. Jäännösvarianssi selitettävän muuttujan [log (100 Pv)] funktiona.



pp. 169—171). The confidence limits of the mean with a 95 per cent probability are

$$\overline{\log y} \pm t_{\cdot 05}\ s_{y \cdot 1 \cdots 7}\ \frac{1}{\sqrt{n}} \qquad (10)$$

and in the present case
$2.53567 \pm 1.97 \times 0.10299607 \times 1/\sqrt{535} = 2.53567 \pm 0.00877$ i.e. $2.52690 \leqslant \mu \leqslant 2.54444$. The standard error of the mean is therefore ± 0.00877, and it is the same for all the log y values. When the logarithmic mean is corrected to compensate for the underestimation caused by the logarithm — the constant $\times$ variance of the mean, $1.1513 \times 0.072761 = 0.08367$— the

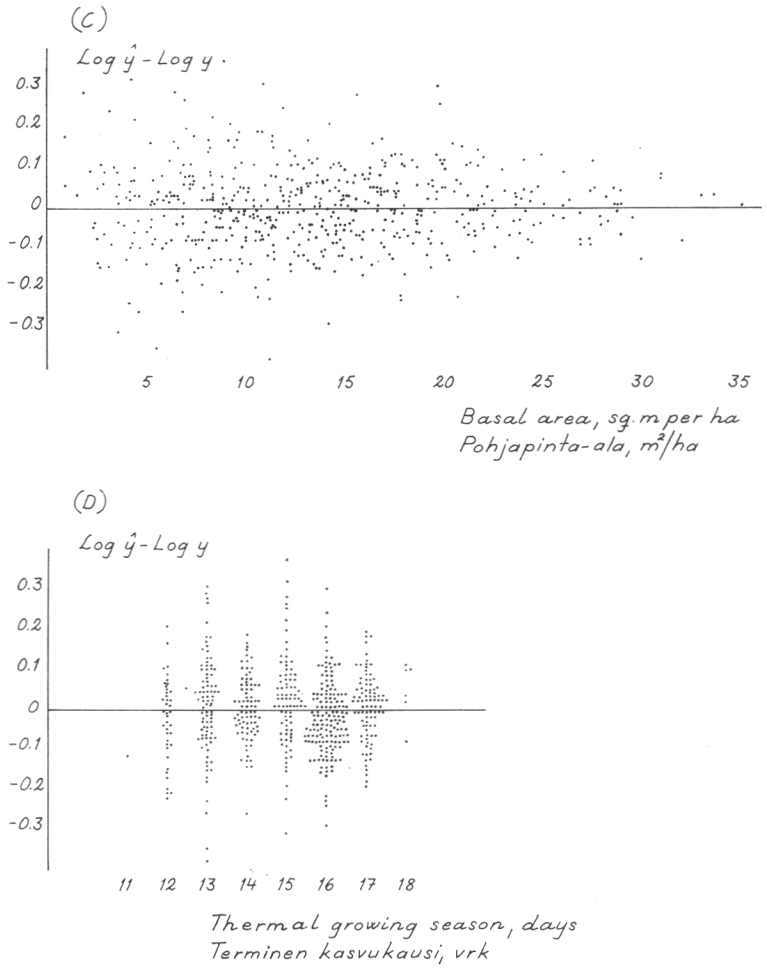


Fig. 5. A—D. Residuals as a function of the independent variables age (A), mean diameter (B), basal area (C) and length of thermal growing season (D).

Kuva 5. A—D. Jäännösvarianssi selittävien muuttujien iän (A), keskiläpimitan (B), pohjapinta-alan (C) ja termisen kasvukauden pituuden (D) funktiona.

confidence limits obtained for the logarithn ic mean are $2.61057 \lesssim \mu \lesssim 2.62811$, and in terms of increment percentages, $4.08 \lesssim \mu \lesssim 4.25$ per cent.

When the independent variables differ from their means, i.e. when $X \neq \overline{X}$, the deviations in regression coefficients also begin to affect the standard error of the function, and the error increases in proportion to the square of their deviations.

If the function is used to calculate the expected increment percentage of an individual stand, this involves one single case and no mean value.

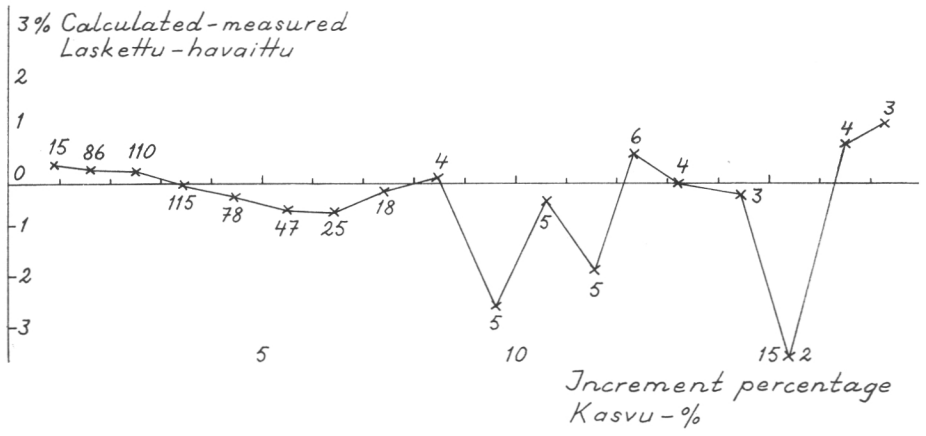


Fig. 6. Differences between calculated and measured volume increment percentages after back-transformation.
Kuva 6. Alkuperäisskaalaan palautettujen laskettujen ja havaittujen kuutiokasvuprosenttien poikkeamat osakeskiarvoin ilmaistuina.

In calculation of confidence limits the error arising from the variance of an individual stand must also be considered.

A review of the residual variance as a function of the dependent variable, log y, revealed the shortcomings of the model (Fig. 4 A). Causes of the systematic error observed were sought primarily in the form of the independent variables and by critical examination of the extreme values.

Figs. 5 A—D show the *residual variance as a function of age (A), mean diameter (B), basal area (C) and thermal growing season (D).* Nothing seems to indicate that the residual variance was correlated with any of the independent variables under review. This shows that the form of the independent variables is probably correct. The same observation was made concerning the other independent variables of the function. Since not even the individual extreme cases revealed any common characteristics, the systematic error in the function must be due to the omission of some factor significantly affecting the course of the growth. In this connection, reference may again be made to the absence or low number of young sample stands and the large number of old sample stands with a small growing stock in the material covering the northern half of the country.

The systematic error of function (9) was studied above in the light of logarithmic deviations, disregarding the fact that the deviations were relative. For this reason, Fig. 6, after back-transformation, tests whether the observed systematic error is of any practical importance. Within the range of 1—9 per cent, the calculated mean values per class differ from the meas-

ured percentages by a maximum $\pm$ 0.5 percentage units, the low increment percentages deviating upward and the high downward from zero. Overestimating the low percentages has hardly any practical effect, for the pine stands with a volume increment percentage below 2 are mostly over-mature. The risk of underestimating the volume increment percentage of medium aged pine stands, however, is more serious. If the systematic underestimate amounts to, say, 0.3 per cent, a figure which is hardly exceeded with this function, the increment of a pine stand of a volume of 100 solid cu.m./ha excluding bark would be recorded as being 0.3 solid cu.m./ha too small.

When the function later on is used for a review of regional changes of increment, the increment percentages cover the range of 2.5—5.0 per cent. Over this part of the range the function probably yields the most reliable results.

4112. Comparison with increment percentages of some other pine stand studies

The validity of function (9) can also be tested by comparing the results it yields with those of other increment studies. The present comparison will be restricted to pine stands of Vaccinium site type (VT).

Fig. 7 shows curves of the relative volume increment, excluding bark, of VT pine stands over age. Curve I is from the study by Nyyssönen (1954), curve III is that of a pine stand, moderately heavily thinned and growing on site class III (VT) of Vuokila's (1967) growth and yield tables, while curve II has been calculated with the present function (9) using the stand and climatic characteristics of Nyyssönen's (l.c.) study. Vuokila's development series dates back to approximately the same climatic conditions as that of Nyyssönen's, but the stands has been thinned less heavily in the age bracket 30—80 years, and therefore its volume lies 10—30 cu.m./ha above Nyyssönen's development series.

The volume growth percentages of Nyyssönen's and Vuokila's development series in the age bracket 30—80 years differ distinctly, and the difference is hard to explain by the differing density of the stands alone. The percentage series calculated with the present function (9) finds its place, during the said age bracket, between the other two series, but perhaps slightly closer to Vuokila's series. Had the calculations been based on the stand characteristics used by Vuokila, the difference between series II and III would be still smaller. On the other hand, the risk of systematic underestimation of function (9) in medium aged forests, as pointed out above, should be borne in mind, and it tends to bring curves I and II closer. The percentages for young and old pine stands are the same in all three cases.

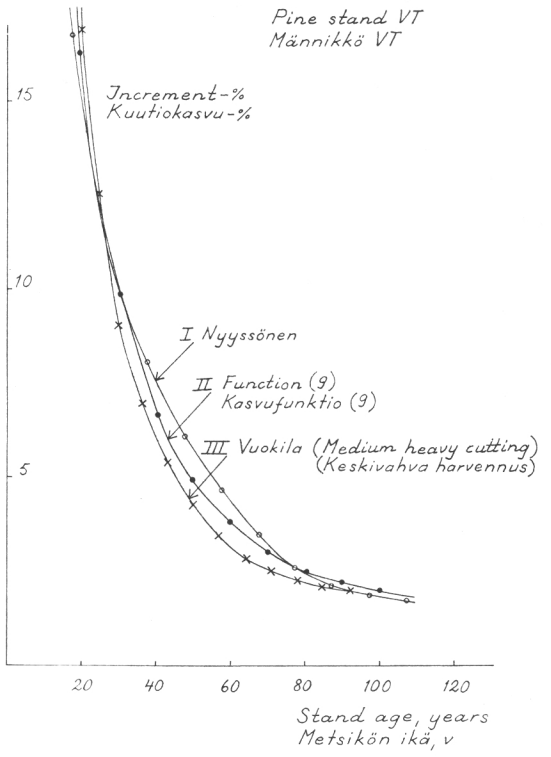


Fig. 7. Volume increment percentage of pine stand on Vaccinium site type (VT) according to some investigations.

Kuva 7. Puolukkatyypin (VT) männikön juokseva vuotuinen kuutiokasvuprosentti eräiden tutkimusten mukaan.

Even on other sites the function for medium aged stands yields percentages which are definitely below those reported by Nyyssönen but run above those reported by Vuokila.

Since the derived function yields increment percentages which fall between those reported in earlier studies, the function is evidently practicable.

4113. Functions for practical purposes

In making inventories of forest enterprises or forest areas, it is desirable to collect information on the forest land and volume of growing stock, but often also on the increment of the growing stock. Growth studies, however, are relatively costly and laborious, and associated with several unpredictable factors. Above all, growth fluctuations due to climate may lead to mistaken

conclusions concerning the volume increment. Growth studies in connection with minor inventories should in fact be replaced, as far as possible, by a growth function which is based on an extensive material and corrected for climate.

The independent variables in functions for practical purposes must be easy to define and to measure accurately, and their measurements must in any case be in the inventories. The stand age, the variable which best accounts for the growth, is indispensable in the function and, despite the laborious process involved, it is usually always measured in inventories. The mean diameter and basal area of the stand are characteristics easy to measure. Among the climatic characteristics the most simple is the length of the thermal growing season (TS), and if it is wished to study the growth by site classes, a characteristic for the site must also be included (in the present study, for pine stands, the site index SI).

When the listed variables and their transformations mentioned on p. 26 are included in the stepwise regression analysis, the functions for practical purposes, without the uncertain correction for climate will be

$$\log P_V = 4.02460 - 0.70011 \log T - 0.00148 D_G - 0.00007 G + 0.00093 (TS)^2 \quad (11)$$

and by site classes

$$\log P_V = 6.20317 - 0.67004 \log T - 0.00158 D_G - 0.00007 G + 0.00103 (SI \times TS) - 0.01426 SI - 3.57258 \log (TS) \quad (12)$$

Function (11) explains 84.8 per cent and function (12) 85.3 per cent of the total variance. Their degree of determination is therefore only slightly lower than that of function (9), which had a percentage of determination of 85.4.

If it is desired to use compound interest in cutting calculations, the percentages may be transformed by means of the formula

$$1.0 p_k{}^n = \frac{100}{100 - n p_d}, \quad (13)$$

in which p_k is the compound interest percentage, p_d is the discount percentage, and n is the number of years in the calculation period (P e t r i n i 1952).

412. Functions for spruce- and birch- dominated stands

The same independent variables available for pine dominated stands were also available for the derivation of functions for spruce- and birch-

Table 6. Derivation of the function of volume increment percentage [log (100
Taulukko 6. Kuusivaltaisten metsiköiden kuutiokasvuprosentin

Variable *Selittäjä*	Coefficient *Kerroin*	Step 1 *Askel 1*			Step 2 *Askel 2*			Step 3 *Askel 3*		
		Value *Arvo*	*E*%	t	Value *Arvo*	*E*%	t	Value *Arvo*	*E*%	t
Constant - *Vakio*	a	4.58922			4.70819			3.08002		
log T	b_1	—2.06613	3.1	32.1	—1.08299	2.8	35.4	—0.87678	4.5	22.1
V	b_2				—0.00104	10.8	9.2	—0.00140	8.3	12.0
TS	b_3							0.32129	13.2	7.6
$(TS)^2$	b_4									
log V	b_5									
HS	b_6									
D_G	b_7									
$\overline{\log y}$		2.53947			2.53947			2.53947		
S_y		0.23935			0.23935			0.23935		
$S_{y \cdot 123 \cdots}$		0.13343			0.12276			0.11595		
$100 \frac{S_{y \cdot 123 \cdots}}{S_y}$		55.7			51.3			48.4		
R		0.830			0.858			0.875		
R^2		0.689			0.737			0.765		

dominated stands, with the exception of the site index (SI) and its derivatives. The stepwise regression analyses are shown in Tables 6 and 7.

The age of the stand (logT) is still the best independent variable for the relative increment function in both types of stands (Step 1). Age accounts for 69 per cent of the variance of the increment percentage in spruce-dominated stands (Table 6) and 70 per cent of that in birch-dominated stands (Table 7), i.e. notably less than of the variance in pine-dominated stands (75 per cent). The second factor in both, substituting the basal area, is the volume of the stand excluding bark (V).

Both spruce and birch seem to be more sensitive than pine to climatic changes, for the third independent variable in spruce-dominated stands was the length of the thermal growing season (TS) and in birch-dominated stands the latitude (L). The degree of determination of the functions is improved by the climatic factor in spruce stands by about 4 and birch stands by about 3 percentage units. A significant factor in the growth of spruce stands is also the height above sea level (HS), although here it may be pointed out that length of thermal growing season and height above sea level have a firm negative correlation mutually ($r = -0.770$). The height above sea level and mean diameter (D_G) reduce the residual variance of the spruce function only very slightly after step 5. In the final function, $R^2 = 0.783$, and the standard deviation is 46.6 per cent of the original standard deviation of the dependent variable. The variable last selected for the function of the birch stand, mean height (H_G), on the other hand,

P_V)] for stands dominated by spruce, with the aid of stepwise regression analysis. [*log (100 P_V)] funktion johto valikoivan regressioanalyysin avulla.*

Step 4 *Askel 4*			Step 5 *Askel 5*			Step 6 *Askel 6*			Step 7 *Askel 7*		
Value *Arvo*	*E*%	t	Value *Arvo*	*E*%	t	Value *Arvo*	*E*%	t	Value *Arvo*	*E*%	t
—2.60329			—2.92599			—2.42463			—1.82318		
—0.85161	4.6	21.8	—0.83114	4.7	21.1	—0.82529	4.8	20.9	—0.80454	5.0	19.8
—0.00144	7.9	12.6	—0.00087	26.1	3.8	—0.00084	27.2	3.7	—0.00078	29.3	3.4
2.26318	17.7	5.6	2.40507	16.7	6.0	2.26286	17.9	5.6	2.05051	20.4	4.9
—0.00825	20.6	4.9	—0.00878	19.3	5.2	—0.00848	20.0	5.0	—0.00759	23.0	4.4
			—0.10627	34.6	2.9	—0.10591	34.6	2.9	—0.09046	41.3	2.4
						—0.00216	47.4	2.1	—0.00218	46.9	2.1
									—0.00031	49.4	2.0
2.53947			2.53947			2.53947			2.53947		
0.23935			0.23935			0.23935			0.23935		
0.11321			0.11233			0.11191			0.11154		
47.3			46.9			46.8			46.6		
0.881			0.883			0.884			0.885		
0.776			0.780			0.781			0.783		

raises the degree of determination from 79 to 82 per cent. The residual standard deviation of the dependent variable is 42.4 per cent of the original deviation.

The final function of the volume increment percentage for spruce-dominated stands, including the correction term 1.1513 × residual variance (cf. p. 27) thus assumed the following form:

$$\log P_V = -0.80454\log T - 0.00078V + 2.05051TS - 0.00759(TS)^2 - 0.09046\log V - 0.00218HS - 0.00031D_G - 1.80886 \quad (14)$$

and for birch-dominated stands

$$\log P_V = 6.37890 - 0.70540\log T - 0.00078V - 0.03451L - 0.00186H_G \quad (15)$$

The early inclusion of climatic factors in the increment functions of these types of stands suggests that the profitability of spruce and birch production decreases towards the north at a faster rate than that of pine, and that pine must be considered the species most suitable for North Finland and especially Lapland. However, it should be noted that the present North Finnish spruce stands often grow on forest soils covered with a more or less thick layer of dry peat. On a primary site their development and growth might be very different. Then again, about four-fifths of the birch in North Finland are white birch (*Betula pubescens*) (Ilvessalo 1956, p. 87), which has been found to develop more slowly than the common birch (*B.*

Table 7. Derivation of the function of volume increment percentage [log (100 Pv)] for stands dominated by birch, with the aid of stepwise regression analysis
Taulukko 7. Koivuvaltaisten metsiköiden kuutiokasvuprosentin [log (100 Pv)] funktion johto valikoivan regressioanalyysin avulla

Variable *Selittäjä*	Coeff. *Kerroin*	Step 1 *Askel 1*			Step 2 *Askel 2*			Step 3 *Askel 3*			Step 4 *Askel 4*		
		Value *Arvo*	*E*%	t	Value *Arvo*	*E*%	t	Value *Arvo*	*E*%	t	Value *Arvo*	*E*%	t
Constant - *Vakio*	a	4.30017			4.44848			5.49015			6.37222		
log T	b_1	—0.92305	5.5	18.3	—0.95858	4.7	21.3	—0.82382	6.4	15.7	—0.70540	7.6	13.2
V	b_2				—0.00117	15.6	6.4	—0.00159	12.4	8.1	—0.00078	30.9	3.2
L	b_3							—0.01991	22.8	4.4	—0.03451	14.7	6.8
H_G	b_4										—0.00186	19.7	5.1
$\overline{\log y}$		2.63940			2.63940			2.63940			2.63940		
S_y		0.19370			0.19370			0.19370			0.19370		
$S_{y \cdot 1234}$		0.10653			0.09420			0.08865			0.08176		
$100 \frac{S_{y \cdot 1234}}{S_y}$		55.0			48.6			45.8			42.4		
R		0.835			0.874			0.889			0.907		
R^2		0.698			0.764			0.791			0.822		

verrucosa) (Koivisto 1957 and Fries 1964). The percentage of determination was 7 percentage units less in spruce-dominated and 3 percentage units less in birch-dominated stands than in the pine-dominated stands. The growth of spruce and birch stands is known to be more capricious than that of pine stands. As stated before, one of the reasons seems to be that these species are more sensitive than pine to climatic changes.

42. Variation of forest growth in the territory of Finland

The growth of forest varies with the changes of environmental factors, site and climate, from one region to another and, due to variations in climate, chronologically even within the same region. Without human interference, a site can, as a rule, be considered unchangeable chronologically. The regional growth variation due to variation from site to site will be further discussed below. But first, a review of the role of climatic conditions in growth variation may be useful.

In the countries of the northern coniferous forest region, the temperature of the growing season is the most important climatic factor, as reported by several authors (e.g. Hesselman 1904; Mikola 1950; Holmsgaard 1955; Paterson 1961; Leikola 1968). In Finland the temperature increases considerably from the northern frontier towards the south. The length of the thermal growing season at the timber line is about

120 days and its mean temperature about +10°C, while the corresponding figures at the southern coast are 180 days and +13°C (K o l k k i 1966). The energy of solar radiation, and precipitation increase parallel with the temperature (S u o m e n k a r t a s t o 1960). Consequently, the climatic conditions for forest growth in the south show a marked improvement over those of the northern parts of the country.

Apart from its regional variation, the temperature of the growing season has its annual fluctuations within the region. In the studies of regional changes, this fluctuation should in fact be eliminated from the growth figures. In other words, special studies should be made to determine the extent to which the growth during the period under review was below or above the average growth level, and the growth figures should be corrected so as to correspond to the average climate. This, however, was not possible in the present study, for reasons mentioned on p. 18.

Periodic cycles of longer or shorter duration have also been observed in the temperature (M i k o l a 1950). In Finland, it is claimed that the climate has gradually cooled down since the 1940s. Evidence in support of this claim includes the reduced seed crops and increasing difficulty of forest regeneration in Lapland. The cooling of the climate, however, is not very clearly indicated by the curves showing the length of the thermal growing season based on observations during 1921—1950 and 1931—1960, presented by K o l k k i (1960 and 1966). The former period includes two decades classified as warm and the latter two decades classified as cold. Only in Lapland does the thermal growing season seem to have shortened slightly, judging by the curves.

In Sweden, J o n s s o n (1969), in his detailed analyses, found no reduction in growth from 1900 to 1960. On the contrary, the growth conditions in North Sweden had improved. The result was, however, not confirmed by the simplified functions worked out for practical purposes.

It is difficult to say which attitude the growth studies should take towards the long-term periodic cycles of growth. In the following, they will be disregarded.

The considerable regional fluctuations in growth have given rise to the idea of *dividing the country into regions of growth*. A division into *tax districts* and *forest drainage zones* has already been discussed (p. 6). On the basis of earlier studies by C a j a n d e r (1916), L u k k a l a (1919) and L i n k o l a (1922), I l v e s s a l o (1930) divided the territory of Finland into 13 *fertility regions* on an agricultural and botanic-geographical basis, according to the results of the First National Forest Inventory in 1922—24.

In this section of the present study, an attempt will be made to create, by means of a growth function covering the whole country, a more comprehensive idea of the changes, due to the gradual deterioration of the climate,

in the stand growth of different site types from the timber line to the southern coast. The growth function used is that derived for the pine-dominated stands on mineral soils (function 9). At least in the southern half of the country, it will probably yield satisfactory results for all tree species, for spruce stands of good growth are counterbalanced by the less productive deciduous stands. In any case, it appears that the relative changes in growth from one region to another will be reliably revealed.

421. Basis for computing

The method of studying the growth changes was as follows. Using the stand and climate factors of earlier growth and yield investigations in pine stands, the mean annual volume increment at the moment of its culmination was once again calculated with function (9) for each area and by forest site types. A system covering the whole country was then derived from these increments. It shows how the mean annual volume increment during the rotation of maximum volume increment changes on each site class from north to south. This growth, for the sake of brevity, will henceforth be called the mean annual volume increment.

Before the calculations are possible, it is necessary to know, firstly, *which forest site types in the various parts of the country are parallel.* Secondly, a method must be found by which to determine the *stand values and other characteristics of thinned pine stands of each forest site type and each region, required by the function* (9) developed for thinned pine stands.

The parallel forest site types on productive mineral soils in the various vegetation regions are, according to current opinion (e.g. L e h t o 1964), the forest site types listed below (barren site is the poorest):

Site class *Kasvupaikkatyyppi*	South Finland *Etelä-Suomi*	Vegetation region *Kasvillisuusvyöhyke* Ostrobothnia —Kainuu *Pohjanmaa —Kainuu*	North Finland *Perä-Pohjola*
Barren — *Karukkokangas*	ClT	ClT	ClT
Dry — *Kuiva kangas*	CT	ECT	MCClT
Sub-dry — *Kuivahko kangas* .	VT	EVT	EMT
Moist — *Tuore kangas*	MT	VMT	HMT
Herb — *Lehtomainen kangas* .	OMT	GOMT	GMT
Rich — *Lehto*	OMaT	GOMaT	GDT

Soil declines *Maa huononee* →

Climate declines *Ilmasto huononee* →

The listed forest site types of the different vegetation regions are even mensurationally equal in that the dominant height of the pine stands at

100 years of age shows a linear correlation with the length of the thermal growing season (p. 20).

On mineral soils over the whole country, dry, sub-dry and moist site classes are the most common and in South Finland also herb sites (Ilvessalo 1956, p. 42). The study of the variation in the growth of pine stands will be restricted to these site classes of the greatest importance, according to the following:

Site class *Kasvupaikkatyyppi*	South Finland *Etelä-Suomi*	Ostrobothnia —Kainuu *Pohjanmaa —Kainuu*	North Finland *Perä-Pohjola*
Dry sites — *Kuivat kankaat* ..	CT	ECT	MCCIT (ErCIT)
Sub-dry sites — *Kuivahkot kankaat*	VT	EVT	EMT
Moist sites — *Tuoreet kankaat*	MT	—	HMT (EVT)
Herb sites — *Lehtomaiset kankaat*	OMT	—	—

No growth studies have been made of the pine stands of moist (VMT) and herb (GOMT) sites of Ostrobothnia—Kainuu, nor of the herb sites (GMT) of North Finland. The results concerning these sites are less reliable than the others.

A second task before the actual calculations, is to determine the values of stand characteristics of the pine stands treated with cuttings on each site class at the culminating point of the mean annual volume increment.

At the time of the present study, the values of these characteristics were obtained directly only for cut pine stands in South Finland from the development series by Nyyssönen (1954). For the other vegetation regions, only the results reported by Ilvessalo (1937 and 1967) on natural pine stands are available. Of the forest site types specified by Ilvessalo for North Finland, ErCIT probably corresponds to the present MCCIT (dry site) and EVT to the HMT (sub-dry site) level.

The stand characteristics of the »pine stands treated with cuttings» were derived from the development series of natural pine stands in Ostrobothnia —Kainuu and North Finland, as follows.

The characteristics of stands treated with identical cuttings in relation to those of natural stands at the culmination of mean increment were assumed to be the same throughout the country. Consequently, the stand characteteristics of the »pine stands treated with cuttings» in the northern vegetation regions could be calculated with the aid of the corresponding ratios for cut and natural stands in South Finland. These ratios, calculated from the development series given by Nyyssönen (1954) for pine stands that have been repeatedly thinned and those given by Ilvessalo (1920) for natural pine stands, are listed below. The mean diameter and mean height

Table 8. Characteristics of pine stands treated with moderately heavy thinnings at the culmination of mean annual volume increment.
Taulukko 8. Kohtalaisen voimakkaasti harvennettujen männiköiden puustotunnuksia keskimääräisen vuotuisen kuutiokasvun kulminoidessa.

Forest site type and vegetation region *Metsätyyppi ja kasvillisuusvyöhyke*		Rotation, years *Kiertoaika, vuotta*	V cu. m. per ha m^3/ha	D_G mm	H_G dm	G sq.dm. per ha dm^2/ha	TS days *vrk*	SI
MT	South Finland - *Etelä-Suomi*	67	225	243	215	2 750	163	90
VT	»	80	195	237	203	2 300	163	77
CT	»	125	157	245	193	1 880	163	60
EVT	Ostrobothnia and Kainuu — *Pohjanmaa ja Kainuu* ..	90	178	224	185	2 230	141	77
ECT	»	140	143	259	182	1 940	141	60
HMT (EVT)	North Finland — *Perä-Pohjola*	80	152	209	164	2 270	128	90
EMT	»	100	114	190	151	1 840	128	77
MCClT (ErClT)	» »	170	90	235	155	1 440	128	60

of the pine stands in Ilvessalo's study were first weighted by the basal area (G). The culmination of mean volume increment was assumed to take place on MT at 67 years, VT at 80 and CT at 125 years.

	V_N*)	V_I*)	$V_N:V_I$	D_N	D_I	$D_N:D_I$	H_N	H_I	$H_N:H_I$	G_N	G_I	$G_N:G_I$
MT ..	225	307	0.73	245	213	1.15	214	206	1.04	2 730	3 450	0.80
VT ..	195	258	0.76	237	216	1.10	203	198	1.02	2 300	3 020	0.76
CT ...	157	224	0.70	245	217	1.13	193	186	1.04	1 880	2 620	0.72

*) Indices — *Indeksit:* N = Nyyssönen, I = Ilvessalo

When the corresponding characteristics of natural stands (Ilvessalo 1937 and 1967) on the corresponding site types in North Finland and Ostrobothnia—Kainuu were multiplied by the ratios of the table, the stand characteristics of the »pine stands treated with cuttings» were obtained for these districts. These, and the other independent variables required for function (9) are presented in Table 8, which also shows the corresponding values for the South Finnish forest site types. The TS value quoted is the estimated mean length of the thermal growing season in each region under review.

422. Intensity of the increment

Assuming that the stand characteristics of pine stands treated with cuttings, compared with those of natural stands, develop similarly throughout the country, an attempt was made in Section 421 to create a basis for computing further calculations. Inserting in function (9) the independent variables of Table 8, the volume increment percentages, excluding bark,

Table 9. Mean annual volume increment of pine stand according to some investigations.
Taulukko 9. Männikön vuotuinen keskimääräinen kuutiokasvu eräiden tutkimusten mukaan.

Site class and forest vegetation region *Kasvupaikkatyyppi ja kasvillisuusvyöhyke*		Function (9) *Funktio (9)*	Nyyssönen	Vuokila	Vuokila	Ilvessalo
		Intensity of thinning *Harvennuksen voimakkuus*				Natural stands *Luonnon-tilaiset*
		Medium	Medium	Medium	Light *Lievä*	
		Mean annual volume increment, cu. m. per ha *Vuotuinen keskimääräinen kuutiokasvu, m³/ha*				
Moist site	S-Finland — *E-Suomi*	6.55	6.7	6.06	6.57	6.3
Tuoreet kankaat	N-Finland — *P-Pohjola* ...	3.54	—	—	—	3.4
Sub-dry site	S-Finland — *E-Suomi*	5.15	5.2	5.13	5.62	4.7
	Ostrobothnia — *Kainuu* ...	3.99	—	—	—	3.4
Kuivahkot kankaat	N-Finland — *P-Pohjola* ...	2.68	—	—	—	2.3
Dry site	S-Finland — *E-Suomi*	2.92	2.9	2.55	2.85	2.6
Kuivat kankaat	Ostrobothnia — *Kainuu* ...	2.22	—	—	—	2.5
	N-Finland — *P-Pohjola* ...	1.40	—	—	—	1.3

in pine stands of each forest site type at the moment of the culmination of the mean annual volume increment can now be calculated. From this, the absolute volume increment can be calculated on the basis of the volumes, excluding bark, in Table 8. The results are presented in Table 9, which also gives the corresponding results of the studies by Ilvessalo (1950), Nyyssönen (1954) and Vuokila (1967).

In comparing the growth figures of the different studies it should be noted, first, that each author used a different method. Ilvessalo (1952, p. 6) states that the method he used led to the minimum increment. Secondly, the studies were carried out at different times, and increment figures for climate were not corrected except by Nyyssönen (l.c.). Thirdly, the level of the basal area is the same only in the first-mentioned two studies, in other words, the increment calculations are based on different development series. Finally, it is not quite certain that the sites classed under the same heading in the different papers are identical.

The calculations by Nyyssönen and the present calculations were based on the same basal area, and the periods of increment measurement were approximately the same. Although the calculations were carried out differently, the increments in the studies show a good agreement. The increment calculation by Vuokila was based on the 1956—61 period, and the increment of a pine stand treated with moderately heavy thinnings is distinctly lower than that reported in the former two studies, with the exception of the stands on sub-dry sites (VT), while the increment of lightly thinned pine stands was on the same level.

According to Vuokila (1967, p. 39), transition from light to moderately heavy thinning in pine stands causes a 10 per cent loss of increment, in round figures, during the rotation. For the reasons mentioned above, a comparison of the results of various studies does not easily disclose such differences caused by treatment. Consequently, the increment for thinned pine stands is higher than that of Ilvessalo's natural pine stands.

The different studies, therefore, report somewhat different mean annual volume increments of the pine stand. The purpose of the present study, however, was not so much to determine the precise absolute level of increment as to find the most correct ratios for the increments of the forest site types and vegetation regions. Assuming that this has been relatively successful, the next section will review growth changes within the borders of Finland and divide the country into growth regions on this basis.

423. Regional changes in the increment

In the foregoing, the mean annual volume increment of a pine stand was calculated for the regions of certain earlier growth studies, using the function (9) derived for the present study. By graphically smoothing these increments by site classes as a function of the length of the thermal growing season this increment can be determined in any part of the country.

Fixed points for smoothing are few. Increment figures for dry and sub-dry sites are available on three, and for moist sites only on two geographical regions. Some guidance is provided by the known fact that as growth factors improve, the increment per unit increases less and less. For this reason, with a longer growing season, the volume growth on a given site type from timber line to south coast increases with retardation, and not rectilinearly.

When the increment figures of Table 9 are plotted in a system of coordinates where the length of the thermal growing season is the abscissa, the mean annual volume increment is the ordinate, and smoothing is done as outlined above, the curves shown in Fig. 8 are obtained for the various site classes. The increment ratio on fresh/sub-dry sites in Ostrobothnia-Kainuu is assumed to be identical to that in South Finland. Herb sites are also included. Their increment in South Finland, 7.37 cu.m./ha excl. bark, was taken from Vuokila's study (1967, p. 42), where this is the volume increment of a lightly thinned pine stand of site class I (OMT), according to the suggestions of Table 9. For Ostrobothnia-Kainuu and North Finland, the same assumptions as above were made concerning the increment on the fresh sites of Ostrobothnia-Kainuu. The curve of the increment on herb sites is therefore of a less reliable origin than those of the other site classes.

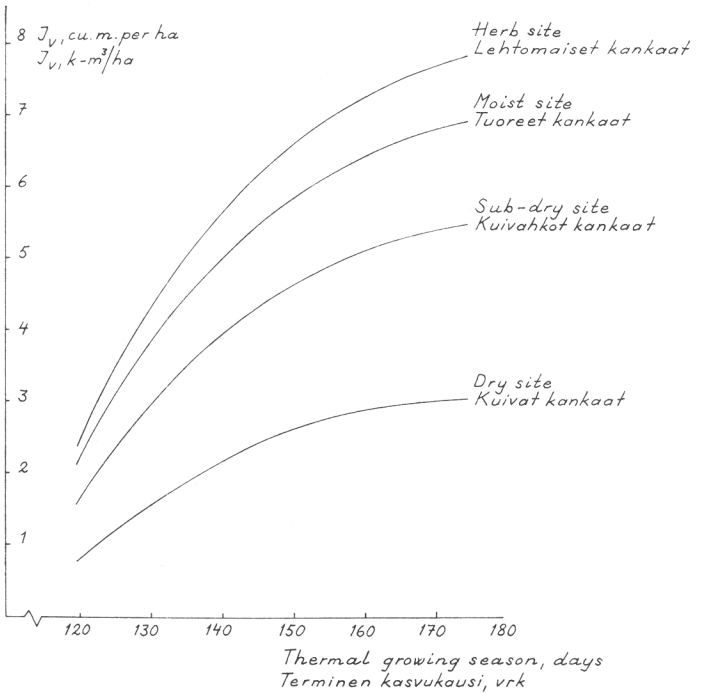


Fig. 8. Mean annual volume increment of pine stand as a function of the length of thermal growing season.

Kuva 8. Männikön vuotuinen keskimääräinen kuutiokasvu termisen kasvukauden pituuden funktiona.

Table 10 shows the changes of mean annual volume increment by equally distributed classes of thermal growing season.

As pointed out on p. 18, function (9) has not been adjusted to meet the demands of growth changes caused by the climate. This again may have made the forest growth in the northern part of the country appear too low compared with that in the south of Finland. An opposing factor is, however, the tendency of the function to exaggerate the low increment percentages of the northern regions.

At the timber line (TS 120) the forest growth, according to Table 10, is less than a third of the increment on a south coast site classed under exactly the same name. It should also be noted that growth at first declines relatively slowly from south to north. Along the line Joensuu—Iisalmi—Kokkola, the increment has fallen by less than 10 per cent compared with the south coast (the 155-day TS curve, see Fig. 2). North of this line, the increment decreases more rapidly than the length of the thermal growing season, temperature becoming the increasingly predominant growth factor.

Table 10. Mean annual volume increment by equally distributed classes of thermal growing season.
Taulukko 10. Männikön vuotuisen keskimääräisen kuutiokasvun kulminointihetken kasvu tasavälisin TS:n luokin.

Site class *Kasvupaikkatyyppi*	Length of thermal growing season, days *Termisen kasvukauden pituus, vrk*					
	120	130	140	150	160	170
	Mean annual volume increment, cu. m. per ha (relative increment) *Vuotuinen keskimääräinen kuutiokasvu, m³/ha (suhteellinen kasvu)*					
Herb site — *Lehtomaiset kankaat* ..	2.35	4.30	5.60	6.55	7.20	7.65
	(31)	(56)	(73)	(86)	(94)	(100)
Moist site — *Tuoreet kankaat*	2.10	3.75	4.95	5.80	6.40	6.75
	(31)	(56)	(73)	(86)	(95)	(100)
Sub-dry site — *Kuivahkot kankaat*	1.55	2.90	3.90	4.60	5.05	5.35
	(29)	(54)	(73)	(86)	(94)	(100)
Dry site — *Kuivat kankaat*	0.80	1.55	2.15	2.60	2.85	3.00
	(27)	(52)	(72)	(87)	(95)	(100)

The interdependence of volume increment and thermal growing season can also be viewed on a larger scale. Under Finnish conditions, the pine probably reaches its maximum growth on herb sites (Ilvessalo 1920). In Germany, in a region with a thermal growing season of about 230 days (Walther 1951), the mean annual volume increment of a pine stand with large timber trees (Derbholz), according to various authors, ranges in yield class I from 8.1 to 8.4 cu.m./ha (Wiedemann 1957, edition supplemented by Schober). Including small stemwood, this equals about 8.5—9.0 cu.m./ha. When this increment value is introduced into Fig. 8, it is found that it naturally falls on a continuation of the curve for herb sites. It may also be mentioned here that, according to Mitscherlich (1949), some yield tables for South Germany show mean increments 4—17 per cent higher than the standard tables for the country as a whole.

Should a material, evenly distributed over lands from the timber line to Central Europe, be available the correlation coefficient between the length of the thermal growing season and mean annual volume increment would probably be even higher than in the present study (approx. 0.5). Further below, the length of the thermal growing season will form one of the criteria on the basis of which the growth regions are divided.

4231. Division of the country into growth regions

When the functions were developed, a choice could be made between three independent variables to indicate improvement or decline of the climatic growth conditions. They were almost equally good when tested

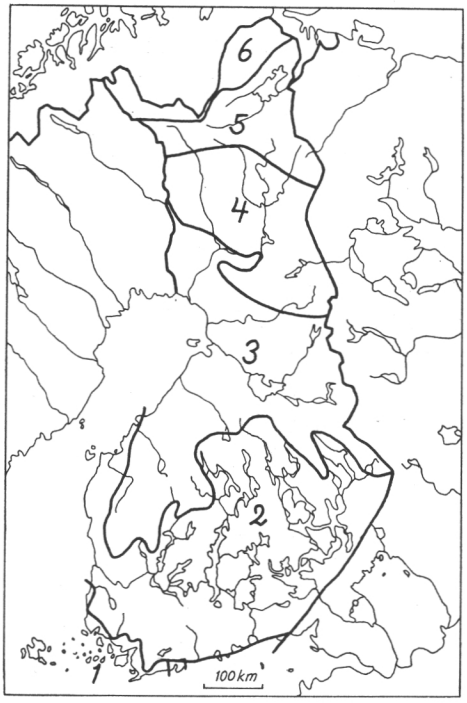


Fig. 9. Forest vegetation regions according to Aarno K a l e l a.

Kuva 9. Metsäkasvillisuusvyöhykkeet Aarno K a l e l a n mukaan.

with simple correlation coefficients. These variables were the length of the thermal growing season (TS), latitude (L) and effective temperature sum (ES). The length of thermal growing season was selected for the function of pine-dominated stands. It is more natural than the latitude and simpler than the effective temperature sum and, in a way, also takes into account the height above sea level. One criterion in division of the growth regions in the present study is therefore the length of the growing season, which already above was found to suit the purpose.

As the climate changes, both the forest growth and the general character of the forest vegetation also undergo a change. On the basis of his botanic-geographical studies, K a l e l a (1961) divided the territory of Finland into six forest vegetation zones of different character (Fig. 9), viz.

1. Archipelago of Finland *Saaristo-Suomi*
2. South Finland, *Etelä-Suomi*
3. Ostrobothnia-Kainuu *Pohjanmaa-Kainuu*
4. North Finland *Perä-Pohjola*
5. Forested Lapland *Metsä-Lappi*
6. The Lapland Fells *Tunturi-Lappi*

When the course of the borderlines of these regions is compared with that of the curves indicating the length of the thermal growing season (Fig. 2), they are found to be almost parallel. The Ostrobothnia—Kainuu region, according to K a l e l a, admittedly extends far into the northern areas of Satakunta, whereas the curve of the thermal growing season at this point only makes a small bend in the same direction. The similarities, however, are so obvious that it seemed reasonable to combine the two criteria for the division of growth regions.

In principle, the growth regions of the present study are identical with the above forest vegetation zones, but their borderlines are determined according to that curve of the thermal growing season which runs most nearly parallelly to the regional border concerned. The Saaristo-Suomi (Archipelago) specified by K a l e l a comprises a narrow stretch of the southern and southwestern coast (Fig. 9), which is of no importance in this connection and can be included in South Finland. Tunturi-Lappi (the Lapland Fells) form a treeless region above the timber line in the north, and can therefore not be combined with Metsä-Lappi (Forest-Lapland). There remain 5 sub-regions, which in the following will be called *growth regions*. These growth regions, with slightly modified names, listed in the order of their importance to forestry, are the following (Fig. 10):

Growth region 1.	South Finland.	TS 165 days
Kasvualue 1.	*Etelä-Suomi.*	*TS* 165 *vrk.*

The region comprises the provinces of Varsinais-Suomi, Uusimaa, Häme, Satakunta and South Ostrobothnia, and Savo and Karjala except their northernmost parts. The northernmost communes of the region are: Tuupovaara, Eno, Kontiolahti, Polvijärvi, Kaavi, Säyneinen, Nilsiä, Siilinjärvi, Lapinlahti, Pielavesi, Keitele, Viitasaari, Kivijärvi, Perho, Halsua, Kaustinen, Alaveteli and Kaarela.

Growth region 2.	Ostrobothnia-Kainuu.	TS 145 days
Kasvualue 2.	*Pohjanmaa-Kainuu.*	*TS* 145 *vrk.*

The region comprises Central and North Ostrobothnia and Kainuu, and the northernmost parts of Savo and Karjala. The northern border runs through Suomussalmi, Taivalkoski, Pudasjärvi, Ranua, Tervola and Ylitornio.

Growth region 3.	North Finland.	TS 130 days
Kasvualue 3.	*Perä-Pohjola.*	*TS* 130 *vrk.*

The region comprises the main area of Lapland. The northern border passes through Salla, Savukoski, Sodankylä, Kittilä and the southern part of Muonio.

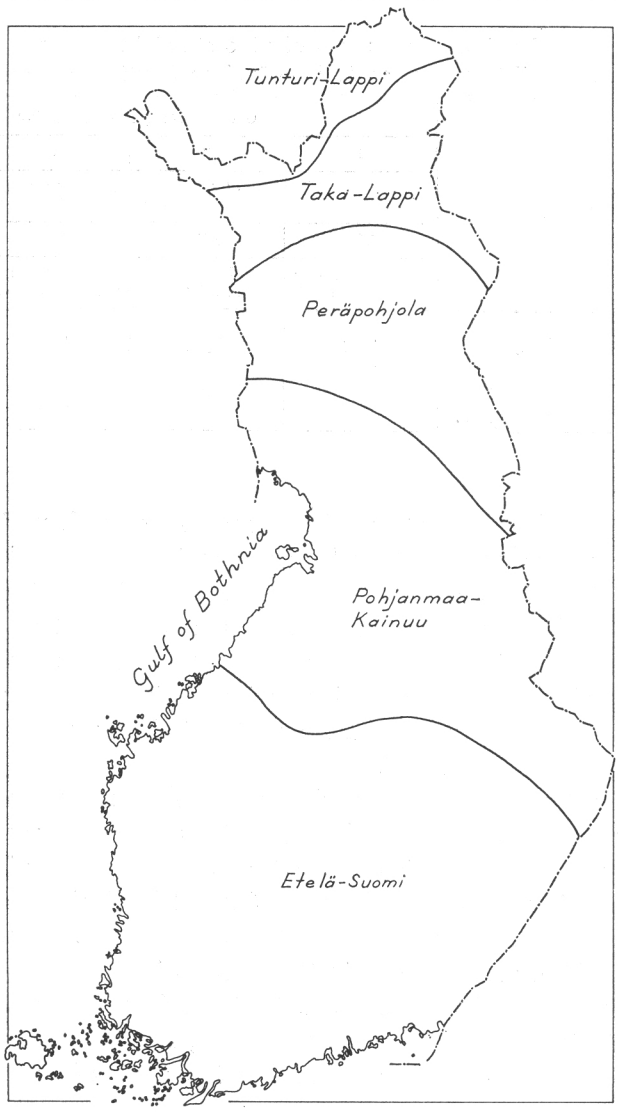


Fig. 10. Division into growth regions.
Kuva 10. Kasvualuejako.

Growth region 4.	North Lapland.	TS 122 days
Kasvualue 4.	*Taka-Lappi.*	*TS* 122 *vrk.*

The region comprises the protected forest area and the managed forests of Inari between growth region 3 and the treeless Lapland Fells.

Growth region 5.	Lapland Fells.
Kasvualue 5.	*Tunturi-Lappi.*

The region comprises the territory beyond the timber line.

Table 11. Mean annual volume increment of pine stand in different growth regions.
Taulukko 11. Männikön vuotuinen keskimääräinen kuutiokasvu kasvualueittain.

Site class *Kasvupaikkatyyppi*	Growth region — *Kasvualue*			
	1	2	3	4
	Length of thermal growing season, days *Termisen kasvukauden pituus, vrk*			
	165	145	130	122
	Mean annual volume increment, cu. m. per ha *Vuotuinen keskimääräinen kuutiokasvu, m³/ha*			
Herb site — *Lehtomaiset kankaat* ..	7.45	6.15	4.25	2.85
Moist site — *Tuoreet kankaat*	6.60	5.40	3.80	2.50
Sub-dry site — *Kuivahkot kankaat*	5.25	4.30	2.90	1.80
Dry site — *Kuivat kankaat*	2.95	2.40	1.55	0.95

The length of the thermal growing season in growth region 1 exceeds 155 days, and the mean for the whole region is 165 days. In region 2 it ranges from 134 to 155 days, and in region 3 from 124 to 135 days. In region 4 the length of the thermal growing season averages 122 days, and the borderline between regions 4 and 5 is the timber line. The projection of the Ostrobothnia-Kainuu forest vegetation region far into the province of Satakunta has been disregarded. Future growth studies may show that this borderline needs to be adjusted.

Fig. 10 indicates that conditions for growth in the northern part of the West Coast, judged by the length of the growing season, are more favourable than at the corresponding latitudes on the eastern border of the country. The thermal growing season north of the Gulf of Bothnia, up to Ylitornio, is as long as that of the communes of Kuhmo and Suomussalmi near the eastern border of the country, and in the Raahe district as long as in Pielisjärvi. The widely recognized poor growth of the forests in the coastal area of Ostrobothnia is probably the result, rather, of the nutritional poverty of forest soils and the extensive paludification than of the other growth factors.

The mean annual volume increment of the growth regions formed can be read for the different site classes from the curves of Fig. 8, at the intersection of the curves and a vertical line indicating the length of the growing season. The increments are presented in Table 11.

The increment in growth region 4, of the extreme north, has apparently been least reliably defined by this method, since it has been obtained by slight extrapolation. In the coastal areas and especially along the coast of the Baltic Sea, although only along a relatively narrow strip, the maritime climate has a growth-reducing effect, and the figures of the table exaggerate the increment in these areas.

Table 12. Relative growth in the different growth regions, when the increment of region 1 is 100.
Taulukko 12. Kasvualueiden suhteelliset kasvut, kun alueen 1 kasvua merkitään suhdeluvulla 100.

Site class *Kasvupaikkatyyppi*	Growth region *Kasvualue*			
	1	2	3	4
	Relative volume increment *Suhteellinen kuutiokasvu*			
Herb site — *Lehtomaiset kankaat* ..	100	83	57	38
Moist site — *Tuoreet kankaat*	100	82	57	38
Sub-dry site — *Kuivahkot kankaat*	100	82	55	34
Dry site — *Kuivat kankaat*	100	81	53	32

The mean annual volume increment on herb sites, as can be seen, increases from 2.85 cu.m./ha at the timber line to 7.45 cu.m./ha in the southernmost region. The figures for moist sites are 2.50 to 6.60, for sub-dry sites 1.80 to 5.25 and for dry sites 0.95 to 2.95 cu.m./ha, respectively. The growth figures of the last two site classes are the most accurate, since their smoothing rests on observations from three different districts (cf. p. 46).

The wood production capacities of the various site classes, calculated from the figures on Table 11, in the descending order of herb, moist, sub-dry and dry sites, show the following ratios: 100—88—67—36. The ratios, therefore, are practically the same as those calculated from Ilvessalo's (1920) tables, but for the sub-dry and dry sites they are below the ratios reported by Vuokila (1967) (cf. p. 22).

The relative increments, however, are better indicators of the wood production capacity of the growth regions than the absolute figures. If the volume increment of region 1 is rated at 100, the other growth regions have the values shown in Table 12.

The wood production capacity of North Lapland, growth region 4, depending on the site type, is therefore only 32—38 per cent of that of growth region 1. The region, however, is not of any major importance for forestry. The wood production capacity of growth region 3, North Finland, on the corresponding site types, is just over half, and that of region 2, Ostrobothnia-Kainuu, about four-fifths of the wood production capacity of the most favourable southern growth region. From the most to the least favourable region, the approximate ratios of the wood production capacities are 100—82—56—36.

Inversely, the comparison of the wood production capacities of the growth regions can be expressed by stating that, when growth regions 4—2 are compared with region 1, the production of identical wood quantities on the same site class requires land areas respectively 2.6, 1.8 and 1.2 times that of region 1.

Table 13. Average volume increment in the various Forestry Board Districts, when the increment of the Uusimaa—Häme District is 100.
Taulukko 13. Keskiboniteetin kuutiokasvu eri piirimetsälautakuntien alueilla, kun Uudenmaan—Hämeen alueen kasvua merkitään suhdeluvulla 100.

Forestry Board District of *Piirimetsälautakunta*	Relative vol. increment *Suhteellinen kuutiokasvu*	Forestry Board District of *Piirimetsälautakunta*	Relative vol. increment *Suhteellinen kuutiokasvu*
1. Ahvenanmaa	102	11. Pohjois-Karjala	80
2. Helsinki	94	12. Pohjois-Savo	90
3. Lounais-Suomi	90	13. Keski-Suomi	87
4. Satakunta	89	14. Etelä-Pohjanmaa	78
5. Uusimaa—Häme	100	15. Vaasa	87
6. Pirkka-Häme	92	16. Keski-Pohjanmaa	76
7. Itä-Häme	97	17. Kainuu	69
8. Etelä-Savo	91	18. Pohjois-Pohjanmaa	65
9. Etelä-Karjala	88	19. Koillis-Suomi	48
10. Itä-Savo	92	20. Lappi	39

Comparison of the regions is incomplete, however, unless fertility differences between the regions are taken into account. No studies of the fertility relations of the growth regions formed in the present paper are available, whereas the fertility by Forestry Board Districts is known (Ilvessalo 1957). If the volume increments of Fig. 8 are weighted by areas of the site classes, the volume increment of the mean site quality of each district can be calculated. If the increment on the mean site quality of the Uusimaa-Häme Forestry Board District is indicated by 100, the relative values for the other districts are those shown in Table 13.

On the southern and southwestern coast (Districts 2, 3, 4 and 9, see Fig. 11), the forest soils are so poor that their average growth does not exceed that of the so-called lake region (Districts 5—8 and 10—13) where the climate is less favourable.

4232. Discussion of division into growth regions and comparison with some other investigations

Four growth regions, including one that consists of protection forest areas, and a fifth, the treeless Lapland Fells, were defined in the present study. The borderlines between the regions were drawn on the basis of the length of the thermal growing season, and followed approximately those of the forest vegetation zones. This regional division seems justifiable, firstly, because the site classification in Finland is based on forest site types. An advantage, secondly, is that the wood production capacity declines from one region to the next at approximately the same rate, by about 20 per cent, as can be seen from Table 12. The regions are not too numerous with

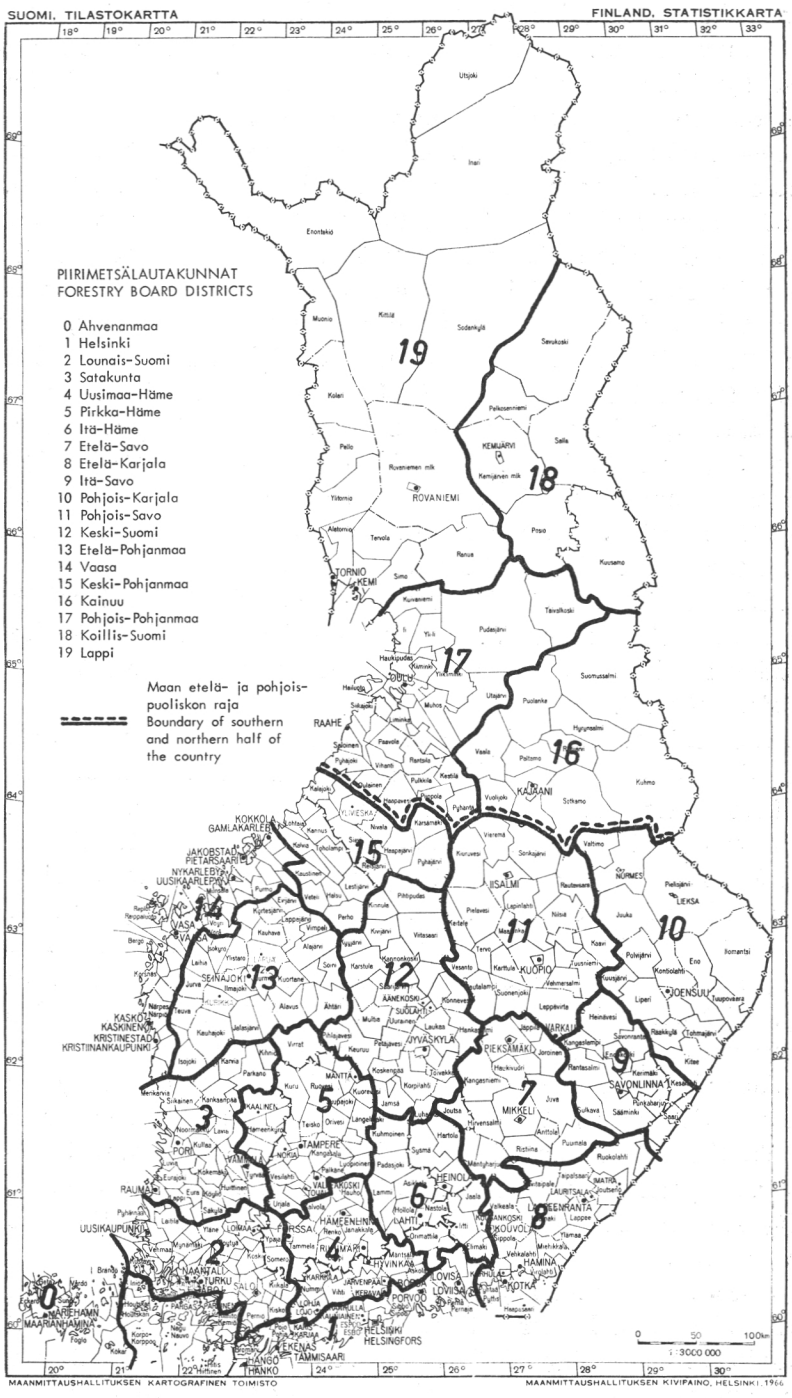


Fig. 11. Regions of Forestry Board Districts.
Kuva 11. Piirimetsälautakuntien alueet.

a view to the future regional growth and yield tables necessitated by intensified wood production. The need of such regional tables has been particularly stressed by Kramer (1963), who studied the influence of climate and site on the development of certain tree species.

Growth region 2, Ostrobothnia-Kainuu, is the most heterogeneous of the regions outlined. It represents an overlapping of forest site types, with a vegetation showing both southern and northern features, and the growth variations within the region are larger than those in the other regions. But it is hardly practical to divide the region into two, whereas, in view of the uniform decrease in wood production from one region to another, the southern limit of the region could perhaps be moved slightly northward, despite the fact that the part of the Ostrobothnia-Kainuu vegetation zone projecting into Satakunta, which was proposed by Kalela (1961), would be slightly enlarged in growth region 1. According to Ilvessalo's (1969) study of the development of the Ostrobothnian natural normal pine stands, the total yield of the forests in these areas ultimately does not differ essentially from those of the South Finnish forests.

Certain other growth studies have also dealt with the regional differences in wood production capacity. The present review is restricted to the relative diminution northward of the mean annual volume increment according to the various studies.

On the basis of earlier growth studies, and results from the permanent sample plots of the Forestry Research Institute and those of the national forest inventories, with due allowance for the stoniness and paludification of forest soils, Ilvessalo (1960, pp. 51—58) has estimated the wood production capacity, by forest site types, of the four geographical regions he formed. The northernmost region covered the Forestry Board Districts of Lapland and Northeast Finland including the protection forest zone (see Fig. 11). Its wood production capacity calculated from Ilvessalo's (l.c., p. 56) table is 46—52 per cent of that of the most favourable region. The lower rate applies to the poorer, and the higher to the better forest soils. Since the corresponding percentages in the present study for growth region 3, which does not contain the protection forest zone, ranged from 53 to 57, the calculation of production capacity according to these two studies gives practically the same result. In other words, the wood production capacity of North Finland is only about half that of the southernmost parts of the country.

The production capacity of the intermediate area falls according to Ilvessalo at a higher rate than is suggested by the present study. The production capacity of Ilvessalo's growth region 2 was a good 10 per cent lower than that of region 1, whereas according to Table 10 of the present study the fall is less than 10 per cent. The results for Ostro-

bothnia-Kainuu show the widest difference. According to Ilvessalo, the wood production capacity of this region averages only about 70 per cent, while according to the present study it averaged 82 per cent of that of the southernmost region. Although the Ostrobothnia-Kainuu growth region of the present study extends further south than that of the study under comparison, the gap between them is nevertheless something like 10 per cent.

The results of the studies under comparison are uniform in showing a similar decrease in the wood production capacity of the northernmost part of the country compared with that of the southernmost part. But according to Ilvessalo, the fall in wood production capacity towards the northern regions is more rectilinear than was suggested by the present study. According to both studies, the decline in the growth capacity towards the north is more rapid in the less good sites than in the better sites.

The increment of the present forests in the country falls more steeply towards the north than might be concluded from the production capacity of forest soils. At the time of the Third National Forest Inventory (Ilvessalo 1957, p. 78), the average increment in the forests of the Forestry Board Districts of Kainuu and North Ostrobothnia was only just over 60 per cent, and north of these districts only a good 40 per cent of that of the southern forestry board districts. The main reason is that overmature forests, which have ceased to grow, are common in North Finland.

The fall in wood production capacity seems to be faster on swamps than on mineral soils. On the basis of the sample plot material he collected, Heikurainen (1959) plotted curves to show the relative decline in the mean annual volume increment of forests growing on swampy land. The curve indicating 45 per cent relative growth runs through a district where, according to Fig. 8 of the present paper, the productive capacity of the forests on mineral soils would still amount to some 60 per cent of that in the southern parts of the country. The same observation can be made from Ilvessalo's (1957 and 1960) publications, according to which the increment in forests growing on swamps in the Forestry Board Districts of Lapland and Northeast Finland declines to one-third of that in South Finland.

To sum up, the present study gives a more favourable picture than did the earlier studies of the wood production capacity of the Ostrobothnia-Kainuu growth region. The study recently published by Ilvessalo (1969) on the development of natural normal pine stands in Ostrobothnia confirms the present findings. Over an area which extends from the north border of Satakunta to the northernmost coast of the Gulf of Bothnia and also comprises the barren watershed region, the mean annual volume increment of a pine stand usually amounts to some 90 per cent, and even on

the most differing EVT, about 75 per cent of the increment of the forests growing on the corresponding site types in South Finland.

43. Natural wood production capacity of Finnish forests

The annual drain from the forests of Finland has from time to time exceeded the annual increment (e.g., Ervasti and Kuusela 1968). Concern for the adequacy of industrial roundwood has therefore made it compulsory to look for ways and means of intensifying wood production. The programmes made (e.g. the HKLN Project and the MERA Programmes have analyzed the possibilities of increasing the wood production of Finnish forests.

The results of the present study provide a basis on which to calculate the natural wood production capacity of the Finnish forests on productive mineral soils. This capacity is assumed to be fully utilized, in other words, the age-class distribution of the forests uniform and the growing stock capital sufficiently high. The report is complemented by data on peat lands.

The calculations of the natural wood production ability of the forests are based on the assumption that the increment figures derived for pine stands reflect the growth of all tree species, but they cannot be based directly on the growth figures of Tables 10 and 11. Both in Finland and elsewhere, the sample plots for growth studies are, in fact, placed in the most homogeneous parts of the stands, and they therefore disregard the influence of certain natural components of a stand, such as open spaces, spots of waste land, paths, roads, marginal areas poorer than the stand itself, etc. The influence of these factors on total growth is illustrated by Eriksson's (1967) study.

On the basis of material collected from two experimental areas of the Royal College of Forestry in Sweden, Eriksson has compared the total growths of stands of 1—25 hectares and the permanent sample plots inside these stands. The result was that, during the 39 years of experiments, the total growth of the stands, irrespective of the area, had been about 90 per cent and during the total growing time of 75 years about 85 per cent of the total growth of the permanent sample plots situated in these same stands.

The total growth of managed stands hardly reaches a level so close to that of permanent sample plots, for the forests of the experimental areas of the Swedish study had probably been treated better than the average forests. On the other hand, with advancing age the total growth seems to have increasingly lagged behind that of the permanent sample plots. The difference, therefore, goes on increasing even after the age of 75 years.

Table 14. Mean annual volume increment of pine stand. The increments of Table 11 reduced by 20 per cent.
Taulukko 14. Talousmännikön vuotuinen keskimääräinen kuutiokasvu. Taulukon 11 kasvuluvut 20 % alennettuna.

Site class *Kasvupaikkatyyppi*	Growth region *Kasvualue*			
	1	2	3	4
	Mean annual volume increment, cu. m. per ha *Vuotuinen keskimääräinen kuutiokasvu, m³/ha*			
Herb site — *Lehtomaiset kankaat* ..	5.95	4.90	3.40	2.30
Moist site — *Tuoreet kankaat*	5.30	4.30	3.05	2.00
Sub-dry site — *Kuivahkot kankaat*	4.20	2.95	2.30	1.45
Dry site — *Kuivat kankaat*	2.35	1.90	1.25	0.75

For this reason, and to be on the safe side, the mean annual volume increments of the growth and yield tables are reduced in the present study by 20 per cent, after which the mean increments of the proposed growth regions are those shown in Table 14.

The figures of Table 14 show, therefore, the mean annual volume increments which may be reached on each site and in each region, in managed forests, provided the age class distribution is uniform and the volume of growing stock adequate. On the basis of these increment figures and the areas of forest site types recorded in the Third National Forest Inventory (Ilvessalo 1956), an estimate can be presented concerning the annual quantity of wood production in the forests growing on productive mineral soils in Finland.

The estimate is made separately for three sub-areas, viz. (1) South Finland, (2) for the areas of the Forestry Board Districts of Kainuu and North Ostrobothnia, and also of (3) Lapland and Northeast Finland. The volume increment used in sub-area (1) is that of growth region 1, in sub-area (2) that of growth region 2, and in sub-area (3) the growth figures of the 128-day growing season of Fig. 8, reduced by 20 per cent. The classification of forest site types presented on p. 42 is accepted, and consequently e.g. the EVT of North Finland is classified as a moist site, and so on. Rich forest sites are combined under herb sites and barren sites under dry sites since their areas were small. The results of the calculation are presented in Table 15 together with a calculation concerning the growth of swamp forests.

If the 20 per cent reduction of the values of growth and yield tables is considered adequate, the annual volume increment of the forests on productive mineral soils in Finland can be raised by intensified silviculture from 37.4 to 55.9 million cu.m. excl. bark, a figure 18.5 million cu.m. and 49 per cent higher than the present increment.

Table 15. Estimated wood production capasity of Finnish forests on productive forest land.

Taulukko 15. Suomen kasvullisten metsämaiden metsien arvioitu puuntuottokyky.

Mineral soils — *Kivennäismaat*					Productive swamps — *Kasvulliset suot*					
Herb *Lehto-maiset*	Moist *Tuoreet*	Sub-dry *Kui-vahkot*	Dry *Kuivat*	Total *Yht.*	spruce and hardwood *korvet*	pine *rämeet*	drained *ojitetut*	Total *Yht.*	Grand total *Kaikki yhteensä*	
Site — *Kankaat*										
South Finland — *Etelä-Suomi*										
1 434	3 515	2 768	329	8 046	866	488	558	1 912	9 958	Area, 1 000 hectares — *Pinta-ala, 1 000 ha*
5.95	5.30	4.20	2.35	4.9	3.7	2.4	4.4	3.6	4.7	Mean inrement, cu. m./ha/year — *Keskikasvu, m³/ha/v*
8 532	18 630	11 626	773	39 561	3 204	1 171	2 455	6 830	46 391	Total yield, 1 000 cu. m. — *Kokonaiskasvu, 1 000 m³*
Forestry Board Districts of — *Piirimetsälautakunnat:* Kainuu and North Ostrobothnia — *Kainuu ja Pohjois-Pohjanmaa*										
35	949	756	160	1 900	275	317	101	693	2 593	»
4.90	4.30	2.95	1.90	3.6	2.1	1.6	2.5	1.9	3.1	»
172	4 081	2 230	304	6 787	578	507	252	1 337	8 124	»
Forestry Board Districts of — *Piirimetsälautakunnat:* Lapland and Northeast Finland — *Lappi ja Koillis-Suomi*										
63	1 875	1 465	743	4 146	329	284	42	655	4 801	»
3.20	2.85	2.15	1.10	2.3	1.3	1.0	1.6	1.2	2.1	»
202	5 344	3 150	817	9 513	428	284	67	779	10 292	»
Whole country — *Koko maa*										
1 532	6 339	4 989	1 232	14 092	1 470	1 089	701	3 260	17 352	Area, 1 000 hectares — *Pinta-ala, 1 000 ha*
8 906	28 055	17 006	1 894	55 861	4 210	1 962	2 774	8 946	64 807	Total yield, 1 000 cu. m. — *Kokonaiskasvu, 1 000 m³*
Poorly productive forest land — *Huonokasvuiset metsämaat*									2 600	Total yield, 1 000 cu. m. — *Kokonaiskasvu, 1 000 m³*
Total forest land — *Kaikki metsämaat yhteensä*									67 407	Total yield, 1 000 cu. m. — *Kokonaiskasvu, 1 000 m³*

Table 16 Comparison between wood production capasity and present growth. Mineral soils.

Taulukko 16. Kivennäismaiden metsien puuntuottokyvyn ja nykykasvun vertailu.

Region *Alue*	Wood production capasity *Puuntuottokyky*	Present growth, III inventory *Nykykasvu, III inventointi*	Difference *Erotus*
	Mill. cu.m. — *Milj. m³*		
South Finland — *Etelä-Suomi*	35.5	29.2	6.3
Forestry Board Districts of — *Piirimetsälautakunnat:* .			
Kainuu and North Ostrobothnia — *Kainuu ja Pohjois-Pohjanmaa*	6.1	3.9	2.2
Lapland and Northeast Finland — *Lappi ja Koillis-Suomi*	8.5	4.3	4.2
Total — *Yhteensä*	50.1	37.4	12.7

A large proportion of the Finnish forest soils, however, is stony and swampy. According to the Fifth National Forest Inventory which was recently completed for South Finland (advance information), the following relative areas represented paludified and stony forest lands whose wood production capacity was estimated to have fallen by one yield class:

	Site class *Kasvupaikkaluokka*						Mean *Keskim.*
	I	II	III	IV	V	VI	
	per cent of area — % *alasta*						
Stony mineral soils — *Kivisiä kankaita*	5.3	14.6	21.8	30.0	20.8	8.6	22.7
Paludified mineral soils *Soistuneita kankaita* .	5.7	7.8	9.6	7.3	4.3	—	8.2
Total — *Yhteensä*	11.0	22.4	31.4	37.3	25.1	8.6	30.9

If the areas of the site classes in the mineral soils section of Table 15 are accordingly amended, and the stony and swampy areas on North Finnish forest soils are assumed to be as large as in South Finland, the comparison with the annual increment of the Finnish forests today assumes the appearance shown in Table 16.

According to this estimate, which is more realistic than the former, the annual increment of the forests on mineral soils in Finland is 50.1 million cu.m. and might increase by 34 per cent, i.e. one-third above the current increment. The quantitative increase would be 12.7 million cu.m./year, and the annual increment per hectare would increase from 2.65 to 3.55 cu.m. The relative increase in increment would be greatest in North Finland. The reason is that, compared with the southern part of the country, the age-class distribution of the current forests becomes increasingly unfavourable towards Lapland. Most probably the forests are also less well stocked.

The wood production of the Finnish forests does not, however, depend only on the increment of the forests on mineral soils. The *increment of the wide forests on swamps* must also be taken into consideration. At the time of the Third National Forest Inventory in 1951—53 the area of productive peat lands was approximately 3.3 million has. If the increment of forests on peat lands can be raised by good silviculture to levels estimated by Ilvessalo (1960, p. 56), their total increment would be 8.9 million cu.m./year, instead of 6 million cu.m. The increment is divided between the regions created for calculation purposes in the way illustrated by Table 15.

If no primary improvement of forest land is undertaken, the 17.4 million hectares of productive forest land in Finland would have a natural wood production capacity of 59.0 million cu.m./year. If the increment of forests on poorly productive forest land is added, the total increment is 61.6 million cu.m./year. The annual volume increment per ha would increase from the 2.5 cu.m. of the early 1950s to 3.5 cu.m. and the total increment by 15.6 million cu.m.

5. SUMMARY

The ultimate purpose of the present study was to obtain a precise idea, more exact than before, of the changes in forest growth from the south coast of Finland to the northern timber line, and to divide the country on this basis into homogeneous growth regions. For this purpose, with the growth sample plots on mineral soils of the Third National Forest Inventory (1951—53) as main observation material, and with the aid of multivariate regression analysis, functions were derived for the relative volume increment of stands dominated by pine, spruce or birch. Special attention was paid to the climatic factors.

Although the growth of forest in the first place depends on climate and the fertility of soil, variations in relative increment were better explained by more accurately measurable secondary growth factors, the most important being the age of the stand. Depending on the tree species, age accounted for 69—75 per cent of the logarithmic variance (Tables 4, 6 and 7). Even the mean diameter and basal area of pine stand, and the stand volume of spruce and birch stand, explained the variation of the relative stand growth better than did the climatic variables.

According to simple correlation coefficients, the effective temperature sum seemed to be the most promising climatic factor. The length of thermal growing season, however, was the variable selected for the function on the stands dominated by pine or spruce, and latitude for the function on birch-dominated stands. Spruce and birch seem to react to climatic changes more readily than do pine, for the climatic factor was the fourth in sequence to be included in the function of pine stands, but the third in the functions of the other tree species. Pine, as is well known, is in fact the tree species of the northern areas.

At the end of the analysis, 85 per cent of the logarithmic variance of the increment percentage was accounted for in the function of pine stands, 82 per cent in that of birch stands and 78 per cent in that of spruce stands. These inter-species differences are connected with stand age. It is difficult to define the age of birch stands accurately, and the initial development of spruce stands varies within wide limits depending on the length of the period of stagnation. In future studies of the regionality of growth, increasing attention should be devoted to stand age and the climatic factors of the individual stands.

Increment function (9) of the present study, derived to cover all the pine-dominated stands in the country, provides a relatively homogeneous basis for reviews of the regional changes of growth. Using the stand and climate characteristics of the earlier growth studies carried out on pine stands in different parts of the country, the mean annual volume increment during the rotation of maximum volume increment was recalculated with this function for each region by forest site types. Smoothing the calculated increments (Table 9) as the function of the length of thermal growing season (Fig. 8) the gradual changes of increment over the whole territory of Finland could be reviewed.

It should be noted that the volume increments refer to the growth of fully stocked forests with regular age-class distribution. In the absence of adequate information, the increment variation caused by climate was not corrected. The available data suggest, however, that during the period of growth measurement the increment in the north was slightly below, and in the south slightly above, the average level.

Finland was, in the present study, divided into extensive homogeneous growth regions, with the combined aid of the length of thermal growing season and an existing division into forest vegetation zones (Fig. 10). The borderlines selected for the growth regions were the curves of the length of thermal growing seasons which most closely coincided with the borders of the forest vegetation zones. With minor modifications, five growth regions were obtained: 1. South Finland, 2. Ostrobothnia-Kainuu, 3. North Finland, 4. North Lapland, and 5. Lapland Fells (a treeless region).

From one growth region to another, the mean annual volume increment during the rotation of maximum volume increment falls by about 20 per cent. If the increment of the southernmost region is given a rating of 100, the mean wood production capacities of the growth regions follow the sequence 100—82—56—36 (Tables 11 and 12). The wood production capacity, therefore, does not decline rectilinearly towards the northerly regions. The decline is at first slow, and its rate increases as it nears the timber line. This is distinctly visible from Fig. 8.

The present study gave a more favourable picture than earlier studies of the wood production capacity of the forests in the northern parts of the country. The difference is most pronounced for growth region 2. Its increment was earlier estimated to be 70 per cent of that of the southern region, but the percentage now seems to average just over 80. In the protection forest area, where stands are still forming, the increment is no more than a good quarter or just under one-third of the increment in growth region 1.

The wood production capacity of the forests on mineral soils seems to decline northward more slowly than that of forests on peat lands. According to various authors, the increment in the forests on peat lands of the southern

part of North Finland is only 40—45 per cent of that in South Finland, while the corresponding percentage for mineral soils is about 60.

In conclusion, an estimate was presented concerning the potential wood production capacity of the forests in Finland. On the basis of the known forest areas and the assumption that the increment in managed forests, for various reasons, may only amount to 80 per cent of the increments of Table 11, the total growth, excluding bark, of fully stocked forests growing on productive mineral soils and with regular age-class distribution, might equal 50.1 million cu.m./year. When the increment of the forests growing on peat lands and on poorly productive forest lands is added, the total growth on all forest lands amounting to 61.6 million cu.m./year is obtained. This would be 34 per cent higher than the current increment.

6. REFERENCES

Abbreviations:

AFF = Acta Forestalia Fennica
FF = Folia Forestalia
MNS = Meddelelser fra Det Norske Skogsforsøksvesen
MSS = Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut
MTJ = Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja *(Communicationes Instituti Forestalis Fenniae)*
SF = Silva Fennica
SST = Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift

Aaltonen, V. T. 1940. Metsämaa. — Porvoo—Helsinki.

Alalammi, E. 1968. Puun pituuskasvun arvioimistarkkuudesta ja sen vaikutuksesta kasvun arvioon. — Typed manuscript.

Andersson, S-O. 1962. Produktionstabeller för norrländska tallplanteringar. *Summary:* Yield tables for plantations of Scots pine in Northern Sweden. — MSS Band 51.

Assmann, E. 1954. Grundflächenhaltung und Zuwachsleistung bayerischer Fichten-Durchforstungsreihen. — Forstwissenschaftliches Centralblatt.

Bartlett, S. M. 1947. The use of transformations. — Biometrica, Vol. 3.

Cajander, A. K. 1916. Metsänhoidon perusteet I. — Porvoo.

Carbonnier, Ch. 1968. Bonitering av skogsmark. — Skogen Nr 4.

Cochran, W. G. 1947. Some consequences when the assumptions for the analysis of variance are not satisfied. — Biometrica, Vol. 3.

Cunia, T. 1964. Weighted least squares method and construction of volume tables. — Forest Science. Vol. 10.

Draper, N. R. and Smith, H. 1966. Applied regression analysis. — New York — London — Sydney.

Eide, E. and Langsaeter, A. 1941. Produksjonsundersøkelser i granskog. *Referat:* Produktionsuntersuchungen von Fichtenwald. — MNS VII.

Eriksson, H. 1967. En jämförselse mellan produktion på fasta försöksytor och i hela bestånd. *Summary:* A comparison between the yield figures for permanent sample plots and those for the stand as a whole. — Skogshögskolan. Institutionen för skogsproduktion. Rapporter och uppsatser. Nr 14.

Ervasti, S. and Kuusela, K. 1968. Suomen metsätase vuosina 1953—66. — FF 49.

Ezekiel, M. and Fox, K. A. 1959. Methods of correlation and regression analysis. — New York—London.

Fairbairn, W. A. 1968. Climatic zonation in the British Isles. — Forestry. Vol. 41.

Fitje, A. 1967. Feil ved høydemåling på enkelttraer. *Summary:* Errors in the height measurement of individual trees. — MNS Hefte 84.

Freese, F. 1964. Linear regression methods for forest research. — U.S. Forest Service research paper. FPL 17.

Fries, J. 1964. Vårtbjörkens produktion i Svealand och Södra Norrland. *Summary:* Yield of *Betula verrucosa Ehrh.* in Middle Sweden and Southern North Sweden. — Studia Forestalia Suecica. Nr 14.

Hagberg, E. 1959. Orienterande undersökning över rikets uppdelning i regionala områden med ledning av vid riksskogstaxeringen registrerad radietillväxt. — SST Nr 3.

Heikurainen, L. 1959. Tutkimus metsäojitusalueiden tilasta ja puustosta. *Referat:* Über waldbaulich entwässerte Flächen und ihre Waldbestände in Finnland. — AFF 69.

—»— Kuusela, K., Linnamies, O. and Nyyssönen, A. 1961. Metsiemme hakkuumahdollisuudet. Pitkän ajan tarkastelua. *Summary:* Cutting possibilities of the forests of Finland. A long-term analysis. — SF 110. Appendix 1.

—»— and Seppälä, K. 1965. Regionality in stand increment and its dependence on the temperature factor on drained swamps. — AFF 78.

Hesselman, H. 1904. Om tallens diametertillväxt under de sista tio åren. *Referat:* Über den Durchmesserzuwachs der Kiefer in den letzten zehn Jahren. — MSS Band 1.

Holmsgaard, E. 1955. Årringsanalyser af danske skovtraeer. *Summary:* Tree-ring analysis of Danish forest trees. — Det Forstl. Forsøgsv. i Danmark.

Huikari, O., Aitolahti, M., Metsänheimo, U. and Veijalainen, P. 1968. Puuston kasvumahdollisuuksista ojitetuilla soilla Pohjois-Suomessa. *Summary:* On the potential tree growth on drained peat lands in Northern Finland. — MTJ 64.

Ilvessalo, Y. 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.

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

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

—»— 1939. Metsikön kasvun arvioiminen. — SF 52.

—»— 1948. Pystypuiden kuutioimis- ja kasvunlaskentataulukot. — Helsinki.

—»— 1951. III valtakunnan metsien arviointi. Suunnitelma ja maastotyön ohjeet. — MTJ 39.

—»— 1952. Metsikön kasvun ja poistuman välisestä suhteesta. *Summary:* On the relation between growth and removal in forest stands. — MTJ 40.

—»— 1956. Suomen metsät vuosista 1921—24 vuosiin 1951—53. Kolmeen valtakunnan metsien inventointiin perustuva tutkimus. *Summary:* The forests of Finland from 1921—24 to 1951—53. A survey based on three national forest inventories. — MTJ 47.

—»— 1957. Suomen metsät metsänhoitolautakuntien toiminta-alueittain. *Summary:* The forests of Finland by Forestry Board Districts. — MTJ 47.

—»— 1960. Suomen metsät kartakkeiden valossa. *Summary:* The forests of Finland in the light of maps. — MTJ 52.

—»— 1965. Metsänarvioiminen. — Porvoo—Helsinki.

—»— 1967. Luonnonnormaalien metsiköiden kehityksestä Kainuussa ja sen lähiympäristössä. *Summary:* On the development of natural normal forest stands in South-Eastern North-Finland. — AFF 81.

—»— 1969. Luonnonnormaalien metsiköiden kehityksestä Pohjanmaan kivennäismailla. *Summary:* On the development of natural normal forest stands on mineral soils in Ostrobothnia. — AFF 96.

Jeffers, J. N. R. 1960. Experimental design and analysis in forest research. — Stockholm.

Jonson, T. 1928. Några nya metoder för beräkning av stamvolym och tillväxt hos stående träd. *Summary:* Some new methods for calculating volume and increment of standing timber. — SST.

Jonsson, B. 1961. Om barrblandskogens volymproduktion. — MSS Band 50.

—»— 1969. Studier över den av väderleken orsakade variationen i årsringsbredderna hos tall och gran i Sverige. *Summary:* Studies of variations in the widths of annual rings in Scots pine and Norway spruce due to weather conditions in Sweden. — Skogshögskolan. Institutionen för skogsproduktion. Rapporter och uppsatser. Nr. 16.

Kalela, A. 1961. Waldvegetationszonen Finnlands und ihre klimatischen Paralleltypen. — Arch. Soc. Vanamo. 16: suppl.

Karppinen, E. and Laine, E. 1964. Puun pituuden mittauksesta. — Typed manuscript.

Koivisto, P. 1957. Etelä-Suomen hoidettujen raudus- ja hieskoivikoiden kehityksestä. — Typed manuscript.

Kolkki, O. 1959. Lämpötilakarttoja ja taulukoita Suomesta kaudelta 1921—50. Deutsches referat. — Liite Suomen Meteorologiseen vuosikirjaan. Nide L, osa I. (Supplement to the Meteorological Yearbook of Finland. Vol. L, part I).

—»— 1966. Taulukoita ja karttoja Suomen lämpöoloista kaudelta 1931—1960. *Summary:* Tables and maps of temperature in Finland during 1931—1960. — Ibid. Nide 65, osa 1a. (Ibid. Vol. 65, part 1a).

Kramer, H. 1963. Der Einfluss von Grossklima und Standort auf die Entwicklung von Waldbeständen am Beispiel langfristig beobachteter Versuchsflächen von Douglasie, Fichte, Buche und Eiche. — Schriftenreihe der Forstl. Fakultät der Universität Göttingen. Band 31/32.

Kuusela, K. and Kilkki, P. 1963. Multiple regression of increment percentage on other characteristics in Scotch-Pine stands. *Seloste:* Kasvuprosentin ja muiden metsikkötunnusten välinen yhteiskorrelaatio männiköissä. — AFF 75.

—»— and Nyyssönen, A. 1962. Tavoitehakkuulaskelma. *Summary:* The cutting budget for a desirable growing stock. — AFF 74.

Langlet, O. 1936. Studier över tallens fysiologiska variabilitet och dess samband med klimatet. *Referat:* Studien über die physiologische Variabilität der Kiefer und deren Zusammenhang mit dem Klima. — MSS Band 29.

Lehto, J. 1964. Käytännön metsätyypit. — Helsinki.

Leikola, M. 1969. The influence of environmental factors on the diameter growth of forest trees. Auxanometric study. — AFF 92.

Linkola, K. 1922. Zur Kenntnis der Verteilung der landwirtschaftlichen Siedlungen auf die Böden verschiedener Waldtypen in Finnland. — AFF 22.

Lukkala, O. J. 1919. Tutkimuksia viljavan maa-alan jakautumisesta etenkin Savossa ja Karjalassa. — AFF 9.

—»— 1938. Suomen jakaminen ilmastollisiin metsäojitusvyöhykkeisiin. — Helsinki.

Lönnroth, E. 1925. Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung gleichaltriger naturnormaler Kiefernbestände, basiert auf Material aus der Südhälfte Finnlands. — AFF 30.

Matérn, B. 1961. On the precision of estimates of diameter growth from increment borings. — IUFRO, 13th Congress 61/25/8 — S2.

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

Mitscherlich, G. 1949. Über den Einfluss der Wuchsgebiete auf das Wachstum von Kiefernbeständen. — Forstw. Cbl.

Nebe, W. 1968. Über Beziehungen zwischen Klima und Wachstum der Fichte *(Picea abies)* in ihrem europäischen Verbreitungsgebiet. — Archiv für Forstwesen. Bd. 17.

Nilsson, N.-E. 1961. Riksskogstaxeringens produktionsöversikter. — MSS Band 50.

Nyyssönen, A. 1952. Puiden kasvusta ja sen määrittämisestä harsintamänniköissä. *Summary:* On the growth and its ascertainment in selectively cut Scots Pine Stands. — MTJ 40.

—»— 1954. Hakkauksilla käsiteltyjen männiköiden rakenteesta ja kehityksestä. *Summary:* On the structure and development of Finnish pine stands treated with different cuttings. — AFF 60.

—»— Kilkki, P. and Mikkola, E. 1967. On the precision of some methods of forest inventory. *Seloste:* Eräiden metsänarvioimismenetelmien tarkkuudesta. — AFF 81.

Paterson, S. S. 1961. Introduction to phyochorology of Norden. — *Sammanfattning:* Nordens fyokorologiska grunddrag. — MSS Band 50.

Petrini, S. 1948. Skogsuppskattning och skogsindelning. — Stockholm.

Petterson, H. 1955. Barrskogens volymproduktion. — MSS Band 45.

Pope, R. B. 1962. Constructing aerial photo volume tables. — U.S. Department of Agriculture. Forest service. Research Paper 49.

Prodan, M. 1951. Messung der Waldbestände. — Frankfurt/M.

Ralston, A. and Wilf, H. S. 1962. Mathematical methods for digital computers. — New York—London.

Siostrzonek, E. 1958. Radialzuwachs und Flächenzuwachs. Genauere Bestimmung des Grundflächenzuwachses mit Bohrspänen und Stammscheiben. — Forstw. Cbl.

Siren, G. 1961. Skogsgränstallen som indikator för klimatfluktuationerna i norra Fennoskandien under historisk tid. — MTJ 54.

Snedecor, G. W. 1956. Statistical methods applied to experiments in agriculture and biology. 5th edit. — Iowa State Univ. Press., Ames, Iowa.

Steel, R. G. D. and Torrie, J. H. 1960. Principles and procedures of statistics. — New York—London.

Strand, L. 1963. Temperaturendringer i de siste decennier. *Summary:* Temperature changes in the past decades. — MNS Nr 64.

Suomen kartasto. 1960. — Helsinki.

Suuri metsäkirja I. 1949. — Porvoo.

Tiihonen, P. 1966. Über die Anwendbarkeit der Zuwachstabellen in den von Durchschnittswäldern abweichenden Kiefernbeständen. — Schweizerische Anstalt für das forstliche Versuchswesen. Mitteilungen. Bd./Vol. 42.

Tilastomatematiikan perusteet II. Suomen Teknillinen Seura. 1964. — Mimeographed.

Tiren, L. 1929. Über Grundflächenberechnung und ihre Genauigkeit. — MSS Band 25.

Walther, H. 1951. Grundlagen der Pflanzenverbreitung. I Teil: Standortslehre. — Stuttgart.

Wiedemann, E. 1955. Ertragskundliche und waldbauliche Grundlagen der Forstwirtschaft. Das Hauptergebnis der 70-jährigen Arbeiten der (ehem.) Preussischen Forstlichen Versuchs-Anstalt. 2. Auflage. — Frankfurt/M.

—»— 1957. Ertragstafeln wichtiger Holzarten bei verschiedener Durchforstung. Neubearbeitet und herausgegeben von Professor Dr. Reinhard Schober. — Hannover.

Vuokila, Y. 1952. Havaintoja puiden luvussa syntyvistä virheellisyyksistä. — Metsälehti. No 12.

—»— 1960. Pituus- ja kapenemismittausten tarkkuudesta. — Metsälehti. No 11.

—»— 1965. Functions for variable density yield tables of pine based on temporary sample plots. *Seloste:* Tilapäiskoealoihin perustuvat yhtälöt männyn kasvu- ja tuotostaulukoita varten. — MTJ 60.

—»— 1967. Eriasteisin kasvatushakkuin käsiteltyjen männiköiden kasvu- ja tuotostaulukot maan eteläistä sisäosaa varten. *Summary:* Growth and yield tables for pine stands treated with intermediate cuttings of varying degree for Southern Central-Finland. — MTJ 63.

Metsätalouden rahoitusohjelma. MERA III. (Forestry Financing Programme) 1969. — Toimikunnan mietintö valtioneuvostolle (Committee report).

Tapion taskukirja. 1965. 15th edition.

The standardization of symbols in forest mensuration. 1959. — International Union of Forestry Research Organizations.

7. SUOMENKIELINEN SELOSTE

METSÄN KASVUN ALUEELLISUUS SUOMESSA

1. TUTKIMUSAIHE

Metsän kasvu vaihtelee Suomen tammivyöhykkeen pohjoisista osista metsän rajalle ulottuvalla alueella suuresti. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on saada tästä vaihtelusta entistä yhtenäisempi käsitys koko maata koskevien suhteellisen kuutiokasvun funktioiden avulla. Niiden laadinnassa on erityisesti otettu huomioon kasvuun vaikuttavat ilmastolliset kasvun tekijät. Tarkastelun päätteeksi tehdään ehdotus jaoksi kasvualueisiin, joilla kasvun edellytykset ovat suunnilleen samat.

2. TUTKIMUKSEN AINEISTO

Tutkimuksen perusaineiston muodostavat valtakunnan metsien III inventoinnin kasvukoealat. Tästä systemaattisesta, mutta alueittain sattumanvaraisessa järjestyksessä olleesta aineistosta otettiin tutkimukseen kasvullisten kivennäismaiden yksijaksoisista koealametsiköistä joka seitsemäs.

Asetelma s. 9 osoittaa, että näytemetsiköitä on analyyseissa mukana huomattavan paljon. Tämän vuoksi nekin kasvun selittäjät, joiden vaikutus kasvuun on itse asiassa sangen vähäinen, saadaan tilastollisissa testeissä merkitseviksi.

Aineiston pahimpana puutteena on maan pohjoisosien metsien nykytilasta aiheutuva nuorten metsien niukkuus ja vanhojen metsien alipuustoisuus (taul. 1). Tämä saattaa antaa leimansa funktioiden kululle. Muuten aineistossa on mukana metsien puuston, kasvupaikan ja ilmaston koko vaihteluväli (taul. 2 ja 3).

3. KASVUFUNKTIOIDEN JOHTAMISEN MENETELMÄ

Koska metsän kasvu on monen siihen vaikuttavan tekijän yhteisvaikutuksen tulos, päätettiin funktiot johtaa *multivariaattista regressioanalyysia* apuna käyttäen. Selitettäväksi muuttujaksi valittiin metsikön suhteellinen kuutiokasvu (P_V), jonka riippuvuus kasvun tekijöistä on yksinkertaisempi ja jonka antamat tulokset ovat helpommin tulkittavissa kuin absoluuttisen kasvun.

31. Aineistolle asetettavat vaatimukset

Regressioanalyysi antaa käyttökelpoisia tuloksia vain, jos näyte ja sen otto sekä muuttujien mittaus täyttävät tietyt ehdot.

Nämä ehdot ovat:

1. Näytteen on oltava satunnaisnäyte normaalisti jakautuneesta multivariaattisesta populaatiosta.
2. Selitettävän muuttujan varianssin tulee olla riippumaton selittävien muuttujien arvoista.
3. Selittävien muuttujien kesken ei saa esiintyä interaktiota.
4. Selittävien muuttujien havaintojen on oltava virheettömiä.

Tutkimuksen näytteiden normaalin jakauman ja varianssin homogeenisuuden vaatimuksiin nähden on tosin toivomisen varaa (s. 22), mutta poikkeavuudet eivät liene suurempia kuin biologisissa näytteissä yleensä. Poikkeavuuksien vuoksi luotettavuustunnuksia onkin pidettävä muuttujien luotettavuuden suhteellisena mittana.

32. Regression malli

Vaikka aineisto onkin saatu lähinnä systemaattisella otannalla, lienee »regressiomalli II» silti voimassa. Tämä tarkoittaa sitä, että aineiston täyttäessä em. ehdot ei ainoastaan regressio- vaan myös korrelaatiokerrointen ja niiden luotettavuuden laskenta on oikeutettua.

Haettaessa funktioiden johtamisessa tarvittavaa matemaattista lauseketta suoritettiin aluksi muuttujien riippuvuussuhteiden graafinen tarkastelu. Niiden ja suhteellisen kasvun periaatteellista riippuvuutta kasvutekijöistä esittävän kuvan 1 perusteella päädyttiin regression mallina käyttämään *eksponentti- ja potenssifunktioita.* Ratkaisut tehtiin logaritmimuunnoksin [funktiot (5) ja (6)], sillä selitettävän varianssi tulee tällöin homogeenisemmaksi ja skaalan muutos samalla linearisoi funktion.

33. Regression muuttujat

Käytetyt muuttujat nähdään symbolien luettelosta s. 7.

Selitettävään muuttujaan (P_V) ei ole riittävien tietojen puuttuessa voitu tehdä ilmaston aiheuttaman kasvun vaihtelun edellyttämää korjausta. Tästä johtuvaa epätarkkuutta kosketellaan tutkimuksen tulosten tarkastelun yhteydessä.

Selittävät puustotunnukset tarkoittavat kasvunmittausjakson loppua. Suuralueittaisen kasvun kuvaamisen kannalta tällä ei kuitenkaan ole merkitystä, varsinkin kun alkutilan erot tasoittuvat suurissa aineistoissa.

Kaikki ilmastoa ja kasvupaikkaa kuvaavat muuttujat ovat luokiteltuja eivätkä koealakohtaisia, sillä niitä ei voitu enää jälkeenpäin täsmällisesti määrittää. Esim. termisen kasvukauden pituusarvon (TS) kukin koeala sai kuvan 2 esittämän luokituksen mukaisesti.

Niin selitettävään kuin selittäviinkin muuttujiin on todettu liittyvän havaintovirheitä, jotka ovat olleet omiaan lisäämään regression hajontaa ja pienentämään regressio- ja korrelaatiokertoimia.

34. Regressiomallin laskenta

Malli laskettiin ELLIOTT 503 -tietokoneella soveltaen kirjasto-ohjelmaa »valikoiva regressioanalyysi». Ohjelma itse etsi tietyssä mielessä parhaan muuttujayhdistelmän valiten uudeksi selittäjäksi sen, joka eniten paransi multippelia korrelaatiokerrointa. Ennen uuden selittäjän valitsemista ohjelma kuitenkin tutki, oliko mallissa ennestään

mukana niin huono selittäjä, että se oli syytä poistaa. Kriteerinä lisättävän tai poistettavan selittäjän valinnassa käytettiin F-testiä (s. 25).

4. TUTKIMUKSEN TULOKSET

41. Kasvufunktiot

Logaritmisen kasvuprosentin selittäjinä kokeiltiin paitsi alkuperäismuuttujia myös niiden logaritmi-, neliö-, neliöjuuri- ja yhdistelmämuuttujia. Selittäjien kollinearisuuden vuoksi ei ole pidetty tarpeellisena esittää niiden välisten yksinkertaisten korrelaatiokerrointen taulua.

411. Mäntyvaltaisten metsiköiden kasvufunktiot

Analyysin askeleittainen eteneminen esitetään taulukossa 4. Käytettävissä olleista 18 selittäjästä ohjelma valitsi funktioon 7 (s. 27). Kuten aikaisemmissakin tutkimuksissa metsikön ikä saatiin suhteellista kasvua parhaiten selittäväksi muuttujaksi. Se yksin selittää n. 75 % log P_V :n varianssista. Tasaveroisista ilmastomuuttujista ohjelma valitsi funktioon keskiläpimitan (D_G) ja pohjapinta-alan (G) jälkeen termisen kasvukauden pituuden (TS). Funktion selitysprosentti on tällöin n. 85 eikä se tästä enää mainittavasti nouse. Analyysin päättyessä funktion hajonta on 38.2 % log P_V :n alkuperäisestä hajonnasta.

4111. Funktion systemaattinen virhe

Funktiolla näyttää olevan taipumus vähätellä keskimääräisiä ja liioitella pieniä kasvuprosentteja (kuva 4 A ja B). Koska jäännösvarianssi ei korreloi minkään selittävän muuttujan kanssa (kuva 5 A—D), on tämä tulkittava siten, että funktiosta on jäänyt pois jokin kasvuun merkitsevästi vaikuttava selittäjä. Sitä ei kuitenkaan voitu tutkimuksessa löytää.

Selitettävän muuttujan alkuperäisarvojen keskiarvo on 95 %:n varmuudella välillä $4.08 \leqq \mu \leqq 4.25$% (s. 33). Lasketut prosentit poikkeavat kuitenkin havaituista funktion sovellutusalueella (2—5 %) enemmän eli + 0.3:sta — 0.5:een prosenttiyksikköä (kuva 6). Selittävien muuttujien poiketessa keskiarvoistaan alkavat funktion virheeseen kuitenkin vaikuttaa myös regressiokerrointen hajonnat ja virhe kasvaa suhteessa poikkeamien neliöön.

412. Kuusi- ja koivuvaltaisten metsiköiden kasvufunktiot

Vaiheittaiset analyysit esitetään taulukoissa 6 ja 7.

Kummankin metsikkölajin suhteellisen kasvun selittäjänä ikä on edelleen parhain (askel 1). Sen sijaan on pantava merkille, että ilmastotekijä seuraa molemmissa tapauksissa jo kolmantena kasvun selittäjänä, kuusikoilla termisen kasvukauden pituus (TS) ja koivikoilla leveysaste (L). Kun kuusikoiden kasvuun vaikuttaa merkitsevästi myös korkeus merenpinnasta (HS), voidaan päätellä näiden puulajien reagoivan ilmaston muutoksiin mäntyä herkemmin.

Lopullisten funktioiden selittävyys on selvästi mäntyfunktion selittävyyttä heikompi. Syynä tähän on se, että kyseisten puulajien muodostamien metsiköiden iän määritys on vaikeampaa kuin männiköiden iän määritys.

42. Metsän kasvun vaihtelu Suomen alueella

Metsän kasvu heikkenee Suomen alueella vähitellen pohjoiseen päin mentäessä, ja vaikka sademäärä samalla vähän pieneneekin sekä metsämaan viljavuus ehkä hiukan laskee, on tähän useiden tutkijain mukaan silti pääsyynä ilmaston lämpötilan lasku. Etelärannikon termisen kasvukauden pituus on nimittäin 180 vrk ja keskilämpötila + 13° C, kun taas pohjoisen metsärajan vastaavat luvut ovat vain 120 vrk ja + 10° C. Tällaisesta kasvun heikkenemisestä pyritään tässä luvussa saamaan entistä yhtenäisempi käsitys. Tärkeintä tässä yhteydessä on, että kasvun suhteelliset muutokset alueelta toiselle tulevat oikeiksi.

Tarkastelun päätteeksi esitetään ehdotus jaoksi kasvualueisiin, joilla kasvun edellytykset ovat suunnilleen samat.

421. Laskentaperusteet

Kasvun muutosten tarkastelu suoritetaan siten, että funktiolla (9) lasketaan uudelleen varhempien kasvututkimusten puusto- ja ilmastotunnuksin toisiaan vastaavien metsätyyppien männiköiden suurimman keskikasvun kiertoajan vuotuinen keskimääräinen kuutiokasvu ja tästä johdetaan sama kasvu graafisesti maan eri osille.

Tietoa tarvitaan siis ensiksikin siitä, mitkä maan eri osien metsätyypit vastaavat toisiaan, ja toiseksi on tavalla tai toisella määritettävä funktion vaatimat kunkin metsätyypin ja tutkimusalueen harvennetun männikön puusto- ja muut tunnukset.

Nykyisen käsityksen mukaiset rinnakkais- eli paralleelityypit esitetään asetelmassa s. 42 ja maan yleisimmät metsätyypit, joista myös on männiköitä koskevia kasvututkimuksia, asetelmassa s. 43. Funktion vaatimat harvennetun männikön puustotunnukset ovat suoraan saatavissa vain Etelä-Suomen männiköille. Pohjoisten kasvillisuusvyöhykkeiden »harvennettujen männiköiden» tunnukset johdettiin luonnontilaisten männiköiden kehityssarjoista olettaen, että samanlaisin hakkuin käsiteltyjen männiköiden puustotunnukset ovat suhteessa luonnontilaisten männiköiden vastaaviin tunnuksiin keskikasvun kulminoidessa kautta maan samat. Lasketut muuntoluvut nähdään asetelmasta s. 44 ja kunkin tutkimusalueen »harvennetun männikön» puusto- ja muut tunnukset taulukosta 8.

422. Kasvun intensiteetti

Sijoittamalla funktioon (9) selittäjät taulukosta 8 voidaan nyt laskea kunkin kasvupaikkatyypin männikön suhteellinen kuoreton kuutiokasvu ja tästä edelleen absoluuttinen kuutiokasvu taulukon 8 kuorettomien kuutiomäärien perusteella. Tulokset nähdään taulukosta 9.

Männikön vuotuinen keskimääräinen kuutiokasvu on siis eri tutkijain mukaan saatu jonkin verran erisuuruiseksi. Tämä onkin luonnollista, sillä tutkimusmenetelmät ovat olleet toisistaan poikkeavia, ne on tehty eri aikoina, laskelmat perustuvat erilaisiin kehityssarjoihin, eikä lopuksi voida olla varmoja siitäkään, että eri tutkimusten samannimiset kasvupaikat olisivat olleet täysin toisiaan vastaavia.

423. Kasvun alueelliset muutokset

Kun tasoitetaan lasketut kasvut kasvupaikkatyypeittäin graafisesti termisen kasvukauden pituuden funktiona, kasvun alueellisia muutoksia voidaan seurata yli koko maan. Kiinnekohtia tasoituksille on tosin niukasti, mutta johtoa niille antaa se tunnettu tosiasia, että kasvutekijäin yhä parantuessa niiden aikaansaama kasvun

lisäys yksikköä kohti tulee yhä pienemmäksi. Sen vuoksi termisen kasvukauden pidentyessä tietyn kasvupaikkatyypin kuutiokasvukin nousee metsän rajalta etelään päin mentäessä hidastuen eikä suoraviivaisesti.

Taulukon 9 kasvuluvut on tasoitettu kasvupaikkatyypeittäin kuvassa 8 edellä mainitun viitteen mukaisesti. Lehtomaisilla kankailla kasvututkimuksia on suoritettu vain Etelä-Suomessa. Muilla vyöhykkeillä niiden kasvu on oletettu suhteessa tuoreiden kankaiden kasvuun samaksi kuin Etelä-Suomessakin.

Taulukossa 10 esitetään, miten kyseinen kasvu muuttuu tasavälisin termisen kasvukauden pituuden mukaisin luokin. Aivan metsän rajalla (TS 120) metsän kasvu on vain vajaa 1/3 eteläisen rannikkoalueen (TS 170) samannimisen kasvupaikkatyypin kasvusta. Toisaalta on pantava merkille, että kasvu heikkenee pohjoiseen mentäessä nopeammin kuin termisen kasvukauden pituus lyhenee lämpötilan tullessa yhä määräävämmäksi kasvun tekijäksi.

Kuutiokasvun ja termisen kasvukauden pituuden keskinäistä riippuvuutta voidaan tarkastella laajemmaltikin. Saksassa alueella, jonka termisen kasvukauden pituus on n. 230 vrk, männikön keskikasvun on laskettu olevan parhaalla kasvupaikalla 8.5—9.0 m^3/ha/v. Tämän kasvun arvon havaitaan asettuvan luontevasti kuvan 8 lehtomaisten kankaiden käyrän jatkolle.

4231. Maan jako kasvualueisiin

Kasvualueiden yhtenä jakoperusteena on termisen kasvukauden pituus ilmeinen. Kun termisen kasvukauden pituutta kuvaavien käyrien (kuva 2) todettiin läheisesti seurailevan aiemmin erotettujen metsäkasvillisuusvyöhykkeiden rajoja (kuva 9), tuntui molempien jakoperusteiden yhdistäminen järkevältä. Tutkimuksen kasvualueet ovat sen vuoksi periaatteessa samat kuin näiden metsäkasvillisuusvyöhykkeidenkin, mutta niiden väliset rajat määräytyvät näiden vyöhykerajojen kanssa lähimmän yhdensuuntaisen termisen kasvukauden pituuden käyrän mukaisesti. Pienin muutoksin saatiin näin 5 kasvualuetta, jotka on lähemmin määritelty s. 50 ja joiden väliset rajat käyvät ilmi kuvasta 10.

Kuvasta 10 nähdään, että kasvun edellytykset ovat länsirannikon pohjoisosassa kasvukauden pituuden perusteella arvostellen suotuisammat kuin vastaavilla leveysasteilla maan itärajalla. Pohjanmaan rannikkoseudun metsien yleisesti tiedossa oleva heikko kasvu johtuneekin metsämaiden ravinteiden niukkuudesta ja laajasta soistuneisuudesta.

Muodostettujen kasvualueiden vuotuiset keskimääräiset kuutiokasvut voidaan lukea kuvan 8 käyriltä. Ne esitetään taulukossa 11, ja jos kasvualueen 1 kasvuja merkitään 100:lla, saavat eri kasvualueiden kuutiokasvut taulukon 12 mukaisia suhteellisia arvoja. Taka-Lapin metsien puuntuottokyky on siis noin 1/3, Peräpohjolan hiukan yli 1/2 ja Pohjanmaan-Kainuun noin 4/5 Etelä-Suomen metsien puuntuottokyvystä. Eri kasvupaikkatyyppien puuntuottokyvyt taas suhtautuvat toisiinsa järjestyksessä lehtomaiset, tuoreet, kuivahkot ja kuivat kankaat kuten luvut 100—88—67—36.

Eri kasvualueiden puuntuottokyvyn vertailu voidaan kääntäen esittää niin, että saman puumäärän tuottamiseen samalla kasvupaikkatyypillä tarvitaan kasvualueilla 2—4 kasvualueeseen 1 verrattuna 1.2-, 1.8- ja 2.6-kertaiset pinta-alat. Eri metsäalueiden puuntuottokyvyn vertailussa on kuitenkin vielä otettava huomioon metsämaiden viljavuuserot. Taulukossa 13 esitetään eri piirimetsälautakuntien toiminta-alueiden keskimääräisen boniteetin suhteellinen kasvukyky Uudenmaan—Hämeen alueen kasvukykyyn verrattuna.

Koska funktioon ei ole tehty ilmaston kasvussa aiheuttaman vaihtelun edellyttämiä korjauksia, on pohjoisten kasvualueiden kasvu saatu suhteessa eteläisten alueiden kasvuun ehkä liian alhaiseksi. Toiseen suuntaan vaikuttavana tekijänä on kuitenkin ollut funktion taipumus liioitella pohjoisten alueiden pieniä kasvuprosentteja.

4232. Kasvualuejaon tarkastelua ja vertailua aikaisempiin selvityksiin

Ehdotettu kasvualuejako näyttäisi puolustavan paikkaansa ensinnäkin siitä syystä, että kasvupaikkaluokitukset tehdään Suomessa metsätyyppien pohjalta. Toiseksi puuntuottokyky alenee alueelta toiselle noin 20 % kuten taulukko 12 osoittaa. Lopuksi alueita ei ole myöskään liian monta tulevia, voimaperäistyvän puuntuotannon vaatimia alueittaisia kasvu- ja tuotostaulukoita ajatellen.

Kasvualueista Pohjanmaa—Kainuu on kaikkein heterogeenisin. Metsätyypeiltään alue on ns. »vaihtumavyöhykettä», jonka kasvistossa tavataan sekä eteläisiä että pohjoisia piirteitä. Alueen sisäinen kasvun vaihtelu on sekin suurempi kuin muilla kasvualueilla. Alueen jako kahteen on tuskin paikallaan. Sen sijaan voitaisiin puuntuottokyvyn tasaista alenemista alueelta toiselle silmällä pitäen siirtää alueen etelärajaa vähän pohjoisemmaksi.

Tutkimus antaa entistä edullisemman kuvan Pohjanmaan—Kainuun kasvualueen puuntuottokyvystä. Tätä kuvaa kuitenkin vahvistaa alueella äskettäin tehty kasvututkimus. Sen sijaan käsityksiin Peräpohjolan metsien puuntuoton mahdollisuuksista tutkimus ei ole tuonut olennaisesti uutta.

Suometsien puuntuottokyky näyttää laskevan pohjoiseen päin nopeammin kuin kivennäismaiden metsien puuntuottokyky.

43. Suomen metsien luontainen puuntuottokyky

Tutkimuksen tulokset tarjoavat lähtökohdan laskelmille, miten korkeaksi Suomen kivennäismaiden luontaisesti syntyneiden metsien vuotuinen kasvu voisi nousta, kun metsämaiden puuntuottokyky käytetään täysin hyväksi, ts. kun metsien ikäluokkajakauma on tasainen ja kasvava puustopääoma riittävän korkea.

Useista eri syistä käytännön metsänhoidossa ei voida päästä kasvu- ja tuotostutkimusten osoittamiin vuotuisiin keskimääräisiin kuutiokasvuihin, vaan niitä on tehtyjen tutkimusten mukaan alennettava 20 % (taul. 14). Sen lisäksi on sellaisia kivisiä ja soistuneita metsämaita, joiden kasvun on arvioitu alentuneen yhden tuottoluokan verran, s. 61 asetelman osoittamat määrät (V inventoinnin ennakkotieto). Kun nämä alentavat tekijät otetaan huomioon, saadaan kivennäismaiden metsien vuotuiseksi kasvuksi 50.1 milj. m^3 (taul. 16) ja se voisi siten olla 12.7 milj. m^3 eli kolmanneksen nykykasvua korkeampi. Suhteellisesti kasvun lisäys suurenee pohjoiseen päin.

Ilman metsämaiden perusparannuksia kaikkien Suomen metsien vuotuiseksi kasvuksi saadaan, kun suometsien ja huonokasvuisten metsämaiden metsien (taul. 15) kasvukin otetaan huomioon 61.6 milj. m^3. Vuotuinen kasvu hehtaaria kohti kohoaisi 1950-luvun alun 2.5 m^3:stä 3.5 m^3:iin.

RUSKEAN MÄNTYPISTIÄISEN (*N. SERTIFER GEOFFR.*) TUHOJEN VAIKUTUKSESTA MÄNNIKÖIDEN KASVUUN ETELÄ-POHJANMAALLA, POHJOIS-SATAKUNNASSA JA LÄNSI-UUDELLAMAALLA VUOSINA 1960—1967

PAAVO TIIHONEN

DEUTSCHES REFERAT

HELSINKI 1970

Helsinki 1970. Valtion painatuskeskus

ALKUSANAT

Aloitteen oheisen tutkimuksen suorittamiseksi teki professori Paavo Juutinen keväällä 1967. Häneltä saamastani monipuolisesta tuesta esitän lämpimät kiitokseni.

Tutkimuksen käsikirjoitusvaiheessa olen saanut ystävällistä apua prof. Lauri Heikinheimolta, prof. Kullervo Kuuselalta, prof. Peitsa Mikolalta ja vt. prof. Yrjö Vuokilalta. Parhaat kiitokseni. Tutkimuksen kenttä- ja laskentatöihin on osallistunut useita metsäntutkimuslaitoksen metsänarvioimisen tutkimusosaston palveluksessa olevia henkilöitä. Rouva Marianne Kahanpää on kääntänyt tutkimukseen liittyvän saksankielisen selosteen. Kaikille heille esitän lämpimät kiitokseni.

Helsingissä toukokuussa 1970

Paavo Tiihonen

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
Johdanto	7
Tutkimusaineisto	8
Tutkimusmenetelmä	9
Tutkimuksen päätulokset	11
Kuivuneet puut	11
Sädekasvu	11
Pituuskasvu, oksat ja neulasmäärä	12
Kuutiokasvusadannes	15
Tuhon kokonaisvaikutus	17
Kirjallisuusluettelo	18
Deutsches referat	20

JOHDANTO

Metsäntutkimuslaitoksen metsätuhoeläintieteen tutkimusosaston päällikön, professori Paavo Juutisen aloitteesta liitettiin metsänarvioimisen tutkimusosaston vuoden 1967 työohjelmaan mäntypistiäistuhon alaisiksi joutuneiden männiköiden kasvua käsittelevä erillisselvitys. Tarkoituksena oli jatkaa Juutisen (1967) »Ruskean mäntypistiäisen (*Neodiprion sertifer* Geoffr.) bionomiaa ja esiintymistä Suomessa vuosina 1959—65» käsittelevän tutkimuksensa yhteydessä aloittamia kasvututkimuksia. Käytännön metsätalouden kannalta oli aiheellista pyrkiä selvittämään erityisesti puuston kasvussa mahdollisesti ilmenevien muutosten vaihtelu, keskimääräistaso ja kestoaika.

Ruskean mäntypistiäisen esiintymisen, jäljempänä mäntypistiäistuhon, vaikutusta puuston kasvuun on käsitelty kotimaisissa julkaisuissa hyvin vähän. Juutisen (mt.) ja Hertzin (1933) lisäksi mainittakoon lähinnä Mikola (1950), joka on kiinnittänyt kasvun vaihtelua koskevan tutkimuksensa yhteydessä huomiota mäntypistiäistuhon mahdolliseen vaikutukseen männyn kasvuun mm. Saarijärvellä 1930-luvulla. Ulkomaisissa julkaisuissa on samoin käsitelty nimenomaan ruskean mäntypistiäistuhon vaikutusta varsin vähän (esim. Schönwiese 1933; Forsslund 1945; Eklund 1964). Jos tarkastelu ulotetaan muihin hyönteisiin ja puulajeihin, lisääntyy tutkimusten lukumäärä huomattavasti (mm. Micke 1902; Kapler, Benjamin 1960; Furuno 1964). Kysymystä on tarkasteltu varsin laajamittaisesti perustamalla tutkimukset keinotekoiseen lehtien tai neulasten poistamiseen (esim. Graham 1931; Craighead 1940; Mott, Nairn, Cook 1957; O'Neil 1962; Furuno 1966). Viitattakoon myös Burgerin (1929) tutkimukseen, jossa käsitellään mm. neulasmäärän merkitystä kasvun määrään. Tutkimusten tulokset osoittavat, että tuhon seurauksena on säde- ja pituuskasvu yleisesti pienentynyt voimakkaasti, 20—50 %, tuhoa edeltäneen ajan kasvun määrästä.

Tutkimusaihetta koskeneen tarkastelun perusteella rajoitettiin tutkimustehtävä seuraavasti. Tutkitaan sekä yksityisten mäntyjen että männiköiden kasvun kehitystä mäntypistiäistuhon ajankohtana otsikossa mainitulla Etelä-Pohjanmaan — Länsi-Uudenmaan alueella. Yksityisistä puista valitaan tutkimuskohteiksi säde- ja pituuskasvu sekä oksien kasvaimien pituuk-

sien tarkastelu. Metsiköittäisissä tarkasteluissa keskitytään kahden perättäisen 5-vuotiskauden, v. 1954—59 ja 1960—64, keskimääräisten kuutiokasvusadannesten vertailuun. Edellinen 5-vuotiskausi edustaa tuhoa edeltänyttä aikaa, jälkimmäiseen sisältyvät varsinaiset tuhovuodet, v. 1960—62. Mainitun vertailun lisäksi oli pyrittävä tarkastelemaan myös määrällistä kasvua. Metsiköittäisiin tutkimuksiin sisällytetään edelleen tuhon seurauksena kuolleet puut.

TUTKIMUSAINEISTO

Tutkimusaineiston pääosa koostuu Kauhajoen, Karvian, Somerniemen ja Suomusjärven kunnissa sijaitseville laajahkoille männikkökuvioille perustettujen koealojen mittaustuloksista. Nämä ns. toipumiskoealat, kaikkiaan 19 kpl, perusti J u u t i n e n (mt.) kesällä 1963 edellä mainitun tutkimuksensa yhteydessä. V. 1963 mittaustietojen suhteen viitataan J u u t i s e n (mt., s. 21—22) selostuksiin. Tässä todettakoon, että kaikki koealametsiköt olivat lähinnä kasvatushakkuilla käsiteltyjä ja varsin tasarakenteisia männiköitä, joiden metsänhoidollinen tila oli vähintään tyydyttävä, yleisesti hyväkin. Koealojen perustamisen ajankohtana noin kaksikolmasosaa koealametsiköistä edusti lievähköä ja keskinkertaista, loput voimakasta tai erittäin voimakasta (4 koealaa) tuhon voimakkuusastetta. Tuhon esiintymistä ja voimakkuuden vaihtelua koskevien tietojen (J u u t i n e n mt., s. 13—14, 20, 22 ja 24) ja seuraavassa esitettävien uudismittausten perusteella voidaan päätellä, että koemetsiköt luonnehtivat varsin tasapuolisesti erilaisia tuhon voimakkuusasteita. Tuhon vaikutuksen liiallista korostamista ei siten sisältyne jäljempänä esitettäviin tutkimustuloksiin. Koealametsiköistä esitetään vielä eräitä tietoja tutkimustulosten tarkastelun yhteydessä.

Heinä—elokuussa 1967 suoritettiin koealojen uudismittaus, joka käsitti puuston kuutiomäärää ja kasvua koskevia selvityksiä. Mittausten yhteydessä kaadettiin kultakin koealalta tasaväleistä poimintaa soveltaen 20 koepuuta, joista tehtiin seuraavat mittaukset:
rinnankorkeusläpimitta kuoren päältä millimetrin tarkkuudella;
läpimitta 6 (3.5) m:n korkeudelta kuoren päältä millimetrin tarkkuudella;
sädekasvulastun (vähintään 15 v.) kairaus seuraavilta korkeuksilta:

1.3, 3.5 ja 6 m, tuoreen latvuksen puolivälistä sekä viimeksi mainitun ja 6 (3.5) m:n korkeuden puolivälistä;

kuoren paksuus 1.3 ja 6 (3.5) m:n korkeudelta millimetrin tarkkuudella;
pituus cm:n tarkkuudella ja
14 viimeisen vuoden pituuskasvu, kukin erikseen, cm:n tarkkuudella.

Kesäkausina 1968—69 suoritettiin suppeita täydennysmittauksia ja -tarkasteluja. Lähinnä tutkittiin v. 1967 uudismittauksen koepuiden ja koealojen läheisyydestä v. 1968—69 kaadettujen puiden oksien kasvaimien pituuksia. Edelleen tarkasteltiin, oliko koealoilla kuollut puita v. 1967 elokuun jälkeen. Todettakoon, että Juutisen tutkimuksesta ilmenee kuivuneita puita koskevat tiedot syksyyn 1966 asti.

Syksyllä 1967 suoritettiin sääsuhteiden vaihtelusta aiheutuvaa ns. kasvun vaihtelua koskeva erillisselvitys. Tehtävän edellyttämä aineisto, kairanlastut, kerättiin pääosiltaan tutkimusalueen ulkopuolelta, siis metsiköistä, joissa todennäköisesti ei ollut esiintynyt mäntypistiäistuhoja (ks. Mikola 1950, s. 95—96). Vertailumielessä kerättiin myös aineistoa Kauhajoen ja Karvian kunnan alueelta. Vertailuun soveltuvaa aineistoa oli myös kertynyt eräiden Kankaanpäässä ja Padasjoella v. 1966—67 suoritettujen kokeiden yhteydessä.

TUTKIMUSMENETELMÄ

Mittaustulosten perusteella voitiin tutkia puuston kasvua perättäisinä vuosina ja vuosijaksoina. Perättäisiä vuosia koskevaan selvitykseen sisällytettiin johdannossa mainitun mukaisesti säde- ja pituuskasvun sekä oksien kasvaimien tutkiminen. Päädyttiin millimetripaperilla suoritettuun graafiseen tarkasteluun. Menetelmää havainnollistaa sädekasvun osalta kuva 1. Kaikki sädekasvumittaukset suoritettiin metsäntutkimuslaitoksessa lustonmittauskojeella. Mainittakoon, että aikaisemmin suoritetuissa tutkimuksissa, joissa on käsitelty ruskean mäntypistiäisen tai muiden hyönteisten vaikutusta puuston kasvuun, on rajoituttu usein sädekasvun tarkasteluun rinnankorkeudelta (Schönwiese 1933; Hertz 1933; Eklund 1964; Furuno 1964), muutamissa tutkimuksissa myös useilta mittauskorkeuksilta (esim. Micke 1902; Craighead 1940). Toisena tutkimuskohteena on ollut pituuskasvu (esim. Schönwiese 1933; Forsslund 1945; Furuno 1964; Kapler, Benjamin 1960; Juutinen 1967). Tutkimuksissa on yleisesti todettu, että tuhon vaikutuksesta on säde- ja pituuskasvu pienentynyt, yleisesti 20—50 % tuhoa edeltäneen ajan kasvun määrästä.

Tuhon voimakkuuden vaihtelu perättäisinä vuosina aiheutti sen, ettei kasvutulosten ja tuhon voimakkuuden riippuvuuden tutkiminen ollut mahdollista. Päätettiin rajoittua tuhon keskimääräisvaikutuksen tarkasteluun. Tutkimuksissa keskityttiin johdannossa esitetyn mukaisesti v. 1954—59 ja 1960—64 keskimääräisten kuutiokasvusadannesten vertailuun. Lähinnä

koemielessä laskettiin lisäksi vuodet 1965—67 käsittävän 3-vuotiskauden tulokset. Keskimääräisen kuutiokasvusadanneksen laskentaa on selostettu mm. Ilvessalon (1948) »Pystypuiden kuutioimis- ja kasvunlaskentataulukoissa». Koealoittain tapahtuneen peruslaskennan jälkeen tehdyssä vertailussa laskettiin ensin, montako prosenttia vuosien 1960—64 kuutiokasvusadannes oli edellisen kauden, v. 1954—59 sadannesta pienempi tai suurempi. Yhtä poikkeusta lukuun ottamatta oli v. 1960—64 sadannes yleisesti 30—45 % pienempi kuin v. 1954—59 vastaava tulos. Vertailussa otettiin tämän jälkeen huomioon perättäisten vuosijaksojen ero (5 v.) eli tutkimusmetsiköiden iän lisääntyminen ja kasvun vaihtelu. Molemmat pienensivät edellä esitettyjä »perusvertailun» tuloksia.

Iän lisääntymisestä (5 v.) aiheutuvan vähennyksen laskennassa nojauduttiin Nyyssösen (1954), Koiviston (1959) ja Ilvessalon (1969) tutkimuksissa esitettyihin kuutiokasvusadannesten sarjoihin. Laskelmissa päädyttiin yleisesti 8—13 %-yksikön vähennykseen, muutamalla koealalla vähennys oli 5—7 %-yksikköä. Todettakoon, että tämän tutkimuksen koealametsiköiden iän mukainen kuutiokasvusadanneksen kehitys oli verraten yhdenmukainen mainittujen tutkimusten tulosten kanssa.

Kasvun vaihtelua koskevassa erillisselvityksessä, ns. kasvuindeksien laskennassa, sovellettiin Mikolan (1950) ja Ilvessalon (1956) käyttämää menetelmää. Tarkastelu johti päätelmään, että kasvuolosuhteet olivat olleet jälkimmäisellä 5-vuotiskaudella, v. 1960—64, selvästi heikommat kuin v. 1954—59. Keskimääräiseroksi saatiin 10 %. Molemmat muutokset, iän ja sääsuhteiden vaikutus, pienensivät edellä todettua sadannesten keskimääräiseroa yleisesti 30—50 %.

Todettakoon, että aikaisemmin viitatuissa julkaisuissa on tutkimusaika ollut yleensä hyvin lyhyt, 1—2 vuotta. Useissa tutkimuksissa on silti kiinnitetty huomiota iän lisääntymisen ja etenkin sääsuhteiden vaihtelun vaikutukseen (esim. Mikola 1950; Benjamin 1955; Voûte und Luitjes 1957; Eklund 1964; Urban, Koch 1964; Furuno 1965).

Iän lisääntymisen ja kasvun vaihtelun lisäksi saattoi olla myös muita näkökohtia, jotka oli syytä ottaa huomioon kasvutulosten vertailussa. Lähinnä kiinnitettiin huomiota hakkuisiin, joita oli suoritettu ennen varsinaisia tuhovuosia. V. 1960 jälkeen koealoilta oli kuivunut yksittäisiä puita, joten jäljelle jääneiden runkojen kasvutila oli suurentunut vähäisessä määrin. Vuoden 1967 toistomittauksissa ja vielä v. 1968—69 todettiin, ettei koealoilla tai niiden ympäristössä kaivattu kiireellisiä hakkuita, joten metsikön ylitiheydestä aiheutuvaa kasvun heikkenemistä tuskin esiintyi merkittävässä määrin (vrt. Vuokila 1967).

Mainittakoon vielä, että koealoilta saatua yleiskuvaa pyrittiin selventämään tekemällä vertailevia havaintoja ko. alueen muissa männiköissä.

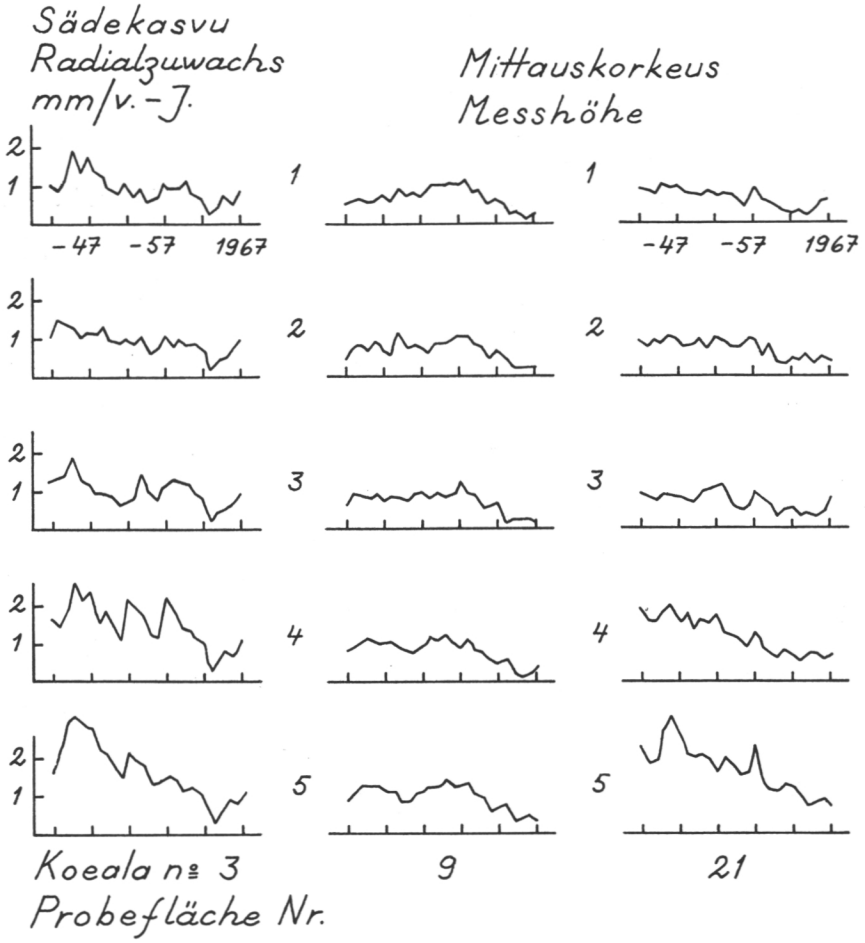
TUTKIMUKSEN PÄÄTULOKSET

Kuivuneet puut

V. 1967 heinä-elokuussa suoritetut mittaukset osoittavat kuivuneiden runkojen lukumäärän lisääntyneen v. 1966 syksyn jälkeen 36 rungolla. Määrästä on kuitenkin noin puolet Suomusjärven pitäjässä sijaitsevalla kahdella koealalla sattuneita lumenmurtoja, joten lähinnä mäntypistiäistuhon johdosta aiheutuva lisäys supistuu alle 1 %:n. Pääosa on aivan pieniläpimittaisia (dl.3 = 4—10 cm) puita. Juutisen (mt., s. 26) mukaan oli kaikkien (21) koealojen runkoluvusta, 2 267 rungosta, kuivunut v. 1966 syksyyn mennessä 77 puuta eli 3.4 %. Pääosa kuolleista puista oli tällöinkin aivan pieniläpimittaisia, alimpien latvuskerrosten runkoja. Neulasten vähenemistä koskevien havaintojen perusteella on otaksuttavissa, että ko. männiköissä kuivuu lähivuosinakin vielä yksittäisiä, lähinnä pienikokoisia puita. Männiköiden yleiskuva viittaa toisaalta selvään, yleisesti täydelliseen elpymiseen, joten mitään yllättävää ja epäedullista puuston kehityksen muutosta ei ilmeisesti ole odotettavissa. Erityisesti Juutisen (mt.) tutkimusaineistoon sisältyvien v. 1963 otettujen valokuvien perusteella on männiköiden elpyminen todella yllättävää. Jatkotutkimukset vahvistavat siten osaltaan Juutisen (mt., s. 28) tekemää päätelmää, että mäntypistiäistuhon seurauksena kuivuneilla puilla ei ole merkittävää vaikutusta ko. männiköiden kehitykseen.

Sädekasvu

Yksityisten puiden sädekasvun kehityksessä yleisesti todettuja muutoksia havainnollistavat kuvassa 1 esimerkkeinä esitetyt kolmen koepuun mittaustulokset. Kaikkien sädekasvutulosten yhdistelmänä voidaan päätellä, että tuhovuosien ajankohtana on sädekasvu pienentynyt keskimäärin ainakin hieman iän mukaista kehitystä voimakkaammin. Kehitys näyttää olleen verraten samanlaista kaikilla tutkimuskohteiksi valituilla rungonkorkeuksilla. »Keskimääräiskehityksen» rinnalla ilmeni kuitenkin useita poikkeuksia. Muutamien koepuiden tulokset viittasivat hyvin voimakkaaseen sädekasvun heikentymiseen. Huomattavasti runsaammin, yksittäisinä miltei kaikilla koealoilla, oli toisaalta sellaisia koepuita, joiden sädekasvuluvuissa voitiin todeta vain lievä, lähinnä iän mukainen pienentyminen.



Kuva 1. Esimerkkejä sädekasvun kehityksestä rungon eri korkeudella. Koelat n:o 3, 9 ja 21. Mittauskorkeudet: 1 = 1.3 m, 2 = 3.5 m, 3 = 6 m, 4 = tuoreen latvuksen puoliväli ja 5 = viimeksi mainitun ja 6 m:n puoliväli.

Abb. 1. Beispiele für die Entwicklung des Radialzuwachses auf verschiedenen Höhen des Stammes. Probeflächen Nr. 3, 9 und 21. Messhöhen: 1 = 1.3 m, 2 = 3.5 m, 3 = 6 m, 4 = Mitte der grünen Krone und 5 = Mitte der letztgenannten und 6 - Meterhöhe.

Pituuskasvu, oksat ja neulasmäärä

J u u t i n e n on kiinnittänyt tutkimuksessaan (mt.) huomiota myös kasvaimiin todeten mm., että v. 1963—65 ovat kasvaimet jääneet etenkin Karvialla ja Kauhajoella sangen lyhyiksi. Latvuksen ala- ja keskiosan oksien kuoleminen oli edelleen pienentänyt latvusta. Tässä tarkasteltavassa erillisselvityksessä rajoitettiin latvustoa koskevat tutkimukset v. 1967 vain pituuskasvuun, v. 1968—69 tarkastelut laajennettiin myös oksien kasvaimiin.

P i t u u s k a s v u n muutoksia valaisevat seuraavassa asetelmassa esitetyt tulossarjat. Esimerkeiksi on valittu yhdeksän koepuun mittaustulokset. Koepuut ovat eri koealoilta tutkimusalueen eri osista. Asetelman supistamista silmällä pitäen on rajoituttu v. 1955—66 pituuskasvuihin. Tulossarjoista ilmenee, että vuosina 1960—62 pituuskasvu on yleisesti pienentynyt voimakkaasti. Muutos vaikuttaa selvästi jyrkemmältä kuin iän mukaisen kehityksen perusteella olisi otaksuttavissa. Voidaan päätellä, että pienentyminen ilmenee selvemmin pituuskasvussa kuin sädekasvussa.

Koeala *Probefläche*	v. -J.	1956	—57	—58	—59	—60	—61	—62	—63	—64	—65	—66
		Pituuskasvu, cm — *Höhenzuwachs, cm*										
2. Somerniemi		23	18	15	15	13	7	6	8	6	3	4
3. »		10	11	12	10	8	10	5	4	4	1	2
6. Suomusjärvi		32	25	30	27	25	17	10	10	7	7	7
7. »		18	23	23	23	18	15	13	6	4	4	5
10. Kauhajoki, Nummijärvi		20	23	22	19	22	9	11	11	7	7	4
12. »		31	38	33	26	28	12	8	7	8	4	4
15. Kauhajoki, Hyyppä		32	30	25	22	17	18	9	13	8	10	8
16. »		15	18	20	19	9	14	9	9	5	2	3
21. Karvia		11	16	16	13	11	12	8	9	10	4	3

O k s i e n k a s v a i m i e n pituuden tarkastelussa tutkittiin sekä oksien pääarankaa, oksan pituuskasvua, että sivuoksien perättäisiä vuosikasvaimia. Tehtävää vaikeutti se seikka, että oksissa samoin kuin varsinaisessa puun pituuskasvussa tapahtuu ns. latvan vaihdoksia, jolloin jokin sivukasvain korvaa tuhoutuneen pääkasvaimen. Mittaukset rajoitettiin sellaisiin oksiin, joissa perättäisten kasvaimien välillä ei ollut ainakaan jyrkkiä, kasvaimien vaihdosta aiheutuneita mutkia. Seuraavan asetelman lukusarjat valaisevat oksien päärangan pituuskasvua muutamina vuosina ennen tuhoa ja sen jälkeen.

Koeala *Probefläche*	v. -J.	1956	—57	—58	—59	—60	—61	—62	—63	—64	—65	—66
		Pituuskasvu, cm — *Höhenzuwachs, cm*										
2. Somerniemi		7	6	6	8	7	6	5	5	4	5	4
5. »		9	6	7	6	6	4	5	4	4	3	4
7. Suomusjärvi		9	6	5	4	3	3	5	5	5	6	6
11. Kauhajoki		5	4	4	5	3	5	5	4	3	2	4
12. »		11	8	6	6	8	3	4	3	3	2	2
14. »		4	5	6	5	4	4	6	5	4	6	4
15. »		10	6	7	7	4	5	4	3	3	3	3

Oksien kasvaimia koskeneiden mittausten yhdistelmänä voidaan todeta, että kasvainten pituus on yleisesti pienentynyt varsinaisten tuhovuosien, 1960—62, ajankohtana tai välittömästi sen jälkeen. Keskimääräispiirre on

yhdenmukainen edellä tarkasteltujen pituuskasvua koskeneiden tulosten kanssa. Oksien kasvaimien pituuksissa ilmenee kuitenkin pituuskasvuun verrattuna huomattavasti enemmän mainitusta keskimääräispiirteestä poikkeavaa vaihtelua. Kuten asetelman esimerkit osoittavat, kasvainten pituuksissa ei aina ilmene mitään jyrkkää muutosta varsinaisina tuhovuosina tai niiden jälkeen. Pituuskasvussa ja oksan päärangan kasvainten pituuksissa todettuja osittain yhdenmukaisia, osittain poikkeavia piirteitä valaisevat vielä seuraavat esimerkeiksi otetut kaksi lukusarjaparia. Asetelman luvut ovat kahden Kauhajoen kunnassa mitatun nuorehkon koepuun (40 ja 50 v.) mittaustuloksia.

	1957	—58	—59	—60	—61	—62	—63	—64	—65	—66	—67
					Kasvaimen pituus, cm						
Pituuskasvu	42	38	39	41	32	40	36	26	13	11	12
Oksa	33	26	26	15	15	11	10	9	8	7	9
Pituuskasvu	47	45	36	32	28	27	15	13	18	29	43
Oksa	22	23	20	19	19	7	8	6	9	9	12

Kasvainten lyhentymisen seurauksena on latvuston yhteyttävä neulasmäärä keskimäärin vähentynyt, joten kasvuedellytykset ovat heikentyneet vaihtelevassa määrin. Kasvainten lyhentymisestä aiheutuneen neulasmäärän vähentymisen rinnalla on kuitenkin otettava huomioon neulasten tuhoutuminen erityisesti v. 1962, jolloin, kuten Juutinen (mt., s. 26) toteaa, monet puut syötiin käytännöllisesti katsoen neulasettomiksi. Tutkimustulosten perusteella ei voida arvioida, kumpi tekijä on heikentänyt kasvumahdollisuuksia enemmän. Voitaneen kuitenkin päätellä, että neulasten väheneminen ja tuhoutuminen varsinaisten tuhovuosien aikana on heikentänyt männiköiden kehitysmahdollisuuksia keskimäärin niin voimakkaasti, että vaikutus ilmenee, joskin lievempänä, vielä useina vuosina tuhon jälkeenkin.

Edellä on jo mainittu, että kasvun vaihtelua koskeneen erillisselvityksen mukaan sääolosuhteet ovat olleet varsinaisina tuhovuosina ja muutamana niitä seuraavanakin kasvukautena (vuodet 1960—66) keskimäärin noin 10 % (suuruusluokka-arvio) epäedullisemmat kuin välittömästi tuhoa edeltäneenä 5-vuotiskautena, v. 1954—59. Säde- ja pituuskasvun pienentyminen tuhon ajankohtana on siis aiheutunut osittain kasvun vaihtelusta. Kuten johdannossa on viitattu, on Mikola (1950, s. 95—96) kiinnittänyt huomiota ilmeisesti mäntypistiäistuhosta aiheutuneeseen kasvun poikkeukselliseen heikkenemiseen mm. Kurussa ja Saarijärvellä 1930-luvulla. Kuvasta 1 ilmenee vuoden 1962 kohdalla edellä todetusta 10 % heikommasta kasvun keskimääräistasosta poikkeava piirre. Kasvun vaihtelua koskeva tarkastelu osoittaakin, että 1962 on ollut vuosiin 1960—61 ja 1963—66 verrattuna selvästi »parempi» vuosi. Tämäkään vuosi ei edustane silti ainakaan merkittä-

västi keskimääräistä parempaa kasvukautta. Kasvun vaihtelun merkitys saatuihin kasvutuloksiin pyrittiin ottamaan huomioon lähinnä seuraavassa tarkasteltavien kasvusadannesten vertailun yhteydessä.

Kuutiokasvusadannes

Käytännön kannalta ovat kuutiokasvua koskevat tulokset merkittävimmät. Kysymyksen tarkastelussa keskityttiin edellä esitetyn mukaisesti kasvun voimakkuutta ilmaisevien k u u t i o k a s v u s a d a n n e s t e n vertailuun. Taulukossa 1 esitetyt tulokset osoittavat, kuinka monta prosenttia varsinaisia tuhovuosia (v. 1960—62) peittävän 5-vuotiskauden, v. 1960—64, keskimääräinen kuutiokasvusadannes on edellisen 5-vuotiskauden (1954—59) vastaavaa tulosta pienempi (merkki —) tai suurempi (merkki +), ts. miten kasvun voimakkuus on muuttunut lähinnä tuhon vaikutuksesta. Edellä esitetyn mukaisesti taulukon tuloksissa on pyritty ottamaan huomioon iän lisääntymisen ja kasvun vaihtelun vaikutus.

Taulukko 1. Kuutiokasvusadanneksen muuttuminen perättäisinä 5-vuotiskausina (v. 1954—59 ja 1960—64) koealoittain.

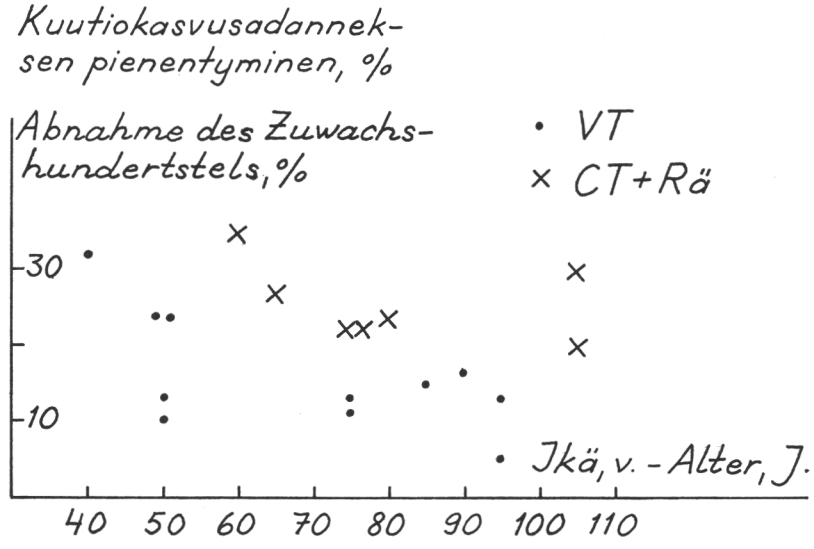
Tab. 1. Veränderung des Zuwachshundertstels nach den Probeflächen in den nacheinanderfolgenden 5-Jahrsperioden (J. 1954—59 und 1960—64).

Koealan			Kuutiokasvusadannes suurentunut (+) tai pienentynyt (—), % [2] *Zuwachshundertstel zu- (+) oder ab- (—) gewonnen* [2]
n:o ja sijainti *Nr. und Ort der Probefläche*	metsätyyppi *Waldtyp*	ikä, v. [1] *Alter, J.* [1]	
2. Somerniemi	VT	90	—16
3. »	»	95	— 5
4. »	»	50	+ 8
5. »	»	50	—10
6. Suomusjärvi	CT	65	—27
7. »	Rämu	60	—35
8. »	VT	40	—32
9. Kauhajoki, Nummijärvi	CT	105	—30
10. »	»	80	—24
11. »	»	75	—22
12. »	VT	50	—24
13. »	KgR	75	—22
14. Kauhajoki, Hyyppä ...	CT	105	—20
15. » ...	VT	50	—24
16. » ...	»	85	—15
17. » ...	»	50	—13
19. » ...	»	95	—13
21. Karvia	»	75	—11
22. »	»	75	—13

[1]) Ikä koealan perustamisen ajankohtana, v. 1963.
[1]) *Alter zur Zeit der Anlegung der Probefläche, 1963.*
[2]) Edelliseen 5-vuotiskauteen verrattuna.
[2]) *Im Vergleich mit der vorangehenden 5-Jahrsperiode.*

Yhtä poikkeusta lukuun ottamatta on metsikön kuutiokasvusadannes pienentynyt mäntypistiäistuhon ajankohtaa edustavan 5-vuotiskauden aikana. Koealalla N:o 4, jolla kasvun kehitys on ollut muihin koemetsikköihin verrattuna poikkeuksellista, oli mäntypistiäistuho J u u t i s e n tutkimuksen(mt.) aineiston mukaan keskinkertaisen voimakas. V. 1967—69 tehdyt silmävaraiset arvostelut vahvistavat tuloksen osoittamaa nopeaa kasvun elpymistä. Samoin yhtä poikkeusta lukuun ottamatta on pienentyminen ollut yli 10 %, yleisesti yli 20 %. Voimakkain kasvun heikkeneminen, peräti 35 %, ilmenee Suomusjärven kunnassa sijaitsevalla rämemuuttumalla olevalla koealalla.

Kuutiokasvun pienentymistä ilmaisevat sadannekset on ryhmitetty kuvassa 2 iän ja kasvupaikan mukaisesti. Kasvupaikkaryhmiä on muodostettu kaksi: puolukkatyypin (VT) ja toisaalta kanervatyypin ja rämeiden (CT + Rä) koealat. Kuvan tarkastelu osoittaa, että VT:n ryhmän metsiköissä kuutiokasvusadanneksen pienentyminen on keskimäärin 10—15 %:n, CT + Rä-ryhmässä taasen 25 %:n suuruusluokkaa. Mainittakoon, että 40 vuotias VT:n männikkö (koeala 8), jossa kuutiokasvusadanneksen pienentyminen on 32 %, edustaa laihahkoa VT:ä. Koealalla todettiin jälleen elokuussa 1967 mäntypistiäistoukkia. Kuvasta havaitaan, että lähinnä VT:n tulokset viittaavat lievään keskimääräisten %-lukujen pienenemiseen iän lisääntyessä. J u u t i s e n (mt.) mukaan pahimmat tuhot



Kuva 2. Kuutiokasvusadanneksen pienentyminen tutkimusmänniköissä vuosista 1954—59 vuosiin 1960—64.

Abb. 2. Abnahme des Zuwachshundertstels in den Probekiefernbeständen von den Jahren 1954—59 bis zu den Jahren 1960—64. VT = Vaccinium-Typ, CT + Rä = Calluna-Typ + Kiefernmoore.

sattuivat kuivilla kangasmailla, rämeillä ja suurten järvien rannoilla ja saarissa. Kuvasta 2 ilmenevät keskimääräispiirteet vahvistavat mainittua päätelmää. Kuutiokasvusadanneksen pienentyminen on pääosalla koealoista 10—25%. Neulasmäärän vähenemisen, osittain lähes täydellisen tuhoutumisen valossa tarkastellen vaikuttaa saatu keskimääräistulos pikemminkin lievältä kuin voimakkaalta kasvun heikkenemiseltä. Erityisesti v. 1965 jälkeen silmävaraisesti todettu metsiköiden elpyminen viittaa vastaavanlaiseen tulokseen.

Ottamalla huomioon kuivuneet rungot on kuutiokasvu pienentynyt määrällisesti hieman esitettyjä %-lukuja enemmän. Kuivuneiden runkojen pienen määrän vuoksi on muutos kuitenkin aivan vähäinen. Todettakoon, että lähinnä nuorissa ja keski-ikäisissä männiköissä on tapahtunut ainakin vähäisessä määrin myös arvokasvun vähennystä.

Viitaten tutkimusmenetelmää koskeneeseen selostukseen toistettakoon, että tuhon voimakkuuden vaihtelu perättäisinä vuosina aiheutti sen, ettei kasvutulosten ja tuhon voimakkuuden riippuvuuden tutkiminen ollut mahdollista käytettävissä olleen aineiston perusteella.

Tuhon kokonaisvaikutus

Tutkimuksen tulosten yhdistelmänä voitaneen päätellä, että lähinnä v. 1960—62 Etelä-Pohjanmaan, Pohjois-Satakunnan ja Länsi-Uudenmaan alueella esiintynyt mäntypistiäistuho on pienentänyt puuston kasvua tarkastellun 5-vuotiskauden, v. 1960—64 aikana keskimäärin noin 20 %. Mittaustulokset viittaavat siihen, että kasvun heikkeneminen tuskin rajoittuu vain tarkasteltuun 5-vuotiskauteen. Yksittäisiä poikkeuksia lukuun ottamatta metsiköiden toipuminen näyttäisi silti edistyvän edelleenkin. Varmistuminen metsiköiden täydellisestä toipumisesta edellyttäisi vielä toistomittauksia lähivuosien aikana.

Todettu keskimääräistulos, noin 20 %, vastaa määrällisesti yhden vuoden kasvua. Varovaisesti arvioiden voidaan päätellä, että tutkimuksen piiriin kuuluneiden metsien vuotuinen kasvu on, kun tuhon vaikutusta ei oteta huomioon, keskimäärin 2—2.5 k-m^3 kuoretta/ha ja yhden kiintokuutiometrin kantohinta 20—25 mk. Mainituilla perusteilla saadaan kasvutappion arvoksi 8—10 milj. markkaa. Kun otetaan huomioon muu arvonlisä jalostusprosessissa, suurenee tuhon taloudellinen merkitys moninkertaiseksi.

KIRJALLISUUSLUETTELO

Benjamin, Daniel M. 1955. The Biology and Ecology of the Red-Headed Pine Sawfly. Technical Bulletin 1118, U.S. Dept. of Agriculture.

Burger, Hans 1929. Holz, Blattmenge und Zuwachs. 1. Mitteilung. Die Weymouthsföhre. Mitt. Schweiz. Centralanst. forstl. Versuchsw. XV. Band, 2. Heft.

Graighead, F. C. 1940. Some Effects of Artificial Defoliation on Pine and Larch. Journal of Forestry. Volume 38.

Eklund, B. 1964. Om återverkningarna av den röda tallstekelns skadegörelse på tallens diametertillväxt vid brösthöjd. (Zusammenfassung.) Norrl. Skogsv. förb. Tidskr.

Forsslund, K. H. 1945. Något om röda tallstekelns (Diprion sertifer Geoffr.) skadegörelse. Referat: Einiges über die Schädigungen der roten Kiefernbuschhornblattwespe (D. sertifer Geoffr.). Medd. Stat. Skogsförs.anst. 34.

Furuno, Tooshu. 1964. The Effects of the Leaf-eating Insects upon the Growth of the Forest-trees. Résumé. Bull. of the Kyoto Univ. Forests. No. 35.

—»— 1965. The Damage-analysis on the Growth of Middle-aged Japanese Red Pine (Pinus densiflora) Infested with Pine Caterpillar (Dendrolimus spectabilis). Résumé. Bull. of the Kyoto Univ. Forests. No. 37.

—»— 1966. The Effects of Artificial Defoliation before Growing Period upon the Growth of Japanese Red Pine (Pinus densiflora S. et Z.). Résumé. Bull. of the Kyoto Univ. Forests. No. 38.

Graham, Samuel A.1931. The Effect of Defoliation on Tamarack. Journal of Forestry I.

Hertz, M. 1933. Tutkimuksia tavallisesta männynneulaspistiäisestä (*Lophyrus pini* L.) ja sen metsätaloudellisesta merkityksestä. Referat: Die gewöhnliche Kiefernbuschhornblattwespe (*Lophyrus pini* L.) und ihre forstwirtschaftliche Bedeutung. Comm. Inst. For. Fenn. 18. 6.

Ilvessalo, Yrjö 1948. Pystypuiden kuutioimis- ja kasvunlaskentataulukot. Keskusmetsäseura Tapio. Helsinki.

—»— 1956. Suomen metsät vuosista 1921—24 vuosiin 1951—53. Kolmeen valtakunnan metsien inventointiin perustuva tutkimus. Summary in English: The Forests of Finland from 1921—24 to 1951—53. A Survey Based on Three National Forest Inventories. Metsäntutk.lait.julk. 47.1.

—»— 1969. Luonnonnormaalien metsiköiden kehityksestä Pohjanmaan kivennäismailla. Summary: On the Development of Natural Normal Forest Stands on Mineral Soils in Ostrobothnia. Acta Forestalia Fennica. Vol. 96.

Juutinen, Paavo 1967. Zur Bionomie und zum Vorkommen der roten Kiefernbuschhornblattwespe (Neodiprion sertifer Geoffr.) in Finnland in den Jahren 1959—65. Suomenkielinen selostus: Ruskean mäntypistiäisen (*Neodiprion sertifer* Geoffr.) bionomiasta ja esiintymisestä Suomessa vuosina 1959—65. Metsäntutk.lait.julk. 63.5.

Kapler, J. E. und Benjamin, D. M. 1960. The biology and ecology of the red-pine sawfly in Wisconsin. For. Sci. 6.

Koivisto, Pentti. 1959. Kasvu- ja tuottotaulukoita. Summary: Growth and Yield Tables. Metsäntutk.lait.julk. 51.8.

Micke. 1902. Einwirkung des Frasses von Lophyrus pini auf den Zuwachs der Kiefer. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. 34.

Mikola, P. 1950. Puiden kasvun vaihteluista ja niiden merkityksestä kasvututkimuksissa. Summary: On variations in tree growth and their significance to growth studies. Metsäntutkimuslait. julk. 38.5.

Mott, D. G., Nairn, L. D. and Cook, J. A. 1957. Radial Growth in Forest Trees and Effects of Insect Defoliation. Forest Science. Volume 3.

Nyyssönen, Aarne 1954. Hakkauksilla käsiteltyjen männiköiden rakenteesta ja kehityksestä. Summary: On the structure and development of Finnish pine stands treated with different cuttings. Acta Forestalia Fennica 60.

O'Neil, L. C. 1962. Some Effects of Artificial Defoliation on the Growth of Jack Pine (*Pinus banksiana* Lamb.).Canadian Journal of Botany. Volume 40. Nr. 1.

Schönwiese, F. 1935. Beobachtungen und Versuche anlässlich einer Übervermehrung von Lophyrus sertifer Geoffr. (rufus Panz.) in Südkärnten in den Jahren 1931/32. Z. angew. Ent. 21.

Urban, Sigrid und Koch, H. 1964. Die Regeneration der Kiefer nach Blattwespenfrass. Die Sozialistische Forstwirtschaft. Heft 2.

Voûte, A. D. und Luitjes, J. 1957. Diprion pini L. als Schädling der Kiefernbestände in den Niederlanden. Z. Pfl. krankh. u. Pfl. schutz 64.

Vuokila, Yrjö. 1967. Eriasteisin kasvatushakkuin käsiteltyjen männiköiden kasvu- ja tuotostaulukot maan eteläistä sisäosaa varten. Metsäntutk.lait.julk. 63.2.

ÜBER DIE EINWIRKUNGEN DES SCHADFRASSES DER ROTEN KIEFERNBUSCHHORNBLATTWESPE AUF DEN ZUWACHS DER KIEFERNBESTÄNDE IM SÜDLICHEN POHJANMAA, IM NÖRDLICHEN SATAKUNTA UND IM WESTLICHEN UUSIMAA IN DEN JAHREN 1960—67

Deutsches Referat

Auf Anregung des Leiters der Abteilung für Forstzoologie in der Forstlichen Forschungsanstalt, Prof. Paavo Juutinen, wurde dem Arbeitsprogramm der Abteilung für Waldabschätzung für das Jahr 1967 eine Sonderarbeit angeschlossen, die den Zuwachs in den von der Roten Kiefernbuschhornblattwespe angegriffenen Beständen aufklären sollte. Auf diese Weise sollten die Zuwachsuntersuchungen fortgesetzt werden, die Juutinen im Zusammenhang mit seiner 1967 veröffentlichten Arbeit »Zur Bionomie und zum Vorkommen der Roten Kiefernbuschhornblattwespe (*Neodiprion sertifer* Geoffr.) in Finnland in den Jahren 1959—65» begonnen hatte. Für die praktische Waldwirtschaft war es angelegen, besonders die durchschnittliche und die Gesamtwirkung der Schädigung auf den Zuwachs des Bestandes sowie weiter die Dauer der eventuellen Zuwachsänderungen zu ermitteln.

Die Einwirkung des Befrasses der Kiefernbuschhornblattwespe auf den Zuwachs des Bestandes ist verhältnismässig wenig untersucht worden (z.B. Schönwiese 1933; Forsslund 1945; Mikola 1950; Juutinen ibid; Eklund 1964). Wenn man andere Insekten und Holzarten mitberücksichtigt, wird die Anzahl der Untersuchungen beträchtlich höher (u.a. Micke 1902; Furuno 1964; Kapler, Benjamin 1960). Die Frage ist eingehend durch künstliche Entfernung von Blättern und Nadeln untersucht worden (z.B. Graham 1931; Graighead 1940; Mott, Nairn, Cook 1957; O'Neil 1962; Furuno 1966). Die Forschungsergebnisse zeigen, dass infolge der Schädigung sowohl Radial- als Höhenzuwachs im allgemeinen stark beeinträchtigt waren — um 20—50 % vom Zuwachs in der Zeit vor dem Schadfrass.

Der Hauptteil des Materials besteht aus den Ergebnissen von Messungen auf Probeflächen im südlichen Pohjanmaa, im nördlichen Satakunta und im westlichen Uusimaa. Diese sog. Erholungsprobeflächen, insgesamt 19 Stück, wurden im Jahre 1963 von Juutinen im Anschluß an die obengenannte Untersuchung angelegt. Im Jahre 1967 wurde auf den Probeflächen eine neue Messung ausgeführt, mit deren Hilfe die Kubikmaße und der Zuwachs des Bestandes ermittelt wurden. In diesem Zusammenhang wurden auf jeder Probefläche 20 Probebäume gefällt, an denen u.a. der Höhenzuwachs, die Länge der Jahrestriebe der Äste und der Radialzuwachs gemessen wurden. Diese Arbeit setzte gesonderte Untersuchungen über den Einfluß der Alterszunahme des Bestandes und der Schwankungen im Zuwachs voraus. In den Jahren 1968—69 wurden Nachmessungen und vergleichende Beobachtungen gemacht. Im folgenden werden die wichtigsten Untersuchungsergebnisse kurz dargelegt.

Nach Juutinen waren von den Bäumen aller Probeflächen, 2267 St., bis zum Herbst 1966 insgesamt 3.4 % verdorrt. Die meisten abgestorbenen Bäume waren ganz klein. Eine weitere Nachmessung im Jahre 1967 zeigte, daß die Zahl der verdorrten Bäume nur um etwa 1 % zugenommen hatte. Infolge der Schädigung dürften in den nächsten Jahren noch einige vereinzelte Bäume verdorren.

In den eigentlichen Schadjahren 1960—62 ist der Radialzuwachs der einzelnen Bäume durchschnittlich kleiner geworden. Neben »durchschnittlicher Entwicklung» kommt sehr starke oder andererseits sehr geringe, zunächst altersbedingte Abschwäch-

ung des Radialzuwachses vor. Die Abbildung S. 12 zeigt Beispiele für die Entwicklung des Radialzuwachses in den Jahren 1942—67 in verschiedenen Stammhöhen. Im Höhenzuwachs war oft deutlicheres Nachlassen wahrzunehmen als im Radialzuwachs. Die Aufstellung auf S. 13 zeigt die Änderungen im Höhenzuwachs bei einigen als Beispiel gewählten Probebäumen. Die Resultate werden wieder nur für eine beschränkte Jahresfolge angeführt. Auch das Längenwachstum der Zweige hatte in den Jahren 1960—62 oder unmittelbar danach nachgelassen. Beispiele von den Resultaten sind auf S. 13 angeführt. Infolge der Verminderung oder Schädigung der Nadeln sind die Wachstumsverhältnisse der befallenen Kiefernbestände in unterschiedlichem Maße beeinträchtigt. Zu beachten ist, daß in den aus Abb. 1 und aus den Aufstellungen S. 13 ersichtlichen Ergebnissen die Alterszunahme und die Schwankungen im Zuwachs nicht berücksichtigt sind.

Für die Praxis sind die den Massenzuwachs betreffenden Ergebnisse am bedeutsamsten. Zur Klärung der Frage ist in erster Linie der Vergleich zwischen den Massenzuwachsprozenten, die die Wuchsintensität angeben, herangezogen worden. Die in Tabelle 1 S. 15 angeführten Ergebnisse pro Probefläche zeigen, wieviel Prozent das durchschnittliche Zuwachsprozent (I l v e s s a l o 1948) in der die eigentlichen Schadjahre (1960—62) einschliessenden 5-Jahrsperiode 1960—64 kleiner (+) oder grösser (—) ist als das entsprechende Ergebnis der vorangehenden 5-Jahrsperiode 1954—59, d.h. wie sich die Wuchsintensität wegen des Schadfrasses verändert hat. In der Tabelle ist versucht worden, auch den Einfluß der Alterszunahme und der Zuwachsschwankungen in Betracht zu ziehen.

Mit einer Ausnahme hat das Zuwachsprozent in der 5-Jahrsperiode, in die der Schadfraß fällt, abgenommen. Auf Abb. 2 S. 16 sind die Ergebnisse der Tabelle 1 nach Alter und Standort gruppiert. In Wäldern von Vaccinium-Typ (VT) ist die Abnahme des Zuwachsprozents im Durchschnitt 10—15 %, in der Gruppe von Calluna-Typ/Reisermoore (CT & Rä) etwa 25 %. Betrachtet man alle Probeflächen zusammen, ist die durchschnittliche Abnahme 20 %. Unter Mitnahme der verdorrten Bäume hat der Zuwachs etwas mehr abgenommen, als die obigen Durchschnittszahlen angeben.

Weil der Schaden in den aufeinanderfolgenden Jahren unterschiedlich war, konnte die Korrelation zwischen dem Zuwachs und der Schwere des Schadens aufgrund des zur Verfügung stehenden Materials nicht ermittelt werden.

Die Messergebnisse deuten darauf hin, daß die Abschwächung des Zuwachses sich kaum auf die besprochene 5-Jahrsperiode beschränkt. Bis auf vereinzelte Ausnahmen scheint es jedoch, daß die Erholung der Bäume weitergehen wird. Um die vollkommenen Erholung der Bestände zu bestätigen, müßten in den nächsten Jahren noch Nachmessungen gemacht werden.

Das festgestellte Durchschnittsergebnis, geschätzt etwa 20 %, entspricht quantitativ dem Zuwachs eines Jahres. Der Flächeninhalt der von den Schädlingen angegriffenen Kiefernbestände ist von J u u t i n e n (ibid., S. 18) auf 200 000 ha geschätzt worden, so daß die Gesamtwirkung des Schadens wirtschaftlich ganz bedeutend ist. Die geschätzte Summe liegt bei etwa 8 bis 10 Mill. Fmk, wenn nur der Stockpreis in Betracht gezogen wird. Unter Berücksichtigung der übrigen Wertzunahme im Holzverarbeitungsprozess steigt die wirtschaftliche Bedeutung des Schadens auf ein Vielfaches.

THE EFFECT OF WINTER CONDITIONS ON THE PREPARATION OF ROUGH-LIMBED SPRUCE PULPWOOD OF APPROXIMATE LENGTH

PERTTI HARSTELA

TALVIOLOSUHTEIDEN VAIKUTUS TYNKÄKARSITUN JA LIKIPITUISEN KUUSIKUITUPUUN TEKOON

TIIVISTELMÄ

HELSINKI 1970

Helsinki 1970. Valtion painatuskeskus

FOREWORD

The investigation is part of the wage basis studies conducted at the Department of Forest Technology, Finnish Forest Research Institute. The work was supervised by Professor Veijo H e i s k a n e n, chief of the department. He also read the manuscript and gave invaluable advice. The acting chief of the Department of Mathematics, Dr Hannu V ä l i a h o, Prof. Kalle P u t k i s t o, Dr Pentti H a k k i l a and Mr Klaus R a n t a - p u u, B. Forestry, have also given good counsel after reading the manuscript.

The readiness of Mr Matti A h o n e n, B. Forestry, to discuss various points in the planning phase was fruitful. The topographical group which consisted of Hannu K a l a j a, forest technician, Sauli T a k a l o, field foreman and Sakari E r h o l t z, foreman, also contributed to the conduct of the study. The translation of the manuscript from Finnish into English was done by Miss Päivikki O j a n s u u and Mr L. A. K e y w o r t h, and the typing was done by Mrs Aune R y t k ö n e n. The finnish Society of Forestry supported me economically.

My thanks are due to all those who helped me in my work.

Helsinki, March 1970

Pertti Harstela

TABLE OF CONTENTS

	Page
1. Introduction	5
2. Aim and scope of the investigation	7
3. Method of investigation	8
31. Formulation of the theory	8
32. Selection of the sample	9
33. Collection of the material	10
34. Methods of work, working conditions and workers	13
4. Statistico-mathematical model	15
41. Regression analysis	15
42. Stepwise regression analysis	15
43. Use of regression analysis in the present study	16
44. Factoring	17
5. Investigation results	19
51. Information contained in the independent variables	19
511. Changes in the snow cover	19
512. Grouping and selection of independent variables	20
52. Models that illustrate working time per stem	23
521. Models illustrating the per-stem working time by phases of work	26
53. Conclusions drawn from the per-stem models	28
531. Moving time	28
532. Felling time and the time spent on clearing the butt and the snow	30
533. Limbing time	33
534. Bucking time	35
535. Storage time	37
536. Per-stem time	38
54. Distribution of working-site time at different times	41
55. Expenditure of working-site time	42
6. Reliability of the investigation results	43
7. Practical application of the results	45
8. Summary	46
References	49
Tiivistelmä	51

1. INTRODUCTION

Forest work is performed in very variable conditions. In addition to growing-stock and marked-stand characteristics, weather conditions have also been assumed to affect the work. The most essential difference in the weather conditions is between winter (period of snow) and summer (snowless period). Work difficulty factors dependent on weather also vary in the course of the winter and summer to such an extent that the changes have been taken into account in the wage bases.

The following winter conditions affecting work are mentioned by Ager (1967): length of working day, temperature, depth of snow cover, type of snow, presence of snow in the crown. In summer conditions the work is affected correspondingly by precipitation, insects, temperature.

The length of the working day, i.e. the light period, has been discussed by Hakkarainen (1956). The light period in South Finland is less than six hours from approx. December 1 to January 15 and in North Finland from November 18 to January 25. The light period is under eight hours in South Finland from November 5 to February 5 and in North Finland from November 1 to February 12.

According to Makkonen (1949), cold weather is an advantage in limbing by axe. Ahonen (1970) reported that cold weather speeds up the power-saw limbing of sawtimber trees. In Makkonen's study, cross-cutting of frozen logs by cross-cut saw was quicker than that of unfrozen logs except for the smallest diameter classes. Temperature also affects the worker physiologically and may by influencing his frame of mind alter his work performance.

The winter condition factor that exerts the greatest influence on the working time is probably the depth of the snow cover. It is particularly difficult to move in snow if the crust is not hard enough to bear a man. On the other hand, when it is hard enough to bear a man, it becomes more difficult to remove the snow from around the butt. Combining investigation results, Ager (1967) plotted curves by stages of the work to illustrate the expenditure of time at different snow depths. The curves display an upward sweep; expenditure of working time grows in all stages of the work as the amount of snow increases. The results obtained by Makkonen (1949) with hand tools differ slightly from the above. The Norwegian investigators Samset, Strømnes and Vik (1969) prepared regression equations by stages of work with the quantity of snow as one of the independent variables.

The condition of the snow is also a significant work difficulty factor. It is hard to measure as its effects on the working time are probably not unequivocal. No real study has been made of this point, but a good example is to be found in Makkonen's (1949) work. An increase of 5 cm in a 70 cm thick layer of snow caused a fairly great increase in the moving time. According to the author, the snow crust was hard when the depth was 75 cm, but still could not support the worker without an aid. Moving was thus extremely difficult.

The structure of snow changes by layers in the course of the winter (Ager 1965). It may be assumed that snow in early winter is different from snow in spring as a work difficulty factor. Owing to the fairly singular physical properties of snow and the regularity of the temperature changes, the development of the condition of snow is regular to a certain extent within a given winter (cf. Ager 1955, 1956, 1965, Bader 1939, Eriksson 1954, Pauling 1952, Putkisto 1957).

Newly fallen snow in particular usually forms a porous and light snow cover. It follows from this that changes in air temperature affect essentially only the surface layers of the snow cover.

Heat is stored in the soil during the summer and moves upwards during the winter. Throughout the winter the temperature of the soil exerts an evaporating effect on the snowflakes of the bottom layers. The amount of steam between the snow flakes therefore increases with the depth of the snow. Steam tends to rise upwards and when it meets the colder and denser surface snow it is sublimated to ice. Matter thus moves from the lower to the upper parts of the snow cover and the snow in the bottom layer becomes granular and is poorly compact. The steam pressure of water is greater the more convex the surface of the water. The finely granular crystals of new snow consequently become rounder and adhere to one another as grains that grow in size at the expense of the small particles. When the snow melts later in the spring the water from the surface layers seeps down to the bottom layers and fills the pores (Putkisto 1957).

The bearing capacity of new snow is poor, while that of snow that has hardened naturally or been hardened artificially can be very great. The bearing properties of coarse snow are roughly similar to those of loose sand. The same is true of the finely granular snow in which frozen water which functions as a bonding agent is lacking in the interspaces of the particles (Putkisto 1957). The cohesive force is mainly internal friction with a coefficient of about 0.7 when the air temperature is —4°C (Eriksson 1954). The behaviour to loading of hardened snow in which the snow flakes cohere through the agency of frozen water is similar to that of cohesive earths. It has considerable compression, tensile and torsional strength.

2. AIM AND SCOPE OF THE INVESTIGATION

The purpose of this investigation was to throw light on the relative effect of winter conditions on the working time expended on the preparation of spruce cordwood. The literature for this branch contains no systematic study covering all winter conditions and the most important growing stock characteristics. The same workers have not been followed in Finnish conditions at different snow depths, nor has the effect of snow depth on working time in over 90 cm deep snow been elucidated.

Moreover, no study has been made of the effect of winter conditions especially on »careless» limbing and bucking by the eye. Hence, the method of work analysed in this study was rought-limbing and bucking to approcimate lengths, which probably accords with the demands of developing the extraction of timber from forests.

It was necessary to restrict the study to the preparation of about 2-m spruce pulpwood. It was by far the commonest type of timber in the logging operations of Metsäteho's (The Forest Work Study Section of the Central Association of Finnish Woodworking Industries) members and the State Board of Forestry in the cutting season 1967/1968 (90 per cent of pine and 75 per cent of spruce pulpwood) (S a v o l a i n e n 1968). Another reason for selecting the preparation of 2-m timber was that the preparation of 2-m pulpwood constituted the control method of work in e.g. the basic study of logging (K a h a l a 1968).

The growing stock and climatic factors that influence the work result are quite numerous. In selecting the work difficulty factors it is important to know their relative influence on the working time. Definition of the coefficients of influence of the variables was in fact one of the tasks of the investigation.

Comprising as it does a great many variables of different types which affect the logging, the material is eminently suited for experimentation with statistical methods. We sought to find out partly theoretically and partly experimentally how to describe logging by means of a mathematico-statistical model.

3. METHOD OF INVESTIGATION

31. Formulation of the theory

Scientific research is concerned (in a natural science sense) with evolving models, »approximate quantities», with certain rules of procedure which release us from the need of further assurance if we accept the rules (cf. K u r k i - S u o n i o 1968). In addition to the most accurate possible models within the province of applied sciences, we must probably aim also at the most purposeful models possible.

Although this study is not one of natural science determination of just a natural science model, it is a suitable starting point of theory here. The hypotheses are purely statistical, i.e., regularity of ostensibly random phenomena applicable to great masses in the same way as the laws of nature too are fundamentally although science does not know the agent causing regularity. However, the aim of science is to describe a phenomenon and to understand it.

For a wage bases study it is necessary to establish the main work difficulty factors and their relative or absolute effect on working time. Factors due to weather fluctuate sharply from one year to another. A seasonal increase has nevertheless been adopted — for the sake of simplicity — in the work-phase pay rates. In other words, the means for several years are drawn upon for weather conditions. The following questions are posed:

— what factors essentially affect the work output and how they can be described;

— how do they change as a function of time in a certain winter; and

— what are the relative effects on working time of different combinations of circumstances.

Analysed in this way the material will probably prove in relation to the resources as accurate and seviceable a model as possible for application to the wage bases in the desired manner at a given time.

It would be bossible to determine the expenditure of working time as function of a single variable (e.g. time or the depth of the snow layer) from a comprehensive material collected over several years at different times of the winter. But the material must then be great to prevent »loss» of the effect of winter conditions in the variation of marked-stand characteristics

(terrain and growing stock) and human factors. It is difficult to keep the classifications (branchiness and terrain class) constant over a long period when work is being done in several marked stands. The worker's condition and changes of mood also affect the results more during a long than during a short investigation period. The condition of the power saw changes, etc. In addition, the study should in principle cover about 10 years to embrace at least one climatic »cycle». Only then would the »mean curve» for the results as a function of time illustrate the seasonal increment. Performed in this way the work would be expensive and the results long delayed. As technology advances fairly rapidly, the results might even be obsolete by the time they appear.

The aim here is to measure a great number of independent variables and follow the work for a year in cycles of one week in the same marked stand in which the variation of uncontrollable factors, such as topography, is the smallest possible. The c o m b i n e d e f f e c t of these factors must be elicited. A change in one factor may cancel out or enhance the action of another, or act independently of the other.

32. Selection of the sample

The population from which to take a representative sample comprises all the Finnish forest workers engaged in marked cordwood stands in the winter of the study and the winters immediately following. The sample population could be divided up in, for instance, the following way:

1. Drawing by lot a sample which represents the population in a manner that can be decided by probability calculation;

2. Dividing up the population regionally and temporally and drawing representative sample elements from it by lot;

3. By selecting from the population work sites on the basis of which the desired predictive model is devised and possibly by testing the validity of prediction in regard to other workers and work sites taken from the population.

If the causes and effects relating to the problem were known accurately in practice and if it were possible to measure them in a comparative way (as in e.g. classical mechanics), the testing mentioned in item 3 would not be necessary. The model could be determined in an exact mathematical form on the basis of information obtained from one work site and one worker. The work performance, however, may be affected by fairly numerous highly diversified factors (e.g. growing stock, terrain, climatic, psychic, physiologic, machine and working method factors) the significance of which has not been charted except at the most in essential outline. They cannot be mastered

exactly by expedients known to science nor be measured comparatively (psychic factors). This leaves no other expedient than to select sample components the representativeness of which is determined either by probability calculation, testing or subjective appraisal.

Sampling in accordance with item 1 and item 2 were rejected as being too expensive, especially as quick time-taking methods were lacking. The population as a whole is fairly large and the variation of the phenomenon under examination obviously great, so the sample to be tested statistically should also be great in order to arrive at a reliable model. A procedure in accord with item 3 illustrates reliably only the part population chosen as the object of study. Hence, it is impossible to achieve a general predictive model, one that would denote in absolute terms the expenditure of time in differing winter conditions. This especially because it is not possible, in the writer's opinion, to determine the working speed of loggers in the same way as in industrial work studies, at least not at present because of the lack of trained personnel. This is due to the fact that the conditions of work vary greatly, the work is diversified in character and the working methods of the men vary greatly.

The use of induction for causal relations is almost equally permissible in non-random as in random samples (cf. Hoel 1964, Kärkkäinen 1969). The fictitious example presented by Kärkkäinen is based primarily on the difference between the connection between the various properties and the estimation of specific values.

A drawback of this study is that only two men were engaged in the work and that comparison cannot be extended to several sample elements. The starting point in forest work study is fairly generally the thought that work difficulty factors have an equally strong effect on the work done by different workers. According to Makkonen (1954), this has been established experimentally. But the experimental evidence derives from the day of the hand saw and axe and does not take into account the effect of winter conditions. Moreover, the evidence is probably not based on a representative sample. It is, in fact, to be wondered whether the personal characteristics and working methods of the men would not affect the relative expenditure of time. Financial difficulties, unfortunately, precluded a more comprehensive test. It may be mentioned, furthermore, that the workers in this study were highly different in physique, skill and working methods.

33. Collection of the material

The time studies were conducted in 1969 in six phases of just under a week each. The work site was in North Finland in the commune of Puo-

lanka, in the experimental area of Paljakkavaara. The choice of the marked stand was governed by the expectation of sufficient snow in the wooded hill conditions. The work site was situated on the lower slope of the hill, however, so that there was no actual wooded-hill spruce stand. In addition, the terrain was even. The working of two men was followed.

The measuring group consisted of a time-keeper and a measuring man. The time-keeper made the time observations using the so-called 0-position method (see e.g. A r o 1945). The working site time was distributed as illustrated in Fig. 1.

The general times and interruptions were also distributed into sub-categories, such as the preparation of storage, planning, starting of the saw, maintenance of the saw, clearing, etc., and eating, rest, wasted work, etc. The time-keeper also classified the branchiness of the trees and estimated the moving distances.

The volume of timber was measured in bolts, and the measurer measured the height of the stump, diameter at breast height and length of the branchless part of the tree.

Other winter conditions were also measured daily so that all considered the following characteristics were measured:

— depth of the snow layer (average), cm
— water value of the snow by layers, g/litre
— impression of foot in the snow, cm
— temperature (morning, midday, afternoon), C°

The depth of snow was measured as the mean depth in an open place and at the butt of the tree. In addition, the development of the shape of the snow particles was followed (from photographs) and an endeavour was made to distinguish the various layers of snow from a cross section surface. Snow depth and impression of the foot were measured after the felling of every fifth tree, and the water value of the snow was determined in the morning and afternoon. The water value of the snow divided by the thickness of the snow layer gives the volume weight, i.e. density, of snow. It is thus probably illustrative also of the difficulty of clearing the snow. The impression of the foot in the snow was assumed to represent the difficulty of moving about. As the impression of the foot in the snow also indicates the hardness of the snow, it probably represents also the difficulty of clearing the snow. The temperature was followed from a meter placed at a height of about one metre in the compartment.

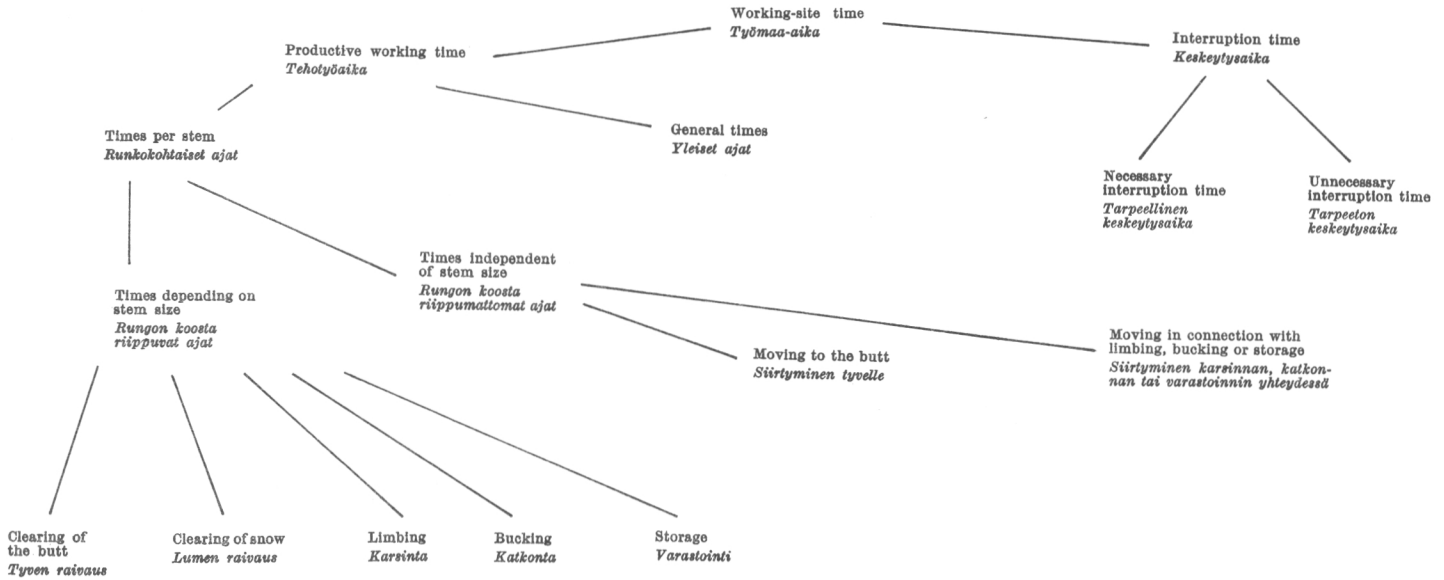


Fig. 1. Distribution of working-site time
Kuva 1. Työmaa-ajan jaottelu

34. Methods of work, working conditions and workers

The working method was the preparation of about 2-m spruce pulpwood, of approximate length and »carelessly» limbed, in grapple-stacks alongside the strip road with a strip road spacing of about 20 m. The required stack size was at least 0.4 solid cu.m. Worker 1 used a Mc-Culloch 5—10 A pover saw and worker 2 a Raket 601 power saw with which the limbing was also done.

The work was carried out in five phases of about one week each. The weather conditions appear from the table.

Table 1. Means and standard deviations of the characteristics that illustrate the weather conditions.
Taulukko 1. Sääolosuhteita kuvaavien tunnuslukujen keskiarvot ja keskihajonnat.

Time *Aika*	Temperature *Lämpötila* C°		Depth of snow, *Lumen syvyys* cm		Density of snow *Lumen tiheys* mm/cm		Impression in snow under the foot *Lumen painuma jalan alla* cm	
	mean *k.a.*	standard deviation *haj.*	mean *k.a.*	standard deviation *haj.*	mean *k.a.*	standard deviation *haj.*	mean *k.a.*	standard deviation *haj.*
Jan. 21—Jan. 25 — *21. 1—25. 1*	—17	1.8	71	1.0	2.6	0.0	39	1.3
March 17—March 22 — *17. 3—22. 3*	— 6	3.3	89	10.2	2.5	0.0	65	0.0
April 29—May 3 — *29. 4—3. 5* ...	— 3	3.2	45	13.0	3.3	0.0	12	11.8
June 11—June 14 — *11. 6—14. 6*	+13	3.6	—	—	—	—	—	—
Nov. 26—Nov. 29 — *26. 11—29. 11*	— 5	0.5	30	8.3	1.8	0.0	16	6.1

The marked stand was of terrain class 2 according to the new logging wage tables (April 11—Dec. 31, 1969) by phases of work. The mean size of the trees varied depending on the time of the investigation from 90 to 120 litres and the standard deviation from 98 to 220. The mean breast height diameter was 13—16 cm. The mean of the branchiness class in accordance with the logging wage tables (April 11—Dec. 31, 1969) by phases of work varied in the range 2.9. . .3.2 and the standard deviation was 0.5. . .0.8. Logger 1 worked in the densest part of the marked stand with a basal area averaging 15 sq.m./hectare and standard deviation of 7.3. Logger 2 worked in the less dense part with an average basal area of 11 sq.m./hectare and standard deviation of 9.8. The necessary variation existed between the values of the growing stock characteristics.

The numbers of the trees cut at the different times were as follows:

Time	Trees prepared, units	
	Logger 1	Logger 2
Jan. 21—Jan. 25	150	109
Feb. 10—Feb. 12	73	—
March 17—March 22	116	100
April 29—May 3	151	115
June 11—June 14	150	150
Nov. 26—Nov. 29	(100)	(102)
Total	740	576

( ) = a part of the material had to be discarded

The workers were familiar with forest work and the following information about them was available.

	Logger 1	Logger 2
Born	June 13, 1940	Aug. 9, 1936
Regularly in forest work	—	4 years
Occasionally in forest work	8 years	5 years
Now in forest work per annum	150 days	100 days
Health	good	good
Used a power saw for	7 years	12 years

Logger 1 represented a robust type of worker with a working technique that was middling at the most, whereas logger 2 represented a type with a weaker physique but with an extremely good working technique (cf. Drg. 5).

4. STATISTICO-MATHEMATICAL MODEL

41. Regression analysis

The present study is concerned with a typical regression problem in which the requirement is the statistical explanation of one variable (working time) by means of other variables (work difficulty factors). What is needed, therefore, is a predictive model which denotes the expenditure of working time in the presence of different combinations of independent variables. The model of a single independent variable is not enough. It may be that one variable by itself does not show a distinct correlation with the dependent variable but that together with another variable it explains a considerable proportion of the variation of the dependent variable. The combined effect of independent variables will be examined later.

The regression model can be briefly presented in general form as a matrix (V ä l i a h o 1969). Let = [X, Y] be the observation matrix where the column vectors stand for the variables. Variables X are independent and variables Y dependent in a theoretical regression model.

$$Y = X\ \beta + \xi \text{ in which } \begin{matrix} \beta = \text{regression coefficient matrix} \\ \xi = \text{error matrix} \end{matrix}$$

The empirical counterpart of the models is obtained by the least squares method. For the regression coefficients to meet certain criteria several assumptions have been advanced concerning the error of explanation (cf. M ä k e l ä 1968). Wrong use of the analysis generally relates only to the testing of significance and not so much to the use of the method for some kind of levelling of the observations. Distributional assumptions generally do not hold good in practice and the attitude to them is usually liberal without detracting essentially from the validity (cf. K u l o k a r i 1969, W i l l i a m s 1969, N i i t a m o 1969, K ä r k k ä i n e n 1969). The model is linear and restoration of the linearity of the interdependences offers separate problems which will be discussed in the analysis of the investigation results.

42. Stepwise regression analysis

The programme selects the best model in a certain sense in the stepwise regression analysis used. Each step introduces into the model the variable that reduces the error variance most

$$s^2 = \frac{1}{n-m-1} \Sigma\ e_i^2$$

in which n = number of observations, m = the number of independent variables, e_i = the residual. Also compulsory independent variables can be included in the

model, or only independent variables which improve it significantly. The programme may also eliminate independent variables that have become insignificant. The F test is used as the criterion for selecting the independent variable to be aliminated or added. The test variable is obtained from the formula

$$F = \frac{s_{p-1} - s_p}{s_p/_{m-p-1}}, \text{ in which}$$

s_{p-1} = the sum of squares for residual before adding the pth independent variable;
s_p = the sum of squares for residual after adding the pth independent variable to the model.

The method described is not the best possible theoretically. The best basis of selection would doubtless be experimentation with all possible combinations of independent variables. However, the number of analyses required would grow very rapidly with the increase in the number of independent variables. The calculation would become time-consuming and expensive even when performed by a computer (VTKK, State Computer Centre, 1969).

However, the automatic use of stepwise regression analysis has been warned against (Draper and Smith 1968). The bases of stepwise regression analysis have also been criticised because of e.g. the capitalisation of random errors when selecting the independent variables. A promising result with one observation material may be weak applied to another observation material. The necessity for analysis of residual errors has been stressed particularly (cf. Cooley and Lohnes 1968, Draper and Smith 1968, Kärkkäinen 1969). Advanced stepwise analysis, however, gives great freedom of application in e.g. selecting independent variations and transformations.

43. Use of regression analysis in the present study

Regression analysis could be used, for instance, in accordance with the alternatives presented by Kärkkäinen (1969):

1. Regression analysis in which the dependent variable (y) is explained with the help of all the independent variables selected for the study (e.g. Tidenberg 1965, Torvela 1966).

2. Regression analysis on the basis of a criterion in which variables which give the highest possible degree of explanation with a small number of variables is selected as the independent variable (e.g. Ahonen 1969, Harstela 1968, Kärkkäinen 1969, and Leikola 1969).

3. Regression analysis in which the dependent variable is original but independent variables are constructed from original variables, or in which factor or principal component analysis is employed for the selection of the best independent variables (e.g. Mäkelä 1968).

The use of the second and partly the third alternative was decided upon in the present study for the following reasons. The use of the first alternative is appropriate especially when the number of independent variables is small in relation to the material, the cause and effect relations between the independent variables are known and the material is not a representative sample of the total population. The independent variables (with their transformations) in the present work are fairly numerous and their effects are known only very superficially. The material is not a representative

sample of the population, but it is believed that a procedure in agreement with the third alternative will give a model better illustrative of the population than the first alternative would provide.

A procedure in accordance with the second alternative is appropriate as the causal relationship between the variables is not known and the desire is to compare the results obtained by means of the second and third alternative. The greatest difficulty involved in the use of the regression model is that independent variables are generally interdependent. Among other things, this causes inter-correlation of the estimates of the regression coefficients and makes it difficult to interpret the results (M a t t i l a 1967). Owing to the inter-correlations some variables may explain indirectly the variation of the dependent variable (y) which is caused by a factor excluded from the model.

The procedure adopted may produce correlations of random occurrence between the independent variables. As can be seen from Table 2, p. 21, there is strong correlation between the independent variables. It is thus possible that the model is well illustrative of the work difficulty in the marked stand under examination during the winter in question, but that it is perhaps unable to explain the work difficulty factors in general. Hence, to explain the phenomena, the third alternative was applied using variables that were as little correlated as possible.

44. Factoring

Statistical multiple variable methods refer here to simultaneous analysis of several random variables. New »hidden variables» *(y)* are sought as substitutes for the observed variables *(x)* in multiple variable methods. A »hidden variable» is used to reduce the number of variables or to achieve »better» independent variables. The following is understood by »superiority»: reliability, interpretability or a statistico-mathematical property. The last-mentioned means non-correlation or maximation of variance. Non-correlation is precisely the quality required here. It eliminates the superimposed information contained in the variables which interferes with the regression analysis and complicates interpretation of the results (M u s t o n e n 1969).

Geometrically, the function of factor analysis is to place the coodinates in a cluster of vectors that illustrate the test variables. We now assume that the factors that cause the variation of each test variable can be distributed into mutually independent groups: F_1, F_2. . .F_m common factors, S_1, S_2. . .S_n special factors and E_1, E_2. . .E_n error factors. Variable z_j can now be expressed as follows:

$$z_j = a_{j1}F_1 + a_{j2}F_2 + \ldots + a_{jm}F_m + b_j s_j + c_j E_j$$

(cf. H a r m a n 1960, M ä k e l ä 1968, V a h e r v u o-A h m a v a a r a 1958).

We have thus placed a few factors in the vector cluster in such a way that the vectors rest at a hyper-level determined by one factor or several factors. Using rotation, we try to place the factorial axes so that certain principles are realised, thus facilitating interpretation of the results. Factor analysis has been criticised for the accentuated position and subjectivity of interpretation; on the other hand, it has been regarded as an independent natural-science research medium that reaches beyond statistical mathematics (cf. V a h e r v u o - A h m a v a a r a 1958, M ä k e l ä 1968).

It is possible to employ in lieu of factor analysis principal component analysis which belongs to the multiple variable method. In this we try to maximize the variance in variables which »absorb» the information of x in the order of intensity but are not correlated mutually. The result is equivocal in factor analysis, but perhaps explains

the variation better (Mustonen 1969). However, it has been shown empirically that the results of factor and principal component analysis differ fairly little (Harman 1960, Markkanen 1964, Riihinen 1965). Both analyses were used in the treatment of the material, mainly because of the theoretical weaknesses of factor analysis.

Successful use of factor analysis depends primarily on how sensible a factorial structure is achieved. If the factorial structure is clear-cut, there is no need for regression analysis of the factors concerning agents that are necessary for the formulation of theory; on the contrary, the »explanation value» of the different factors is revealed by examining the coefficient of explanation of the true variables. This analysis of the factors would naturally be interesting theoretically, but the abstract nature of the results does not serve the object of the study and, furthermore, Mäkelä (1968) among other authors has discussed the theoretical aspect. He has also applied the use of the best factorial independent variables to regression analysis. As the »mechanical» selection thus performed, in which two of the best measures of each factor are adopted as starting variables for selective regression analysis, may lead to difficulty in applying the results some kind of parallel use of factoring and selective regression analysis was tried in the present work.

5. INVESTIGATION RESULTS

51. Information contained in the independent variables

511. Changes in the snow cover

It is useful for interpretation of the analyses to study the changes in the nature of the snow during the investigation. Interpretation of regression analysis is complicated by the correlations between the independent variables. It becomes easier, however, if we know whether the correlations are characteristic of the population as a whole. We also need to know the »normal» conditions to determine the seasonal increase.

Fig. 2 shows the variations in the amount of snow, impression of the foot, snow density, shape and size of the snow flakes. The impression corresponds to a pressure of about 28 g per sq.cm. The size of the snow crystals in the figures is relative, not actual.

A thicker layer, density 3.4 mm/cm, formed in January after a period of mild weather. Walking on this snow did not break the layer. The snow crystals in the lower layer of the cover had not yet been changed decisively by the heat from the soil and thus still had a good bearing capacity. Most of the snow had hardened as a result of vaporisation. Comparison with the cross section of the snow layer presented by A g e r (1965) showed that the

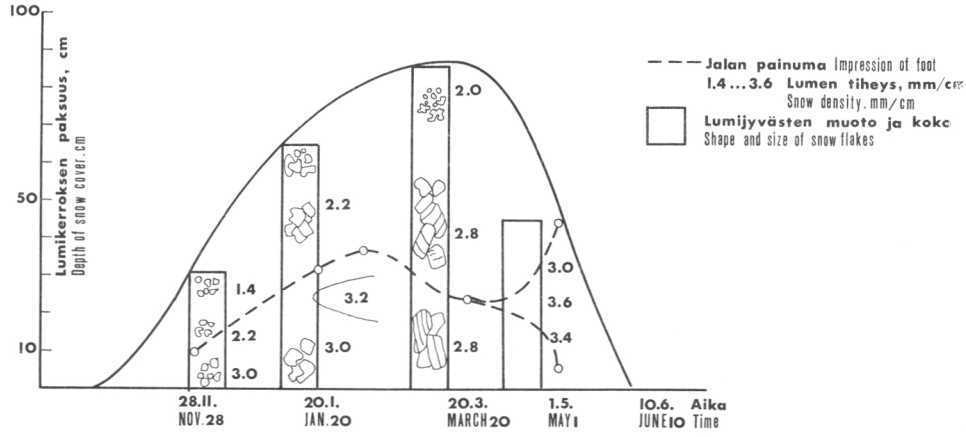


Fig. 2. Variation of the depth of the snow cover and the nature of snow during the investigation
Kuva 2. Lumikerroksen paksuuden ja lumen laadun vaihtelu tutkimuksen aikana

relative share of the lowest coarse-grain snow was fairly small. The capacity for supporting a foot must thus have been better than later during the winter. Harder layers of snow around this time of the winter are probably normal.

The hard layers had disappeared in March, obviously because of the heat from the soil and the snow was coarse-grained to about halfway up the snow layer from below. This concurred with the cross section of the snow layer presented by A g e r (1965). This layer had a poor carrying capacity and the foot made a deep impression.

At the turn of April the snow was melting rapidly and the water was sinking towards the bottom of the snow cover. The snow supported a man in the morning, at midday his foot sank every now and then, and in the afternoon his foot sank almost to the bottom. This is probably typical of normal conditions for the time of year.

The snow was fine-grained throughout at the turn of November. The carrying capacity of new, porous snow is poor. However, the lowermost layer (about 10 cm) had hardened during the period of thaw and supported a walking man.

The changes in the snow layers probably concur basically with the normal development. However, genetalisation of the results of regression analysis is difficult because the snow cover is not the same depth everywhere in the country, whereas the type of the snow is basically similar.

512. Grouping and selection of independent variables

The accompanying correlation matrix shows the intercorrelations for the independent variables measured during the investigation and the working time per stem.

There is a strong correlation between the independent variables. Therefore, it may be assumed that multicollinearity interferes with the regression analysis.

Principal axis factor analysis and Varimax rotation were performed to facilitate interpretation of the results and to increase the predictive value (cf. Chapter 33). The object set in rotation was the achievement of a simple structure. Uncorrelated factors were aimed at in order to improve the predictive value of the results. The Varimax method is generally regarded as the best of the orthogonal rotation methods. Its advantages include the invariance of the results in relation to the composition of variable and the number of communal estimates and factors (C o o l e y - L o h n e s 1962, M ä k e l ä 1968).

The criterion generally applied to selection of the number of factors is that the organ value, i.e. the sum of the square of the loadings, shall not be under one. The »branchiness factor» was adopted here as the fourth factor, although its specific value was 0.69. This was done as it was considered to give a more rational factor structure. The rotated solution was distinctly simpler to interpret than the factor matrix.

The variables were correlated as follows with the factors in the grouping of the factors. The best variables according to the absolute value (0.30) of the loadings were included:

Table 2. Correlation metrix of the variables.
Taulukko 2. Muuttujien korrelaatiomatriisi

	y	x_1	x''	x_3	x_4	x_5	x°	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_1''	x_{13}	x_{14}	x_{15}
y ...	1															
x_1 ...	.4	1														
x_2 ...	.1	.1	1													
x_3 ...	.8	.3	0	1												
x_4 ...	—.1	—.4	—.1	0	1											
x_5 ...	.	0	—.2	0	.2	1										
x_6 ...	.9	.4	0	.9	0	0	—									
x_7 ...	.2	0	.1	—.1	—.2	—.6	—.1	1								
x_8 ...	.8	.3	.1	.8	.1	0	.9	0	1							
x_9 ...	.2	0	.1	—.1	0	—.7	—.1	.9	0	1						
x_{10} ...	.1	0	.1	—.1	.2	—.4	—.1	.5	0	.7	1					
x_{11} ...	.1	.2	.2	—.1	—.2	—.5	—.1	.6	0	.7	.6	1				
x_{12} ...	.1	0	.1	—.1	.1	—.5	—.1	.5	0	.7	.9	.6	1			
x_{13} ...	.1	0	.1	—.1	.2	—.4	—.1	.5	0	.7	.9	.7	.9	1		
x_{14} ...	.1	.1	.1	—.1	.1	—.3	—.1	.5	0	.7	.9	.7	.9	.9	1	
x_{15} ...	.1	0	.1	—.1	.1	—.5	—.1	.5	0	.7	.9	.7	.9	.9	.9	1

y = working time per stem (logger 1) — *runkokohtainen aika (tekomies 1)*
x_1 = branchiness class — *oksaisuusluokka*
x_2 = distance between trees — *siirtymismatka puulta puulle*
x_3 = volume of the utilised part — *käyttöosan tilavuus*
xt = base area of the growing stock — *puuston pohjapinta-ala*
x_5 = month — *kuukausi*
x_6 = breast height diameter — *rinnankorkeusläpimitta*
x_7 = impression of the foot in the snow — *jalan painuma lumeen*
x_8 = number of bolts/tree — *pölkkyjen lukumäärä/puu*
x_9 = thickness of snow — *lumen paksuus*
x_{10} = water value of the snow at the logging site — *lumen vesiarvo hakkuupaikalla*
x_{11} = temperature — *lämpötila*
x_{12} = water value of the surface snow — *pintalumen vesiarvo*
x_{13} = water value of the middle layer — *keskikerroksen vesiarvo*
x_{14} = water value of the bottom layer — *pohjalumen vesiarvo*
x_{15} = mean of the water values — *keskiarvo vesiarvoista*

1. The »snow moisture» factor — *»Lumen kosteus» faktori*

Water value of the middle layer of snow — *Lumen keskikerroksen vesiarvo* 96
Water value of the snow at the logging site — *Lumen vesiarvo hakkuupaikalla* 96
Water value of the bottom layer — *Pohjalumen vesiarvo* 95

Mean of the water value of the snow layers — *Keskiarvo ei lumikerrosten vesiarvosta* 94
Water value of the surface snow — *Pintalumen vesiarvo* 93
Temperature — *Lämpötila* 58
Depth of the snow cover — *Lumikerroksen syvyys* 57
Impression of the foot in the snow — *Jalan painuma lumeen* 31

2. The »stem volume» factor — *»Rungon tilavuus» -faktori*

Breast height diameter — *Rinnankorkeusläpimitta* 94
Number of bolts/tree — *Pölkkyjen lukumäärä/puu* 93
Volume of utilised part — *Käyttöosan tilavuus* 91

3. »Amount of snow» factor — *»Lumen määrä» -factori*

Impression of the foot in the snow — *Jalanpainuma lumeen* ..... .86
Depth of the snow cover — *Lumen syvyys* ..... .79
Month — *Kuukausi* ..... .71
Temperature — *Lämpötila* ..... .41

4. »Branchiness» factor — *»Oksaisuus» -faktori*

Base area of the growing stock — *Puuston pohjapinta-ala* ..... .62
Branchiness class — *Oksaisuusluokka* ..... .58
Temperature — *Lämpötila* ..... .41
(Distance between trees) — *(Siirtymismatka puulta puulle* ..... .22)

The structure obtained by principal component analysis did not differ from the factor structure in principle. However, the distance between trees received a greater loading (.39) in the »branchiness» component.

It appears from the factor structure that the water value of snow, the stem size, depth or lack of bearing capacity of snow, and branchiness class or the density of growing stock constitute first and foremost an orthogonal structure and the information they contain probably does not disappear largely in the variation of other factors.

In contrast, among the essential winter conditions temperature shows a distinct correlation with three factors. Hence, it is perhaps not possible with the present material to elicit its effect on working time. The effect of the snow quality is also somewhat difficult to clarify as the water value of snow proved to be a poor independent variable in stepwise regression analysis and lack of bearing capacity was closely correlated with the amount of snow. However, the development of the relation between the quantity of snow and its lack of bearing capacity may be regarded as more or less regular.

The fourth factor has two essentially differing components, branchiness and density of growing stock, between which there is, however, a natural correlation. Their alternative inclusion in the model depends on the work

phase under examination. In fact, branchiness illustrates the limbing time better, whereas the moving time is better illustrated by the inter-tree distance.

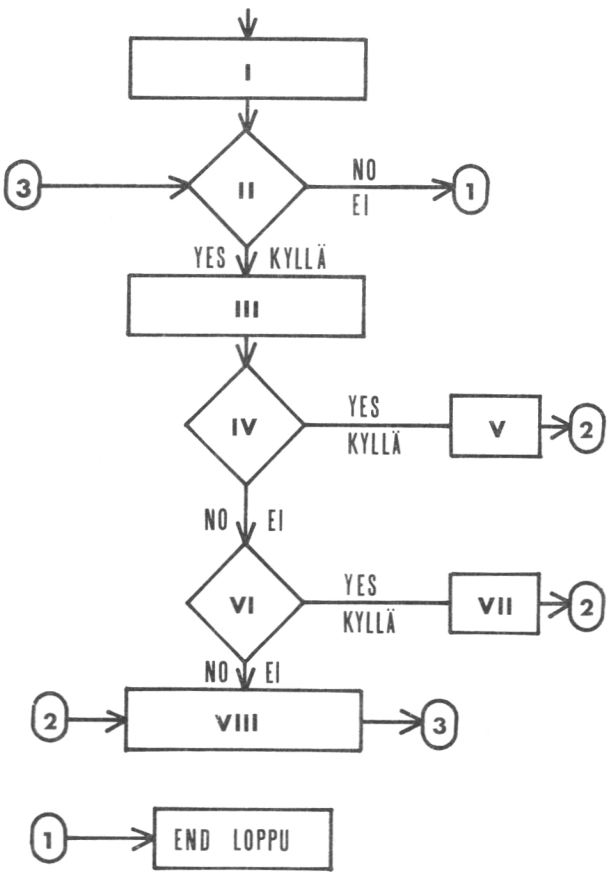
The factor structure as a whole is very clear-cut and easy to interpret. By selecting the best independent variable of the first three factors we obtain a nearly orthogonal structure and a predictive equation that is roughly similar to that obtained when factors are employed as variables. Practical application of the results encounters difficulties and even the formulation of a general theory of the factors that influence the work is uncertain as the correlations between the variables may be of random occurrence depending on the method of investigation. I therefore decided to use stepwise regression analysis in such a way that the course of an otherwise free model was guided by compulsory variables according to indications given by factor and principal component analysis. This eliminates from the models the variables whose effect has largely disappeared in the variation of other variables.

52. Models that illustrate working time per stem

In spite of the use of factor analysis, it was considered necessary to perform the analysis by the stepwise regression analysis technique, applying at the same time the results of factor and principal component analysis to the selection of the variables. It is possible that new variables, transformations, constructed of the original variables

$$x_i' = g\ (x_1, \ldots, x_n)$$

illustrate better than the original variables the variation of the dependent variable. If the change in one variable with the different values of the other independent variable affects the value of the dependent variable absolutely differently, the linear model cannot illustrate such dependence without transformation. Similarly, non-linear dependences can often be restored to linear by means of transformation. It is impossible to illustrate all dependences by the transformations available and the levelling may fail in some part of the material, especially if the observations are numerically unevenly distributed between the different classes of independent variables. The observations accumulated in this material close to the means of the variables, although the stem size, for instance, varied from very small to large sawlogs. The absolute values illustrating the working time were in fact calculated in Chapter 43 from close to the means of the characteristics, and then the levelling was probably most reliable for the material. Fig. 3 illustrates the use of stepwise analysis.



I One »rational» independent variable compulsory from each factor — *Yksi »mielekäs» selittäjä pakollisena kustakin faktorista*

II Does an independent variable or transformation or do independent variables or transformations reduce significantly the residual variance? — *Pienentävätkö joku tai jotkut selittäjät tai transformaatiot jäännösvarianssia merkitsevästi?*

III An independent variable that reduces the residual variance the most is added to the model — *Lisätään malliin eniten jäännösvarianssia pienentävä selittäjä*

IV Does the model contain more than two independent variables from a factor? — *Onko mallissa useampi kuin kaksi selittäjää jostakin faktorista?*

V The poorest of the independent variables of the factor is removed — *Poistetaan huonoin faktorin selittäjistä*

VI Is there in the model an independent variable which is contrary to the structure of the factor? *Onko mallissa selittäjä, joka on faktorirakenteen vastainen?*

VII Removed — *Poistetaan*

VIII The solution is obtained — *Tulostetaan*

Fig. 3. Schematic representation of the use of stepwise regression analysis
Kuva 3. Valikoivan regressioanalyysin käyttöä kuvaava kaavio

The programme took into the model in a later phase among other things a variable it had once eliminated, provided that it gained statistical significance. The formal limit of rejection applied in the testing of the significance of the variables was 0.05. The material is not a representative sample of a known population and even a small regression coefficient is true for the material. Assuming that the material is a representative sample of an unknown population, it is possible to test with certain assumptions whether the connection observed is applicable to the population. Testing must in fact be understood here to be only a certain way of choosing the variables of the model objectively.

Even a single diverging observation may affect the end result adversely in the least squares method because of squaring. For regression analysis the material is large and the significance of diverging observations is smaller than in small materials. No highly differing observations occurred in the

per-stem times as the deviations were transferred in the terrain phase to the idle time that belonged to interruptions.

The progress of the analysis of the per-stem times for both workers is presented below.

	R
$Y_1 = 80.5 + 1.6 \cdot x_6^2$	.866
$Y_1 = -45.9 + 1.7\ x_6^2 + 2.1\ x_9$	.905
$Y_1 = -42.66 + 1.62\ s_6^2 + 2.30\ x_9 - 6.60\ x_{11}$	.905
$Y_1 = -99.5 + 1.2\ x_6^2 + 1.9\ x_9 + 43.6\ x_8$	.916
$Y_1 = -80.8 + 0.8\ x_6^2 + 1.8\ x_9 + 52.4\ x_8 + 0.02\ (x_1\ x_6)^2$	.922
$Y_1 = -35.81 + 0.61\ x_6^2 + 1.21\ x_9 + 50.29\ x_8 + 0.025\ (x_1\ x_6)^2 + 0.012\ x_7 x_9$	.928
$Y_2 = 24.0 + 1.5\ x_6^2$	.906
$Y_2 = -44.9 + 1.5\ x_6^2 + 0.03\ x_9^2$	.942
$Y_2 = -46.77 + 1.36\ x_6^2 + 0.024\ x_9^2 - 1.20\ x_{11}$	.942
$Y_2 = -40.6 + 1.1\ x_6^2 + 0.02\ x_9^2 + 6.2\ x_8^2$	.953
$Y_2 = 9.1 + 0.4\ x_6^2 + 0.02\ x_9^2 + 9.1\ x_8^2 + 0.03\ (x_1\ x_6)^2$	.962
$Y_2 = 27.39 + 0.35\ x_6^2 + 0.020\ x_9^2 + 9.28 + x_8^2 + 0.020\ (x_1\ x_6)^2 + 0.54\ x_7$	.964

y_i = working time per stem, cmin.
i = number of the worker
x_1 = branchiness class
x_6 = breast height diameter, cm
x_7 = impression of the foot in the snow, cm
x_8 = number of bolts/tree
x_9 = depth of snow, cm
x_{11} = density of snow, mm/cm
R = total correlation coefficient

The results diverge from the orthogonal structure in accordance with factor analysis in that two independent variables of the factors stem volume and amount of snow are included while snow density is not. The programme eliminated from the model chains the variable x_{11}, which had been included as a compulsory independent variable, as the t-value of its coefficient was not significant. It did not prove significant even at the 10 per cent risk level and thus hardly any essential information was lost through its elimination. The omission of snow density from the model may be due to the slight variation in the variable during the study. On the other hand, it was a significant independent variable in some work phases.

Residual error analysis was performed to control the existence of the prerequisites for the test. To validate the test premisses it is assumed that the residual errors have a normal distribution, independent and without periodicity. It was established by the Chi Square Test that the distribution of the residual errors does not differ from normal with the probability 0.01. According to von Neuman's ratio test, no periodicity occurred but the material »oscillated» heavily. The residual errors were also considered to be mutually independent (cf. Hald 1960).

521. Models illustrating the per-stem working time by phases of work

Models that illustrate the working time were constructed by application of multiple variant analysis. One independent variable or two independent variables were taken from each factor depending on their relative influence in the regression analysis. This probably gives equations with the best predictive value.

The following models were obtained for the moving time between trees:

	R
$y_{11} = 9.23 + 2.06\ x_{10}$	.697
$y_{11} = 3.74 + 1.97\ x_{10} + 0.11\ x_9$	.722
$y_{11} = 3.96 + 1.97\ x_{10} + 0.12\ x_9 - 0.34\ x_{11}$	.722
$y_{21} = 2.58 + 2.53\ x_{10}$	.811
$Y_{21} = -0.76 + 2.40\ x_{10} + 0.0014\ x_9^2$	.832
$Y_{21} = -0.025 + 2.41\ x_{10} + 0.0015\ x_9^2 - 0.60\ x_{11}$	.832
$Y_{21} = -0.45 + 2.41\ x_{10} + 0.0032\ x_9^2 - 0.000275\ (x_9x_{11})^2$	.834

y_{i_1} = moving time, cmin., i = No. of the logger
x_9 = snow depth, cm
x_{10} = distance between trees
x_{11} = snow density, mm/cm

The t-value of the regression coefficient of variable x_{11} in equation y_{21} in the next step by significant transformations.

The following equations represent the felling time including snow and butt clearance:

	R
$y_{12} = 58.37 + 0.12\ x_6^2$	.362
$y_{12} = -1.18 + 0.14\ x_6^2 + 0.99x_9$	.802
$y_{12} = -2.25 + 0.14x_6^2 + 0.95x_9 + 1.45x_{11}$	.802
$y_{12} = -0.22 + 0.14x_6^2 + 0.64x_9 + 0.101(x_9x_{11}) + 0.0080(x_6x_7)$	.803
$y_{22} = 37.73 + 0.18x_6^2$	.468
$y_{22} = -7.04 + 0.16x_6^2 + 0.016x_9^2$	.853
$y_{22} = -9.68 + 0.16x_6^2 + 0.016x_9^2 + 1.20x_{11}$	.853
$y_{22} = -1.04 + 0.11x_6^2 + 0.010x_9^2 + 2.20x_{11} + 0.059(x_6x_7)$	.864

y_{i_2} = felling time, cmin., i = No. of the logger
x_6 = breast height diameter, cm
x_1 = impression of the foot in the snow, cm
x_9 = snow depth, cm
x_{11} = snow density, mm/cm
R = total correlation coefficient

The t-values of the coefficients of the other independent variables are significant except in the third step from x_{11}. However, it has been replaced in the first case by a significant transformation and in the second case it has become significant in the following step.

The following equations were obtained for the analysis of the limbing time:

	R
$y_{13} = -9.73 + 0.87x_6^2$	.866
$y_{13} = 6.03 + 0.62x_6^2 + 0.015(x_1x_6)^2$	.875
$y_{13} = -12.73 + 0.59x_6^2 + 0.015\,(x_1x_6)^2 + 0.071(x_6x_7)$	.889
$y_{13} (= -34.30 + 0.17x_6^2 + 0.022(x_1x_6)^2 + 0.075(x_6x_7) + 31.70x_8 - 0.013x_{12}^2)$	.909
$y_{23} = -30.04 + 0.76x_6^2$	.936
$y_{23} = -37.73 + 0.76x_6^2 + 0.0029x_9^2$	.938
$y_{23} = -17.83 + 0.51x_6^2 + 0.0033x_9^2 + 0.014(x_1x_6)^2$	.946
$y_{23} = -14.16 + 0.49x_6^2 + 0.013(x_1x_6)^2 + 0.032(x_6x_7)$	.947
$y_{23} (= -.19.71 + 0.13x_6^2 + 0.021\,(x_1x_6)^2 + 16.0x_{11} + 0.017(x_6x_7) - 0.12x_{11}^2 + 3.91x_8^2 + 0.76x_{12})$	.909

y_{i3} = limbing time, cmin., i = No. of the logger
x_1 = branchiness class
x_6 = breast height diameter, cm
x_7 = impression of the foot in the snow
x_8 = bolts/stem
x_{11} = snow density, mm/cm
x_{12} = variable that illustrates the temperature
O°C = 30, —1°C = 31, +1°C = 29
R = total correlation coefficient

The analysis reveals that snow conditions do not affect limbing time very markedly. Snow density, for instance, was quite insignificant in its »explanatory value». The last equation (in brackets) does not meet the requirements of non-correlation in multiple variant analysis. This equation was included to show that temperature obviously has an effect on the limbing time although its influence is partially lost in the variation of the other factors shown by factor analysis. Although the expenditure of time in the different phases is calculated from an equation in which temperature is not included, the conclusions are obviously not incorrect as the effect of temperature is taken into consideration in the other variables that are correlated with it.

The following models were selected to illustrate the bucking time:

	R
$y_{14} = 3.64 + 0.22x_6^2$	.806
$y_{14} = -3.92 + 0.22x_6^2 + 0.13x_9$	.813
$y_{14} = -2.33 + 0.22x_6^2 + 0.18x_9 - 2.20x_{11}$	.814
$y_{14} = -9.32 + 0.14x_6^2 - 0.43x_9 + 0.0056x_9^2 + 8.88x_8$	.864
$y_{24} = -3.53 + 0.22x_6^2$	.908
$y_{24} = 8.34 + 0.22x_6^2 + 0.0018x_9^2$	.916
$y_{24} = -7.46 + 0.21x_6^2 + 0.0012x_9^2 + 0.0060(x_6x_7)$	.916
$y_{24} = -5.50 + 0.21x_6^2 + 0.0016x_9^2 + 0.0059(x_6x_7) - 1.55x_{11}$	.916
$y_{24} = -5.45 + 0.14x_6^2 + 0.0018x_9^2 - 1.55x_{11} + 1.33x_8^2$	.941

y_{i4} = bucking time, cmin., i = No. of the logger
x_6 = breast height diameter, cm
x_7 = impression of the foot in the snow, cm
x_8 = bolts/stem
x_9 = snow depth, cm
x_{11} = snow density, mm/cm
R = total correlation coefficient

The t-values of the coefficients were not significant in the fourth step of variable (x_6x_7) in equation y_{24} and variable x_{11} in equation y_{14}. The variables (x_6x_7) and x_{11} were in fact removed in the following step.

The following models illustrate the expenditure of time in storage:

	R
$y_{14} = 6.50 + 0.36x_6^2$	.812
$y_{14} = -10.66 + 0.37x_6^2 + 0.29x_9$	.825
$y_{14} = -9.35 + 0.37x_6^2 + 0.33x_9 - 1.75x_{11}$	.826
$y_{14} = -6.39 + 0.35x_6^2 + 0.13x_9 - 1.25x_{11} + 0.018(x_6x_7)$	.827
$y_{24} = 1.67 + 0.33x_6^2$	.856
$y_{24} = -3.91 + 0.33x_6^2 + 0.14x_9$	.858
$y_{24} = -0.77 + 0.32x_6^2 + 0.31x_9 - 6.00x_{11}$	.860
$y_{24} = 0.33 + 0.33x_6^2 + 0.35x_9 - 0.65x_{11} - 0.0027(x_6x_7)$	.860
$y_{24} = 1.49 + 0.19x_6^2 + 1.00x_9 - 10.20x_{11} - 0.0065x_9^2 + 2.40x_8^2$	.895

y_{i4} = storage time, cmin., i = No. of the logger
x_6 = breast height diameter, cm
x_7 = impression of the foot in the snow, cm
x_8 = bolts/stem
x_9 = snow depth, cm
x_{11} = snow density, mm/cm
R = total correlation coefficient

Transformation (x_6x_7) is not significant in equations y_{24} and it was removed in the last phase.

53. Conclusions drawn from the per-stem models

531. Moving time

Per-stem working times by work phases are examined first. The following equations from p. 26 were selected to describe the time spent on moving between the trees:

$$y_{11} = 3.96 + 1.97x_{10} + 0.12x_9 - 0.34x_{11}$$
$$Y_{21} = -0.45 + 2.41x_{10} + 0.0032x_9^2 - 0.000011(x_9 \cdot 5x_{11})^2$$

The residual deviations of the models were

$s_1 = 13.8$ and $s_2 = 12.8$

The models show that the moving time depends on the distance between the trees and thus on the density of the marked stand, the depth of the snow and the nature (density) of the snow. When the distance between the trees increases the relative influence of the snow decreases. This is obviously because starting out from the »snow pit» has a relatively greater effect over a short than over over a long distance. Fig. 4 was drawn to illustrate the dependences by placing various combinations of values of variables in the equations. The distance between the trees was regarded as a constant, 5 m.

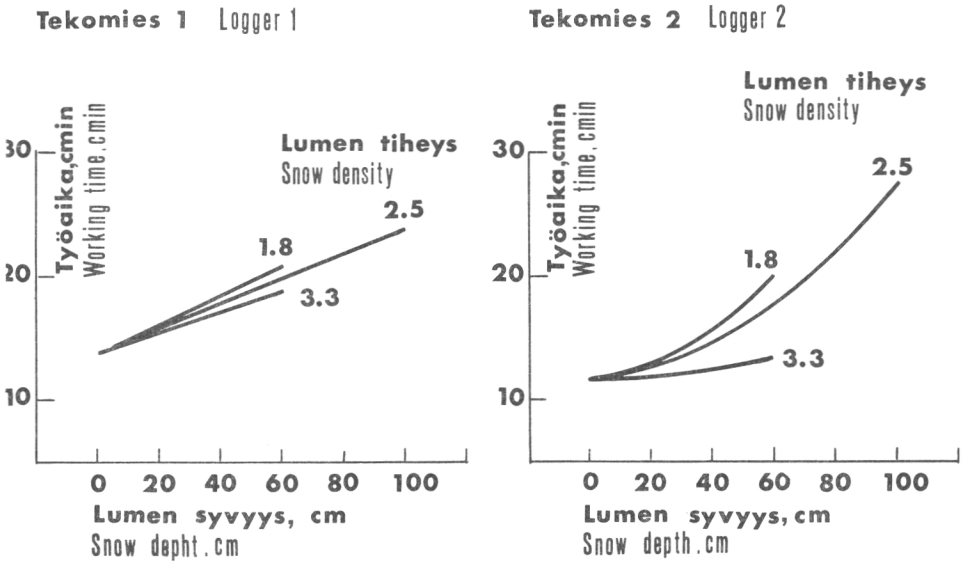


Fig. 4. Moving time as a function of the depth and quality of snow
Kuva 4. Siirtymisaika lumen syvyyden ja laadun funktiona

The moving time was shorter in the spring than in early winter owing to the better carrying capacity of the snow. In some conditions, when the snow does not support a man but is hard, moving may be exceptionally difficult, as by the result obtained by M a k k o n e n (1949) showed. It is impossible to say on the basis of the present study how common these conditions are. However, the material also contained partly hard snow which did not support man.

The following table was calculated from the equations to illustrate the relative expenditure of moving time in the investigation conditions.

Table 3. Relative expenditure of moving time in the investigation conditions.
Taulukko 3. Siirtymisajan suhteellinen menekki tutkimusolosuhteissa

Snow depth — *Lumen syvyys* cm = ...	0	40		60	80	100
Snow density — *Lumen tiheys* mm/cm =	0	1.8	(3.3)	2.5	2.5	2.5
Inter-tree distance — *Siirtymismatka* m =	5	5		5	5	5
Logger 1 — *Tekomies 1*	100	130	(126)	146	164	181
Logger 2 — *Tekomies 2*	100	132	(106)	151	191	241

The figures concur with the conditions in early winter and midwinter, except those in brackets which refer to late winter conditions. Comparison of the result with the relative standard times reported by A g e r (1967) shows that Ager's figures were between the values for loggers 1 and 2, but closer to those of logger 2. The relative values calculated from the equations of Norwegian authors (S a m s e t, . . . 1969) also fall between loggers 1 and 2, but are closer to logger 1.

A control material was collected earlier for logger 2. It gave the following equation to illustrate the moving time:

$y = 2.24 + 1.81x_{10} + 0.02(x_{10}x_9) - 0.0000014(x_{10}x_9)^2$, in which
y = moving time, cmin.
x_{10} = inter-tree distance, m
x_9 = snow depth, cm

The model differs from the one presented earlier in that the relative effect of the snow does not change so much when the distance between the trees lengthens.

The following relative values were calculated from the equation for the moving time in different snow depths when the inter-tree distance was 5 m.

	Depth of snow, cm			
Logger 2	0	40	60	80
	100	135	152	170

The figures correspond to those presented earlier except for snow depth class 100 cm in which the result did not correspond to reality as the material did not include such deep snow. This value was in facto mitted from the table.

532. Felling time and the time spent on clearing the butt and the snow

The following equations from p. 26 were selected to illustrate the felling time

$y_{12} = -0.22 + 0.14x_6^2 + 0.64x_9 + 0.101(x_9x_{11}) + 0.008(x_6x_7)$
$y_{22} = -1.04 + 0.11x_6^2 + 0.010x_9^2 + 2.20x_{11} + 0.059(x_6x_7)$

The residual deviations of the models were

$s_1 = 29.1$ and $s_2 = 36.4$

Felling time is thus influenced by stem size and the depth and quality of the snow. It appears from the model that when stem size grows the relative effect of snow decreases. This is natural as the actual felling-sawing of large trees takes much time and the clearing of the butt has less influence in relative terms than for small-sized trees.

The model is illustrated in Fig. 5 for the effect of the quantity of snow on the working time in different diameter classes. The snow density is taken to be 2.5 and the impression of the foot in the snow to be half of the depth of the snow.

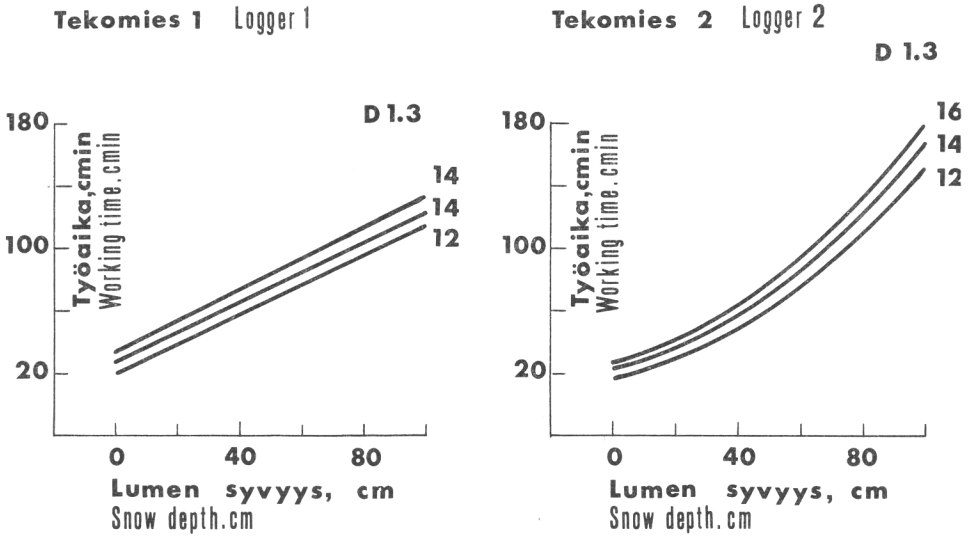


Fig. 5. The time expended on felling and on clearing the butt and the snow as a function of snow depth and breast height diameter

Kuva 5. Kaatoaika sekä tyven ja lumen raivausaika lumen syvyyden ja rinnankorkeusläpimitan funktiona

The expenditure of working time is expressed as ratios in the next table. The figures correspond to the conditions in early winter and midwinter. The figures in brackets apply to the end of the winter.

Table 4. Relative felling, butt- and snow-clearing times in the investigation conditions.
Taulukko 4. Suhteelliset kaato-, tyven ja lumen raivausajat tutkimusolosuhteissa.

Snow depth — *Lumen syvyys* cm = ...	0	40		60	80	100
Snow density — *Lumen tiheys* mm/cm =	0	1.8	(3.3)	2.5	2.5	2.5
Impression of the foot in the snow — *Jalan painuma* cm = ...	0	30		35	45	65
$D_{1.3}$ = ...	14	14		14	14	14
Logger 1 — *Tekomies 1*	100	233	(251)	309	379	449
Logger 2 — *Tekomies 2*	100	221	(294)	336	603	547

Felling is slower in the spring than in the autumn because the snow is heavy and harder and thus more difficult to clear from around the butt. There is a distinct difference between the loggers. Logger 1 of strong physique was clearly quicker at snow clearance. Shovelling snow adds most sharply to the extra expenditure of working time required in winter conditions. For instance, logger 2 spent about 74 per cent of the felling and butt- and snow-clearing time on shovelling in 80 cm deep snow and logger 1 about 60 per cent.

Comparison with the standard times reported by A g e r (1967) for the logging of spruce shows that the relative effect of snow in the present study was considerably greater. When the results were compared with A g e r's times for the logging of pine the times roughly corresponded in deep snow conditions to those returned by logger 1. The relative effect of snow on the preparation of spruce was smaller in A g e r's study than for the logging of pine. The difference was probably due to the small amount of snow below the branches of spruce. In the present work, however, snow depth was expressed as the mean of the snow cover in open country and around the butt.

As shovelling snow is the work phase in felling that is most affected by snow, we can compare the figures obtained from the working-time equations of Norwegian authors (S a m s e t, . . . 1969) with the results of this study. The time spent on shovelling snow was as follows:

	Depth of snow, cm			
	40	60	80	100
Samset, (1969)	30	52	66	80
Logger 1	38	51	62	73
Logger 2	38	64	83	123

The relative times of at any rate logger 1 cannot be regarded as exceptional according to the Norwegian results. However, snow does not exert as pronounced an effect as in the present study on the relative times for the total logging phase calculated from the Norwegian equations. The Norwegian authors assumed that snow does not affect either felling proper or the auxiliary phases, which is a false hypothesis according to A g e r's study and the present work. Furthermore, when the cutting capacity of saws improves the relative effect of snow increases and, consequently, the results calculated from old materials like the Swedish study possibly are not fully comparable with the present study.

A control material was collected earlier for logger 2. The following regression equation represents the felling and snow- and butt-clearing time:

$y = 1.82 + 3.22x_6 + 0.0055x_9^2 + 0.060(x_6x_9) - 0.000011(x_6x_9)^2 - 10.11x_{15}$,
in which
y = felling and snow- and butt-clearing time, cmin.
x_6 = breast height diameter, cm
x_9 = snow depth, cm
x_{15} = tree species, pine 1, spruce 2, birch 3

From the equation were calculated the following relative working times at different snow depths for trees with a breast height diameter of 14 cm.

	Snow depth, cm			
Logger 2	0	40	60	80
	100	246	334	432

The figures are between those reported earlier, however, closer to logger 1 than logger 2. It is possible that the relative effect of snow obtained in the present study was greater than »normal» because the snow density was fairly great during the study.

533. Limbing time

The following of the models on p. 27 that illustrate the limbing time were examined:

$y_{13} = -12.73 + 0.59x_6^2 + 0.015(x_1x_6)^2 + 0.071(x_6x_7)$
$x_{23} = -14.16 + 0.49x_6^2 + 0.013(x_1x_6)^2 + 0.032(x_6x_7)$

The residual deviations of the models were:

$s_1 = 68.3$ and $s_2 = 49.2$

The models do not include the snow density as its influence was nil; the amount of snow is also lacking, but it was replaced by the lack of bearing capacity of the snow. The ratio between the quantity of snow and the lack of bearing capacity can be obtained from Fig. 2 on p. 19. Limbing time is thus a function of stem size, branchiness and the lack of bearing capacity of the snow. It appears from the model that when the stem size and branchiness increase the relative effect of winter conditions decreases. The drawing illustrates the dependences. The branchiness class was regarded as a constant, 3.

The relative expenditure of working time in the table is for the conditions of early winter. The figures relating to spring are given in brackets.

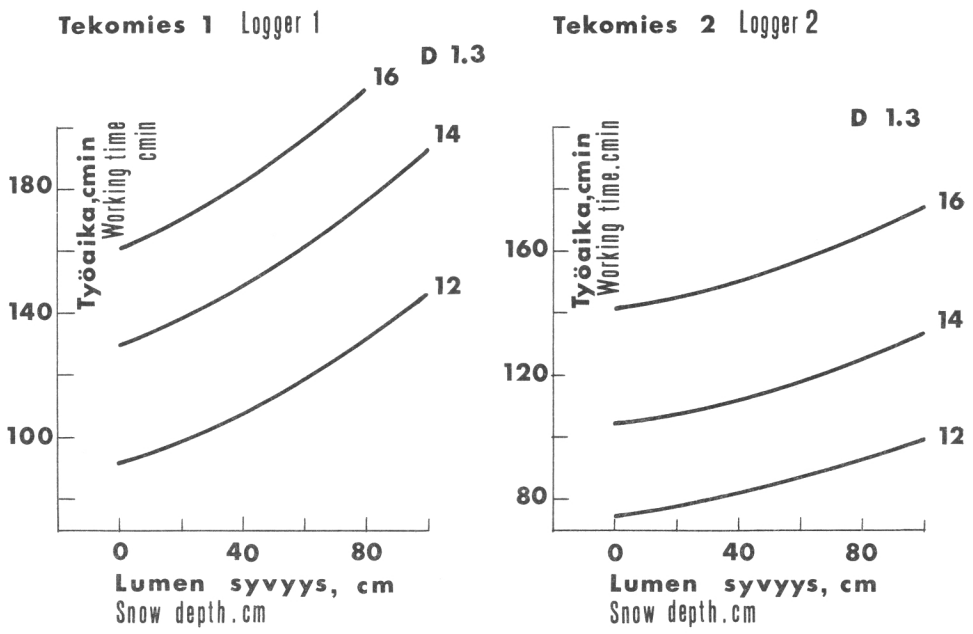


Fig. 6. Limbing time as a function of snow depth and breast height diameter
Kuva 6. Karsinta-aika lumen syvyyden ja rinnankorkeusläpimitan funktiona.

Table 5. Relative expenditure of limbing time in the investigation conditions.
Taulukko 5. Karsinta-ajan suhteellinen menekki tutkimusolosuhteissa

Snow depth — *Lumen syvyys* cm = ...						
Impression of the foot in the snow — *Jalan painuma* cm = ...	0	40		60	80	100)
Breast height diameter — *Rinnankorkeusläpimitta* cm = ...	0	30	(20)	35	45	65
Branchin s: — *Oksaisuusluokka* = ...	14	14		14	14	14
Logger 1 — *Tekomies 1*	3	3		3	3	3
Logger 2 — *Tekomies 2*	100	115	(123)	127	135	150
	100	111	(107)	115	119	128

The relative effect of snow was smaller on logger 2 who had a better limbing technique. His times were slightly longer than A g e r's (1967) standard values at snow depths other than 100 cm at which the figures were roughly the same. On the other hand, snow may be assumed to have a greater effect on rough-limbing along the surface as the limbing process itself is quicker than in limbing along the surface and thus the logger can move faster.

The relative time expenditure figures calculated from the Norwegian (S a m s e t, . . . 1969) equation for along-the-surface limbing show a slightly greater influence of winter conditions than in regard to logger 2. The effect of winter conditions increases further in semi-limbing, which supports the above conclusions concerning the effect of winter conditions on butt-limbing.

The following equation represents time expended on limbing along the surface in the control material for logger 2.

$y = 97.75 + 5.63(x_1x_6) - 8.38x_9 + 0.050x_9^2 + 0.15(x_6x_9) - 0.000023(x_6x_9)^2 + 9.10x_{16}$, in which

y = limbing time, cmin.
x_1 = branchiness class
x_6 = breast height diameter, cm
x_9 = snow depth, cm
x_{16} = length of utilisable part, m

According to the material the snow layer has only facilitated the limbing.

534. Bucking time

Two of the equations from p. 27 illustrating the bucking time are analysed in the following:

$y_{14} = -9.32 + 0.14x_6^2 - 0.43x_9 + 0.0056x_9^2 + 8.88x_8$
$y_{24} = -5.45 + 0.14x_6^2 + 0.0018x_9^2 - 1.55x_{11} + 1.33x_8^2$

The residual deviations for the models are

$s_1 = 20.7$ and $s_2 = 15.3$

According to the equations, the factors that affect the bucking time are stem size, snow depth and quality, and the number of bolts. The models reveal that the relative influence of snow decreases when the stem size

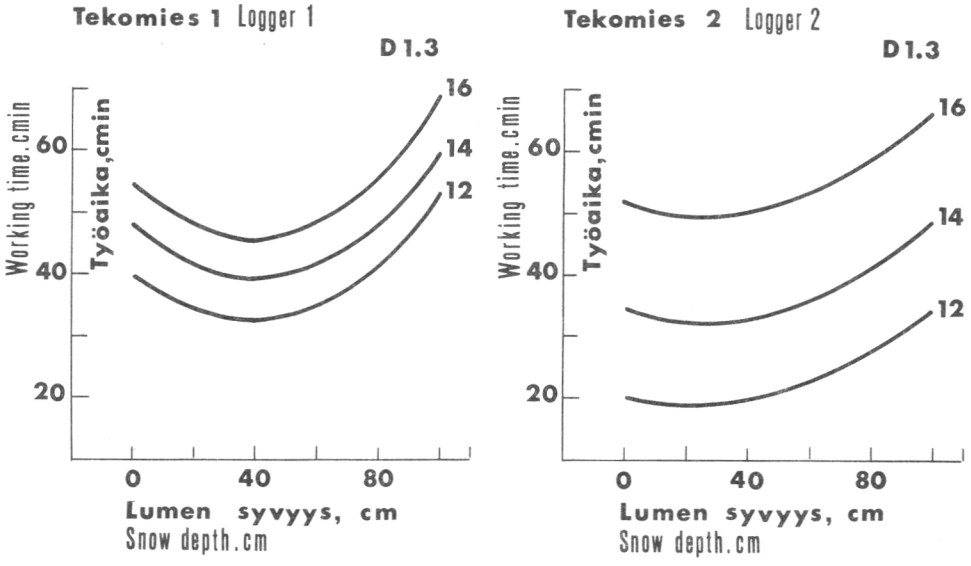


Fig. 7. Bucking time as a function of snow depth and breast height diameter
Kuva 7. Katkonta-aika lumen syvyyden ja rinnankorkeusläpimitan funktiona

increases. The result is natural as the share of sawing time proper then grows. Bucking is faster in the spring than in the autumn as the carrying capacity of the snow is better. The accompanying drawing illustrates the dependences. Snow density was taken to be a constant 2.5.

The next table shows the relative expenditure of working time in the conditions of early winter and late winter. The figures in brackets refer to late spring.

Table 6. Relative expenditure of bucking time in the investigation conditions.
Taulukko 6. Katkonta-ajan suhteellinen menekki tutkimusolosuhteissa.

Snow depth — *Lumen syvyys* cm = ...	0	40		60	80	100
Snow density — *Lumen tiheys* mm/cm =	0	1.8	(3.3)	2.5	2.5	2.5
$D_{1.3}$, cm = ...	14	14		14	14	14
Number of bolts — *Pölkkyjen lukumäärä* =	3	3		3	3	3
Logger 1 — *Tekomies 1*	100	83		88	103	127
Logger 2 — *Tekomies 2*	100	101	(94)	108	122	142

There is a great difference in the relative working times of the loggers. Snow had a distinctly stronger influence on the work of logger 2. A g e r's (1967) standard times for winter conditions are smaller than those of logger 2 but higher than the figures for logger 1. On the other hand, the values calculated from the equation of the Norwegian authors (S a m s e t, . . . 1969) indicate a stronger relative effect of snow than for logger 2, with the exception of a snow thickness of 100 cm. A thin layer of snow, especially during the period when the snow supports a man, facilitates bucking. It is not necessary to take such care against damaging the saw blade chain as it is on ground without snow.

The following equation illustrates the bucking for logger 2 in the control material:

$y = -6.55 + 0.047x_6^2 + 0.018x_6x_9 + 15.48x_8 + 0.81x_8^2$, in which
y = bucking time
x_6 = breast height diameter, cm
x_9 = snow depth, cm
x_8 = number of bolts

The relative effect of snow was as follows:

	Snow deth, cm			
Logger 2	0	40	60	80
	100	116	124	132

The influence of snow was greater in the control material than in the present work.

535. Storage time

The following models from p. 28 were selected to illustrate the storage time:

$$y_{15} = -6.39 + 0.35x_6^2 + 0.13x_9 - 1.25x_{11} + 0.018(x_6x_7)$$
$$y_{25} = 1.49 + 0.19x_6^2 + 1.00x_9 - 10.20x_{11} - 0.0065x_9^2 + 2.40x_8^2$$

The residual deviations of the models are:

$s_1 = 37.4$ and $s_2 = 32.1$

The storage time is thus dependent on the stem size, the depth and quality of snow, and the number of bolts. The storage time is presumably also affected by the density of the growing stock to be cut, the bunch size and the strip road spacing but the influence of these factors on the model was not elicited from this material. The relative effect of winter conditions appears to diminish with the growth of stem size. Fig. 8 illustrates some dependences. Snow density was regarded as a constant, and lack of bearing capacity was taken to be one-half of the snow depth.

The storage time is given in Table 7 in relative figures corresponding to the conditions during the investigation in early winter and late winter. The figures in brackets refer to spring conditions.

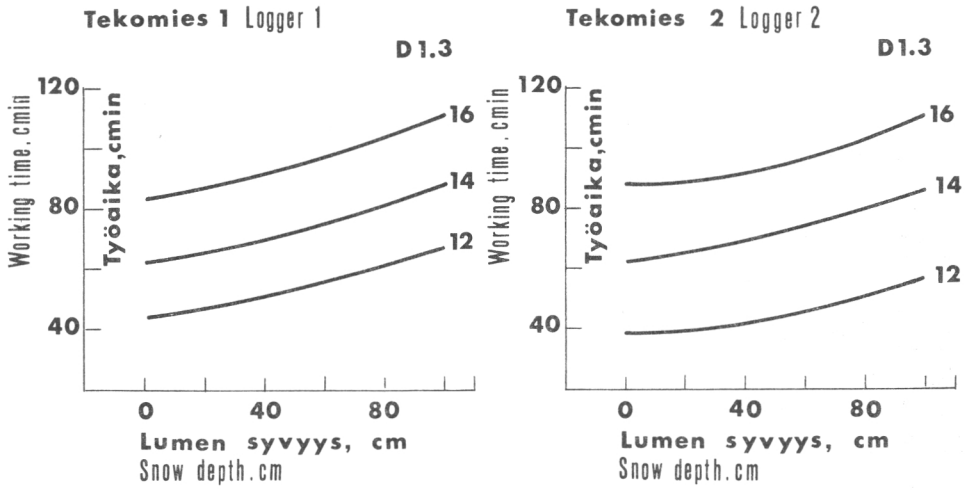


Fig. 8. Storage time as a function of snow depth and breast height diameter
Kuva 8. Varastointiaika lumen syvyyden ja rinnankorkeusläpimitan funktiona

Table 7. Relative storage times in the investigation conditions.
Taulukko 7. Varastointiajat suhteellisina lukuina tutkimusolosuhteissa.

Snow depth — *Lumen syvyys* cm = ...	0	40		60	80	100
Snow density — *Lumen tiheys* mm/cm =	0	1.8	(3.3)	2.5	2.5	2.5
Impression of the foot in the snow — *Jalan painuma* cm = ...	0	30	(20)	35	45	65
$D_{1.3}$, cm = ...	14	14		14	14	14
Bolts/tree — *Pölkkyjä/puu* = ...	3	3		3	3	3
Logger 1 — *Tekomies 1*	100	117	(110)	122	130	142
Logger 2 — *Tekomies 2*	100	119	(93)	118	121	116

Logger 2 was slowed down by snow less than logger 1. The explanation might be that logger 2 had a more rational working method. The work progresses faster in the spring than in early winter owing to the better carrying capacity of snow. The figures for logger 2 concur with the standard times reported by A g e r (1967) for pine. But Ager's values for the relative effect of snow are smaller for spruce than the figures reported here.

The control material showed that logger 2 had previously expended considerably more time than now reported on storage in winter conditions. The working time is illustrated by the following equation:

$$y = -0.40 + 3.55x_6 - 0.0065x_9^2 + 0.086x_6x_9 + 2.90x_8^2 - 3.40x_{16}$$

y = storage time, cmin.
x_6 = breast height diameter, cm
x_9 = snow depth, cm
x_8 = number of bolts
x_{16} = length of the utilisable part, m

The difference from the present material was probably caused by the longer stacking distance.

536. Per-stem time

The per-stem time was calculated from the following equations on p. 25:

$$y_1 = -35.81 + 0.61x_6^2 + 1.21x_9 + 50.29x_8 + 0.025(x_1x_6)^2 + 0.012(x_7x_9)$$
$$y_2 = 27.39 + 0.35x_6^2 + 0.020x_9^2 + 9.28x_8^2 + 0.020(x_1x_6)^2 + 0.54(x_7)$$

The residual deviations are $s_1 = 103.0$ and $s_2 = 82.2$

The per-stem time is presented as a function of the stem size, branchiness class and the amount and quality of snow. The accompanying curves illustrate the dependence of working time on the amount of snow and the stem size. The branchiness class is taken to be constant and the impression of the foot in the snow to be one-half of the snow depth.

When stem size grows, the relative effect of snow diminishes. This is because much time is consumed on sawing and on handling the wood when large trees are in question and the proportion of time spent on moving from

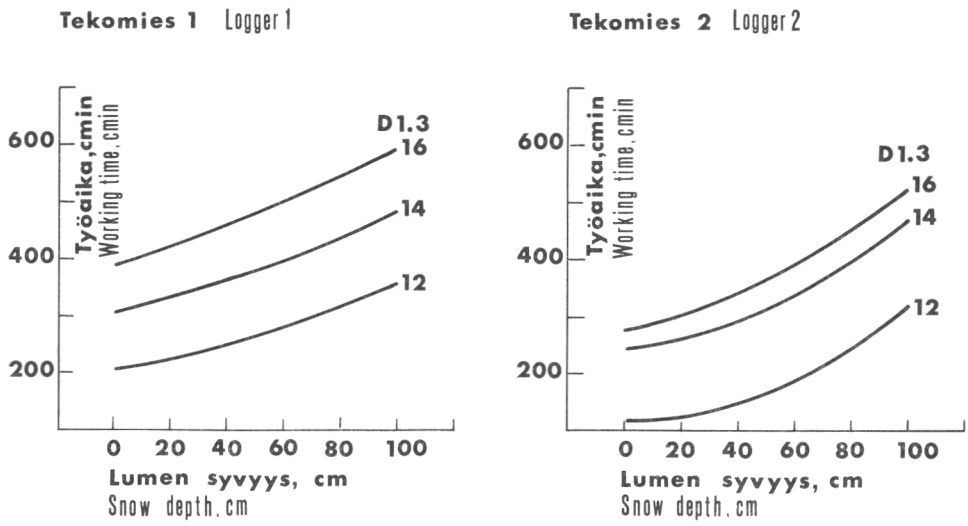


Fig 9. Per-stem working time as a function of the snow depth and breast height diameter
Kuva 9. Runkokohtainen työaika lumen syvyyden ja rinnankorkeusläpimitan funktiona

tree to tree and on snow-clearing decreases. The model reveals directly how the relative effect of snow decreases also with the increase in branchiness.

The accompanying table gives the relative per-stem times for the investigation conditions of early winter and midwinter. The corresponding figures for late winter are given in brackets.

Table 8. Relative expenditure of per-stem time in the investigation conditions.
Taulukko 8. Runkokohtaisen ajan suhteellinen menekki tutkimusolosuhteissa.

(Snow depth — *Lumen syvyys* cm = ...	0	40		60	80	100
Impression of the foot in the snow — *Jalan painuma* cm = ...	0	30	(20)	35	45	65
Breast height diameter — *Rinnankorkeusläpimitta cm* = ...	14	14		14	14	14
Branchiness class — *Oksaisuusluokka* = ..	3	3		3	3	3
Logger 1 — *Tekomies 1*	100	120	(119)	131	144	162
Logger 2 — *Tekomies 2*	100	119	(117)	137	162	196

Winter conditions had a smaller effect on the work performance of logger 1 whose working technique was poorer than on the performance of the better logger, No. 2. Work is easier in spring conditions than in the autumn, obviously because the snow is firmer. But the difference is small.

Winter conditions had a stronger influence on the expenditure of working time in this material than in the materials of A g e r (1967) and K a h a l a (1968). On the other hand, the figures presented by Norwegian authors (S a m s e t, . . . 1969) correspond roughly to those given here. Storage time was absent in the equation of the Norwegians; it reduces the difference in

the relative per-stem working time between the period with snow and the snowless period. Many reasons, to be discussed below, contributed to this difference between the present material and other investigations.

The natural deviation between the loggers is probably one of the factors causing the difference. Similarly the distributions of the tree characteristics. We have seen, in fact, that the relative effect of snow differs in the different stem size classes. In the present material distinctly more time was expended on felling, butt- and snow-clearing and storage in winter conditions than A g e r's standard times suggest. The same phenomenon is observed in the limbing and bucking times, although the difference is probably due at least partly to the fast method of work, as the control material available for logger 2 appears to show.

Moreover, it can be shown mathematically that winter conditions must exert the strongest effect in a working method in which limbing and bucking are faster than in the control method. This is because the relative effect of winter conditions is smaller in limbing and bucking than in moving from tree to tree and in felling. This reasoning is supported by the control material for logger 2 in which the working method consisted of limbing along the surface and bucking to fixed dimensions.

The following equation illustrates the per-stem time:

$$y = -168.9 + 1.4x_3 + 0.2x_6x_9 + 63.4x_8 + 58.9x_1$$

The following relative working times, which concur roughly with the figures reported by A g e r and K a h a l a, were obtained for the different snow depths:

Snow depth, cm = ...	0	40	60	80
Working time	100	108	118	136

The following correlation prevailed in the investigation material between the breast height diameter and the volume of the utilisable part:

$y = 7.39 + 0.014x_1 + 0.086x_2$, in which
x_1 = volume of the utilisable part, litres
x_2 = length of the utilisable part, dm
y = breast height diameter, cm

When the relative values for the working times were calculated for a breast height diameter of 14 cm, the volume of the utilisable wood was about 100 litres.

The results bring out an interesting point. The residual deviation of the working time was distinctly greater for the logger of poorer working technique and the coefficient of correlation for the models was thus smaller for him than for the other logger. This criterion may prove useful in assessing the occupational skill of loggers.

54. Distribution of working-site time at different times

The distribution of the working-site time into per-stem times, general times and interruptions is presented in Appendices 1 and 2.

Conclusions drawn on the basis of these tables must be uncertain because chance has too great an influence on the results during a period of one week even. However, comparison of the results with other similar studies probably permits indicative conclusions. Maintenance and starting of the saw in terms of cmin. took more of the logger's time during the winter than in the summer, and the same applies to preparations for storage and planning. Table 9 gives the saw maintenance and starting times per stem at different temperatures.

Winter conditions appear to increase the above-mentioned times. The great difference in the maintenance times of the loggers is probably caused by the fact that logger 2 did all his maintenance work in the forest, while logger 1 did not.

Table 9. Dependence of the saw maintenance and starting times on the average temperature.
Taulukko 9. Sahan huolto- ja käynnistysaikojen riippuvuus keskilämpötilasta

Logger 1 *Työntekijä 1*	Average temperature, °C *Keskilämpötila, C°*					
		—17	—20	—6	—3	+13
	Time, cmin./tree — *Aika, cmin/puu*					
Maintenance of the saw — *Sahan huolto*	7	16	13	31	4	7
Starting the saw — *Sahan käynnistys* ..	5	11	8	8	6	3
Total — *Yhteensä*	12	27	21	39	10	10
Ratios — Suhdelukuina	120	270	210	390	100	100
Logger 2 — *Työntekijä 2*						
Maintenance of the saw — *Sahan huolto*	36	81	—	54	43	34
Starting the saw — *Sahan käynnistys* ..	1	2	—	7	2	2
Total — *Yhteensä*	37	83	—	61	45	36
Ratios — *Suhdelukuina*	101	230	—	170	125	100

Table 10. The saw maintenance and starting times in per cent of the felling, bucking and limbing time at different average temperatures.
Taulukko 10. Sahan huolto- ja käynnistysajat prosentteina kaato-, katkonta- ja karsinta-ajoista eri keskilämpötiloissa.

	Average temperature, °C *Keskilämpötila, C°*					
		—17	—20	—6	—3	+13
	%					
Logger 1 — *Työntekijä 1*	—	16.8	9.9	14.6	5.8	5.1
Logger 2 — *Työntekijä 2*	23.9	33.5	—	20.5	20.9	15.2

Table 4 gives the saw maintenance and starting times in per cent of the felling, bucking and limbing times which largely consist of effective sawing time.

L e v a n t o's (1965) saw starting and maintenance times were 75 per cent higher in the winter than in the summer. In the present study, the 75 per cent difference was generally exceeded, except for an average temperature of —3°C. In L e v a n t o's work, an increase of 75 per cent in the starting time was equivalent to an increase of about 7 per cent in the working time. The results of the present study vary so much for the different phases that it is impossible to say whether the increase in the maintenance times per stem produced a per cent increase in the working-site time.

55. Expenditure of working-site time

For the worker himself, it is only the expenditure of working-site time in different conditions that represents the real work input and earnings. The study takes no stand on the point of what interruption percentage should be applied in these so-called fast methods of work. The increased sawing time would seem to require longer breaks for occupational health reasons.

The times per work phase can also be converted to working-site times although there is no basic information concerning how winter conditions influence the situation for a single work phase. It is possible, even probable that the effect is different if the work is done in conjunction with other work phases.

Owing to the uncertainty mentioned in the preceding chapter, the working-site times were not presented as relative figures. The results clearly suggest, however, that the relative per-stem times do not in themselves reveal the working-site time relations between winter and summer conditions, but that the difference increases somewhat.

6. RELIABILITY OF THE INVESTIGATION RESULTS

When a sample is not a representative sample of a known population it is impossible to calculate its statistical reliability relative to the total population. On the other hand, even a sample drawn by lot may give a misleading picture of a population if it is heterogeneous and difficult to limit.

The deviation of the results of forest work studies is generally great owing to the wide range of variation of the conditions and the changing nature of the physical and mental input of the worker and the time study man. It might be possible by collecting comprehensive materials on diversified conditions to level the mean work input of a single worker so that it becomes relatively reliable, but it is then difficult to find out the causes of the variation and variation caused by the measured factors may be lost in the fluctuation caused by unknown factors. On the other hand, if several factors are measured (growing stock, terrain and weather changes, and the worker's physical and psychologic input) it may be asked whether a smaller material will not suffice as the cause-and-effect relations can be controlled. However, sufficient variation must be achieved for the independent variables in small materials and there must be enough observations statistically for the variables. In other words, the material illustrates adequately the relative labour input of a single man in the conditions shown by the factors measured if the factor values very sufficiently and the independent variables are significant to statistical tests. This requires that all the factors that essentially influence the relative effect of the other factors in regard to the dependent variable have been measured. All the factors that appear in the final models meet the formal requirement of the 5 per cent risk level.

However, as it is not possible to control all the factors that affect the work, we must seek a minimum size material, and it can then be assumed that the uncontrolled errors have levelled out one another. M a k k o n e n (1954) concluded with considerable reservations that a work phase of one week is reliable in this respect. He also recommends the omission of the first day of work when calculating the results. In the present study that one-week requirement was modified a little as the aim was to diminish the effect of uncontrolled symbols by studying the same loggers in different climatic conditions in the same marked stand. The results for the first day

during the first phase were omitted for logger 1 who had not been studied before. A material of two men does not, of course, represent the total logger population of Finland. Testing the results against another material would have been useful, but this would have doubled the costs. The predictive value of the models was increased by resorting as far as possible to non-correlated independent variables.

7. PRACTICAL APPLICATION OF THE RESULTS

The results show clearly that the relative expenditure of working time in different winter and summer conditions is affected by the worker's personal qualities, the growing stock and the weather conditions. The results are thus largely dependent on the type of workers selected for study. The models that illustrate the working time probably explain with »sufficient reliability» the working of two loggers in winter conditions. Their working skills were assessed as above and below average and it was arbitrarily assumed that the means lie between their results.

Application of the results in practice can be defended on the grounds of a lack of better information for calculating wage bases. A g e r's (1967) study is based on old materials and he did not follow the same men in different conditions. Hence, compared with this study, his results may diverge considerably because of the correct natural deviation between the men. Similarly, in K a h a l a's study the same men were not observed in different winter conditions, and the main emphasis was placed on other factors. The Norwegian study is probably more reliable in this respect (S a m s e t, . . . 1969). In addition, the working method studied now was different from that used in earlier studies, and snow was demonstrated to exert a more pronounced effect on the working method in this study than on the traditional method of limbing along the surface and bucking into fixed dimensions.

The study was concerned only with the preparation of spruce. According to A g e r's (1967) results and the control material employed here, the relative effect of snow is greater in the preparation of pine. The difference is probably caused by the fact that pine has fewer branches and thus does not produce a weight-bearing carpet of branches as readily as spruce; also, because of the smaller sawing work required, the share of moving in the working time increases in limbing. As regards moving and felling, the results can probably be used also for the preparation of saw logs as the material included large-sized trees.

8. SUMMARY

The effect of winter conditions on the preparation of rough-limbed spruce pulpwood of approximate length was analysed. The intention was to construct a mathematical predictive model illustrating the expenditure of working time with a view to determining the relative working times. Selection of a representative sample or testing the model against another population was excluded for financial reasons.

The time studies were conducted in a topographically homogeneous marked stand, however with sufficient variation in the growing stock characteristics (stem size and branchiness), on the same loggers 1 and 2 during a period of under a week at different times of the year. The variation of the climatic and growing stock characteristics was recorded carefully and predictive models were constructed by work phases for the per-stem times. Other times associated with the work, so-called general times and breaks, were also noted for determination of the working-site time.

In order to improve the predictive value of the model, variables as uncorrelated as possible were sought for the multi-regression model, making use of factor analysis for selection of the independent variables in the manner illustrated in Fig. 2. As all the dependences are not linear and the influence of an independent variable on the variable to be explained when different values of another independent variable are used is not always as great in absolute terms as the linear regression model presupposes, transformations $x' = g(x_1, \ldots, x)$ were used to restore the linearity of the dependences. The technique of selective regression analysis was applied in the selection of the transformations and partly also in the selection of other independent variables.

The following per-stem prediction models were examined in greater detail:

		R	S
Y	$= -38.81 + 0.61x_6^2 + 1.21\,x_9 + 50.29\,x_8 + 0.025(x_1 \cdot x_6)^2 + 0.012\,(x_7x_9)$	.928	103.0
Y_2	$= 27.39 + 0.35\,x_6^2 + 0.020\,x_9^2 + 9.28\,x_8^2 + 0.020\,(x_1 \cdot x_6)^2 + 0.54\,(x_7)$	.964	82.2
Y_{11}	$= 3.96 + 1.97x_{10} + 0.12x_9 - 0.34x_{11}$	.722	13.8
Y_{21}	$= -0.45 + 2.41x_{10} + 0.0032x_9^2 - 0.000011\,(x_9, x_{11} \cdot 5)^2$	.834	12.8
Y_{12}	$= -0.22 + 0.14x_6^2 + 0.64x_9 + 1.10\,(x_9 \cdot x_{11}) + 0.0080\,(x_6 \cdot x_7)$	.803	29.1
Y_{22}	$= -1.04 + 0.11x_6^2 + 0.010x_9^2 + 2.20x_{11} + 0.059\,(x_6 \cdot x_7)$	.864	36.4

$Y_{13} = -12.73 + 0.59x_6^2 + 0.015\ (x_1 \cdot x_6)^2 + 0.071\ (x_6 \cdot x_7)$ ..... .909 68.3
$Y_{23} = -14.16 + 0.49x_6^2 + 0.013(x_1 \cdot x_6)^2 + 0.032\ (x_6 \cdot x_7)$ ..... .947 49.2
$Y_{14} = -9.32 + 0.14x_6^2 - 0.43x_9 + 0.0056x_9^2 + 8.88x_8$ ..... .864 20.7
$Y_{24} = -5.45 + 0.14x_6^2 + 0.0018x_9^2 - 1.55x_{11} + 1.33x_8^2$ ..... .941 15.3
$Y_{15} = -6.39 + 0.35x_6^2 + 0.13x_9 - 1.25x_{11} + 0.018\ (x_6x_7)$ ..... .827 37.4
$Y_{25} = 1.49 + 0.19x_6^2 + 1.00x_9 - 10.20x_{11} - 0.0065x_9^2 + 2.40x_8^2$ .895 32.1

in which Y_1 and Y_2 = the per-stem working time (loggers 1 and 2)

Y_{i_1} = moving time
Y_{i_2} = felling time
Y_{i_3} = limbing time
Y_{i_4} = bucking time
Y_{i_5} = storage time
i = No. of the logger
R = total correlation coefficient
S = residual deviation

x_1 = branchiness class
x_6 = breast height diameter, cm
x_7 = impression of the foot in the snow, cm
x_8 = bolts/stem
x_9 = snow depth, cm
x_{11} = snow density, mm/cm

The relative effect of snow on the working time decreased with the growth of stem size in all work phases except moving from tree to tree. Increased branchiness had the same influence on limbing.

Relative per-stem working times (Tables 3—8) were calculated from the equations by means of variables that concurred with the investigation conditions. The working times represent the logging of trees with a utilisable part of about 100 litre and of branchiness class III. As the loggers differed considerably in physical strength and working skill, it was assumed that the values for an »average worker» may be found between the values for logger 1 and logger 2. The hypothesis cannot be substantiated, although an endeavour was made to test it against the results with earlier studies. A control material was collected on logger 2; the working method used for this was limbing along the surface and bucking to fixed dimensions.

The moving times given in Table 3 (p. 30) »dovetail» with those given in the Norwegian (S a m s e t 1969) and Swedish .A g e r 1967) studies. The values for logger 1 were closer to Ager's and those of logger 2 closer to Samset's figures. The control material also concurred roughly with the values for logger 2.

Table 4 (p. 31) gives the felling and butt- and snow-clearing times. The relative effect of snow was considerably greater than in A g e r's study. Shovelling snow took the greatest part of the felling time in winter conditions. The snow-shovelling times of logger 1 concurred roughly with the Norwegian figures. The values of the control material for logger 2 fell between the values for loggers 1 and 2, but were closer to those for logger 1. The snow cover was fairly thick during the study.

The relative working times that illustrate butt-limbing are presented in Table 5 (p. 34). Comparison with A g e r's values that represent limbing along the surface shows that snow affected the working of both the loggers

of this study more than in A g e r's study. As the snow speeded up limbing in the control material for logger 2, it can be assumed that the relative influence of snow on butt-limbing is greater than it is on limbing along the surface. In S a m s e t's study snow had a greater effect than in the present study, but the conclusion presented above is supported by the observation made by the Norwegian authors that snow has a greater influence on semi-limbing than on limbing along the surface.

According to Table 6 (p. 36), the relative effect of snow in bucking by the eye into about 2-m lengths was greater for logger 2 than in A g e r's standard times, but smaller in logger 1. In contrast, the values calculated from the equations presented by the Norwegian authors reveal a higher snow effect than those recorded for either logger. The control material for logger 2 also shows a considerably greater effect of snow.

The relative working times in storage are given in Table 7 (p. 38). The difference between the loggers was probably due to the more rational method of work of logger 2. According to A g e r, snow affects the stacking time relatively less than the figures in the table indicate. On the other hand, snow exerted a stronger effect in the control material than in the present work. The Norwegian authors did not study stacking.

The per-stem working times are presented in Table 8 (p. 39). For both loggers, the relative influence of snow was greater than in A g e r's standard times. The Norwegian results lack storage time and are thus not fully comparable. The difference from A g e r's results has many probable explanations: natural deviation between different loggers, the investigation method and method of work, and differences in the growing stock characteristics. It is demonstrable that the relative effect of snow increases in a working method in which limbing and bucking are speeded up. This reasoning is substantiated by the control material for logger 2 which concurs roughly with A g e r regarding the relative effect of snow.

The distribution of the working-site time in the different investigation periods is given in Appendices 1 (p. 54) and 2 (p. 54). The appendices and tables indicate that the saw maintenance and starting times increase so much in winter conditions that the effect of winter conditions on the working-site times is slightly greater than on the per-stem times.

It appears further from the prediction models that the residual deviation of the working time was greater for logger 1 whose working technique was assessed to be poorer, and that the correlation coefficient of the models was thus smaller than for logger 2. These factors may provide a criterion for the classification of workers' skills.

REFERENCES

Ager, B. H:son 1955. Den snöpackade vägen II. SDA:s meddelande nr 54. Stockholm.

—»— 1956. Packad snö som transportunderlag. SDA:s meddelande nr 57. Stockholm.

—»— 1965. Om snöns egenskaper och snöstabilisering. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Meddelande nr 3. Stockholm.

—»— 1967. Tidformler för huggning baserade på fältstudier 1959—67. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Redoförelse nr 12. Stockholm.

Ahonen, M. 1969. Apteeraus- ja karsintatavan vaikutus mäntysahatukkien tekoon. (Manuscript)

—»— 1970. Lämpötilan vaikutus sahatukkien karsinta-aikaan. (Manuscript)

Aro, P. 1945. Aikatutkimukset metsätöissä. Metsätehon julkaisuja n:o 1. Helsinki.

Bader, G. 1939. Der Schnee und seine Metamorphose. Geotechn. Ser. Hydr. Lief. 3. Bern.

Cooley, W. & Lohnes, P. 1966. Multivariate procedures for the behavioral sciences. New York-London-Sydney.

Draper, N. & Smith, H. 1968. Applied regression analysis. New York-London-Sydney.

Eriksson, R. 1954. Den snöpackade vägen I. Snöns egenskaper, SDA:s meddelande nr 52. Stockholm.

Hakkarainen, A. E. 1956, Hakkuumiesten metsätyöajan käyttö. Metsätehon julkaisu n:o 35. Helsinki.

Hald 1960. Statistical theory with engineering applications. New York.

Harman, H. 1960. Modern Factor Analysis. Chicago.

Harstela, P. 1968. Tutkimus karsintatavoista ja karsinta-ajan kuvaajista mäntysahatukkien teossa. Metsäteknologian laudaturtyö metsätutkintoa varten. (Typescript).

—»— 1969. Eräitä tavanomaisia aikatutkimuksia täydentäviä metsätyöntutkimuksia. (Manuscript)

Hoel, P. 1964. Introduction to mathematical statistics. New York-London.

Kahala, M. 1966. Tutkimus 2—8 m vaihtelevan pituisen ja 2 m kuusipaperipuun hakkuusta. Metsätehon tiedotus 256. Helsinki.

—»— 1968. Hakkuun perustutkimus. Metsäteho. (Mimeographed copy)

Kulokari, H. 1969. ATK havaintomatriisien käsittelyssä. Helsingin yliopiston laskentakeskuksen julkaisuja n:o 1. (Mimeographed copy)

Kurki-Suonio, K. 1968. Perusteltu usko. Teologia ja Kirkko n:o 4.

Kärkkäinen, M. 1969. Metsän vaurioituminen kesäaikaisessa puunkorjuussa. Acta Forestalia Fennica 100. Helsinki.

—»— 1969. Puuston vaurioituminen kesäaikaisessa puun korjuussa (Manuscript).

Leikola, M. 1969. The influence of environmental factors on the diameter growth of forest trees. Acta Forestalia Fennica 92.

Levanto, S. 1965. Tutkimuksia moottorisahakarsinnasta. Työtehoseuran julkaisuja n:o 109. Helsinki.

Markkanen, T. 1964. Väkijuomien käyttöä kuvaavien muuttujien yhdistely. Alkoholipoliittisen tutkimuslaitoksen tutkimusseloste. Helsinki.

Makkonen, O. 1949. Hakkuutöiden aikatutkimustulosten soveltaminen käytäntöön. Metsätehon julkaisu n:o 25. Helsinki.

—»— 1954. Metsätöiden vertailevan aikatutkimuksen periaate. Metsätehon julkaisu n:o 32.

Mattila, S. 1968. Tilastotiede II. Kauppakorkeakoulu. Helsinki.

Mustonen, S. 1969. Monimuuttujamenetelmät. Luentosarja Helsingin seudun kesäyliopistossa.

Mäkelä, J. 1968. Puunkorjuun tuottavuuteen vaikuttavat tekijät maatilametsätaloudessa. Työtehoseuran julkaisuja n:o 124. Helsinki.

Niitamo, O. 1961. Moniyhtälömallien estimoinnista. Kansantaloudellinen aikakauskirja 57.

Pauling, L. 1952. Allmän kemi, Uppsala.

Putkisto, K. 1957. Lumi tienrakennusmateriaalina. Metsätehon tiedotus 136.

Riihinen, O. 1965. Teollistuvan yhteiskunnan alueellinen erilaistuneisuus. Helsinki.

Samset, I. & Strømnes, R. & Vik, T. 1970. Hogstundersøkelser i norsk gran- og furuskog. Meddelelser fra det norske skogforsøksvesen. Vollebekk.

Savolainen, R. 1968. Puunkorjuumenetelmät ja korjuutekniset olosuhteet hankintavuonna 1966/67. Metsätehon tiedotus 271.

Tidenberg, V. 1965. Tutkimuksia moottorisahan käytöstä puutavaran valmistuksessa sekä sen soveltamisesta karsintatyöhön. Metsäteknologian laudaturtyö metsätutkintoa varten. (Typescript).

Torvela, M. 1966. Tuotantopanosten käytöstä ja käytön edullisuudesta maataloudessa Etelä-Suomen alueen kirjanpitoviljelmillä. Maatalouden taloudellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 8.

Vahervuo, T. & Ahmavaara, Y. 1958. Johdatus faktorianalyysiin. Porvoo-Helsinki.

Valtion tietokonekeskus (State Computer Centre). Tilastotieteen sovellutuksia II. Lecture series.

Veilahti, J. 1969. Matematiikan peruskurssi yhteiskuntatieteilijöille. Ylioppilastuki ry.

Williams, E. J. 1959. Regression analysis. New York-London.

Väliaho, H. 1969. A synthetic approach to stepwise regression analysis. Commentationes Physico-Mathematicae 34.12.

Ylinen, M. 1969. Tilastollisen testin perustelu. Lyhennelmä jatkoseminaarialustuksesta. (Mimeographed copy).

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksessa on selvitelty talviolosuhteiden vaikutusta tynkäkarsitun ja likipituisen kuusipaperipuun teossa. Tarkoituksena on ollut laatia työajan menekkiä kuvaava matemaattinen ennustemalli suhteellisten työaikojen määrittämiseksi. Edustavaan näytteeseen tai mallin kokeilemiseen toisessa populaatiossa ei ollut taloudellisia mahdollisuuksia.

Aikatutkimukset suoritettiin maastoltaan homogeenisessa leimikossa, jossa kuitenkin esiintyi riittävää puustotunnusten (rungon koko ja oksaisuus) vaihtelua, kuutena, vajaan viikon jaksona eri aikoina vuotta samoista tekomiehistä 1 ja 2. Ilmasto- ja puustotunnusten vaihtelu rekisteröitiin tarkasti ja runkokohtaisista ajoista laadittiin työvaiheittain ennustemallit. Muut työhön liittyvät ajat ns. yleiset ajat ja keskeytykset merkittiin myös työmaa-ajan määrittämiseksi.

Mallin ennustearvon parantamiseksi pyrittiin mahdollisimman korreloimattomiin muuttujiin multi-regressiomallissa käyttäen apuna selittävien muuttujien valinnassa faktorianalyysiä kuvion 2 osoittamalla tavalla. Koska kaikki riippuvuudet eivät ole lineaarisia ja yhden selittäjän eri arvoilla toisen selittäjän vaikutus selitettävään ei aina ole absoluuttisesti ilmaistuna yhtä suuri, kuten lineaarinen regressiomalli edellyttää, käytettiin transformaatioita: $x_i' = g(x_1, \ldots, x_h)$, riippuvuuksien palauttamiseksi lineaarisiksi. Transformaatioiden ja osittain muiden selittäjien valinnassa sovellettiin valikoivan regressioanalyysin tekniikkaa.

Runkokohtaisista ennustemalleista on lähemmin tarkasteltu seuraavia:

	R	S
$Y_1 = -38.81 + 0.61x_6^2 + 1.21\,x_9 + 50.29\,x_8 + 0.025(x_1 \cdot x_6)^2 + 0.012\,(x_7x_9)$	.928	103.0
$Y_2 = 27.39 + 0.35\,x_6^2 + 0.020\,x_9^2 + 9.28\,x_8^2 + 0.020\,(x_1 \cdot x_6)^2 + 0.54\,(x_7)$	.964	82.2
$Y_{11} = 3.96 + 1.97x_{10} + 0.12x_9 - 0.34x_{11}$	.722	13.8
$Y_{21} = -0.45 + 2.41x_{10} + 0.0032x_9^2 - 0.000011\,(x_9 \cdot x_{11} \cdot 5)^2$	.834	12.8
$Y_{12} = -0.22 + 0.14x_6^2 + 0.64x_9 + 1.10\,(x_9 \cdot x_{11}) + 0.0080\,(x_6 \cdot x_7)$	.803	29.1
$Y_{22} = -1.04 + 0.11x_6^2 + 0.010x_9^2 + 2.20x_{11} + 0.059\,(x_6 \cdot x_7)$	.864	36.4
$Y_{13} = -12.73 + 0.59x_6^2 + 0.015\,(x_1 \cdot x_6)^2 + 0.071\,(x_6 \cdot x_7)$	.909	68.3
$Y_{23} = -14.16 + 0.49x_6^2 + 0.013(x_1 \cdot x_6)^2 + 0.032\,(x_6 \cdot x_7)$	.947	49.2
$Y_{14} = -9.32 + 0.14x_6^2 - 0.43x_9 + 0.0056x_9^2 + 8.88x_8$	.864	20.7
$Y_{24} = -5.45 + 0.14x_6^2 + 0.0018x_9^2 - 1.55x_{11} + 1.33x_8^2$	.941	15.3
$Y_{15} = -6.39 + 0.35x_6^2 + 0.13x_9 - 1.25x_{11} + 0.018\,(x_6x_7)$	.827	37.4
$Y_{25} = 1.49 + 0.19x_6^2 + 1.00x_9 - 10.20x_{11} - 0.0065x_9^2 + 2.40x_8^2$	.895	32.1

joissa Y_1 ja Y_2 = runkokohtainen työaika (työntekijät 1 ja 2)

Y_{i_1} = siirtymisaika
Y_{i_2} = kaatoaika
Y_{i_3} = karsinta-aika
Y_{i_4} = katkonta-aika
Y_{i_5} = varastointi-aika
i = työntekijän n:o
R = kokonaiskorrelaatiokerroin
S = jäännöshajonta

x_1 = oksaisuusluokka
x_6 = rinnankorkeusläpimitta, cm
x_7 = jalan painuma lumeen, cm
x_8 = pölkkyjä/runko
x_9 = lumen syvyys, cm
x_{11} = lumen tiheys, mm/cm

Kaikissa työvaiheissa siirtymistä lukuunottamatta lumen suhteellinen vaikutus työaikaan pienenee rungon koon kasvaessa. Sama vaikutus on karsinnassa oksaisuuden lisääntymisellä.

Yhtälöistä on tutkimusolosuhteita vastaavilla muuttuja-arvoilla laskettu suhteellisia runkokohtaisia työaikoja, jotka on esitetty taulukoissa 3—8. Työajat vastaavat käyttöosaltaan n. 100 litran ja oksaisuudeltaan III luokkaan kuuluvien puiden tekoa. Koska tekomiehet olivat ruumiin voimiltaan ja työtaidoiltaan varsin erilaisia, on oletettu, että »keskiarvotyöntekijän» arvot on löydettävissä tekomiesten 1 ja 2 arvojen välistä. Oletusta ei voi todistaa, joskin sitä on pyritty testaamaan vertaamalla tuloksia aikaisempiin tutkimuksiin. Tekomiehestä 2 on aikaisemmin kerätty vertailuaineisto, jossa työmenetelmänä on pinnanmyötäinen karsinta ja määrämittoihin katkonta.

Taulukossa 3 (s. 30) esitetyt siirtymisajat »haarukoivat» norjalaisen (S a m s e t 1969) ja ruotsalaisen (A g e r 1967) tutkimuksen siten että tekomiehen 1 arvot ovat lähempänä Agerin ja tekomiehen 2 Samsetin esittämiä lukuja. Myös vertailuaineisto vastaa suunnilleen tekomies 2 arvoja.

Taulukossa 4 (s. 31) on esitetty kaato-, tyven ja lumen raivausajat. Niiden mukaan lumen suhteellinen vaikutus on ollut huomattavasti voimakkaampaa kuin A g e r i n selvittelyn mukaan. Talviolosuhteissa lumen luonti on vienyt suurimman osan kaatoajasta. Tekomiehen 1 lumen luontiajat vastaavat suunnilleen norjalaisia lukuja. Tekomiehestä 2 oleva vertailuaineiston arvot sijoittuvat tekomiesten 1 ja 2 arvojen väliin, mutta ovat lähempänä tekomiestä 1. Mainittakoon että hanki tutkimuksen aikana oli verraten tiivistä.

Tynkäkarsintaa kuvaavat suhteelliset työajat on esitetty taulukossa 5 (s. 34). Verrattaessa A g e r i n pinnanmyötäistä karsintaa kuvaaviin lukuihin havaitaan molempien tekomiesten työhön lumen vaikuttaneen voimakkaammin kuin A g e r i n luvut osoittavat. Kun tekomiehestä 2 kerätyssä vertailuaineistossa lumi on nopeuttanut karsintaa, voidaan olettaa että tynkäkarsinassa lumen suhteellinen vaikutus on suurempi kuin pinnanmyötäisessä. S a m s e t i n tutkimuksessa lumi on vaikuttanut voimakkaammin kuin tässä tutkimuksessa, mutta edellä esitettyä päätelmää tukee se, että puolikarsinnassa norjalaisten mukaan lumen vaikutus on suurempi kuin pinnanmyötäisessä.

Silmävaraisessa katkonnassa noin 2 metriseksi on taulukon 6 (s. 36) mukaan lumen suhteellinen vaikutus tekomiehellä 2 voimakkaampaa kuin Agerin standardiajat osoittavat, mutta tekomiehellä 1 vähäisempää. Sen sijaan norjalaisten esittämistä yhtälöistä lasketut arvot osoittavat suurempaa lumen vaikutusta kuin kummallakaan tekomiehellä. Myös vertailuaineisto tekomiehestä 2 osoittaa huomattavasti voimakkaampaa lumen vaikutusta.

Varastoinnin suhteelliset työajat on esitetty taulukossa 7 (s. 38). Ero työmiesten välillä johtunee siitä, että tekomies 2 omasi rationaalisemman työtavan. Agerin mukaan lumi vaikuttaa kasausaikaan suhteellisesti vähemmän kuin asetelman luvut edellyttävät. Sen sijaan vertailuaineistossa lumi on vaikuttanut voimakkaammin kuin tässä tutkimuksessa. Norjalaiset eivät ole tutkineet kasausta.

Runkokohtaiset työajat käyvät ilmi taulukosta 8 (s. 39). Vertailu A g e r i n standardiaikoihin osoittaa voimakkaampaa lumen suhteellista vaikutusta molemmilla tekomiehillä. Norjalaisten tuloksista puuttuu varastointiaika, joten ne eivät ole täysin vertailukelpoisia. Ero A g e r i n tuloksiin johtunee monestakin syystä. Mm. luonnollinen hajonta eri tekomiesten välillä, tutkimusmenetelmä ja työmenetelmä sekä puustotunnusten erot lienevät eroa aiheuttamassa. On osoitettavissa, että työmenetelmässä, jossa karsinta ja katkonta nopeutunut, lumen suhteellinen vaikutus lisääntyy. Tätä päättelyä tukee vertailuaineisto tekomiehestä 2, jonka mukaan lumen suhteellinen vaikutus vastaa suunnilleen A g e r i n esittämiä lukuja.

Työmaa-ajan jakaantuminen eri tutkimusajankohtina on esitetty liitteissä 1 (s. 54) ja 2 (s. 54). Liitteiden ja taulukoiden perusteella näyttävät sahan huolto- ja käynnistysajat lisääntyvän talviolosuhteissa siinä määrin, että työmaa-ajoissa talviolosuhteiden vaikutus on hieman suurempi kuin runkokohtaisissa.

Ennustemalleista on vielä havaittavissa, että työntekijällä 1, jonka työtekniikka arvioitiin heikommaksi, on työajan suhteellinen jäännöshajonta ollut suurempi ja siten mallien korrelaatiokerroin pienempi kuin tekomiehellä 2. Mainitut tunnukset saattavat tarjota kriteerin työmiesten taidon luokittelussa.

Appendix 1. Distribution of working-site time between per-stem, general and interruption times for logger 1.

Liite 1. Työmaa-ajan jakaantuminen runkokohtaisiin, yleisiin ja keskeytysaikoihin työntekijällä 1.

	Work phase *Työvaihe*	Time — *Ajankohta*											
		26— 29. 11.		16— 18. 1.		10— 11. 2.		17— 19. 3.		29. 4— 1. 5.		12— 14. 6.	
		c	%	c	%	c	%	c	%	c	%	c	%
	Per-stem time — *Runkokohtainen aika*	261		358	84	428	89	411	84	486	91	342	85
General times *Yleiset ajat*	Preparation of storage — *Varastoinnin valm.*	6		5.5	1	5	1	4	1	5.5	1	2.5	0.5
	Planning — *Suunnittelu*	1		5.5	1	5	1	3.3	1	1.5	0.5	2	0.5
	Clearing — *Raivaus*	0.5		12	3	4	1	3	0.5	2	0.5	1.5	0.5
	Starting the saw — *Sahan käynnistys*	7		11	3	7.5	1.5	8	1.5	6	1	3.5	1
	Maintenance of the saw — *Sahan huolto*	5		16	4	13	2.5	30.5	6	4	0.5	7	2
	Refuelling — *Polttoaineen täyd.*	6		3	1	8.5	2	8	1.5	8	1.5	21	5
	Other jobs — *Muut*	0.5		14	3	·	·	3	1.5	·		6.5	1.5
	Total — *Yhteensä*			67	16	43	9	60	13	27	5	44	11
Interruptions *Keskeytykset*	Rest — *Lepo*	28		2	·	8	2	16	3	21	4	15	4
	Lost time — *Hukka-aika*	△		·	△	·	·	·	·	1	△	·	·
	Other — *Muut*	6		·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
	Total — *Yhteensä*		34	2	△	8	2	16	3	22	4	15	4
	TOTAL — *YHTEENSÄ*	100		100		100		100		100		100	

c = cmin/tree, % = per cent of working-site time — *cmin/puu, % = prosenttia työmaa-ajasta*

Appendix 2. Distribution of working-site time between per-stem, general and interruption times for logger 2.

Liite 2. Työmaa-ajan jakaantuminen runkokohtaisiin, yleisiin ja keskeytysaikoihin työntekijällä 2.

	Work phase *Työvaihe*	Time — *Ajankohta*									
		26— 29. 11.		16— 18. 1.		17— 19. 3.		29. 4— 1. 5.		12— 14. 6.	
		c	%	c	%	c	%	c	%	c	%
	Per-stem time — *Runkokoht. aika*	243	50.5	438	59.5	538	60.5	338	76	288	63
General times *Yleiset ajat*	Preparation of storage — *Varastoinnin valm.*	7	1.5	18.5	2.5	11.5	1.5	8.5	△	3	0.5
	Planning — *Suunnittelu*	9	2	18.5	2.5	31	3.5	0	1.5	·	·
	Clearing — *Raivaus*	3	0.5	10	1.5	9	1	3	0.5	0.5	△
	Starting the saw — *Sahan käynn.*	1	△	1	△	7	1	2	0.5	2	0.5
	Maintenance of the saw — *Sahan huolto*	36	7.5	81	11	54	6	43	9.5	34.5	7.5
	Refuelling — *Polttoaineen täyd.*	11	2.5	13	1.5	24	2	10.5	2.5	7.5	1.5
	Other jobs — *Muut*	·	·	3	0.5	·	·	7	1.5	·	·
	Total — *Yhteensä*	67	14.5	144	19.5	136.5	15.0	74	16	47.5	10
Interruptions *Keskeytykset*	Rest — *Lepo*	158	33	125	17	117	13	16.5	3.5	116.5	26
	Lost time — *Hukka-aika*	4	1	15	2	13	1.5	4	1	0.5	1
	Other — *Muut*	8	1.5	14.0	2	83	9.5	14.5	3.5		
	Total — *Yhteensä*	170	35.5	151	21	213	24	35	8	117	27
	TOTAL — *YHTEENSÄ*	100		100		100		100		100	

c = cmin/tree, % = per cent of working-site time — *cmin/puu, % = prosenttia työmaa-ajasta*

BASIC DENSITY, BARK PERCENTAGE AND DRY MATTER CONTENT OF GREY ALDER *(ALNUS INCANA)*

PENTTI HAKKILA

HARMAALEPÄN PUUAINEEN TIHEYS, KUORIPROSENTTI JA KUIVA-AINESISÄLTÖ

HELSINKI 1970

Helsinki 1970. Valtion painatuskeskus

PREFACE

Studies on the technical properties of wood have in Finland been confined to the principal tree species: Scots pine, Norway spruce and birch. Now that artificial regeneration is more widespread, the knowledge of the value of the nowadays rarer tree species as raw material for the pulp and paper industry should be more accurate than it has been to date. The Department of Forest Technology, Finnish Forest Research Institute, has therefore embarked upon a survey of the basic characteristics of the less important domestic tree species and the exotics that thrive in Finnish conditions. The present study is the first of a series to be completed.

The material was collected by Mr. Jouni Ylinen who also made a brief preliminary study and Mr. Markku Heinonen; the laboratory work was performed by Mrs. Irma Saarilahti, and the typing by Mrs. Aune Rytkönen. The stereoscan electronmicroscope picture 3 was made by the Finnish Pulp and Paper Research Institute. The statistical treatment of the material was done at the Finnish State Computer Center. The manuscript was read by Professor, Dr. Veijo Heiskanen and Dr. Veikko Koski.

Alder stands were made available for the study by Oy Kaukas Ab whose initiative contributed to the institution of the study, Tehdaspuu Oy, the National Board of Forestry and private forest owners. Associate Professor, Dr. Bror-Anton Granvik gave valuable assistance in the search for experimental plots.

The Finnish manuscript was translated into English by Miss Päivikki Ojansuu and checked by Mr. L. A. Keyworth.

I thank the above-mentioned and all other persons who participated in the study.

Helsinki, June 1970

Pentti Hakkila

CONTENTS

Page

1. Introduction 7

2. Material and methods 13

3. Results 15

31. Basic density 15
311. Variation of density within the stem 15
312. Variation of density between stems 17
313. Variation of density between stands 18

32. Bark percentage by weight 19
321. Variation of bark percentage within the stem 19
322. Variation of bark percentage between stems 20
323. Variation of bark percentage between stands 22

33. Dry matter content of grey alder stem 22

4. Discussion 25

5. Summary 27

Literature 30

Lyhennelmä 32

1. INTRODUCTION

Grey alder spread throughout the southern part of Finland during the period of cultivation by burning over. Alder has, however, had to give way to other tree species in silvicultural cuttings and alder-dominated forests are therefore again on the decrease.

The strongest concentration of grey alder is in the east where cultivation by burning over has been pursued most recently. From 2 to 3 per cent of the growing stock in Savo still consists of alder, but less than 1 per cent in South-west Finland (Fig. 1). The share of alder in the growing stock in the forests of North Finland is negligible. According to the Third National Forest Inventory, there was 14 million unbarked solid cu.m. of alder in Finland's forests, most of it grey alder (*Alnus incana*) and only a fraction black alder (*Alnus glutinosa*) (Ilvessalo 1956) [1]).

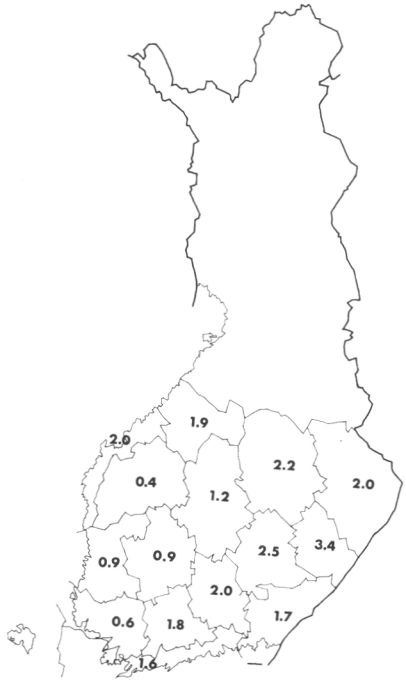


Figure 1. The proportion of grey alder in the growing stock in different forestry board districts in South Finland (Kuusela 1967, Kuusela and Salovaara 1968 and 1969).
Kuva 1. Harmaalepän osuus puuston kuutiomäärästä Etelä-Suomen piirimetsälautakunnissa (Kuusela 1967, Kuusela ja Salovaara 1968 ja 1968).

[1]) The figures given for the results of the national forest inventories contain both grey and black alder. In other connections alder refers in this publication solely to grey alder.

A common characteristic of alder stands is their young age (I l v e s s a l o 1962). This is due not only to the biology of the tree species but also to the logging practice applied to it.

Age, years *Ikä, vuotta*	Proportion of alder stands, % *Osuus lepikoista, %*
—10	4.0
11—20	23.8
21—30	37.3
31—40	26.2
41—60	8.7
Total — *Yhteensä*	100.0

As the alder stands are young, are situated mostly on the best forest soils and concentrated in South Finland their share in the annual growth is higher than their proportion in the growing stock. In consequence of the silvicultural principles applied, however, the share of alder in the growth of the southern growing stock has decreased somewhat (I l v e s s a l o 1956).

Alder stands are situated largely in the vicinity of settled areas, on the edge of fields and on pastures. They are untended, have openings and are ragged. The growing stock is often shrubby and of small size (I l v e s s a l o 1927) which reduces its value essentially.

Dbh, cm $D_{1.3}$, *cm*	Growing stock *Kokonaiskuutio* %	Growth *Kasvu*
—10	65.6	74.3
10—20	26.3	21.4
20—30	8.1	4.3
Total — *Yhteensä*	100.0	100.0

The growing stock of present-day alder stands is so unsatisfactory that no less than 92.4 per cent of them were classified in the Fourth National Forest Inventory as unproductive forests to be regenerated while the corresponding ratio for all tree species was only 11.6 per cent (I l v e s s a l o 1962). However, this does not necessarily mean that alder lacks capacity for growth in Finnish conditions. The fact is that alder stands have not been managed with the same care as the stands dominated by our principal tree species.

Alder grows quickly, especially when young. The following figures show the development of the growing stock of natural alder stands, excluding bark (M i e t t i n e n 1932).

Site type *Metsätyyppi*	Age, years — *Ikä, vuotta* 10	20	30	40
	Cu. m/ha excl.bark *K-m³/ha, kuoretta*			
Oxalis-type — OT	52	116	173	221
Oxalis-Myrtillus type — OMT	44	99	149	195

The growth of alder at a young age is much better than that of pine, spruce and birch, but it begins to slow down within 25—30 years. To avoid decay, the rotation age should in fact be 40 years at the most, that is, only a half of the rotation age of our principal tree species. If this is done the cubic growth of the alder is about equal to that of the other species (Table 1), but does not offer as such an essential advantage over them.

Table 1. Average annual growth of grey alder (cu. m/ha, excluding bark), compared with the growth of Scots pine, Norway spruce, common birch and white birch, in South Finland on *Oxalis-Myrtillus* site type.

Taulukko 1. Harmaalepän keskimääräinen vuotuinen kasvu (k-m³/ha, kuoretta) verrattuna männyn, kuusen, rauduskoivun ja hieskoivun kasvuun Etelä-Suomessa OMT:llä.

Species *Puulaji*	Treatment *Käsittely*	Age, years — *Ikä, vuotta*				
		20	30	40	60	80
		Average annual growth, cu. m/ha *Keskimääräinen kasvu, k-m³/ha/v*				
Scots pine [1]) — *Mänty*	Naturally normal — *Täystiheä, luonnon*	3.4	5.1	6.1	6.8	7.0
Norway spruce [1]) — *Kuusi*	Naturally normal — *Täystiheä, luonnon*	1.5	2.7	3.8	5.1	5.5
Norway spruce [2]) — *Kuusi*	Treated with thinnings — *Toistuvasti harvennettu*	0.9	3.3	5.1	7.2	7.7
Birch [1]) — *Koivu*	Naturally normal — *Täystiheä, luonnon*	1.9	3.2	4.2	4.9	4.7
Common birch [3]) — *Rauduskoivu* .	Treated with thinnings — *Toistuvasti harvennettu*	4.2	5.8	6.4	6.5	6.1
White birch [3]) — *Hieskoivu*	Treated with thinnings — *Toistuvasti harvennettu*	2.7	3.9	4.4	4.8	..
Grey alder [4]) — *Harmaaleppä*	Natural — *Luonnon*	5.8	6.2	6.3	..	..

On the other hand, the short rotation age is a noteworthy advantage and it might provide a solution to, e.g., some special problems of small farm forests. Coppice forestry might permit clear cutting operations at relatively short intervals and low regeneration costs.

Another special attribute of alder is its soil-improving effect. Alder takes atmospheric nitrogen through *Actinomyces alni* (*Actinomycetes*) which lives in symbiosis in its root nodules. The nitrogen content of its green leaves is thus high and it is even more important that abundant nitrogen remains in alder leaves even after they have turned yellow (Viro 1955). Alder thus increases the amount of nitrogen in the soil.

[1]) Ilvessalo 1920, [2]) Vuokila 1956, [3]) Koivisto 1959, [4]) Miettinen 1932.

	Green leaves *Vihreät lehdet*	Yellow leaves *Keltaiset lehdet*
	Nitrogen, % of dry matter *Typpeä, % kuiva-aineesta*	
Scots pine — *Mänty*	1.6	0.4
Norway spruce — *Kuusi*	1.2	0.7
Birch — *Koivu*	2.3	1.0
Aspen — *Haapa*	2.6	0.7
Grey alder — *Harmaaleppä*	3.4	2.6

Thanks to its high nitrogen content the litter of the alder improves the growth of other species (cf. Mikola 1958). Moreover, considerable quantities of nitrogen move directly from the roots of alder to the soil (Virtanen 1957).

Alder is also important for the life of game (cf. Usvaara 1963) and therefore its cultivation on a limited scale must not be lightly abandoned. Interest in its cultivation has in fact begun to grow recently. To mention an example, the Foundation for Forest Tree Breeding has added the breeding of alder to its programme.

The profitability of growing alder depends in the last instance, however, on its suitability as industrial raw material. The wood of alder is homogeneous and easy to work, making it eminently suitable for the production of various useful objects and for many special purposes, though its main use should be found in the pulp, paper and board industries because of its poor stem form and small diameter.

The wood properties of grey alder have been studied but little. The following analysis deals with its chemical composition (Routala and Sihtola 1934) and results fairly consistent with those reported here have been arrived at by the Finnish Pulp and Paper Research Institute (Lönnberg, Nikki and Makkonen 1968).

Component — *Aineosa*	%
Cellulose and hexosans — *Selluloosa ja heksosanit*	47.9
Pentosans — *Pentosanit*	22.0
Lignin — *Ligniini*	25.0
Water extractives — *Vesiuutteet*	2.6
Alcoholbentsol extractives — *Alkoholibentsoliuutteet*	1.6
Ether extractives — *Eetteriuutteet*	0.4
Ash — *Tuhka*	0.5
Total — *Yhteensä*	100.0

Grey alder is short-fibred compared with other Finnish tree species. The following measurements were obtained for trees aged 25—35 years (Bruun and Slungaard 1957 and 1959).

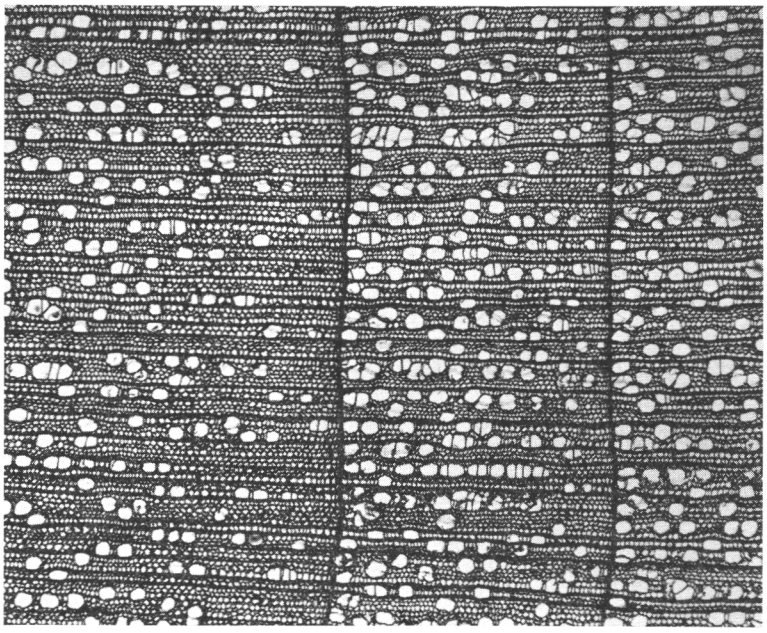


Figure 2. A cross section of grey alder wood.
Kuva 2. Harmaaleppäpuun poikkileikkaus.

Species — *Puulaji*	Tracheids *Trakeidit*	Libriform cells *Libriform-solut*	Vessel segments *Putkisolut*
	Length, mm — *Pituus, mm*		
Scots pine — *Mänty*	2.82	—	—
Norway spruce — Kuusi	2.78	—	—
Common birch — *Rauduskoivu*	—	1.07	0.73
White birch — *Hieskoivu*	—	1.21	0.82
Aspen — *Haapa*	—	0.93	0.65
Black alder — *Tervaleppä*	—	0.89	0.66
Grey alder — *Harmaaleppä*	—	0.83	0.66

Back in the 1930s, Routala and Sihtola (1934) showed that the alder is suitable for both sulphate and sulphite pulping. The yield of alder sulphate pulps is lower than that of birch pulps (Bruun, Ahlskog and Pettersson 1958, Vethe, Loråas and Løschbrandt 1962). According to Alestalo and Hentola (1967), the yield in sulphite pulping is 3 per cent units lower with alder. However, compared with birch, alder pulps have a short beating time and good tension and bursting strength, though a poorer tearing strength. The differences in the tension and bursting strengths disappear in bleaching, but the opacity of alder pulps is better and lightness more lasting after bleaching.

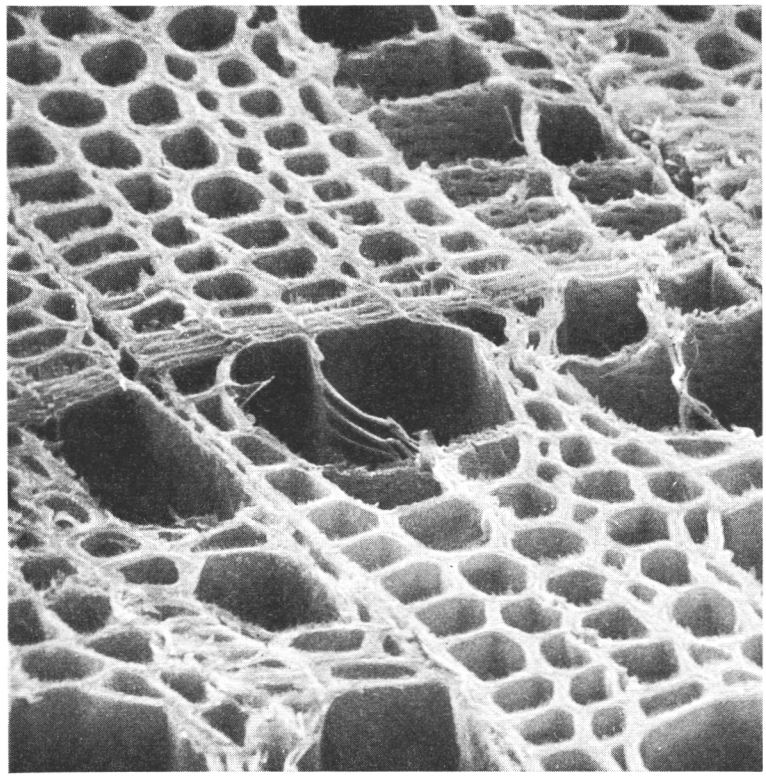


Figure. 3. A stereoscan electronmicrograph of grey alder wood (600×) (Finnish Pulp and Paper Research Institute).
Kuva 3. Stereoscan-elektronimikroskooppikuva harmaaleppäpuusta, suurennus 600-kertainen (Oy Keskuslaboratorio)

In strength properties alder sulphate pulps correspond to birch pulps, and a 10 per cent addition of alder even improves the strength of birch pulp. The lightness of birch is better in unbleached pulps, but alder sulphate pulps are easier to bleach and their lightness is more durable (Lönnberg, Nikki and Makkonen 1968).

Alder is especially suitable for the production of boards, particularly as debarking is not necessary in the board industry. The alder is fully equal to pine, spruce and birch as raw material for hardboard (Siimes and Liiri 1959). Particle boards made of alder have good strength properties and a smooth surface (Liiri 1960).

The cubic growth of grey alder is relatively high, it can be grown within a short rotation time, it offers certain biologic advantages and is suitable for the manufacture of pulp and boards. The profitability of the cultivation of the different tree species will, however, depend in the future increasingly

on dry matter production and not so much on volume yield (S t o c k m a n n 1970). Consequently, the dry matter content of the grey alder should be known when its cultivation is in question. As this important factor has not been analysed so far, it was added in 1969 to the programme of the Finnish Forest Research Institute. The aim of the study was to elucidate the following points:

— Basic density of grey alder
— Bark percentage of grey alder on the dry weight basis
— Dry matter content of a grey alder stem

2. MATERIAL AND METHODS

The grey alder stands for the material had to be healthy and uniform in their growing stock. It proved to be surprisingly difficult to find such stands — as M i e t t i n e n (1932) noted in this study on the growth of the grey alder. However, with the help of the local forest experts 32 satisfactory stands were found. One-half of them were in company-owned forests and most of the rest in farm forests, a few in State forests. Nine of the stands were in Häme, 13 in South Karelia, 4 in North Karelia and 6 in the area of the Vaasa forestry board district.

Similarly to grey alder in general, the sample trees of this material grew on fertile soils. One-third of the stands were on soil of *Myrtillus* site type and almost two-thirds on *Oxalis-Myrtillus* site type. There was also one stand that had grown on former field soil.

Fifteen trees were cut from a sample plot in each stand. The material thus comprised 480 trees. Owing to the composition and low age of the stands the mean size of the sample trees was small, e.g., average breast height diameter above bark was 7 cm (Fig. 4). As already mentioned, two-

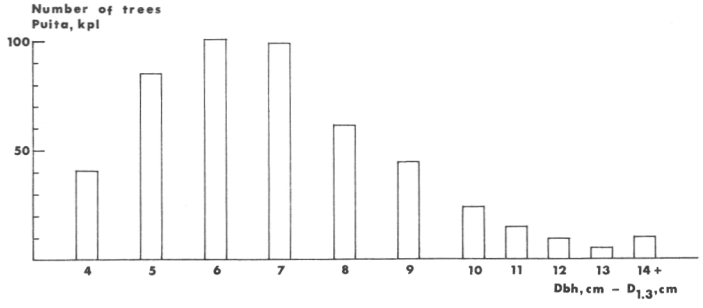


Figure 4. The breast height diameter distribution of the sample trees (in centimetres above the bark).
Kuva 4. Koepuitten rinnankorkeusläpimittajakautuma (senttimetreinä kuoren päällä).

thirds of the growing stock of the grey alder consists of trees under 10 cm at breast height. As only healthy, single-stem trees were accepted there were no decayed and over-aged stems in the material.

The mean age of the sample trees was 23 years. According to M i e t t i n e n (1932), the average height of alder on *Oxalis-Myrtillus* site type at this age is 8.7 m, average breast height diameter 6.1 cm and the diameter of dominant trees 11.9 cm. The means for this material agree with these figures (Table 2).

Table 2. Average measurements of the sample trees.
Taulukko 2. Koepuitten keskimääräisiä mittoja.

Characteristic — *Tunnus*	$\bar{x}$	s
Dbh, cm — $D_{1.3}$, *cm*	7.1	2.3
Height, m — *Pituus, m*	8.9	1.9
Volume, liters — *Tilavuus, l*	22.7	20.2
Living crown, % — *Elävä latvus, %*	49.8	19.4
Age, years — *Ikä, v.*	22.8	7.5
Height/Dbh, m/cm — *Pituus/*$D_{1.3}$, *m/cm*	1.3	0.3
Height/Age, dm/year — *Pituus/ikä, dm/v.*	4.2	1.3

From the sample trees 5 cm thick discs were cut, beginning from the butt cross-section and moving to the top at intervals of 1 metre. Depending on the tree height, the number of discs was 5 to 14 per stem (Fig. 5). Diameter excluding bark, basic density and bark percentage on the dry weight basis at different stem heights were determined from the discs in the laboratory.

The average basic density and bark percentage of the stem were calculated as means weighted with the surface area of the discs. Owing to the sampling procedure, however, the butt disc represented only a half-metre

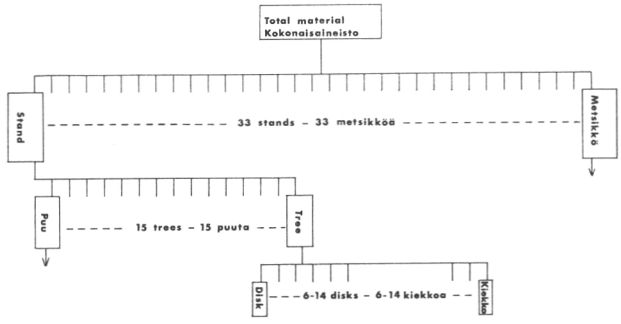


Figure 5. The material of the investigation
Kuva 5. Tutkimusaineisto.

long part of the stem versus the metre part for the other discs. This was taken into consideration when the mean for the stem was calculated.

Basic density of wood shows here the dry matter content of a unit volume of green, barked timber in kilograms per solid cubic metre. The green volume of the discs was measured by immersion in a water tank on a Mettler scale; the weight, i.e., volume of the water displaced by the disc was read from the scale.

Bark percentage by weight shows the dry weight of bark in per cent of the total dry weight of bark and wood. By using the basic density of wood it was possible to calculate also the amount of bark in kilograms per stem and cubic metre.

Most of the statistical calculations were performed at the Finnish State Computer Centre using programmes of stepwise, selective regression analysis and analysis of variance.

3. RESULTS

31. Basic density

311. Variation of density within the stem

Variation of basic density within the stem is divided into two components: radial and longitudinal variation. Here, only the latter which has a more important direct role in practice was taken into consideration. However, it can be concluded indirectly by analysing the effect of the age and size of the tree that there is fairly little variation in the wood density of the alder in the radial direction.

Regularity can be detected in the longitudinal variation of the basic density of the alder stem. The following correlation coefficients illustrate the correlation between average density at a certain height and the height of the tree and the sampling height. The figures are not valid for an individual sample.

Independent variable *Selittävä muuttuja*	R	$S_{y.x}$
$x_1 \cdot x_2$	.7496	5.8
$x_1 \cdot x_2 + \log(x_1/x_2)$	.7786	5.5
$x_1 \cdot x_2 + \log(x_1/x_2) + {x_2}^2$	.8110	5.1
$x_1 \cdot x_2 + \log(x_1/x_2) + {x_2}^2 + {x_1}^2$	.8583	4.5
$x_1 \cdot x_2 + \log(x_1/x_2) + {x_2}^2 + {x_1}^2 + 1/x_2$	.8991	3.8

x_1 = Sampling height — *Näytteenottokorkeus*
x_2 = Height of the tree — *Puun pituus*

The density of alder declines first from butt to top, but begins to rise again at a height of perhaps already 1 metre from ground level (cf. J a l a v a 1952). Density decreases again slightly in the topmost crown (Fig. 6).

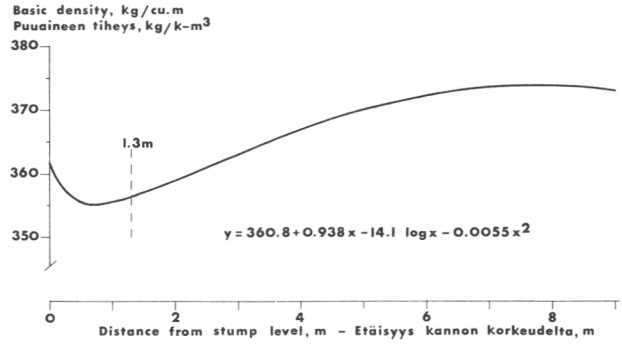


Figure 6. Variation of basic density in the longitudinal direction of 10 meter- high grey alder stem.
Kuva 6. Puuaineen tiheyden vaihtelu 10-metrisen harmaaleppärungon pituussuunnassa.

The longitudinal variation is small, as reported by N a g o d a (1968). The variation pattern differs appreciably from that of the pine, common birch and white birch, less from that of spruce (cf. H a k k i l a 1966).

As the variation is slight a sample taken from breast height gives a relatively accurate picture of the average density of the stem. Systematically, however, the result is too low and the mean error is 7 kg/solid cu.m. The correction equation receives the following form:

$$y = 43.7 + 0.8944\ x \qquad R = .9593 \qquad S_{y \cdot x} = 6.3$$

y = Average tree density, kg/cu.m — *Rungon keskimääräinen tiheys, kg/k-m³*

x = Density at breast height, kg/cu.m — *Tiheys rinnankorkeudella, kg/k-m³*

The density of an alder stem can be predicted very well from a sample taken at breast height. The deviation of the values calculated by equation from the true average values is small; the standard deviation is only 6 kg/solid cu.m. compared with 12—16 kg/solid cu.m. for pine, spruce and birch (H a k k i l a 1966).

The true stem average of the alder and other Finnish tree species is best calculated from a sample taken at the 25 per cent height of the tree. A wood sample purporting to represent the stem as a whole should be taken from just this height for pulping experiments on laboratory scale.

312. Variation of density between stems

The average density of the stems in the material as a whole was 360.5 kg/solid cu.m. which is fairly close to the 365 kg/solid cu.m. measured by N a g o d a (1966 and 1968) in Norway. Alder density is clearly lower than the density of other Finnish tree species according to the following figures for South Finland (H a k k i l a 1966). The densities in question are thoes for whole stems and the variation is from stem to stem.

Species — *Puulaji*	Density, kg/cu.m — *Tiheys, kg/k-m³*			
	$\bar{x}$	s	Range *Vaihtelu-väli*	s %
Scots pine — *Mänty*	409	33	311—521	8.0
Norway spruce — *Kuusi*	387	30	308—482	7.8
Common birch — *Rauduskoivu*	497	31	407—571	6.3
White Birch — *Hieskoivu*	482	29	397—561	6.1
Grey alder — *Harmaaleppä* ...	361	22	281—412	6.2

An endeavour was made to clarify the variation of basic density between alder stems by means of various external tree characteristics. The effort did not succeed and the correlation coefficients were low without exception.

Independent variable *Selittävä muuttuja*	R
Dbh—$D_{1.3}$	.0773
Height — *Pituus*	.0587
Volume — *Tilavuus*	.0400
Crown proportion — *Latvussuhde*	.0158
Log (Dbh/age) — Log ($D_{1.3}$/*ikä*)	—.2124
Height/age — *Pituus/ikä*	—.2936
Age — *Ikä*	.3139
Bark percentage — *Kuoriprosentti*	.0605

The age and growth rate of the tree is of little help and the stem size of no help in explaining the average stem density. The best equation in which age and the height of the lower limit of living crown are the independent variables explains only 11 per cent of the variation thus lowering the standard deviation between stems from 22.2 to 20.9 kg/cu.m. It may be mentioned that it is possible with the help of external tree characteristics to explain 41 per cent of the stem-to-stem variation of the Scots pine, the comparable percentages for the Norway spruce, common birch and white birch being 37, 24 and 15, respectively (H a k k i l a 1966).

313. Variation of density between stands

Stand-to-stand variation can be separated from the stem-to-stem variation. The former proves highly significant in analysis of variance and the standard deviation between stems, independent of the stand effect, contracts from 22.1 to 15.2 kg/cu.m.

Source of variation *Vaihtelulähde*	Sum of squares *Neliösumma*	D. f. *Vapausasteet*	Mean square *Keskineliö*	F-value *F-arvo*
Between stands — *Metsiköitten välillä*	124 886	30	4 162	17.97
Within the stand — *Metsikön sisällä*	100 557	434	232	
Total — *Yhteensä*	225 443	464	486	

The standard deviation of wood density between stands is 16.6 kg/solid cu.m. Only a small proportion can be explained with the help of stand characteristics. It was possible in a corresponding study in Norway spruce plantations in South Finland to explain as great a proportion as 68 per cent of the variation of density between stands (Hakkila and Usvaara 1968). It is obvious that genetic factors have a marked effect on the variation of wood density of alder within a stand and between stands.

Independent variable — *Selittävä muuttuja*	*R*
Average Dbh — *Keskimääräinen* $D_{1.3}$	—.0040
Average height — *Keskipituus*	—.1503
Average age — *Keski-ikä*	.3325
Site type — *Metsätyyppi* (OMT = 1, MT = 0)	.0749

Age is again the best independent variable, but the unexplained variance remains 89 per cent. From the age of ten years on, the average wood density of the stand increases with advancing age by 1 kg per cu.m. per annum.

$$y = 338.4 + 0.99x$$

y = Average wood density of a stand, kg/cu.m. — *Metsikön keskimääräinen puuaineen tiheys, kg/k-m*^{3}

x = Average age, years — *Keski-ikä, vuotta*

Neither geographical location nor the composition of tree species of the stand appear to affect density.

32. Bark percentage by weight

321. Variation of bark percentage within the stem

The cross-section area of the stem decreases from butt to top more sharply than bark thickness and, consequently, bark percentage grows towards the crown. Fig. 7 shows the bark percentage in alder stems of different sizes as a function of the relative stem height. The figure is based on the following regression equation the confidence characteristics of which are applicable not to an individual observation but to the means of the observations of the investigation material. Fig. 8 is also based on the same regression equation; instead of relative height the distance from stump level in metres is given on the horizontal axis.

	R	$S_{y \cdot x}$
$y = 16.1 - 0.43\,x_1 - 0.018\,x_2^2 + 0.000018\,x_3^3$.	.9901	.43

y = Bark percentage — *Kuoriprosentti*
x_1 = Height of the tree, m — *Puun pituus, m*
x_2 = Sampling height, m = *Näytteenottokorkeus, m*
x_3 = Relative sampling height, % — *Suhteellinen näytteenottokorkeus, %*

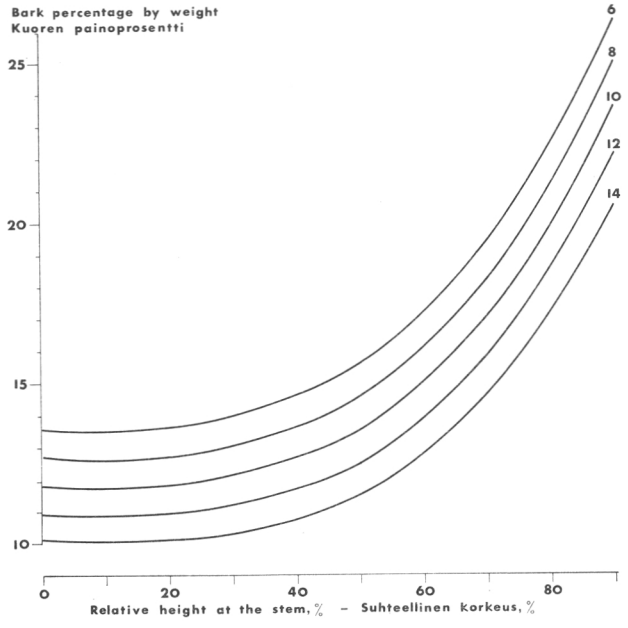


Figure 7. Bark percentage by weight as a function of relative stem height in 6, 8, 10, 12 and 14 metre- high grey alder stems.
Kuva 7. Kuoren painoprosentti rungon suhteellisen korkeuden funktiona 6, 8, 10, 12 ja 14 metrin pituisissa harmaaleppärungoissa.

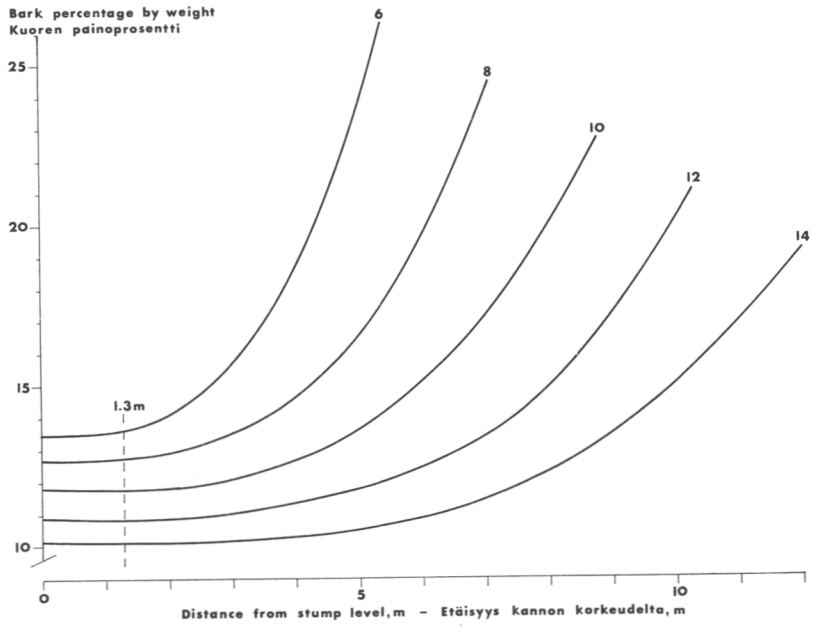


Figure 8. Bark percentage by weight at different stem heights in 6, 8, 10, 12 and 14 meter- high grey alder stems.
Kuva 8. Kuoren painoprosentti rungon eri korkeuksilla 6, 8, 10, 12 ja 14 metrin pituisissa harmaaleppärungoissa.

Determination of the bark percentage at breast height gives too low values compared with the average for the whole stem. The error can be corrected, however, by the following regression equation.

$$y = 1.5 + 0.958\ x \qquad R = .9727 \qquad S_{y \cdot x} = .46$$

y = Average bark percentage of the whole stem — *Koko rungon keskimääräinen kuoriprosentti*

x = Bark percentage at breast height — *Kuoriprosentti rinnankorkeudella*

The longitudinal variation of the bark percentage of alder stem differs from that of pine, spruce and birch above all in that at the base of the stem it is relatively low (cf. H a k k i l a 1967). In addition, variation appears to be less steep for the alder.

322. Variation of bark percentage between stems

The average bark percentage by weight for the total material is 13.0. In Norway the average bark percentage by weight for grey alder timber from a certain disrict of the country was 9.3, while a smaller material from

another district had a bark percentage of 15.1 (Okstad 1967). These figures are considerably lower than the bark percentage by volume reported by Ilvessalo (1956) for South Finnish alder, viz. 21.2, but they are closer to the following bark percentages by volume that were calculated by Miettinen (1932).

Site type *Metsätyyppi*	Age, years — *Ikä, vuotta* 10	20	30	40
	Bark percentage by volume *Kuoren tilavuusprosentti*			
OT	17.5	12.8	11.3	10.2
OMT	20.0	14.7	12.9	11.4

The standard deviation between stems in the investigation material was 2.0 per cent unit and the coefficient of variation 15.2 per cent. The effect of age on the bark percentage by weight is positive as such, but the effect of the stem size and growth rate is negative. A variable whose factors are breast height diameter and the age of the tree explains 29 per cent of the variation.

Independent variable *Selittävä muuttuja*	*R*
Dbh — $D_{1.3}$	—.4112
Height — *Pituus*	—.3959
Volume — *Tilavuus*	—.3960
Age/Dbh — *Ikä*/$D_{1.3}$	.5400
Height/age — *Pituus/ikä*	—.4556
Basic density — *Puuaineen tiheys*	.0605

The share of explained variance can be raised to 43 per cent by including several external characteristics in the regression equation. The standard deviation of the bark percentage between stems then remains 1.5 per cent.

The bark percentage of merchantable timber is always less than the average for the stem. When the minimum diameter of timber increases the difference grows (Table 3).

Table 3. Bark percentage by weight of merchantable timber in grey alder stems of different height, when the length of the bolt is 2 m and minimum top diameter under the bark 0, 4, 6 or 8 cm.

Taulukko 3. Eripituisten harmaaleppärunkojen käyttöosan kuoren painoprosentti pölkyn pituuden ollessa 2 m ja minimilatvaläpimitan kuoren alla 0, 4, 6 ja 8 cm.

Top diameter, cm *Latvaläpimitta, cm*	Height, m — *Pituus, m* 6	7	8	9	10	11	12	13
	Bark percentage — *Kuoriprosentti*							
0	13.9	13.8	13.5	13.2	12.2	12.2	11.9	11.1
4	13.0	13.0	12.8	12.6	11.7	11.8	11.5	10.8
6	—	12.7	12.4	11.9	11.3	11.3	11.2	10.6
8	—	—	—	11.1	10.9	11.1	10.9	10.3

323. Variation of bark percentage between stands

The variation of bark percentage between stems can be divided into two components, variation within and between stands. The latter is significant in analysis of variance, and the standard deviation between stems which is free from stand effect is reduced to 1.6 per cent.

Source of variation *Vaihtelulähde*	Sum of squares *Neliösumma*	D. f. *Vapausasteet*	Mean square *Keskineliö*	F-value *F-arvo*
Between stands — *Metsiköitten välillä*	651	30	21.71	8.61
Within stand — *Metsikön sisällä*	1 094	434	2.52	—
Total — *Yhteensä*	1 745	464	3.76	—

The standard deviation of the bark percentage between stands is 1.2 per cent. The increase in age has an increasing effect on the bark percentage, but the increase in stem size has concurrently a contrary effect. In what direction the bark percentage of the stand develops depends, thus, on the growth rate.

Independet variable *Selittävä muuttuja*	*R*
Average Dbh — *Keskimääräinen* $D_{1.3}$	—.2903
Average height — *Keskipituus*	—.3965
Average age — *Keski-ikä*	.4567
Site type — *Metsätyyppi* (OMT = 1, MT = 0)	—.2792

There are some differences between the localities in the average bark percentage of the material. The average for Häme is 12.4, Karelia 13.1 and Vaasa Forestry Board District 13.7. This does not, however, necessarily indicate the existence of geographical variation. It may depend also on the size and age differences of the growing stock or other factors.

33. Dry matter content of grey alder stem

The dry matter content of the stem depends first on volume which, in turn, is decided by breast height diameter, stem form and height. Dry matter content is affected also by wood density and — for an unbarked stem — by bark percentage by weight.

It is possible to predict the dry matter content of a stem on the basis of brest height diameter alone when the formulas in Fig. 9 are used. The correlation coefficients of the regression equations are 0.9685 (1) and 0.9680 (2). Chiefly on account of different tapering, the standard deviation from the curves is 2.0 and 1.8 kg per stem.

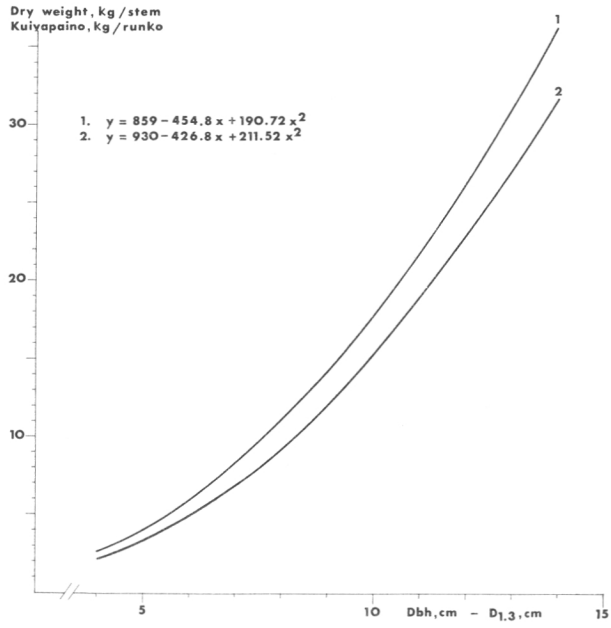


Figure 9. Dry matter content of a grey alder stem, with (1) and without (2) bark, as a function of breast height diameter.
Kuva 9. Kuorellisen (1) ja kuorettoman (2) harmaaleppärungon kuiva-ainesisältö rinnankorkeusläpimitan funktiona.

The dry matter content of merchantable timber is influenced also by the minimum diameter of the timber and the log length. If 4 cm below bark and 2 m are selected as these measurements, we obtain the following four equations for the calculation of the dry matter recovered from the stem in different cases. The accuracy of the equations is better for the whole stem than for the merchantable timber only as the length of the unmerchantable top varies.

		R	$S_{y \cdot x}$
y_1	$= 1\,557 + 0.14269\ x$	.9838	1 473
y_2	$= 1\,240 + 0.12732\ x$	.9843	1 294
y_3	$= 234 + 0.14246\ x$	.9816	1 568
y_4	$= 128 + 0.12705\ x$	.9821	1 380

y_1 = Dry matter content of whole stem in grams, including bark — *Koko rungon kuiva-ainesisältö kuorineen, grammaa*

y_2 = Dry matter content of whole stem in grams, excluding bark — *Koko rungon kuiva-ainesisältö kuoretta, grammaa*

y_3 = Dry matter content of merchantable timber in grams, including bark — *Käyttöosan kuiva-ainesisältö kuorineen, grammaa*

y_4 = Dry matter content of merchantable timber in grams, excluding bark — *Käyttöosan kuiva-ainesisältö kuoretta, grammaa*

x = Dbh^2 · Height, cu.cm — $D_{1 \cdot 3}{}^2$ · *Pituus*, cm^3

Table 4. Dry matter content of a grey alder stem, including bark, as a function of breast height diameter and height.

Taulukko 4. Harmaaleppärungon kuiva-ainesisältö kuorineen rinnankorkeusläpimitan ja pituuden funktiona.

Dbh, cm $D_{1.3}$, *cm*	Height, m — *Pituus, m*								
	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Kg/stem — *Kg/runko*								
5	3.7	4.1	—	—	—	—	—	—	—
6	4.6	5.1	5.7	—	—	—	—	—	—
7	5.8	6.5	7.2	7.9	—	—	—	—	—
8	—	7.9	8.8	9.8	10.7	—	—	—	—
9	—	—	10.8	12.0	13.1	14.3	—	—	—
10	—	—	—	14.4	15.8	17.3	18.7	—	—
11	—	—	—	—	18.8	20.5	22.3	24.0	—
12	—	—	—	—	—	24.1	26.2	28.3	30.3
13	—	—	—	—	—	—	30.5	32.9	35.3
14	—	—	—	—	—	—	—	37.9	40.7

Table 5. Dry matter content of a grey alder stem, without bark, as a function of breast height diameter (above bark) and height.

Taulukko 5. Harmaaleppärungon kuiva-ainesisältö kuoretta rinnankorkeusläpimitan (kuoren päällä) ja pituuden funktiona.

Dbh, cm $D_{1.3}$, *cm*	Height, m — Pituus, m								
	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Kg/stem — *Kg/runko*								
5	3.2	3.5	—	—	—	—	—	—	—
6	4.0	4.4	4.9	—	—	—	—	—	—
7	5.0	5.6	6.2	6.9	—	—	—	—	—
8	—	6.9	7.8	8.6	9.4	—	—	—	—
9	—	—	9.5	10.5	11.6	12.6	—	—	—
10	—	—	—	12.7	14.0	15.2	16.5	—	—
11	—	—	—	—	16.6	18.2	19.7	21.3	—
12	—	—	—	—	—	21.4	23.2	25.1	26.9
13	—	—	—	—	—	—	27.1	29.2	31.4
14	—	—	—	—	—	—	—	33.7	36.2

Tables 4 and 5 were calculated from the formulas. They show the dry matter content of the whole stem including bark and excluding bark. It was not possible for cost reasons to test the accuracy of the table against a different material.

As alder timber derives from small-sized stems the proportion of merchantable dry matter is strongly dependent on the minimum measurements of timber. An example of this is Fig. 10 which shows the relative dry weight, or relative volume as well, of the timber recovered in different cases. The variation of basic density in the longitudinal direction of the stem is so small that its effect does not emerge in the scale of the figure.

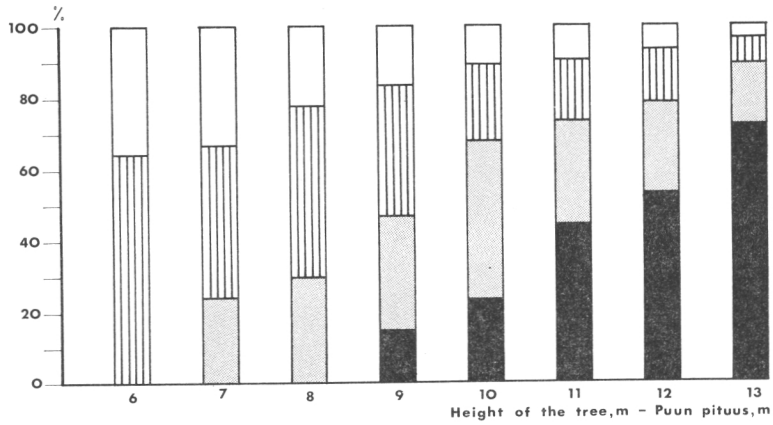


Figure 10. The percentage of merchantable timber, on the dry weight basis, when the length of the bolt is 2 m and the minimum top diameter 8 (black), 6 (darkened) or 4 (striped) cm under bark in grey alder stems of different height.

Kuva 10. Rungon käyttöosan kuivapaino prosentteina koko rungon kuivapainosta eripituisissa harmaaleppärungoissa, kun pölkyn pituus on 2 m ja minimilatvaläpimitta kuoren alla 8 (musta), 6 (tummennettu) tai 4 (viivoitettu) cm.

2. DISCUSSION

The grey alder stands of Finland are of such poor condition and structure that over 90 per cent of them would have to be regenerated as unproductive (I l v e s s a l o 1962) — generally by planting spruce. Grey alder is therefore regarded as a weed tree which has only exceptionally been the object of serious study.

Alder has, however, certain advantages compared with our principal tree species. When young it grows more quickly than other species and it is easy to grow decay-free timber from sprouts without special regeneration costs. What must be remembered above all is its ability to fix atmospheric nitrogen and thus improve the soil. The drawbacks of one-sided forestry have been seen with increasing frequency of late and the importance of biologic standpoints is now being generally understood, with the results that grey alder has also begun to attract attention. It is important that the interest of industry has also been aroused.

Despite the silvicultural principles pursued, the growth of alder is still over a million solid cu.m. per annum (I l v e s s a l o 1956). For this reason alone we should know the wood properties of the alder, but what is needed above all is information on the suitability of alder as industrial raw material in the programmes for artificial regeneration. The alder might offer an advantageous solution in e.g. the afforestation of fields.

Reports of the dry matter content of alder wood are important for comparisons of the advantageousness of the cultivation of alder with that of other tree species. Alder is in fact primarily a raw material for the fibre and board industries and an increasingly significant role will be played by dry matter production in future solutions (S t o c k m a n 1970).

Dry matter production excluding bark can be calculated as the product of the average cubic growth and the basic density of wood. The density values in Table 6 are based on several studies conducted at the Department of Forest Technology, Finnish Forest Research Institute. A part of them are unpublished.

Table 6 is confined to *Oxalis-Myrtillus* site type as the growth of alder on less fertile soils has not been studied. The dry matter production of a naturally regenerated alder stand is equal to that of a corresponding spruce or birch stand but a fifth less than the dry matter production of a naturally normal Scots pine stand. When treated with thinnings spruce and birch also produce considerably more than a naturally regenerated alder stand. Unfortunately, no studies have been conducted on the growth of alder stands treated with thinnings or plantation alder stands.

Far-reaching conclusions are precluded by the lack of information on the yield of grey alder when the correct cultivation technique is employed. It seems obvious, however, that the yield is no powerful argument for the

Table 6. Annual dry matter production, excluding bark, of grey alder compared with pine, spruce and birch on *Oxalis-Myrtillus* site type in South Finland.
Taulukko 6. Harmaalepän vuotuinen kuoreton kuiva-aineen tuotos mäntyyn, kuuseen ja koivuun verrattuna OMT:lla Etelä-Suomessa.

Tree species *Puulaji*	Treatment *Käsittely*	Rotation age, years *Kiertoikä, vuotta*	Density kg/cu.m *Tiheys kg/k-m³*	Growth cu.m/ha/year *Kasvu k-m³/ha/v*	Growth kg/ha/year *Kasvu kg/ha/v*
Scots pine — *Mänty*	Naturally normal — *Täystiheä, luonnon*	80	415	7.0 [1]	2 905
Norway spruce — *Kuusi*	Naturally normal — *Täystiheä, luonnon*	80	395	5.5 [1]	2 173
Norway spruce — *Kuusi*	Treated with thinnings — *Toistuvasti harvennettu*	80	380	7.7 [2]	2 929
Birch — *Koivu*	Naturally normal — *Täystiheä, luonnon*	60	500	4.7 [1]	2 350
Common birch *Rauduskoivu*	Treated with thinnings — *Toistuvasti harvennettu*	60	500	6.5 [3]	3 250
White birch — *Hieskoivu*	Treated with thinnings — *Toistuvasti harvennettu*	60	485	4.8 [3]	2 328
Grey alder — *Harmaaleppä*	Natural — *Luonnon*	40	360	6.3 [4]	2 268

[1]) I l v e s s a l o 1920, [2]) V u o k i l a 1956, [3]) K o i v i s t o 1959, [4]) M i e t t i n e n 1932.

cultivation of grey alder. The same must be said of the quality of the timber, but if the short rotation age, ease of regeneration and biologic standpoints are to be stressed, the cultivation of grey alder may well prove justified.

For industrial use of alder we need information on the dry weight of wood and bark. If the length of the timber is 2 m, the minimum top diameter 5 cm and solid content of the pile 0.63, the following figures can be used in South Finnish conditions:

Assortment *Tavaralaji*	Unit — *Yksikkö*	Dry matter content, kg *Kuiva-ainesisältö, kg*		
		Wood *Puu*	Bark *Kuori*	Total *Yhteensä*
Unbarked — *Kuorellinen* ...	Solid cu.m — $K\text{-}m^3$	317	43	360
Barked — *Kuoreton*	Solid cu.m — $K\text{-}m^3$	360	—	360
Unbarked — *Kuorellinen* ...	Piled cu.m — $P\text{-}m^3$	200	27	227
Barked — *Kuoreton*	Piled cu.m — $P\text{-}m^3$	227	—	227

Two-thirds of the total growing stock of alder and three-fourths of the growth are accounted for by trees with a breast height diameter of 10 cm or less (I l v e s s a l o 1927). It is therefore of especial importance that the smallest possible minimum top diameter of timber be accepted in the harvesting of alder. If the log length is 2 m and minimum diameter below bark 8 cm, a tree of e.g. 8 m in height remains wholly unutilised, only 24 per cent of the dry matter of a 10 m stem is utilised and 53 per cent of a 12 m stem. When the minimum diameter is reduced to 6 cm the proportion of merchantable timber is correspondingly 29, 63 and 78 per cent. If the minimum diameter is further lowered to 4 cm the proportion of merchantable timber rises to 78, 89 and 93 per cent. Effective utilisation of the alder seems thus to presuppose a minimum diameter of maybe only 4 cm.

SUMMARY

Grey alder (*Alnus incana*) is the fourth or fifth most important tree species in Finland. Its share in the total growing stock in the forestry board districts of South Finland ranges from 0.4 to 3.4 per cent (Fig. 1). Although a purposeful endeavour has been made in silvucultural cuttings to reduce the growing stock of alder, its annual growth is still over a million solid cu.m.

Alder has some exceptional advantages over other tree species. The most important are fast growth at an early age (Table 1), ease of regeneration from sprouts and ability to fix atmospheric nitrogen. Alder is also suitable raw material for sulphate and sulphite pulp, hardboards and particle boards. It is for these reasons that interest in the cultivation of the alder, too, has begun to increase in recent years.

Evaluation of the profitability of the cultivation of alder is difficult, however, in the absence of adequate basic information. As alder is suitable primarily as raw material for the fibre and board industries, information is required not only on cubic growth but also on dry matter production. The aim of the present investigation was in fact to study the basic density, bark percentage by weight and the dry matter content of grey alder.

The investigation material consisted of 480 trees from 32 stands in South Finland. From these trees over 4 000 discs were sawn at different heights (Fig. 5). Owing to the composition of alder stands, the mean age of the sample trees was only 23 years, mean diameter at breast height 7 cm and mean height 9 m (Table 2 and Fig. 4).

The most important results of the study are:

The basic density of alder wood (dry weight/green volume) varies in the longitudinal direction of the stem within a relatively narrow range. On moving up from the butt the density at first declines, but begins to rise again towards the crown at a height of perhaps one metre above ground level. Density diminishes again somewhat in the topmost crown (Fig. 6). A representative sample of wood is obtained from the 1/4 height of the stem. A sample taken at breast height gives a density that on an average is 7 kg/solid cu.m. too low for the whole stem. The results can, however, be corrected with appreciable accuracy by using a regression equation.

The average basic density of stem was 361 kg/solid cu.m. and its standard deviation 22 kg/solid cu.m. or 6.2 per cent of the mean. It was not possible to explain the stem-to-stem variation with the help of the external tree characteristics. The best individual variable, age, explained only 10 per cent of the variance. A considerable proportion of the variation is probably caused by genetic factors.

The stand-to-stand variation of density is significant. When the effect of the stand is eliminated, the stem-to-stem variation within a stand is 15 kg/solid cu.m. or 4.2 per cent of the mean. It was not possible to account for the stand-to-stand variation either by means of external characteristics.

The increase in the bark percentage by weight from the butt towards the crown can be seen from Figs. 7 and 8. The differences between butt and crown are great but nevertheless smaller than with pine, spruce and birch.

The average bark percentage of the material was 13.0 and the variation between stems 2.0 per cent. External wood characteristics were capable of explaining about 43 per cent of the stem-to-stem variation.

The standard deviation of bark percentage between stands, 1.2 per cent, is statistically significant. It is also affected by the average size and age of the growing stock, but the proportion of explained variation is still small.

The bark percentage of alder timber depends on the minimum bolt diameter (Table 3). For instance, the bark percentage of 2-m timber obtained from trees 10 m in height is 12.5, 12.0, 11.5 and 11.0 when the minimum diameters used are 0, 4, 6 and 8 cm.

Tables 4 and 5 give the dry matter content of grey alder stem including or excluding bark as a function of the breast height diameter and height of the tree (cf. Fig. 9). The tables are based on regression equations from which the standard deviation of the true dry weights of the stems in the material is under 1.5 kg per tree.

As alder timber derives from small-sized stems the proportion of dry matter recovered is very much dependent on the minimum measurements fixed for the timber (Fig. 10). For instance, if the bolt length is 2 m, 24 per cent of a 10-m tree is utilised when a minimum diameter of 8 cm is applied. If the minimum diameter is lowered to 6 or 4 cm the proportion of merchantable timber rises to 63 and 90 per cent of the dry matter content of the whole tree.

For lack of the necessary information no far-reaching conclusions can be drawn about the dry matter yield of grey alder. It is obvious, however, that dry matter production alone is not a ground for advocating cultivation of this tree species (Table 6). If the emphasis is on the other advantages of grey alder, its cultivation may well be motivated in certain cases.

LITERATURE

Alestalo, Aaro ja Hentola, Yrjö. 1967. Leppä sulfaattikeitossa. Summary: Alder in sulphate pulping. Paperi ja Puu 50: 25—27.

Bruun, Henrik H., Ahlskog, Bo and Pettersson-Fernholm, Folke. 1958. Investigations of porous wood as pulp raw material. 2. Sulphate pulps of aspen (*Populus tremula* L.) and black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaernt.). Paperi ja Puu 41: 35—43.

Bruun, Henrik H. and Slungaard, Svein. 1957. Investigations on porous wood as pulp raw material. 1. Fibre lengths of the species *Alnus glutinosa* (L.) Gaernt., *Alnus incana* (L.) Moench, *Betula verrucosa* Ehrn. and *Populus tremula* L. Paperi ja Puu 40: 521—525.

—»— 1959. Investigations on porous wood as pulp raw material. 3. Fibre dimensions of several NW European wood species. Paperi ja Puu 42: 31—34.

Hakkila, Pentti. 1966. Investigations on the basic density of Finnish pine, spruce and birch wood. Lyhennelmä: Tutkimuksia männyn, kuusen ja koivun puuaineen tiheydestä. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 61.5.

—»— 1967. Vaihtelumalleja kuoren painosta ja painoprosentista. Summary: Variation patterns of bark weight and bark percentage by weight. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 62.5.

Hakkila, Pentti ja Uusvaara, Olli: 1968. On the basic density of plantation-grown Norway spruce. Lyhennelmä: Viljelykuusikoitten puuaineen tiheydestä. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 66.6.

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. Acta Forestalia Fennica 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—24. Communicationes ex Instituto Questionum Forestalium Finlandiae 11.

—»— 1956. Suomen metsät vuosista 1921—24 vuosiin 1951—53. Summary: The forests of Finland from 1921—24 to 1951—53. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 47.1.

—»— 1962. IV valtakunnan metsien inventointi. I. Maan eteläpuoliskon vesistöalueryhmät. Summary: Fourth national forest inventory. I. Southern water system areas. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 56.1.

Jalava, Matti. 1952. Puun rakenne ja ominaisuudet. Porvoo-Helsinki.

Koivisto, Pentti. 1959. Kasvu- ja tuottotaulukoita. Summary: Growth and yield tables. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 51.8.

Kuusela, Kullervo. 1967. Helsingin, Lounais-Suomen, Satakunnan, Uudenmaan-Hämeen, Pohjois-Hämeen ja Itä-Hämeen metsävarat vuosina 1964—65. Summary: Forest resources in the Forestry Board Districts of Helsinki, Lounais-Suomi, Satakunta, Uusimaa-Häme, Pohjois-Häme and Itä-Häme in 1964—65. Folia Forestalia 27.

Kuusela, Kullervo, 1970. Suomen eteläpuoliskon metsävarat 1964—68 ja niiden kehittyminen. Summary: Forest resources in southern half of Finland in 1964—68 and their development. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 71.1.

Kuusela, Kullervo ja Salovaara, Alli. 1968. Etelä-Savon, Etelä-Karjalan, Itä-Savon, Pohjois-Karjalan, Pohjois-Savon ja Keski-Suomen metsävarat vuosina 1966—67. Summary: Forest resources in the Forestry Board Districts of Etelä-Savo, Etelä-Karjala, Itä-Savo, Pohjois-Karjala, Pohjois-Savo and Keski-Suomi in 1966—67. Folia Forestalia 42.

—»— 1969. Etelä-Pohjanmaan, Vaasan ja Keski-Pohjanmaan metsävarat vuonna 1968. Summary: Forest resources in the Forestry Board Districts of Etelä-Pohjanmaa, Vaasa and Keski-Pohjanmaa in 1968. Folia Forestalia 62.

Liiri, Osmo. 1960. Tutkimuksia lastulevyteollisuuden puuraaka-aineesta. I. Summary: Investigations on the wood raw material in particle board industry. I. Pienpuualan Toimikunnan Julkaisu n:o 112.

Lönnberg, B., Nikki, M. ja Makkonen, H. 1968. Leppäsulfiittimassojen keitto. Oy Keskuslaboratorio. Seloste 856. Unpublished.

Miettinen, Leevi. 1932. Tutkimuksia harmaalepiköiden kasvusta. Referat: Untersuchungen über den Zuwachs der Weisserlenbestände. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 18.1.

Mikola, Peitsa. 1958. Liberation of nitrogen from alder leaf litter. Selostus: Typen vapautuminen lepän lehtikarikkeista. Acta Forestalia Fennica 67.1.

Nagoda, Ludvik. 1966. Volumvekt og vanninnhold hos bjørk (*Betula spp.*) og gråor (*Alnus incana*). Summary: Volume weight and water content of birch (*Betula spp.*) and grey alder (*Alnus incana*). Tidsskrift for Skogbruk 74: 2—32.

—»— 1968. Volumvekt og vanninnhold hos gråor (*Alnus incana*). Density and water content of grey alder (*Alnus incana*). Meldinger fra Norges Landbrukshøgskole. Vol. 47, nr 13.

Okstad, Torbjørn. 1967. Omsetning av lauvvirke etter vekt. Vollebekk.

Routala, O. ja Sihtola, Heikki. 1934. Tutkimuksia lepän käyttömahdollisuuksista selluloosan raaka-aineena. Acta Chemica Fennica 7: 113—119.

Siimes, F. E. ja Liiri, Osmo. 1959. Pienpuu kuitulevyn raaka-aineena. Summary: Small-sized timber as a raw material of fibreboard. Pienpuualan Toimikunnan Julkaisu n:o 71.

Stockman, Lennart. 1970. An abstract of a speech in Svensk Papperstidning 73: 263.

Uusvaara, Olli. 1963. Pyyn elinympäristön metsikkörakenteesta. Suomen Riista 16: 31—45.

Vethe, A., Loråas, V. og Løschbrandt, F. 1962. Undersøkelser over nyere oppslutningsmetoder for løvved. Norsk Skogsindustri 16: 458—469.

Viro, P. J. 1955. Investigations on forest litter. Lyhennelmä: Metsäkariketutkimuksia. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 45.6.

Virtanen, A. I. 1957. Investigations on nitrogen fixation by the alder. II. Physiologia Plantarum 10: 164—169.

Vuokila, Yrjö. 1956. Etelä-Suomen hoidettujen kuusikoiden kehityksestä. Summary: On the development of managed spruce stands in Southern Finland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 48.1.

Ylinen, Jouni. 1970. Tutkimuksia harmaalepän rakenteellisista, fysikaalisista ja lujuusominaisuuksista. (The archives of the Department of Forest Technology, Finnish Forest Research Institute. Unpublished).

HARMAALEPÄN PUUAINEEN TIHEYS, KUORIPROSENTTI JA KUIVA-AINESISÄLTÖ

Lyhennelmä

Harmaaleppä (*Alnus incana*) on Suomen neljänneksi tai viidenneksi tärkein puulaji, jonka osuus puuston kokonaiskuutiomäärästä vaihtelee Etelä-Suomen piirimetsälautakunnissa 0.4—3.4 %:n välillä (kuva 1). Vaikka metsänhoidollisissa hakkuissa on määrätietoisesti pyritty vähentämään leppäpuustoa, on sen vuotuinen kasvu kaikesta huolimatta yhä edelleen yli miljoona k-m³.

Muihin puulajeihin verrattuna leppä tarjoaa eräitä poikkeuksellisia etuja, joista tärkeimmät ovat nopea kasvu nuorella iällä (taulukko 1), uudistamisen helppous vesoja hyväksi käyttäen sekä kyky sitoa ilmakehän vapaata typpeä. Lepän on myös osoitettu soveltuvan hyvin sulfaattisellun, sulfiittisellun, kuitulevyn ja lastulevyjen raaka-aineeksi. Näistä syistä on mielenkiinto lepänkin viljelyä kohtaan alkanut viime vuosina viritä.

Lepän viljelyn edullisuuden arvioiminen on kuitenkin perustietojen puutteellisuuden vuoksi vaikeata. Koska leppä soveltuu lähinnä sellu- ja levyteollisuuden raaka-aineeksi, tarvitaan tietoja paitsi kuutiokasvusta myös kuiva-ainetuotoksesta. Käsillä olevan tutkimuksen tarkoituksena onkin selvitellä harmaalepän puuaineen tiheyttä, kuoren kuivapainoprosenttia, rungon kuiva-ainesisältöä sekä niihin vaikuttavia tekijöitä.

Tutkimusaineisto sisältää 32 metsiköstä eri puolilta Etelä-Suomea kootut 480 puuta, joista sahattiin eri korkeuksilta yli 4 000 kiekkoa (kuva 5). Maamme harmaalepiköitten rakenteesta johtuen koepuitten keski-ikä oli vain 23 vuotta. keskiläpimitta 7 cm ja keskipituus 9 m (taulukko 2 ja kuva 4).

Tutkimuksen tärkeimmät tulokset ovat lyhyesti seuraavat:

Rungon pituussuunnassa leppäpuun tiheys (kuivapaino/tuore tilavuus) vaihtelee verraten ahtaissa rajoissa. Tyvestä noustaessa tiheys aluksi laskee, mutta jo ehkä metrin korkeudella maan pinnan tasosta se alkaa uudelleen kohota latvaa kohti. Ylimmässä latvassa tiheys jälleen jonkin verran laskee (kuva 6). Edustava näyte puuaineesta saadaan rungon 1/4 -korkeudelta. Rinnankorkeudelta otettu näyte antaa rungon keskiarvoon nähden 7 kg/k-m³ liian alhaisen tiheyden. Tulos voidaan kuitenkin korjata regressioyhtälöllä huomattavalla tarkkuudella.

Rungon keskimääräinen tiheys oli 361 kg/k-m³ ja sen hajonta 22 kg/k-m³ eli 6.2 % keskiarvosta. Runkojen välistä vaihtelua ei voitu selittää puun ulkoisten tunnusten avulla. Paras yksityinen muuttuja, ikä, selitti vain 10 % vaihtelusta. Huomattava osa vaihtelusta aiheutunee geneettisistä tekijöistä.

Myös metsiköitten välinen puuaineen tiheyden vaihtelu on merkitsevä. Kun metsikön vaikutus poistetaan, jää metsikön sisäiseksi runkojen väliseksi vaihteluksi 15 kg/k-m³ eli 4.2 % keskiarvosta. Metsiköittenkään välistä puuaineen tiheyden vaihtelua ei kyetty selittämään ulkoisten tunnusten avulla.

Kuoren painoprosentin kasvu tyvestä latvaa kohti selviää kuvista 7 ja 8. Erot tyven ja latvan välillä ovat luonnollisesti suuret mutta kuitenkin pienemmät kuin männyllä, kuusella ja koivulla.

Aineiston keskimääräinen kuoriprosentti oli 13.0 ja runkojen välinen hajonta 2.0. Noin 43 % runkojen välisestä vaihtelusta voitiin selittää puun kokoa ja kasvunopeutta kuvaavilla ulkoisilla tunnuksilla.

Metsiköitten välinen kuoriprosentin hajonta, 1.2 %, on tilastollisesti merkitsevä. Siihenkin vaikuttavat puuston koko ja ikä, mutta selitetyn vaihtelun osuus jää pieneksi.

Rungon pituussuuntaisesta vaihtelusta johtuen leppäpuutavaran kuoriprosentti riippuu pölkyn minimiläpimitasta (taulukko 3). Esimerkiksi 10-metrin pituisesta puusta saadun 2-metrisen tavaran kuoriprosentti on 0, 4, 6 ja 8 cm:n minimiläpimittoja käytettäessä 12.5, 12.0, 11.5 ja 11.0.

Rungon kuiva-ainesisältöä voidaan selittää puun rinnankorkeusläpimitalla (kuva 9). Taulukot 4 ja 5 osoittavat harmaaleppärungon kuiva-ainesisällön kuorineen ja kuoretta puun rinnankorkeusläpimitan ja pituuden funktiona. Taulukot perustuvat regressioyhtälöihin, joista aineiston runkojen todellisten kuiva-ainepainojen hajonta on alle 1.5 kg puuta kohti.

Koska leppäpuutavara on peräisin pienikokoisista rungoista, talteen saatavan kuiva-ainemäärän suhteellinen osuus riippuu hyvin voimakkaasti puutavaralle asetetuista mitoista (kuva 10). Jos esimerkiksi pölkyn pituus on 2 m, saadaan 10-metrisen puun kuiva-aineesta 8 cm:n minimiläpimittaa sovellettaessa talteen 24 %. Jos minimiläpimitta alennetaan 6 cm:iin, kasvaa käyttöosan osuus 63 %:iin, ja 4 cm:n minimiläpimitalla käyttöosa on jo 90 % koko puun kuiva-ainesisällöstä.

Tietojen puutteellisuuden vuoksi ei voida tehdä pitkälle meneviä päätelmiä harmaalepän kuiva-ainetuotoksesta. On kuitenkin ilmeistä, että kuiva-ainetuotos ei yksinään puolla harmaalepän viljelyä (taulukko 6). Kun harmaalepän tarjoamille muille eduille pannaan painoa, saattaa sen viljely kuitenkin tietyissä tapauksissa osoittautua hyvinkin perustelluksi.

LUMIKARISTEEN, *PHACIDIUM INFESTANS* KARST., TORJUNTAKOKEITA PCNB-PÖLYTYKSIN MÄNNYN-VILJELYALOILLA

UKKO RUMMUKAINEN

SUMMARY IN ENGLISH:

ON THE CONTROL OF SNOW BLIGHT, PHACIDIUM INFESTANS KARST., BY MEANS OF DUSTING WITH PCNB

HELSINKI 1971

Helsinki 1971. Valtion painatuskeskus

SISÄLTÖ

Sivu

Johdanto 5

Lumikaristeesta, *Phacidium infestans* K a r s t. 6

Aikaisempia kokemuksia lumikaristeen kemiallisesta torjunnasta 8

Tutkimuksen suoritus

- Tutkimuspaikkakunnat 11
- Koetaimistot 11
- Koeruudustot 12
- Käsittelytavat 13
- Pölytysajat 13
- Koekemikaali 14
- Kokeiden tarkastus 14

Tutkimuksen tulokset

- PCNB-pölytyksen vaikutus lumikaristeisuuteen 15
- Karisteisuuden riippuvuus PCNB-pölytystavasta 16
- Karisteisuuden riippuvuus PCNB-pölytysajankohdasta 17
- Torjuntapölytysten kustannuksista 17
- Päätelmiä 20
- Tutkimustulosten tiivistelmä 23

Lähdeluettelo 24

Summary 26

JOHDANTO

Kesäkuun alussa 1963 oli tämän kirjoittajalla tilaisuus tutustua Kymin Oy:n Kainuussa sijainneisiin männynviljelyaloihin, joita useina vuosina oli haitannut lumikaristesieni, *Phacidium infestans* K a r s t. Kaksi päivää kierreltiin viljelyalalta toiselle tuhoihin tutustumassa. Arvion mukaan viljelyaloista, joita yhtiöllä niillä seuduilla oli silloin noin 30 000 ha, kärsi sillä hetkellä karisteesta noin kolmannes. Runsaat 5 000 ha oli niin pahasti vialla että välittömät täydennystyöt katsottiin välttämättömiksi (R u m m u k a i n e n 1964). Kärjistetyimpänä näyttäytyi tilanne eräässä taimistossa, jossa muutamia vuosia aikaisemmin metsänviljelyä suoritettaessa oli istutettu 2 200 tainta hehtaarille. Keväällä 1962 oli suoritettu täydennys istuttamalla 1 900 uutta tainta hehtaaria kohden. Tarkastushetkellä vuotta myöhemmin oli jälleen vain 900 tainta hehtaarilla elossa. Lumikariste oli syynä taimien kuolemiseen, vaikka eri tuhoalueilla esiintyi runsaanlaisesti myös männynversoruostetta, *Melampsora pinitorqva* (A. B r.) R o s t r.

Tuhojen runsauden vuoksi pidettiin välttämättömänä koettaa keksiä keinoja niiden torjumiseksi. Kun taimitarhoista oli runsaasti kokemusta siitä, että pentakloorinitrobentseeni- (PCNB-) eli kvintotseenifungisideilla tauti oli torjuttavissa (J a m a l a i n e n 1961, 1962), ehdotettiin torjuntakokeiden järjestämistä samalla kemikaalityypillä myös metsänviljelyaloilla. Suunnitelma hyväksyttiin Kymin Oy:n puolelta ja koepaikat, työvoimaa ja muuta apua luvattiin. Siten tutkimukset voitiin aloittaa syksyllä 1963.

Kirjoittaja pyytää kiittää toimitusjohtajaa T o p i H e i k k e r ö ä, jonka aloitteesta kokeilut saatiin käyntiin, sekä tarkastusmetsänhoitajaa H o l g e r S ö d e r l u n d ia, joka Kymin Oy:n puolesta monin tavoin järjesti tutkijoille apua. Metsäntutkimuslaitoksen puolesta huolehti maastotöistä metsänhoitaja M i r j a R u o k o n e n, joka kuten myös maat.metsät. yliopp. J u k k a S e l a n d e r on osallistunut myös aineiston käsittelyyn. Käsikirjoituksen ovat lukeneet professori E. A. J a m a l a i n e n, professori S a k a r i S a a r n i j o k i ja professori R i s t o S a r v a s.

Metsänhoitaja K u l l e r v o E t h o l é n i n avulla on ollut mahdollista tutustua neuvostoliittolaiseen lumikaristetutkimukseen. Englanninkieliset käännökset ovat metsänhoitaja K. A h l s v e d in käsialaa. Heille kaikille esittää tekijä parhaat kiitokset.

Ukko Rummukainen

LUMIKARISTEESTA, *PHACIDIUM INFESTANS* KARST.

Lumikaristesienen on ensimmäisenä kuvannut suomalainen sienitieteilijä Karsten (1886). Sittemmin suomalaiset tutkimukset pitkän aikaa rajoittuivat lähinnä tuhojen runsauden havainnoimiseen (Liro 1917; Kangas 1937; Kujala 1950). Kaikkien havaintojen mukaan se on erityisesti Pohjois-Suomessa esiintyvä tauti. Kangas (1937) totesi sen siellä ylivoimaisesti pahimmaksi männyntaimien neulastuhojen aiheuttajaksi. Hänen tutkimissaan taimistoissa oli keskim. 20.9 % taimista lumikaristeen vaivaamia ja 59.1 % kaikista neulastuhoista oli tämän sienen aiheuttamia. Liron (1917) mukaan lumikariste saattaa toisinaan paikallisesti hävittää männyntaimista 90 %.

Männyntaimien kasvatuksen taimitarhoissa alkaessa lisääntyä 1950-luvulla jouduttiin lumikaristeeseen kiinnittämään vakavaa huomiota, sillä tauti osoittautui myös taimitarhoissa männyntaimien pahimmaksi tuhoojaksi (Jamalainen 1961, 1962). Jamalaisen mukaan tuho-% 1950-luvun eräinä talvina saattoi muutamissa pohjoiskarjalaisissa ja pohjoissavolaisissa taimitarhoissa olla 90—100 %. Etelä-Suomen taimitarhoissa karistetta ei esiintynyt mainittavasti. Jamalainen selvitti karisteentorjunnan taimitarhoissa PCNB-valmisteilla. Kurkela (1965) on tutkimuksissaan todennut kalilannoituksen ainakin soilla vähentävän taimien sairastumista lumikaristeeseen.

Lähimmissä naapurimaissamme Ruotsissa ja Neuvostoliitossa on 1910-luvulta lähtien tutkittu perusteellisesti lumikaristeen biologiaa ja torjuntaakin suunnilleen samanlaisissa olosuhteissa kuin meillä. Ruotsalaisista tutkimuksista (Lagerberg 1912; Lindberg 1914; Sjöström 1937; Mattsson och Nenzell 1941; Nenzell 1942, 1943; Björkman 1949, 1963) ovat etenkin Sjöströmin, Nenzellin ja Björkmanin selvitykset antoisia. Venäjällä lumikariste on ensimmäisen kerran todettu v. 1910 (Moros 1964). Viimeisiä sen biologiaa ja torjuntaa koskevia monipuolisia tutkimuksia ovat suorittaneet Shtshedrova (1962), Moros (1964) ja Kossinskaja (1967).

Tutkimuksissa on selvinnyt mm. että sienien (*Fungi*) luokan kotelosienet (*Ascomycetes*) alaluokan varsinaiset kotelosienet (*Euascomycetes*) lahkon *Helotiales*, heimon *Phacidiaceae* sieni *Phacidium infestans* Karst. (Pohjakallio 1963) eli lumikariste on ns. talvituhosieni, jonka esiintymisen edellytyksenä on riittävän paksu, yli 30 cm:n pysyvä lumipeite. Vain lumen



Kuva 1. Lumikaristeen itiöpesäkkeitä kuolleissa männynneulasissa lokakuussa 1966. Liperi. Valok. Yliopiston Kuvalaitos. Helsinki.

Fig. 1. Sporophores of snow blight on killed pine needles. Liperi, October 1966. Photo: University Photo Service, Helsinki.

alla, yleensä 10—20 cm lumen pinnan alapuolella ja alempana on pysyvästi niin runsas ilman kosteus, 98—100 %, että sienen rihmastot voivat kasvaa ja että itiöpesäkkeitä voi muodostua. Rihmasto kasvaa jo —5°C lämpötilassa, optimilämpötila on +10—15° ja kasvu pysähtyy +23—25°C lämpötilassa. Käytännössä tuho ei yleensä nouse 50—60 cm korkeammalle maasta. Itiöt kypsyvät kuolleissa neulasissa loka—marraskuussa, jolloin niiden aiheuttama tartunta tapahtuu. Rihmaston kasvun seurauksena tauti leviää pääasiassa huhti—toukokuussa tartuntakohdasta 20—45 cm ympäristön neulasiin ja versoihin. Karisteen vaara on erityisen suuri paitsi paksun lumipeitteen alla, myös silloin, kun pysyvä lumi tulee sulalle maalle ja kun se keväällä sulaa hitaasti.

Lumikariste voi siis tappaa taimia vain niin kauan kuin taimien elintärkeät osat ovat lumipeitteen alla.

Paitsi eri mäntylajeja, joista kaikki ovat taudille alttiita, saastuttaa lumikariste jonkin verran myös kuusta. *Abies*-lajit ovat täysin karisteenkestäviä.

Karistetutkimuksiin viitataan myöhemmin eri yhteyksissä.

AIKAISEMPIA KOKEMUKSIA LUMIKARISTEEN KEMIALLISESTA TORJUNNASTA

Amerikassa F a u l l (1929, 1930) kokeili karisteen kemiallista torjuntaa jo 1920-luvulla. Rikkikalkki osoittautui tehokkaimmaksi kemikaaliksi.

Ruotsissa N e n z e l l illä (1943) oli 1940—1942 suoritetuissa torjuntakokeissa mukana kuparikalkki- (Bordeaux-) liuos (4 % kalkkia, 2 % $CuSo_4$), korkeaprosenttinen kuparivalmiste OB 21, liuosväkevyys 0.7 %, rikkikalkkiliuos (6 %), sammutettu kalkki (6.7 %) ja »Spinntex»-tervakarbolineumivalmiste (6.7 %). Ruiskutukset v. 1940 suoritettiin lokakuun puolivälissä. Parhaiten tehosi »Spinntex» ja lähinnä parhaiten rikkikalkki. Seuraavana syksynä (1941) samoinkuin syksyllä 1942 hän kokeili 1—7 %:lla karbolineumiruiskutteilla. Kesä—elokuussa suoritetut käsittelyt antoivat 1942 huonon tuloksen, 29. IX suoritettu paremman vaikka sekin tavallista heikomman. Syyksi hän arveli 3 tuntia ruiskutuksen jälkeen alkaneen sateen aiheuttaman kemikaalin huuhtoutumisen. 28—29. X ja 27. XI samana vuonna ja marraskuun alussa 1941 suoritetut ruiskutukset tehosivat hyvin. Kokeilun lopputuloksena hän arvelee sopivan karbolineumiruiskutekonsentration olevan 2 %. Hehtaarin käsittelyyn todettiin kuluvan aikaa 3—3.5 t, kun käytettävissä on kaksi ruiskua, joista toista täytetään sillä aikaa kun ruiskutus toisella on käynnissä.

B j ö r k m a n illa (1949) oli 1944—45 suorittamissaan kokeissa mukana seuraavat kemikaalit: OB 2300-kuparivalmiste (ruiskuteväkevyys 1 %), natriumkloraatti (3 %), rikkikalkki (2.5, 3 ja 5 %), rikkivalmisteet Sulfosan (2 %) ja Cosan (0.1 %), elohopeapitoiset valmisteet Uspulun (0.5 %) ja Shirlan (0.5 %), sinkkiarsenaattivalmiste Z 47 (0.4 %), nikotiini (1 %), kaksi karbolineumivalmistetta joista Spinntexin väkevyydet olivat 2.5, 3 ja 5 % ja toisen, nimeltä mainitsemattoman 4, 8 ja 10 %, Jofur-öljyemulsio (1 %) ja DDT (1 %). Seuraavia ruiskutusaikoja kokeiltiin: 23. VIII, 4. IX, 27. IX, 1. X ja 4. X. Edullisimmaksi osoittautui 3 %:nen rikkikalkkiliuos, seuraaville sijoille tulivat molemmat karbolineumivalmisteet. Lopputuloksena hän totesi että ruiskutettaessa 3 %:lla rikkikalkilla lokakuun alussa tai yleensä mahdollisimman myöhään ennen lumentuloa, saadaan männyntaimet täydellisesti suojatuksi karisteelta.

Myös Neuvostoliitossa on rikkikalkkiruiskutus antanut parhaat tulokset taimitarhakokeissa (M o r o s 1964). Käsittelyjä voidaan suorittaa vielä lumen satamisen jälkeenkin, kun lumen paksuus ei vain ylitä taimien pi-



Kuva 2. Näkymiä koealoilta: ylh. Hyrynsalmen Juntula ja alh. Vuolijoen Saaresmäki. Valok. syksyllä 1965. M. R u o k o n e n.

Fig. 2. The experimental areas of the study in the fall of 1965. Top: Juntula in the parish of Hyrynsalmi. Bottom: Saaresmäki in Vuolijoki. Photo: M. R u o k o n e n.



tuutta. Lumelle ruiskutettaessa ruiskuteväkevyys on suurennettava kaksinkertaiseksi (9 litraa vettä 1 osaa liuosta kohden normaalisen 18 litran asemesta), koska lumi laimentaa ruiskutetta.

Viime vuosina on myös mangaanipitoisilla ruiskutteilla saatu lumikariste torjutuksi (Einarsson 1964; Wennberg 1964). Verrattaessa 3 %:sen rikkikalkkiliuoksen ja 1 %:sen mangaanipreparaatin Fungimanin, johon oli lisätty 2 % Turgorol-kiinniteainetta tehoa toisiinsa, todettiin ne samanarvoisiksi. Mangaaniruiskutteen konsentratio voidaan alentaa 0.3—0.4 %:iin. Mangaanivalmisteilla on se etu, että niillä saadaan torjutuksi myös muita sienitauteja, mm. männynkaristetta, *Lophodermium pinastri* L. ja versosyöpää, *Scleroderris lagerbergii* Gremmen. Haittapuolena taas on pidettävä sitä että lumikaristeentorjuntaruiskutukset olisi suoritettava 3 kertaa syksyn kuluessa, noin 20. IX, I. X ja 10. X.

Suomessa Jamalainen (1961, 1962) on tutkinut lumikaristeen torjuntaa taimitarhoissa ja todennut pentakloorinitrobentseeni- (PCNB-) eli kvintotseenivalmisteiden antaneen sekä pölytettynä että ruiskutettuna männyntaimille täydellisen karistesuojan. Hänen ohjeidensa mukaan 20 % tehoainetta sisältävää pölytettä on käytettävä 25—50 kg/ha ja 50 % tehoainetta sisältävää ruiskutejauhetta 10—20 kg/ha. Yksi käsittely syksyn kuluessa riittää kun se suoritetaan mahdollisimman myöhään, loka—marraskuussa, ennen pysyvän lumen satamista eikä sen jälkeen satu runsaita vesisateita. PCNB-käsittely estää myös kuusentaimien pahan talvituhosienen, mustan lumihomeen, *Herpotrichia nigra* Hartig tuhot.

Pölytysmahdollisuus avaa uusia näköaloja lumikaristeen kemialliselle torjunnalle metsänviljelyaloilla. Pölytystä varten ei tarvita suhteellisen kalliita ruiskuja vaan tullaan toimeen hyvinkin vaatimattomilla pölyttimillä. Samoin ei olla riippuvaisia vedensaannista.

TUTKIMUKSEN SUORITUS

Tutkimuspaikkakunnat

Kokeet järjestettiin kolmella Kymin Oy:n männynkylvöalalla: Hyrynsalmen Juntulassa, Paltamon Lehmimäessä ja Vuolijoen Saaresmäessä. Kaikki paikat sijaitsevat leveyspiirien 64—65° välillä.

Koetaimistot

Hyrynsalmen koealalla oli suoritettu kulotus v. 1959 ja ruutukylvö 1960, Paltamon koealalla kulotus 1957 ja kylvö 1958 sekä Vuolijoen koealalla kulotus 1958 ja kylvö 1959. Hyrynsalmen ja Vuolijoen kylvökset olivat siten ensimmäisenä koesyksynä 1963 5 vuoden ja Paltamon 6 vuoden ikäisiä. Koetaimien pituus (taimituppaan parhaan taimen pituus, ks. s. 9) samalla hetkellä oli Hyrynsalmella keskim. 20—25 cm, Vuolijoella 30—35 cm ja vuotta vanhemmalla Paltamon koealalla 45—55 cm.

Kaikki koealat sijaitsivat laajoilla uudistusaloilla, missä ei ollut haittaa vesoista mutta kylläkin hieman muusta pintakasvillisuudesta.

Taulukko 1. Tietoja koetaimista. Mittaukset suoritettu syksyllä joka kolmannesta taimesta.

Table 1. Data on the plantations of the study. Measurements were carried out in the fall on every third tree.

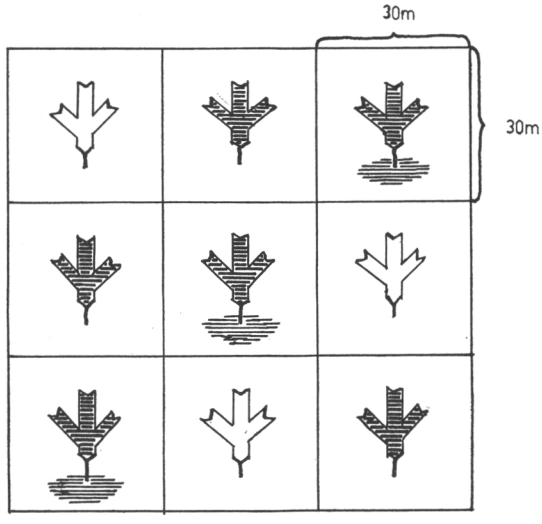
Paikkakunta *Locality*	Käsittely *Treatment*	Taimia mitattu, kpl *Number of trees measured*	Taimien pituus *Height of trees*		Taimien kasvu *Height growth of trees*	
			1963	1965	1964	1965
			Keskim. cm *Average, cm*			
Hyrynsalmi	PCNB	208	21.3	49.8	14.2	14.3
	Kontr. *Control*	89	25.2	52.0	13.8	13.0
Paltamo	PCNB	228	54.1	86.4	16.5	15.8
	Kontr. *Control*	110	45.7	77.7	16.4	15.6
Vuolijoki	PCNB	173	33.4	64.9	16.9	14.6
	Kontr. *Control*	92	34.1	61.0	14.9	12.0

Taulukko 2. Koetaimien määrät syksyllä 1963.
Table 4. Number of living trees in the fall of 1963.

Paikkakunta *Locality*	Pölytetty — *Dusted*						Kontrolli *Control*		
	Taimi ja maa *Tree + soil*			Taimi *Tree*					
	Koeruudut — *Sample plot*								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Taimien luku, kpl — *Number of trees*								
Hyrynsalmi, ...	132	161	68	133	142	130	147	122	135
Paltamo, ...	165	123	127	153	141	125	160	153	138
Vuolijoki, ...	104	126	89	94	109	87	121	102	108
Yhteensä — *Total*	401	410	284	380	392	342	1 186		
Yhteensä — *Grand total*	1 095			1 114			1 186		

Koeruudustot

Jokaisella tutkimusalueella etsittiin taimistosta mahdollisimman homogeninen taimistonkohta, johon kuvan 3 esittämällä tavalla paalutettiin 9 koeruudun ruudusto. Paltamolla ja Vuolijoella ruutujen koko oli 30 × 30 m ja koko koealan suuruus siten 90 × 90 m. Hyrynsalmella ruutujen suuruus oli 30 × 15 m ja koealan koko 90 × 45 m. Yhteensä kokeissa oli mukana 3 395 männyntainta (ks. tarkemmin taulukosta 2).



Kuva 3. Koeruutujen sijainti tutkimusalueella. Viivoitetut kohdat pölytetty.
Fig. 3. Location of sample plots in the experimental areas. Shaded plots were dusted.

Käsittelytavat

Jokaisessa koeruudustossa käsiteltiin syksyllä 1963 3 ruutua siten että pölytettiin sekä taimi että maata sen ympäriltä. Kolmessa ruudussa pölytettiin vain taimet. Viimeiset 3 ruutua olivat pölyttämättömiä vertailuruutuja. Ruutujen käsittelytapa määrättiin arpomalla (kuva 1).

Ensimmäisen koevuoden tulosten perusteella pölytettiin syksyllä 1964 vain taimia. Edellisenä syksynä käsiteltyjen ruutujen taimet pölytettiin tälläkin kerralla ja myös kontrolliruudut olivat kumpanakin vuonna samat.

Pölytykset suoritettiin käsikäyttöisellä paljepölyttimellä.

Pölytysajat

Pölytyksiä suoritettiin samoilla koealoilla syksyllä 1963 ja 1964. Niitä oli tarkoitus jatkaa niin monena vuonna että taimet käsitellyissä ruuduissa olisivat ehtineet kasvaa lumipeitteen läpi, jolloin niillä ei olisi enää ollut vaaraa kuolla lumikaristeeseen. Tällöin torjunnan kokonaiskustannukset olisi saatu selvitetyksi. Se ei kuitenkaan ollut mahdollista, sillä talvikautena 1964—65 koetaimistot sairastuivat niin pahasti männynkaristeeseen, *Lophodermium pinastri* L., että lumikaristekokeita ei voitu jatkaa. Vuolijoella männynkariste turmeli koetaimista lähes 40 %. PCNB-pölytys ei torjunut sitä tautia.

Syksyllä 1963 pölytettiin kolmena ajankohtana. Ensimmäinen käsittely oli määrä suorittaa lokakuun alkupäivinä, toinen kaksi viikkoa myöhemmin ja kolmas viime hetkessä ennen pysyvän lumen satamista. Kullakin kerralla käsiteltiin yhden ruudun taimet. Eri paikkakunnilla pölytettiin seuraavina päivinä:

	Pölytys		
	1	2	3
	Pvm		
Hyrynsalmi	7. X	21. X	2. XI
Paltamo	6. X	21. X	2. XI
Vuolijoki	5. X	20. X	28. X

Kun tulokset osoittivat että eri käsittelyajankohdilla ei ollut vaikutusta torjunnan onnistumiseen, suoritettiin syksyllä 1964 vain yhdet pölytykset lokakuun lopussa. Tällöin siis jokaisella kolmella paikkakunnalla käsiteltiin samanaikaisesti kaikkien 6:n pölytettävän ruudun taimet.

Syksyllä 1963 tehtiin muistiinpanot pölytyksiin kuluneesta ajasta. Täten pyrittiin hankkimaan orientoivia tietoja työhön tarvittavasta ajasta. Varsinaiset työtutkimukset pitäisi suorittaa laajemmissa puitteissa.

Koekemikaali

Koekemikaalina oli Farbwerke Hoechstin pölyte »Brassicol», joka sisältää tehoainetta 20 % (Kasvinsuojeluaineluettelo . . .). Vastaavia muita saatavissa olevia valmisteita ovat Farmos Oy:n »Fartox», Rikkihappo Oy:n »Avicol» ja Plant Protectionin »Botrilex». PCNB on suun kautta nautittuna lievästi myrkyllistä, LD_{50}-luku 1 650—12 000, ja iholla myrkytöntä (Jones . . . 1969).

Kokeiden tarkastus

Syksyn 1963 pölytystulokset tarkastettiin kesällä 1964 ja syksyn 1964 tulokset kesällä 1965.

Tarkastuksissa kiinnitettiin taimituppaassa huomio vain sen taimen karisteisuuteen, joka taimien keskinäisessä kilpailussa tai tuppaita harvennettaessa todennäköisesti olisi jäänyt voitolle ja kasvamaan ilman ulkopuolisia tuhoja. Eri yhteyksissä mainitut taimiluvut tarkoittavat siis myös taimituppaiden lukua. Jäljelle jäävä taimi on tuppaan vankin ja yleensä myös suurin. Siten pienemmät ja etenkin kontrolliruuduissa myös ankarimmin lumikaristeeseen sairastuneet taimet jäivät tarkastusten ulkopuolelle.

Tarkastuksissa luokiteltiin taimet lumikaristeisuuden puolesta seuraavasti:

1 = terve taimi,
2 = karistetta hyvin vähän alimmissa oksissa,
3 = » keskinkertaisesti,
4 = » runsaasti, taimi kuolemaisillaan,
5 = kuollut taimi.

Aineiston käsittelyn yhteydessä luokat 1 ja 2 yhdistettiin varmasti elossa säilyneiden taimien ryhmäksi A ja luokat 4 ja 5 tuhoutuneiden taimien ryhmäksi C. Luokan 3 taimia oli vaikea viedä kumpaankaan näistä käytännön kannalta mielenkiintoisista ryhmistä. Niissä oli tarkastushetkellä suuri osa, noin puolet latvuksesta terveenä, mistä syystä ne olisi voinut viedä elossä säilyneiden ryhmään. Näin runsaasti karisteisissa taimissa tauti kuitenkin myöhempinä talvina hyvin herkästi uusiutuu ja leviää taimen terveisiin osiin (Sjöström 1937; Mattsson-Mårn ja Nenzell 1941; Nenzell 1942; Shtshedrova 1962 Kossinskaja 1967). Kun tällaisten taimien elossa säilyminen tai kuoleminen myöhemmin siten ilmeisesti oli epävarmaa, ei niitä tässä yhteydessä haluttu viedä A- eikä C-ryhmään, vaan niistä muodostettiin oma ryhmänsä B. Kuten taulukosta 3 ilmenee (ks. myös kuva 4), tämä ryhmä kaikissa kokeissa jäi pieneksi. Aineistoja laskettaessa todettiin että koetulosten tulkinta ei muuttunut tai häiriintynyt jätettiinpä ryhmä B laskuista pois tai otettiin mukaan ryhmään A, johon se lähinnä olisi kuulunut. Siitä syystä se jätettiin pois.

TUTKIMUKSEN TULOKSET

PCNB-pölytyksen vaikutus lumikaristeisuuteen

Taulukossa 3 on esitetty pölytyskokeiden tulokset molemmilta tutkimusvuosilta. Syksyllä 1963 pölytetyistä taimista säilyi varmasti elossa (tuholuokka A) 96.8 % ja tuhoutui (tuholuokka C) 1.2 %. Pölyttämättömistä taimista säilyi elossa 86.1 % ja tuhoutui 10.9 %. Jokaisella kolmella koealueella erikseen pölytys oli erittäin olennaisesti vähentänyt lumikaristetta (taulukko 4).

Taulukko 3. PCNB-pölytyksen vaikutus lumikaristeisuuteen.
Table 3. The effect of dusting with PCNB on the occurrence of snow blight.

Tuholuokka *Class of condition*	1963				1964			
	PCNB-pölytys *Dusting with PCNB*	Taimia kpl *Number of trees*	Käsittelemätön *Control*	Taimia kpl *Number of trees*	PCNB-pölytys *Dusting with PCNB*	Taimia kpl *Number of trees*	Käsittelemätön *Control*	Taimia kpl *Number of trees*
	Taimista *Of trees* %		Taimista *Of trees* %		Taimista *Of trees* %		Taimista *Of trees* %	
1	90.4		81.3		58.0		34.4	
2	6.4		4.8		34.6		33.6	
3	2.0	2 209	3.0	1 186	5.3	2 183	11.9	1 057
4	0.6		4.1		0.7		6.7	
5	0.6		6.8		1.4		13.4	
A	94.8		86.1		92.6		68.0	
B	2.0	2 209	3.0	1 186	5.3	2 183	11.9	1 057
C	1.2		10.9		2.1		20.1	

Tuholuokat:

1 = terve taimi,
2 = karistetta hyvin vähän alimmissa oksissa,
3 = » keskinkertaisesti,
4 = » runsaasti, taimi kuolemaisillaan,
5 = kuollut taimi.

A = varmasti elinkelpoiset taimet (luokat 1+2),
B = taimien elossapysyminen epävarma (luokka 3),
C = tuhoutuneet taimet (luokat 4+5).

Classes of condition:

1 = sound trees
4 = very little blight on lower branches
3 = moderate occurrence of blight
4 = abundant blight, the tree dying
5 = killed trees

A = trees capable of living (class 1+2)
B = trees survival uncertain (class 3)
C = killed trees (class 4+5)

Syksyn 1964 pölytyksiä seuranneena talvena lumikaristetta esiintyi koepaikkakunnilla huomattavasti runsaammin kuin ensimmäisenä talvena (Khii-testissä $X^2 = 35.97$, $\varkappa^2_{0.01} = 6.63$). Pölyttämättömillä koealoilla säilyi varmasti elossa ainoastaan 68 % ja tuhoutui 20.1 % taimien luvusta. PCNB:llä käsitellyt taimet sitävastoin pysyivät tänäkin talvena hyvässä kunnossa, sillä varmasti eloonjääneitä oli 92.6 % ja tuhoutuneita 2.1 %. ($X^2 = 0.64$, $\varkappa^2_{0.1} = 2.71$) Kuten taulukosta 3 ilmenee, esiintyi lievää karisteisuutta niin pölytetyissä kuin pölyttämättömissäkin taimissa nyt paljon runsaammin kuin vuotta aikaisemmin.

PCNB-pölytyksin saatiin siis kumpanakin tutkimusvuonna lumikariste torjutuksi hyvin tehokkaasti. Kuten s. 20 todetaan, käsittelyllä oli ratkaiseva vaikutus taimistojen täydentämistarpeeseen.

Taulukko 4. PCNB-pölytyksen vaikutus taimien lumikaristeisuuteen eri koealoilla 1963. Käsittelyajat ja -tavat yhdistetty.

Table 4. The effect of dusting with PCNB on the occurrence of snow blight in various sample plots. Methods and times of treatment have been dealt with jointly.

Paikkakunta *Locality*	Käsittely *Treatment*	Taimia yht., kpl *Number of trees*	Tuholuokka *Condition class* C %	X^2
Hyrynsalmi	PCNB	609	1.1	55.53***
	Kontr. — *Control*	339	11.9	
Paltamo	PCNB	766	1.9	53.49***
	Kontr. — *Control*	404	11.9	
Vuolijoki	PCNB	834	0.7	67.62***
	Kontr. — *Control*	451	10.0	

Karisteisuuden riippuvuus PCNB-pölytystavasta

Taulukosta 5 ilmenee että pyrittäessä pölyttämään pelkästään taimi saatiin lumikariste torjutuksi yhtä hyvin kuin pölytettäessä taimen lisäksi myös maa sen ympäriltä. Tulos oli kaikilla koepaikoilla täysin samanlainen. Aineiston tilastomatemaattisessa testauksessa (kaikki alueet yhdessä) saatiin seuraavat arvot: $X^2 = 0.15$, $\varkappa^2_{0.1} = 2.71$.

Tulos on kiintoisa siitä syystä että pölytettäessä pelkästään taimet säästetään sekä pölytettä että työtä. Taimitarhoissa pölytetään harkitusti sekä taimet että maa niiden väliltä. Siellä tietysti käytännössä on mahdotontakin käsitellä pelkästään taimia, koska niitä niin koulinta- kuin kylvöaloillakin on hyvin tiheässä. M o r o s in (1964) mukaan maan ruiskuttaminen tehokkaalla karisteentorjunta-aineella estää lumikaristeen rihmaston kasvamisen talven aikana taimesta toiseen.

Taulukko 5. Lumikaristeisuuden riippuvuus pölytystavasta 1963.
Table 5. Depedence of the occurrence of snow blight on the method of dusting applied, 1963.

Koealue *Locality*	Pölytystapa *Method of dusting*	Taimia, kpl *Number of trees*	Tuholuokka *Condition class*		
			A	B	C
			% taimista % *of trees*		
Hyrynsalmi	Taimi+maa — *Tree+soil*	319	96.5	2.0	1.5
	Taimi — *Tree*	290	96.7	2.7	0.6
	Käsittelemätön — *Control*	339	85.8	2.4	11.5
Paltamo	Taimi+maa — *Tree+soil*	361	97.0	1.7	1.3
	Taimi — *Tree*	405	94.8	2.7	2.5
	Käsittelemätön — *Control*	404	84.6	4.2	11.2
Vuolijoki	Taimi+maa — *Tree+soil*	415	97.5	1.7	0.8
	Taimi — *Tree*	419	98.0	1.2	0.8
	Käsittelemätön — *Control*	451	87.8	2.5	9.7
Kaikki alueet — *All*	Taimi+maa — *Tree+soil*	1 095	97.0	1.9	1.1
	Taimi — *Tree*	1 114	96.5	2.2	1.3
	Käsittelemätön — *Control*	1 186	86.1	3.0	10.9

Taimitarhassa käytetään pölytettä hehtaarin alan käsittelyyn 25—50 kg (J a m a l a i n e n 1961). Koulittuja (2+1) männyntaimia mahtuu 2 000 kpl noin 20 m²:lle, joten siellä viljelyhehtaarille tuleva taimimäärä pölytetään 50—100 g:lla. Yksittäin taimia käsiteltäessä ei päästy yhtä vähällä, mutta joka tapauksessa on ilmeistä että 2—3 kg pölytettä silloinkin riittää ja pienien taimien ollessa kysymyksessä vähempikin määrä. Kysymys on lähinnä siitä miten vähäiset pölytemäärät saadaan levitetyksi tasaisesti.

Karisteisuuden riippuvuus PCNB-pölytysajankohdasta

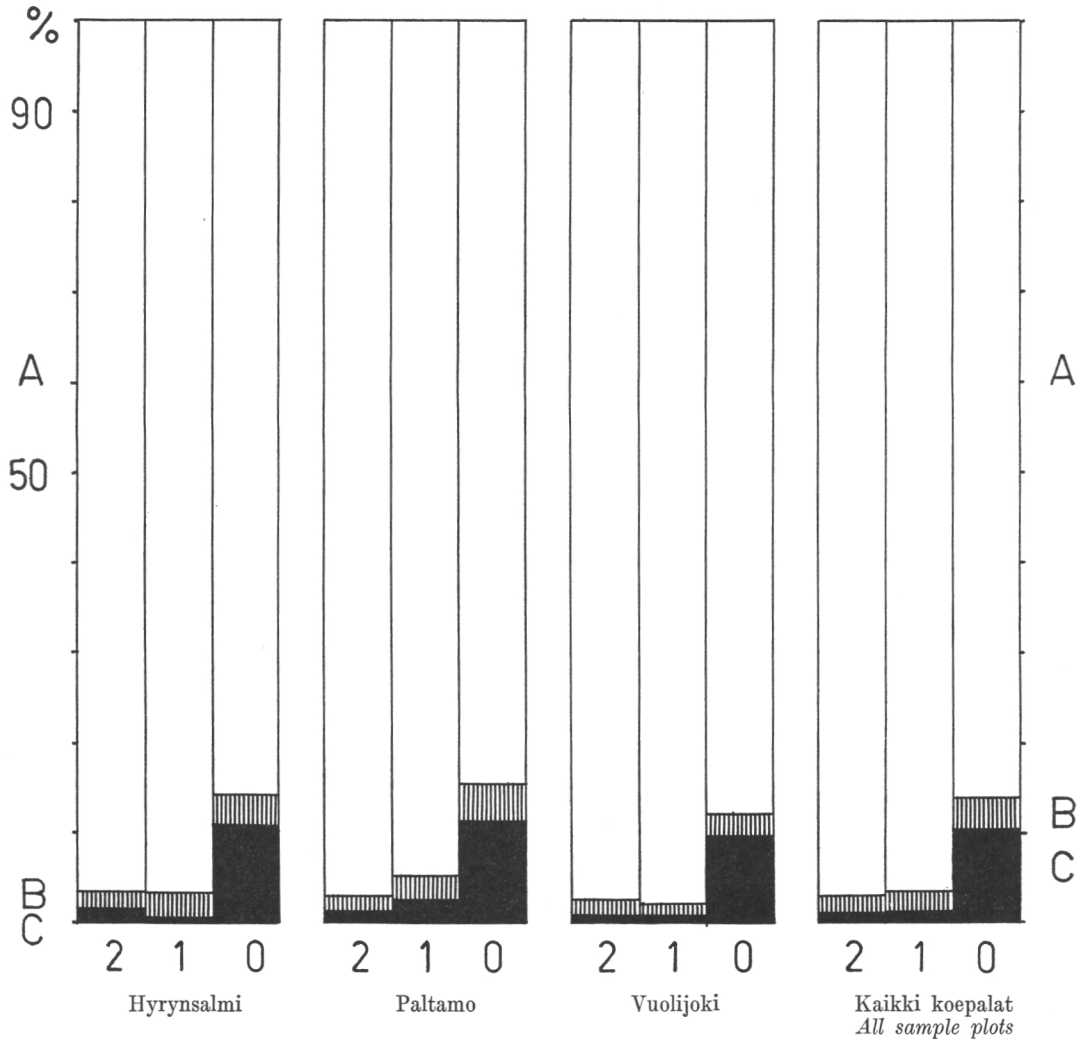
Taulukossa 6 on esitetty PCNB-pölytysajankohdan vaikutusta koskevat koetulokset syksyltä 1963. Niistä ilmenee että kaikilla 5. X—2. XI välisenä aikana suoritetuilla pölytyksillä on ollut hyvä teho. Tulos oli eri paikkakunnilla hyvin samanlainen. Yhdistettäessä eri paikkojen tulokset saatiin 5—7. X ja 28. X—2. XI pölytysten tilastomatemaattisen tarkastelun tuloksena seuraavat luvut: $X^2 = 0.180$, $\varkappa^2_{0.1} = 2.71$.

Tulos käy yksiin muiden tutkijoiden aikaisemmin tekemien havaintojen kanssa (ks. ss. 8—10), joiden mukaan lumikaristeen kemiallinen torjunta on mahdollista lokakuun alun ja pysyvän lumentulon välisenä aikana.

Myöhemmin (P e s s i ... 1970) on havaittu että PCNB-käsittely voidaan suorittaa vielä ensimmäisten lumien satamisen jälkeenkin tehon kärsimättä (vrt. M o r o s i n rikkikalkkikokeet 1964).

Torjuntapölytysten kustannuksista

Koeolosuhteissa kului viljelyhehtaarin pölytykseen aikaa 6.5 tuntia, kun hehtaarilla oli 2 000 käsiteltävää tainta. Kun taimia oli 2 500 kpl/ha, tar-



Kuva 4. Pölytystavan vaikutus lumikaristeisuuteen eri koealoilla 1963. A, B ja C = tuholuokat (ks. taulukko 3). Pölytystavat: 2 = pölytetty taimi ja maa sen ympäriltä, 1 = pölytetty taimi, 0 = ei pölytetty.

Fig. 4. Depedence of the occurrence of snow blight on the method of dusting applied on various sample plots. A, B and C are condition classes (see Table 3). Methods of dusting: 2 = tree+soil, 1 = tree, 0 = control.

Taulukko 6. Lumikaristeisuuden riippuvuus pölytysajasta 1963.
Table 6. Depedence of the occurrence of snow blight on the time of dusting 1963.

Koealue *Locality*	Pölytysaika *Time of dusting*	Taimia, kpl *Number of trees*	Tuholuokka *Conditions class*		
			A	B	C
			% taimista % *of trees*		
Hyrynsalmi	7. X	198	95.0	2.2	2.8
	21. X	213	95.7	3.9	0.4
	2. XI	176	98.9	1.1	0.0
	Käsittelemätön — *Control*	331	85.8	2.4	11.8
Paltamo	6. X	265	94.4	3.4	2.2
	21. X	203	98.0	1.6	0.4
	28. X	198	94.7	1.9	2.4
	Käsittelemätön — *Control*	404	84.6	4.2	11.2
Vuolijoki	5. X	318	98.2	1.2	0.6
	20. X	306	97.7	1.5	0.8
	2. XI	252	97.7	1.5	0.8
	Käsittelemätön — *Control*	451	87.8	2.5	9.7
Kaikki alueet	5— 7. X	781	96.1	2.2	1.7
All	20—21. X	722	97.2	2.2	0.6
	28. X—2. XI	626	97.0	1.6	1.4
	Käsittelemätön — *Control*	1 186	86.1	3.0	10.9

vittiin aikaa 7.5 t. N e n z e l l i n (1943) mukaan hehtaarin ruiskutukseen kuluu aikaa 3—3.5 t ruiskutettaessa kahdella ruiskulla, joista toista täytetään samaan aikaan kun toisella ruiskutetaan. Ruiskutettaessa on siten tarpeen 2 henkilöä eli yhteensä työaikaa silloinkin kuluu 6—7 t. Pölytystä rationalisoimalla ilmeisesti päästään ainakin jonkin verran parempiin päiväsaavutuksiin. Samoin epäilemättä pölytysnopeus on suurempi käsiteltäessä yksittäisiä istutustaimia kuin monitaimisia tuppaita joita kokeissa pölytettiin.

Pelkkien taimien pölytys saadaan suoritetuksi ainakin 2—3 kilolla pölytettä/ha, ilmeisesti vähemmälläkin ainakin vastaperustetuilla pienitaimisilla viljelyaloilla ja kun pölytteen käyttöön kiinnitetään erityistä huomiota (ks. s. 17).

Jos pölyttäjän päiväpalkka on 25 mk, pölytekilon hinta 3 mk, pölytettä käytetään 3 kg/ha ja hehtaarin käsittelyyn kuluu yksi työpäivä, saadaan pölytyskustannuksiksi noin 35 mk/ha. Kun vähäisten pölytemäärien levitykseen riittävät jopa vain muutaman 10 mk maksavat pölyttimet, ei niiden kuolettaminen juuri lisää kustannuksia.

Laskettaessa koulitun männyntaimen hinnaksi istutuspaikalla 7 p ja istutuskuluja toiset 7 p saadaan mainitulla 35 mk:lla istutetuksi 250 tainta.

Siitä kuinka näin laskettuna pölytykset olisivat kannattaneet koealueiden taimistoissa vuosina 1963—64 tehdään selkoa s. 22.

Yksi pölytys estää vain yhden talven tuhot. Käsittely on toistettava niin monena vuonna että taimet pääsevät varmasti lumipeitteen yläpuolelle, jolloin lumikariste ei niitä enää pysty tappamaan. Jos ajatellaan että vasta metrin pituinen taimi on pahalla karistealueella riittävän pitkä ja niin vankka että se ei enää lumen painosta taivukaan vaarallisen hangen sisään ja jos on käytetty 20 cm:n pituisia istutustaimia jotka kasvavat vuodessa 15 cm, tarvitaan noin 5 pölytystä. Kylvöaloilla tarvitaan useampia käsittelyjä, samoin siinä tapauksessa että latvatuhot joista tärkein on männynversoruoste, *Melampsora pinitorqva* (A. Br.) Rostr., hidastavat taimien kasvua.

PÄÄTELMIÄ

Pölyttämättömistä koetaimista kuoli lumikaristeeseen talvella 1963—64 keskim. 11 % ja talvella 1964—65 keskim. 20 % eli koko koeaikana noin 15 % vuodessa. Pölytetyistä taimista kuoli vastaavasti 1 ja 2 %. Tulosten käytännöllistä arvoa voi havainnollistaa tarkastelemalla mitä ko. luvut merkitsevät taimistojen säilymiselle. Laskelma on nähtävissä taulukossa 7.

Taulukko 7. Tuho-%:n vaikutus taimiston täydelliseen ja puolittaiseen tuhoutumiseen kuluvaan aikaan.

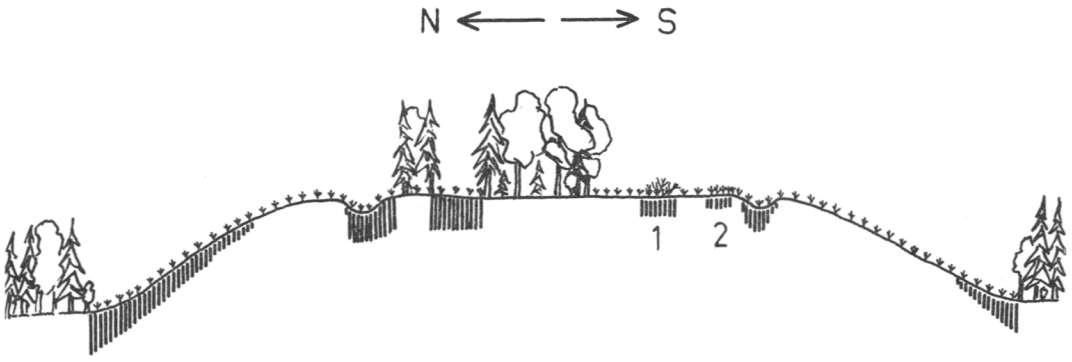
Table 7. The time required for half and complete destruction of plantations by various degrees of mortality.

Tuho-% *Mortality, %*	Taimista kuolee	
	50 % *50 % destruction*	100 % 100 % *destruction*
	Tarvittava aika v. *Time required, yrs*	
1	50	100
2	25	50
10	5	10
15	3—4	6—7
20	2—3	5

Luvuista voi päätellä, että jos taimia joka talvi kuolisi yhtä runsaasti kuin tutkimusvuosina, ei ainakaan kylvöjä saataisi missään tapauksessa onnistumaan ilman täydennyksiä. Kuolleisuus oli suuri vaikka taimilla oli kokeita aloitettaessa ikää jo 5—6 vuotta ja pituutta 20—55 cm, jolloin ne ainakin osaksi olivat riittävän kookkaita selviytyäkseen lievistä karistetalvista, joina tuho rajoittuu lähelle maanpintaa ja vaarantaa siten vain pienien taimien elämän.

PCNB-pölytyksillä saatiin kariste torjutuksi niin hyvin, että täydennykset toimenpiteiden ja tilanteen jatkuessa samanlaisina eivät olisi olleet tarpeen vaikka kysymyksessä olisivat olleet aivan nuoret kylvökset. Siten pölytyksillä näyttäisi olevan saavutettavissa niille asetettu tavoite.

Pölytyskustannuksia voidaan usein pienentää käsittelemällä vain eniten uhanalaiset taimiston osat. Paikat mihin lunta kerääntyy runsaasti ja mistä se keväällä sulaa hitaasti ovat erityisen alttiita taudille, kun taas vähälumiset ja nopeasti sulavat kohdat säilyvät terveinä. J a m a l a i s e n (1961) mukaan lumikaristeen torjunta taimitarhoissa ei ole tarpeen maan etelä- ja lounaisosien taimitarhoissa näiden seutujen vähälumisuuden vuoksi. Myös varsinaisilla karistealueilla on sekä runsas- että vähälumisia ja hitaasti ja nopeasti sulavia maastonkohtia. S h t s h e d r o v a (1962) havaitsi karistevaaran Neuvosto-Karjalassa olevan seuraavaan tapaan riippuvaisen kasvupaikan luonteesta:



Kuva 5. Maaston ja eräiden muiden tekijöiden vaikutus männyntaimien lumikaristeenalttiuteen. Karistevaara sitä suurempi mitä paksumpi pystyviivoitus. 1 = hakkuutähteitä ja vesoja taimien kohdalla, 2 = tiheä taimiryhmä.

Fig. 5. The influence of the topography and some other factors on the susceptibility to snow blight of young pines. The danger is the greater the stronger the vertical lines. 1 = slash and sprouts around the pines, 2 = dense group of young pines.

	Taimista lumikaristeisia %
Soistuneet paikat	5—15
Mustikka- ja moniruohomänniköt	5—15
Jäkälä- ja kanervakankaat:	
a) metsän sisäosat	10
b) lehtipuuvesakot	10—45
c) risukot (hakkuutähteet jne)	45—50
d) harjun pohjoisrinne	50
e) » etelärinne	15
f) » laki	15
g) tasanne jossa notkoja	40
h) » ei notkoja	20

Myös B j ö r k m a n (1949) on kiinnittänyt huomiota hakkuutähteiden aiheuttamaan karistevaaran lisääntymiseen. S j ö s t r ö m in (1937) mukaan syyshakkuista jäävät latvukset lisäävät vaaraa, mutta talvi- ja kesähakkuista jäävät ei. Syksyllä kaadettujen mäntyjen neulasiin kariste hänen mukaansa pystyy aiheuttamaan saastunnan, mutta ei enää kesän yli kuivuneisiin neulasiin.

Lindbergin (1914) mukaan hiekka- ja moreenimailla lumikariste esiintyy huomattavasti yleisempänä kuin savimailla.

Monien tutkijoiden mukaan (mm. Sjöström 1937; Nenzell 1943; Shtshedrova 1962) tiheät taimiryhmät keräävät enemmän lunta ja kärsivät enemmän karisteesta kuin yksittäiset harvassa kasvavat taimet. Sama on havaittu myös Kymin Oy:n uudistusaloilla Kainuussa (Heikkerö 1964). Pölytykset on siis kohdistettava erityisesti taimiryhmiin.

Pölytyskustannuksista puhuttaessa todettiin (s. 19) viljelyhehtaarin käsittelyn koeolosuhteissa vastanneen suunnilleen 250 taimen istutuskustannuksia. 250 taimen kuoleminen hehtaarilta jossa on ollut 2 000 tainta merkitsee 12.5 %:n tuhoa. Talvella 1963—64 tuho-% koealojen käsittelemättömissä ruuduissa oli lähes se eli 10.9 %. Seuraavana talvena taimia kuoli 20.1 % eli 400 tainta hehtaarilta. Niiden uudelleenistuttaminen olisi tullut paljon pölytystä kalliimmaksi. PCNB-käsittelyt olisivat siis olleet kannattavia näinä vuosina ainakin kahden vuoden jaksona asiaa tarkasteltaessa. Lisäksi on otettava huomioon että keskitettäessä pölytykset uhanalaisimpiin kohtiin kannattavuus olisi ollut vieläkin parempi. Koealat eivät sijainneet erityisesti karisteelle alttiilla paikoilla. Täydennysistutuksia ei myöskään saada suoritetuksi yhtä halvalla kuin tavanomaisia uudisistutuksia, joiden mukaan kustannuksia s. 19 on laskettu. Pölytysten puolesta olisi puhunut sekin, että täydennystaimet olisivat joutuneet pitemmäksi ajaksi alttiiksi lumensisäiselle karistevaaralle kuin pölytyksin pelastetut, syksyllä 1965 jo 50—80 cm:n pituiset (ks. taulukko 1), hyvässä kasvussa olleet alkuperäiset taimet.

Kemiallinen karisteentorjunta on hätäkeino, johon turvaudutaan silloin kun muut keinot eivät auta. Kustannukset nousevat joka tapauksessa melkoisiksi, koska toimenpide on vuosittain toistettava niin pitkälle että taimet ehtivät kasvaa lumipeitteen läpi. Ensin on syytä tutkia mitä kenties voitetaan muilla luonnollisemmilla ja vain kertaalleen suoritettavilla toimenpiteillä. Tällaisia ovat mm. tiheiden taimituppaiden harvennus, joka vähentää myös männynkaristeen, *Lophodermium pinastri* L., vaaraa (Kangas 1937), vesakontorjunta ja hakkuutähteiden tarkoituksenmukainen käsittely, joiden kaikkien vaikutuksesta lumikaristeen esiintymiseen on edellä mainittu. Myös on syytä suosia istutuksia kylvöjen sijasta, koska suuret istutustaimet selviytyvät nopeammin lumipeitteestä kuin kylvökset. Vaikeimmilla paikoilla on ehkä harkittava puulajin vaihtoa. Eteläisiä mäntyrotuja ei saa siirtää pohjoiseen karistealueille, koska ne siellä sairastuvat herkemmin kuin paikalliset ja paikallista pohjoisemmat rodut (Björkman 1963). Sjöström (1937) mukaan eteläistä alkuperää olevat taimet ovat myös pohjoisia taimia taipuisampia, joten lumi painaa ne varmemmin hangen alle karisteen ulottuville vielä suhteellisen pitkinäkin. Männyntaimien lannoituksen tarjoamiin mahdollisuuksiin on syytä kiinnittää huomiota. Lannoitus jouduttaa taimien kasvua lumipeitteen läpi ja siten välillisesti lisää taudinkestävyyttä.

Ainakin soilla parantaa kalilannoitus myös välitöntä kestävyyttä (K u r k e l a 1965). Syksyn säitäkin tarkkailemalla voidaan päätellä PCNB-pölytyksen tarpeellisuutta. Jos syksy on sateinen ja pysyvä lumi tulee sulalle maalle, on tarve suurempi kuin jos lumi kuivan syksyn jälkeen tulee routaantuneelle maalle (L i n d b e r g 1914). Asiaan vaikuttaa kuitenkin ratkaisevasti myös lumipeitteen paksuus ja sen sulamisnopeus keväällä, joten kovin varmoja syksyn sään perusteella tehtävät päätelmät eivät ole. M o r o s i n (1964) mukaan Itä—Karjalassa ovat olosuhteet joka talvi sellaiset, lumipeitteen paksuus 30 cm tai enemmän (yleensä 40—60 cm), että lumikaristeen esiintymisen perusvaatimukset tulevat täytetyiksi. Sama on meillä tilanne Kainuussa ym.

TUTKIMUSTULOSTEN TIIVISTELMÄ

Kokeellisesti pyrittiin selvittämään pentakloorinitrobentseeni- (PCNB-) eli kvintotseenipölytteen käyttömahdollisuuksia lumikaristeen, *Phacidium infestans* K a r s t. torjuntaan männynviljelyaloilla.

Koepölytyksiä suoritettiin syksyllä 1963 ja 1964 Kymin Oy:n 5—6-vuotisilla männynkylvöaloilla Hyrynsalmella, Paltamolla ja Vuolijoella.

Koekemikaalina käytettiin »Brassicol»-nimistä PCNB-valmistetta, joka sisälsi tehoainetta 20 %.

Talvella 1963—64 tuhosi lumikariste pölytetyistä taimista 1.2 % ja käsittelemättömistä taimista 10.9 %. Seuraavana talvena pölytetyistä kuoli 2.1 % ja pölyttämättömistä 20.1 %. Pölytetyistä taimista olisi näiden vuosien keskinopeudella kuollut puolet 25—50 vuodessa, pölyttämättömistä 3—5 vuodessa, joten PCNB-käsittelyin olisi muuten välttämättömät täydennysviljelyt saatu vältetyksi.

Pölytettäessä 5—7. X, 20—21. X ja 28. X—2. XI ei käsittelyajankohdalla ollut vaikutusta torjunnan tulokseen.

Pölytettäessä pelkästään taimi saatiin yhtä hyvä tulos kuin pölytettäessä taimen lisäksi myös maa sen juurelta. Siten 2 000 taimen viljelyhehtaarille riittää 2—3 kg:n pölytemäärä, vähempikin jos taimet ovat pieniä.

Koeolosuhteissa käsipölyttimillä työskenneltäessä kului 2 000 taimen viljelyhehtaarin käsittelyyn aikaa 6 tuntia. Työtä voidaan rationalisoinnin avulla nopeuttaa.

2 000 taimen viljelyhehtaarin kustannuksiksi saatiin (pölytettä 3 kg, päiväsaavutus 1 ha, päiväpalkka 25 mk) noin 35 mk, mikä vastaa noin 250 taimen istutuskustannuksia (taimen hinta 7 p, istutuskustannus 7 p). Näin laskettuna olisi koealojen taimistot kannattanut pölyttää vuosina 1963—64.

Jos istutetaan 20 cm:n pituisia taimia ja ne kasvavat vuodessa 15 cm, tarvitaan pölytyksiä noin viisi kertaa jotta taimet ehtisivät kasvaa ohi karistevaarasta eli saavuttaa 1 m:n pituuden.

PCNB-pölytys ei estänyt männynkaristeen, *Lophodermium pinastri* L. esiintymistä.

LÄHDELUETTELO

Björkman, E. 1949. Studier över snöskyttesvampens (*Phacidium infestans* Karst.) biologi samt metoder för snöskyttes bekämpande. Meddel.fr.Stat.-Skogsforskn. inst., 37.2.

—»— 1963. Resistance to Snow Blight (*Phacidium infestans* Karst.) in Different Provenances of *Pinus silvestris* L. Studia Forest. Suecica, 5.

Einarsson, S. 1965. Bekämpning av svampar och insekter i plantskolor. Föredrag vid kurs i kemisk bekämpning 25—27.2 och 7—9.4.1964. Moniste.

Faull, J. H. 1929. A fungus disease oc conifers related to the snow cover. Journ. Arnold Arboretum, 10, ss. 3—8.

—»— 1930. The spread and the control of *Phacidium* blight in spruce plantations. Ibid., 11, ss. 136—147.

Heikkerö, T. 1964. Kirje U. R:lle 13.7.1964.

Jamalainen, E. A. 1961. Havupuiden taimistojen talvituhosienivauriot ja niiden kemiallinen torjunta. Summary: Damage by low-temperature parasitic fungi on coniferous nurseries and its chemical control. Silva Fennica, 108.

—»— 1962. Talvituhosienten vauriot. Puiden taimien suojelu taimitarhassa. Kasvinsuojeluseuran julk. n:o 21, ss. 24—27.

Jones, K. H., D. M Sanderson and D. N. Noakes 1969. Acute toxicity data for pesticides (1968). World Review of Pest Control, ss. 135—143.

Kangas, E. 1937. Tutkimuksia mäntytaimistotuhoista ja niiden merkityksestä. Referat: Untersuchungen über die in Kiefernpflanzbeständen auftretenden Schäden und ihre Bedeutung. Metsäntutk.lait.julk., 24.1.

Karsten, P. A. 1886. Fragmenta mycologica XXIII. Hedwigia, 25, s. 232.

Kasvinsuojeluaineluettelo 1969. Kasvinsuojeluseuran julkaisuja n:o 39.

Коссинская, И. С. 1967. Эколого-географические особенности годичного цикло развития фациддиоза (снепсного щютте) сосны. Болезни лесных насаждений сибири, ss. 13—35.

Kujala, V. 1950. Über die Kleinpilze der Koniferen in Finnland. Selostus: Havupuiden pikkusienistä Suomessa. Metsäntutk.lait.julk., 38.4.

Kurkela, T. 1965. Männyn lumikaristetaudin ja lannoituksen suhteesta Kivisuon metsänlannoitusalueella. Summary: On the relationship between the snow blight (*Phacidium infestans* Karst.) and fertilization in Scotch pine seedlings. Folia Forestalia 14.

Lagerberg, T. 1912. Studier öfver den norrländska tallens sjukdomar, särskild med hänsyn till dess föryngring. Meddel. fr. Stat. Skogsförs.anst., Hft 9, ss. 135—170.

Lindberg, F. 1914. *Thelephora laciniata*, flikig barksvamp och *Phacidium infestans*, snöskytte, två stora skadegörare i de norrländska plantskolorna. Skogsvårdsfören. Tidskr., 12, ss. 569—574.

Liro, J. I. 1917. Tärkeimmät tuhosienet, ss. 149—150. Helsinki.

Mattsson-Mårn, L. och G. Nenzell 1941. Studier över snöskytteangrepp inom tallföryngringar å Bergvik och Ala Nya Aktiebolags marker. Norrl.Skogsvårdsfören. Tidskr., ss. 160—191.

В. К. Мороз 1964. Фацидиоз сосны в Карелии. Возобновление леса на вырубнах и выращивание сеянцев в питомниках, ss. 127 — 150.

Nenzell, G. 1942. Snöskyttestudier å Bergvik och Ala Nya Aktiebolags marker II. Snöskyttebarr som sjukdomsspridare. Norrl. Skogsvårdsförb. Tidskr., ss. 64—100.

—»— 1943. Redogörelse för undersökningar åren 1940—43 över snöskyttesvampen och dess bekämpande i tallföryngringar å Bergvik och Ala Nya A-B:s marker. Ibid., ss. 293—314.

—»— och Mattsson-Mårn 1941. Ks. Mattsson-Mårn.

Pessi, Y., M. Ylänen, O. E. Savas, M. Nieminen, Auvo Leskelä ja Jorma Syvälahti 1970. Syysviljojen talvituhosienen torjunta PCNB:llä. Summary: Control of low temperature parasitic fungi with PCNB. Journ. of the Scient. Agricult. Soc. of Finland, 42, ss. 96—103.

Pohjakallio, O. 1963. Kasvipatologia II. Tarttuvat kasvitaudit. Ss. 174—176. Porvoo—Helsinki.

Rummukainen, U. 1964. Lumikaristeen torjuntakokeita metsänviljelyaloilla Kainuussa. Metsälehti, n:o 49, s. 8.

В. И. Щедрова 1962. О болезнях сосновых культур и самосева в Карелии. Волросы лесоведения и лесной энтомологии в Кавелии, ss. 113 — 118.

Sjöström, H. 1937. Iakttagelser och undersökningar över snöskyttets *(Phacidium infestans)* uppträdande på tallen i höjdlägen i Norrland och Dalarna. Svenska Skogsvårdsför. Tidskr., 35, ss. 205—248.

ON THE CONTROL OF SNOW BLIGHT BY MEANS OF DUSTING WITH PCNB

Summary

In the regions of eastern and northern Finland, where snow is more plentiful than in other parts of the country, snow blight (*Phacidium infestans* K a r s t.) is the severest among the fungal diseases occurring on Scots pine *(Pinus silvestris)* both in the nursery and in plantations. In the worst cases 90—100 per cent of the stock may be killed in one winter.

According to J a m a l a i n e n (1961), snow blight control is effective in the nursery when PCNB is applied through spraying or dusting. The powder, the content of active principle of which is 20 per cent, should be used in quantities of 25—50 kg/ha in the period October—November.

As dusting is considerably easier to carry out than spraying, it was decided in 1963 to study possibilities of its use in plantations unstead of sprayings with sulphur-lime mixture and manganese, which methods are known since earlier times.

Experiments were established in three localities, all of which were situated in the region of Kainuu, between the 64th and 65th parallels. The plantations selected for the study had been established 5—6 years earlier by sowing, and at the time of dusting the mean height of the young trees of the various experimental areas ranged from 20 to 55 cm.

The plantations were dusted with a hand sprayer both in the fall of 1963 and 1964. In its beginning the experiment comprised 2209 young trees which had been dusted and 1186 controls. The fungicide used was a preparate called »Brassicol», the content of active principle of which was 20 per cent.

In the winter of 1963—64 snow blight destroyed 1.2 per cent of the dusted stock, the corresponding per cent being 10.9 for the control trees. In the winter of 1964—65 the corresponding figures were 2.1 and 20.9. The results were similar in all experimental areas concerned, and the effect of dusting was statistically highly significant for both of the winters in question.

Of the unsprayed trees 50 per cent would have been killed within 3—5 years at this rate of mortality, while, on the other hand, this degree of mortality would have been reached only after 25—50 years in the sprayed stock. Consequently, it would have been possible with the aid of PCNB application to avoid beating-up, which otherwise had been inevitable.

Sprayings on October 5—7, October 20—21 and October 28-November 2, 1963 showed that the time of treatment does not have any influence on the effect of application. In the fall of 1964 all sprayings were carried out simultaneously in the end of October.

In 1963 as good results were obtained through spraying the young trees alone as when spraying the ground around them, too. In 1964 only the trees proper were sprayed.

In the forest 2—3 kg of powder was consumed for treatment of 2 000 transplants. This quantity can be reduced, however, at least when the trees are small. In the nursery the same number of transplants require a quantity of 50—100 g of powder.

Under the conditions prevailing during the experiment 2 000 transplants were sprayed in the course of six hours, but it is possible to cut down the time required.

The cost of dusting an area of one hectare (3 kg of powder and 1 man-day of work) corresponds to that of planting 250 transplants. In the years of study dusting would have been cheaper than beating-up in plantations of the kinds covered by the study.

Dusting with PCNB did not keep out *Lophodermium pinastri* L. from the plantations in the winter of 1965—65, but the occurrence of this species disturbed the experiments on *Phacidium* to such an extent that they were finished before the young trees were able to grow above the snow cover, thus avoiding the threat from *Phacidium*. Because of this circumstance the total costs of control remain open. We might draw the theoretical conclusion, however, that dusting is required during a period of 4—5 years if the height of the transplants used is 20 cm and their annual growth, 15 cm.