

FOLIA FORESTALIA 515

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1982

MATTI KÄRKKÄINEN
JA OLLI UUSVAARA

NUORTEN MÄNTYJEN LAATUUN
VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ

FACTORS AFFECTING THE QUALITY
OF YOUNG PINES



METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Osoite: Unioninkatu 40 A
Address: SF-00170 Helsinki 17, Finland

Puhelin: (90) 661 401
Phone:

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Olavi Huikari
Yleisinformatio: <i>General information:</i>	Tiedotuspäällikkö <i>Information Chief</i>	Tuomas Heiramo
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonon
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittaja <i>Editor</i>	Seppo Oja

Metsäntutkimuslaitos on maa- ja metsätalousministeriön alainen vuonna 1917 perustettu valtion tutkimuslaitos. Sen päätehtävänä on Suomen metsätaloutta sekä metsävarojen ja metsien tarkoituksenmukaista käyttöä edistävä tutkimus. Metsäntutkimustyötä tehdään lähes 800 hengen voimin yhdeksällä tutkimusosastolla ja yhdeksällä tutkimus- ja koemasella. Tutkimus- ja koetointaa varten laitoksella on hallinnassaan valtionmetsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 kokeilualueeseen ja joihin sisältyy kaksi kansallis- ja viisi luonnonpuistoa. Kenttäkokeita on käynnissä maan kaikissa osissa.

The Finnish Forest Research Institute, established in 1917, is a state research institution subordinated to the Ministry of Agriculture and Forestry. Its main task is to carry out research work to support the development of forestry and the expedient use of forest resources and forests. The work is carried out by means of 800 persons in nine research departments and nine research stations. The institute administers state-owned forests of over 150 000 hectares for research purposes, including two national parks and five strict nature reserves. Field experiments are in progress in all parts of the country.

FOLIA FORESTALIA 515

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1982

Matti Kärkkäinen ja Olli Uusvaara

NUORTEN MÄNTYJEN LAATUUN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ

Factors affecting the quality of young pines

KÄRKKÄINEN, M. & UUSVAARA, O. 1982. Nuorten mäntyjen laatuun vaikuttavia tekijöitä. Abstract: Factors affecting the quality of young pines. *Folia For.* 515:1—28.

Tutkimuksen aineisto käsitti 140 istutettua ja 31 luontaisesti syntynyttä nuorta männikköä Etelä- ja Keski-Suomessa. Aineistosta selvitettiin tärkeimpiä runkojen laatuun vaikuttavia tekijöitä sekä niiden vaihtelua. Erityistä huomiota kiinnitettiin koealojen välisen ja sisäisen vaihtelun erottamiseen. Koealojen välisen vaihtelun tarkastelu perustui koealoittaisiin keskiarvoihin ja koealan puiden välisiin standardipoikkeamiin. Keskiarvoja ja hajontoja selitettiin regressioanalyysin avulla. Myös puiden välistä vaihtelua tarkasteltiin.

Tulosten mukaan vaihtelu koealan sisällä ei ollut samanlaista kuin koealojen välillä. Esimerkiksi rungon rinnankorkeusläpimitta selitti monia puun laatua ja muotoa kuvaavia muuttujia, mutta sen lisäksi oli tärkeä puun sosiologista asemaa kuvaava rungon läpimitan ja koealan keskiläpimitan ero. Esimerkiksi jatvussuhteen vaihtelusta selitti rinnankorkeusläpimitta 4,6 %, mutta kun ennusteyhtälöön lisättiin läpimitan ja koealan keskiläpimitan ero, selityssaste kohosi 29,6 %:ksi. Eräissä tapauksissa riippuvuus voi olla koealan sisällä vastakkainen koealojen väliseen riippuvuuteen verrattuna. Esimerkiksi puuaineen tiheys on samankäisissä koealan suurissa puissa alhaisempi kuin pienissä puissa, vaikka koealojen välisessä vaihtelussa tiheys kasvaakin puiden suuretessa.

Tulosten mukaan puiden koko vaikutti moniin laatutunnuksiin. Jos puun koon vaikutus eliminoitiin, tärkeimmäksi laatutekijäksi saatiin kasvunopeus: mitä suurempi oli kasvunopeus, sitä alhaisempi oli laatu. Suuri kasvunopeus saattoi johtua mm. alhaisesta metsän tiheydestä, kasvupaikan viljavuudesta jne. Puiden syntyvän vaikutus oli sitä vastoin pieni lukuun ottamatta lenkoutta, joka oli istutusmänniköissä pahempi vika kuin luonnonmänniköissä.

The study material comprised of 140 planted and 31 naturally seeded young pine stands from southern and central Finland. The most important quality characteristics and the factors affecting them were studied. Special care was taken to distinguish the variation within stands and between them. The analysis between stands was based on the averages and standard deviations of the plots. Both averages and deviations between trees were predicted using regression analysis. In addition, other results were computed from the data on all the trees.

Many variables describing the quality and form of the trees behaved differently within the stand from the variable between the stands. In many cases it was not only breast height diameter that was important but also its difference from the plot average diameter describing the trees' sociological status. For example, tree diameter accounted for 4,6 % of the variation in the crown ratio, but if the difference from the plot average was included, the degree of explanation was as high as 29,6 per cent. In some cases the effect of tree size could be different inside a stand from that between stands. The basic density of wood was an example: within the stand it decreased as the size increased, but between stands the trend was the reverse.

One of the most important factors affecting tree quality was size. If its effect was eliminated, numerous quality factors were predicted by the growth rate regardless of the reason for the good growth. The effect of the regeneration method was small except for sweep which was more common in planted than in natural stands.

ODC 232.43:54:174.7 *Pinus sylvestris*
ISBN 951-40-0567-8
ISSN 0015-5543

Helsinki 1982. Valtion painatuskeskus

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	4
2. TUTKIMUSMENETELMÄ JA AINEISTO	5
21. Tutkimusmenetelmä	5
22. Tutkimusaineisto	6
3. TULOSTEN LASKENTA	7
4. KOEALOITTAISET TULOKSET	9
41. Keskiarvot	9
42. Yleislaatu	9
43. Yleinen oksaisuuslaatu	10
44. Elävät oksat	11
45. Kuivat oksat	12
46. Lenkous	13
47. Solakkuus	14
48. Tulokset puiden keskikoon vakioinnin jälkeen	14
5. RUNGOITTAISET TULOKSET	17
51. Oksaisuustunnukset	17
52. Kuiva-tuoretiheys	19
53. Runkoviat	22
54. Muita tunnuksia	23
6. TULOSTEN TARKASTELUA	24
7. TIIVISTELMÄ	26
KIRJALLISUUTTA	26

1. JOHDANTO

Metsänviljelyn merkitys uudistamismenetelmänä on kasvanut luontaisen uudistamisen rinnalla jatkuvasti viimeisten vuosikymmenien aikana. Samalla on istuttaminen, jota nykyisin tehdään 100 000 — 130 000 ha vuosittain (Uusitalo 1981), syrjäyttämässä yhä täydellisemmin kylvön männyn viljelyssä. Istutuksen eräinä merkittävänä etuina on pidettävä sen soveltuvuutta koneelliseen puunkorjukseen sekä sellaisten alueiden nopeaa taimettumista, joilla esimerkiksi maaperän ominaisuudet asettavat esteitä muiden uudistamismenetelmien käytölle. Erityisesti istutustyön onnistuminen riippuu kuitenkin suuressa määrin viljelyn eri vaiheiden huolellisesta suunnittelusta, taimien hyvästä laadusta ja kunnosta sekä työn huolellisuudesta.

Nykyisen käytännön mukaan jo alun perin harvaan kasvuasentoon istutetut männiköt jäävät usein taimien luontaisen kuolleisuuden vuoksi vajaapuustoisiksi (Leikola ym. 1977, Rautiainen ja Räsänen 1980, Pelkonen ym. 1982). Aukkoisissa ja harvoissa männyntaimikoissa latvusten sulkeutuminen tapahtuu myöhään, mikä lisää oksien ja neulasten osuutta runkopuuhun verrattuna. Istutustiheyden merkitystä oksan paksuuden ja yleisen oksikkuuden kannalta on tutkittu paljon (mm. Eklund 1956, Nylinder 1959, Erteld 1975, Persson 1977, Kellomäki ja Tuimala 1981, Jokinen ja Kellomäki 1982). Nykyisten taimikonhoito-ohjeiden mukaan suositetaan myös taimikon myöhemmässä käsittelyssä alhaiseen peruspuuston määrään johtavia käsittelytapoja. Väärä ja huolimaton istutustapa johtaa myös runkovikojen, erityisesti lenkouden lisääntymiseen männiköissä (Huuri 1976). Harvasta peruspuustosta ja huonolaatuisten runkojen suuressa osuudesta johtuen on istutusmänniköissä usein olemassa vaara, että päätehakkuuvaiheeseen ei jää riittävästi sahapuun vaatimukset täyttävää puustoa.

Mäntyrunгон nuoruusajan paksuuskasvun vaikutus erityisesti tyviosan laatuun on todettu tärkeäksi. Tässä suhteessa viljelymänniköt poikkeavat luonnonmänniköistä,

jotka parhaimmillaan kehittyvät taimikkovaiheessa ylitiehinä. On kuitenkin syytä uskoa, että myös voimakkaasti periytyvät rodulliset laatutekijät aiheuttavat eroja viljely- ja luonnonmänniköiden välillä (Persson 1972, Velling 1974, 1978).

Vanhojen, pääasiassa kylvöistä syntyneiden männiköiden laatu on todettu Uusvaaran (1974, 1981e) tutkimuksissa heikommaksi kuin vastaavan ikäisten luonnonmänniköiden laatu. Edellä mainituissa samoin kuin Kärkkäisen (1980a, 1980b) tutkimuksissa selvitettiin myös pystypuiden laatu-tunnuksia sahatukkien ja sahatavaran laadun kannalta. Varmola (1980) tutki nuorten istutusmänniköiden ulkoisia laadullisia ominaisuuksia ja niihin vaikuttavia tekijöitä. Hänen saamansa tulokset sekä Uusvaaran (1981a, 1981b, 1981c, 1981d) käsillä olevan tutkimuksen aineistosta laskemat alustavat ennakkotulokset ovat osoittaneet nuorten istutusmänniköiden laadun huolestuttavan heikoksi tulevaa sahatavaran laatua ajatellen. Edellä mainittuja tutkimuksia lukuun ottamatta nuorten istutusmänniköiden laadusta on tehty varsin vähän Suomen oloihin soveltuvia selvityksiä.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää nuorten, 1960-luvulla joko istuttaen tai luontaisesti syntyneiden männiköiden laatua ulkoisten ja sisäisten laatu-tunnuksen perusteella ja näiden laatu-tunnuksen vaihtelua ja riippuvuutta eri tekijöistä. Tavoitteet ovat pääkohdittain seuraavat.

1. Ulkoisten ja sisäisten laadun tunnuksen vaihtelu istutus- ja luonnonmänniköissä koalojen sisällä ja koalojen välillä sekä tunnuksiin vaikuttavat tekijät.
2. Ulkoisten ja sisäisten laadun tunnuksen rungottainen vaihtelu.
3. Ulkoisen ja sisäisen laadun tunnuksen välinen riippuvuus.
4. Istutus- ja luonnonmäntyrunkojen väliset laatu-erot ja niihin vaikuttavat tekijät.

Tutkimuksen kirjoittajista Uusvaara suunnitteli ja valvoi tutkimuksen kenttä- ja laboratoriotyöt sekä kirjoitti luvut 1 ja 2. Kärkkäinen teki atk-laskennan ja kirjoitti muut luvut. Lopullinen käsikirjoitus muo-

kattiin yhdessä. Kenttätöistä vastasivat Tauno Oittinen ja Erkki Salo työryhmineen. Laboratoriotöistä huolehti Kaarina Klemetti, atk-kirjoituksesta Aune Rytkönen ja teknisestä viimeistelystä Pirkko Kinanen ja

Raija Siekinen. Käsikirjoituksen lukivat Pentti Hakikila, Eero Paavilainen, Juhani Salmi ja Yrjö Vuokila.

Kiitämme saamastamme tuesta.

2. TUTKIMUSMENETELMÄ JA AINEISTO

2.1. Tutkimusmenetelmä

Tutkimusaineisto kerättiin Etelä- ja Keski-Suomesta siten, että mukaan pyrittiin saamaan aineistoa pääasiassa yksityismailta, mutta aineiston monipuolistamiseksi myös valtion ja yhtiöiden alueilta. Yksityismaiden ollessa kyseessä tietyn piirimetsälautakunnan tietyn metsänhoitoyhdistyksen alueella sijaitsevista, määrävaatimukset täyttävistä taimikoista arvottiin tutkimuksen kohteeksi 10 istutusmännikköä. Koealoja perustettiin myös Metsäntutkimuslaitoksen kokeilu-alueisiin, metsäopistojen havaintometsiin sekä metsähallituksen hoitoalueisiin, joissa valintaperusteet ja käytäntö olivat samat. Taimikolle asetetut vaatimukset olivat seuraavat:

1. Männikkö oli istutettu 1960-luvulla.
2. Metsikkö sijaitsi kivennäismaalla, maastoltaan yhtenäisellä alueella, männylle tyypillisellä kasvupaikalla eli metsätyypeillä CT, VT tai MT.
3. Alueella ei ollut pahoja tuhoja esim. hyönteisten tai hirvien vuoksi.
4. Tarpeelliset perustamis- ja käsittelytiedot olivat saatavissa.
5. Vierasta puulajia tai luonnontaimia oli istutustaimien joukossa korkeintaan 10 %.

Istutusmänniköiden ohella kullakin paikkakunnalla pyrittiin tutkimaan samalla menetelmällä kymmentä istutusmännikköä kohti kaksi luonnonmännikköä, joille asetetut vaatimukset olivat istutusmänniköitä vastaavat.

Koeala sijoitettiin metsikköön sattumanvaraiseen paikkaan siten, että metsikön reunaan saavuttaessa viljelykuvion kartalle piirrettiin saapumispisteestä lähtien halkaisija, joka jaettiin neljään yhtä pitkään osaan. Koeala perustettiin arpomalla saadun neljänneksen keskelle. Jos paikka oli sopimaton (esim. kallio, suonotkelma), koeala siirrettiin seuraavaan neljännekseen. Koeala rajattiin ympyräkoelana, jonka säde oli puuston tiheydestä riippuen 5,64 m tai 7,98 m. Alueelle pystytettiin pysyvä keskipaalu myöhemmän käytön varalta.

Koealalta merkittiin muistiin yleistietoja kuten perustamistapa ja -aika, maan pinnan käsittely, taimien ikä ja laatu, metsätyyppi, pohjapinta-ala ja puiden ikä. Lisäksi selvitettiin taimikkoon mahdollisesti kohdistuneet toimet, kuten täydennysistutus, harvennukset ja perkaukset.

Puiden luku aloitettiin paalun pohjoispuolelta oikealle kiertäen kunnes 20 runkoa oli mitattu ja numeroitu. Kutakin koealaa kohti tutkittiin nämä 20 puuta. Mikäli koealalla oli ylimääräisiä runkoja, mitattiin vain niiden rinnankorkeuslähimmitat. Puiden sijainti ja numerointi merkittiin piirroksen muodossa muistiin, joten koeala voidaan myöhemmin tarvittaessa löytää.

Kustakin koeapuusta tehtiin puun yleistä laatua ja oksaisuutta koskevat silmävaraiset havainnot, joiden mitta-asteikot olivat 1—4 ja 1—5.

Puun yleisoksausuus luokiteltiin ottamalla huomioon oksien paksuus suhteessa rungon kokoon, oksien pituus ja oksakulma seuraavan luokittelun mukaisesti.

1. Ohutoksainen
2. Keskioksainen
3. Paksuoksainen
4. Erittäin paksuoksainen (susipuumainen)

Yleislaadussa otettiin oksaisuuden lisäksi huomioon latvuksen muoto ja leveys sekä runkoviati. Sanallisesti asteikko oli seuraava.

1. Erittäin hyvä
2. Hyvä
3. Kohtalainen
4. Heikko
5. Erittäin heikko

Kenttätöitä tekevien mittausryhmien kokoonpano oli koko tutkimusten ajan sama, joten eri kohteissa tehdyt luokitukset ovat verrattavissa toisiinsa.

Kaikista pystykoepuista tehtiin seuraavat mittaukset.

- puun pituus
- läpimitta 1,3 m korkeudella
- latvuksen leveys
- kapeneminen rinnankorkeuslähimmitan ja pituuden puolivälissä mitatun läpimitan erotuksena
- elävien oksien alaraja
- kuivien oksien alaraja
- paksuimman kuivan oksan läpimitta
- runkoviati ja niiden sijainti
- muut viati.

Runkovioista havainnoitiin mutkien, pystyokkien ja lenkouden esiintyminen sekä niiden sijainti rungossa. Kustakin rungosta merkittiin muistiin sijaitsiko vika rungon tyvessä tai sen välittömässä läheisyydessä, ylempänä rungossa tai molemmilla alueilla.

Muista kuin edellä mainituista vioista tai niiden aiheuttajista tehtiin havainnot joko rungosta tai oksista seuraavasti.

1. Versoruoste (*Melampsora pinitortqua*)
2. Monilapvaisuus
3. Katennut latva (mikäli varsinaista vioittuman syytä ei tiedetty)
4. Tyvikoro
5. Runkokoro
6. Lumituho
7. Mäntypistiäinen
8. Hirvi
9. Haaroittuma

Tulokset ovat osittain lähinnä suuntaa antavia,

koska arviot olivat silmävaraisia eikä arviointiryhmällä ollut kaikkien tuhojen varmaan tunnistamiseen tarvittavaa asiantuntemusta. Niinpä esimerkiksi versoruostesieni on voitu joissakin tapauksissa sekoittaa versosyöpään (*Gremmeniella abietina*), joka viime vuosina on aiheuttanut tuhoja nuorissa männiköissä (Kallio 1981).

Mäntypistiäinen oli ilmeisesti kaikissa tapauksissa ruskea mäntypistiäinen (*Neodiprion sertifer*), joka on pistiäislajeista yleisempi (Juutinen 1981).

Koealan puista kaadettiin arvannon jälkeen viisi runkoa, joista tehtiin aiempien lisäksi seuraavat mitaukset.

- paksuimman elävän oksan pituus, läpimitta ja viimeisin vuosikasvu
- paksuimman elävän oksan korkeus kannosta
- joka toisen täyden oksakiehkuran paksuin oksa ja sen oksakulma alhaalta päin aloittaen
- puun viiden viimeisen vuosikasvun yhteinen pituus
- rungon lenkous neljän metrin matkalla.

Kaadetuista rungoista otettiin 3–4 cm paksut kiekot kannon, 1,3 m sekä rungon puolivälin ja 3/4 korkeudelta välttämättä kuitenkin sahauskohdassa oksakiehkuroita. Paksuimmasta elävästä oksasta otettiin oksan paksuudesta riippuen noin 5 cm pituinen pala oksan tyvestä sekä oksan pituuden puolivälistä. Osassa aineistoa otettiin kahdesta koealan kaadetusta puusta kiekot lisäksi rungon suhteellisilta korkeuksilta 10, 20, 30, 40, 60, 80 ja 90 % puuaineen ominaisuuksien rungon pituussuuntaisen vaihtelun selvittämiseksi.

Rungon kiekkonäytteistä määritettiin puuaineen kuiva-tuoretiheys ja keskimääräinen vuosiluston leveys. Oksapaloista tehdyt määritykset olivat samat.

Istutusmänniköiden oksien kyljestymisen ja karsintakelpoisuuden tutkimiseksi koealan valtapuista karsittiin viisi runkoa oksasahalla niin korkealle kuin se puun kasvukyvyyn säilyttämisen huomioiden oli mahdollista, kuitenkin korkeintaan viiteen metriin asti. Karsintakorkeus ja jäljelle jääneen latvuksen pituus merkittiin muistiin. Kaikista karsituista tuoreista oksakiehkuroista sekä ylimmistä kolmesta kuivasta oksakiehkurasta mitattiin paksuimman oksan läpimitta ja

kiehkuran oksien lukumäärä. Myöhemmin mahdollisesti tehtävin tutkimuksin voidaan selvittää eri laatuisten ja erilaisissa kasvuoloissa kehittyneiden runkojen oksien kyljestymistä ja karsinnan onnistumista.

22. Tutkimusaineisto

Tutkimuksen sisältämien istutusmänniköiden puuston ikä oli 9...25 a ja luonnonmänniköiden 12...25 a. Tutkimusaineisto rajoittui alueellisesti Etelä- ja Keski-Suomeen painopisteen ollessa Hämeessä ja Länsi-Suomessa (taulukko 1). Istutusmänniköitä mitattiin kaikkiaan 140 ja luonnonmänniköitä 31, joista pääosa sijaitsi yksityismailla valtion maiden ollessa seuraavaksi yleisin ryhmä.

Metsiköt kasvoivat pääasiassa puolukkatyypillä, viljelymänniköt kuitenkin jonkin verran luonnonmänniköitä rehevämmissä kasvupaikoilla. Koealoista oli kannervatyypillä 2,9 %, puolukkatyypillä 73,1 % ja mustikkatyypillä 24,0 %.

Istutusmänniköt oli perustettu pääosin avojuurisiin taimiin, mutta myös ruukutaimi-istutusta esiintyi. Nykyisten suositusten mukaan mäntyä ja kuusta olisi istutettava vain 2 000 kpl/ha (Takala 1978). Yli puolella kaikista viljelykohteista oli käytetty suosituksia tiheämpää taimiväliä, kuten ilmenee seuraavasta jaotelmasta.

Istustiheys r/ha	Koealoja %
1500	2
2000	46
2500	46
3000	4
3500	2

Koealoilta mitatut runkoluvut (1 200...4 100 r/ha) olivat useimmissa tapauksissa suuremmat kuin alkuperäinen viljelyalan istustiheys olisi edellyttänyt. Tämä on osoituksena siitä, että uudistusaloille oli syntynyt varsin runsaasti luontaista taimiainesta, joka oli korvannut taimikon kuolleisuutta. Luonnonmänniköiden

Taulukko 1. Tutkimusaineisto paikkakunnittain.
Table 1. The investigation material by localities.

Paikkakunta Locality	Metsiköitä, kpl Number of stands		Runkoja, kpl Number of stems		Kaadettuja puita, kpl Number of felled trees	
	Viljely Plantation	Luonnon Natural	Viljely Plantation	Luonnon Natural	Viljely Plantation	Luonnon Natural
Parkano	10	3	200	60	50	15
Noormarkku	10	4	200	80	50	20
Tammela	10	2	200	40	50	10
Tuusula	10	2	200	40	50	10
Evo	10	2	200	40	50	10
Loimaa	10	2	200	40	50	10
Laitila	10	2	200	40	50	10
Perniö	10	2	200	40	50	10
Korkeakoski	10	2	200	40	50	10
Ähtäri	10	2	200	40	50	10
Punkaharju	10	2	200	40	50	10
Jyväskylä	10	2	200	40	50	10
Pieksämäki	10	2	200	40	50	10
Imatra	10	2	200	40	50	10
Yhteensä — Total	140	31	2800	620	700	155

syntymistä oli osittain edistännyt myös joidenkin uudistusalojen laikutus tai auras ennen istutusta.

Useimmissa kohteissa (76,6 %) taimikot oli käsitelty perkauksin tai harvennuksin joitakin ylihteitä luonnontaimikoita lukuun ottamatta. Useissa rehevän kasvupaikan kohteissa taimikko oli alkuvaiheissaan myös vapautettu heinästä. Lannoitettuja kohteita ei hyväksytty aivan äskettäin lannoitettuja lukuun ottamatta, jolloin voitiin katsoa lannoituksen vaikutuksen jääneen vähäiseksi. Täydennysistutusta oli tehty 6,4 %:lla

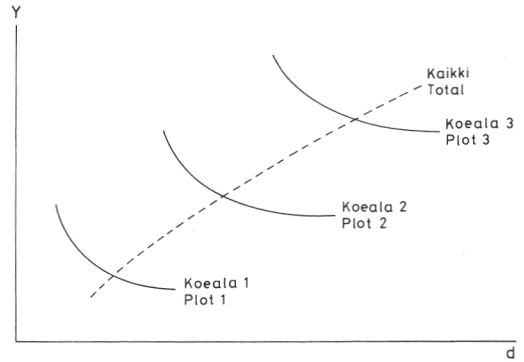
koealoista eli 7,8 %:lla istutusmänniköistä.

Viljelyyn käytetyn siemenen alkuperä oli suurimaksi osaksi tuntematon. Vain kahdessa paikassa tiedettiin siemenen olevan varmasti paikallista rotua. Samoin kahdessa paikassa siemen oli osaksi paikallista alkuperää, mutta osaksi siirretty arveluttavan kaukaa kasvupaikalleen. Alkuperän merkitys kasvun, tuhoriskin ja laadun kannalta saattaa kuitenkin olla huomattava.

3. TULOSTEN LASKENTA

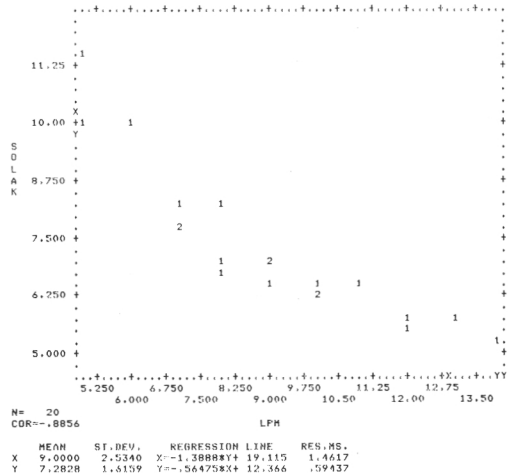
Tuloksia laskettaessa osoittautui tärkeäksi erottaa koealojen välinen ja sisäinen hajonta, koska koealoittain ja koko aineistosta tehtävät päätelmät eivät välttämättä olleet samoja. Eräissä tapauksissa saatiin tarkasteltujen muuttujien välille jopa päinvastainen riippuvuus tarkastelemalla koko aineistoa kuin tarkastelemalla sitä koealoittain. Tämä on luonnollista ja ymmärrettävää kuvan 1 perusteella. Siinä ominaisuus y pienenee läpimitan kasvaessa kullakin kolmella koealalla (ehyet viivat), mutta tarkasteltaessa koko aineistoa ominaisuus y kohoaa läpimitan kasvaessa (katkoviiva). On siis tärkeää erottaa eri tarkastelutasoja koskevat väittämät. Tässä suhteessa lienee tapahtunut laiminlyöntejä, jotka ovat vaikeuttaneet eri tutkimustulosten vertailua ja aiheuttaneet tulosten erilaisuutta.

Runkojen solakkuus (pituuden (dm) ja rinnankorkeusläpimitan (cm) suhde) osoittautui erityisen mielenkiintoiseksi. Lähes poikkeuksetta kullakin koealalla solakkuus pieneni hidastuvalla nopeudella läpimitan kasvaessa. Riippuvuutta kuvasi tyydyttävästi toisen asteen polynomiyhtälö (kuva 2). Yhteensä 70 koealaa käsittävästä otoksesta laskettuna yhtälön selitysasteet olivat 46...94 % keskiarvon ollessa 70,2 %. Jäännöshajonnat olivat vastaavasti 0,383...1,303 keskiarvon ollessa 0,650. Kun samaa kvadraattista mallia käytettiin koko aineistoon, riippuvuuden muoto oli kyllä sama, mutta selitysaste vain 29,5 % ja jäännöshajonta 1,428 (N=3 189 runkoa). Kun ottaa huomioon, että selitysasteen tulisi kohota vaihteluvälin kasvaessa, tulos osoittaa selvästi, kuinka virheelliseen käsitykseen päästään solakkuuden ja läpimitan riippuvuuden kiinteydestä kokonaisaineistosta. Tulos



Kuva 1. Periaatepiirros riippuvuuksista koealojen sisällä ja koko aineistossa.

Figure 1. A model describing relationships in the plots and in the total material.



Kuva 2. Solakkuuden (SOLAK, dm/cm) riippuvuus läpimitasta (LPM, cm) erällä koealalla. N=20.

Figure 2. Slenderness (height, dm/breast height diameter, cm) according to the tree diameter in a plot. N=20.

on luonnollisesti ymmärrettävissä sen perusteella, että saman läpimitan omaavat rungot voivat olla toisella koealalla suurimpia (ja vähiten solakoita) puita ja toisella keskimääräistä pienempiä (ja solakimpia) puita.

Solakkuuden lisäksi tarkasteltiin lukuisia muita muuttujia samalla tavalla. Yleensä voitiin havaita, että koealan sisäinen vaihtelu saattoi suurentaa koko aineistosta laskettua jäännöshajontaa ja alentaa selitystasetta.

Yksi mahdollisuus em. vaihtelun huomioon ottamiseksi on tarkastella yhtenä potentiaalisena selittäjänä puun kokoa suhteessa keskimääräiseen puun kokoon koealalla. Esimerkiksi jos puun kokoa kuvataan rinnankorkeusläpimitalla, koealan sisäisen rakenteen analysoinnissa voidaan käyttää tarkastellun puun ja koealan keskiläpimitan eroa tai suhdetta sekä näiden muuttujien erilaisia muunnoksia. Tällöin voidaan ottaa samanlaisesti huomioon koealojen välinen ja sisäinen vaihtelu.

Lähestymistavan hyödyllisyyden selvittämiseksi laskettiin valikoiva regressioanalyysi erilaisista selitettävistä laatumuuttujista, jolloin potentiaalisina selittäjinä käytettiin ensimmäisessä vaiheessa vain puun läpimitaa ja sen muunnoksia sekä toisessa vaiheessa läpimitan ja kyseisen koealan keskiläpimitan eroa ja sen muunnoksia sekä kulloinkin tarkastellun puun läpimittaa ja sen muunnoksia. Tulokset muodostuivat seuraaviksi, kun tarkasteltavana oli 3 189 puuta käsittävä aineisto.

Muuttuja	Laskentavaihtoehto			
	Vain läpimitta		Läpimitta + suht. lpm.	
	R ² , %	Jäännöshajonta	R ² , %	Jäännöshajonta
Yleislaatu (1...5)	2,2	0,76	2,1	0,76
Yleisoksausuus (1...4)	38,4	0,59	44,3	0,56
Paksuun kuiva oksa, mm	55,5	3,9	60,6	3,7
Solakkuus, dm/cm	29,5	1,4	40,9	1,2
Latvussuhde, %	4,6	9,8	29,6	8,3
Latvuksen leveys, dm	72,6	3,4	71,8	3,4

Jaotelmasta havaitaan, että useiden laatumuuttujien selittämisessä puun läpimitan ja koealan keskiläpimitan eron käyttöönotto paransi olennaisesti selitystasetta ja alensi jäännöshajontaa. Koealan sisäisen kokovaihtelun huomioon ottaminen vaikutti eniten latvussuhteen ja solakkuuden selitettävyyteen: olennaista ei siis ollut vain puun koko, vaan myös se, millainen puun koko oli verrattuna muihin koealan puihin.

Vähiten koealan sisäinen vaihtelu vaikutti yleislaatuun ja latvuksen leveyteen. Jälkimmäisessä tapauksessa havaittu selitystasteen aleneminen johtui kuitenkin valikoivan regressioanalyysin puutteista menetelmänä: lisäämällä potentiaalisia selittäjiä muuttujapatteristoon lopputuloksena saattaa olla jopa alkuperäistä heikompi ennusteyhtälö multikollineaarisuudesta johtuen.

Kun edellä olevan perusteella voitiin päätellä, ettei kaikista laatumuuttujista voida saada tyydyttävää kausaalista selitysmallia käyttämällä kokonaisaineistoa laskennan pohjana, tulosten laskenta ja niiden tarkastelu jaettiin kahteen osaan. Kun pyrittiin tarkastelemaan erilaisten kasvupaikkaan ja metsikön käsittelyyn liittyvien tekijöiden vaikutusta laadun eri osatekijöihin, selitettäviksi muuttujiksi laskettiin koealoittaiset keskiarvot ja niiden standardipoikkeamat. Usein selitettiin muuttujan saamaa koealoittaista keskiarvoa ja sen hajontaa erikseen: keskiarvoa selitettäessä tarkasteltiin keskimääräisen laadun kehitystä, standardipoikkeamaa selitettäessä taas laadun hajontaan vaikuttavia tekijöitä.

Pääasialliseksi analyysimenetelmäksi valittiin regressioanalyysi. Valinta perustui siihen, että koealoja oli liian vähän (171 kpl) moniulotteiseen taulukointiin. Valemuuttujatekniikkaa käytettiin täysimääräisesti hyväksi: eri metsätyypit, puuston käsittelyt jne. kuvattiin valemuuttujilla, jotka saivat vain arvoja 0 ja 1. Valemuuttujien kuvaamien dimensioiden epäadditiivisten vaikutusten selvittämiseksi tehtiin runsaasti valemuuttujamuunnoksia. Esimerkiksi kun selittävinä tekijöinä käytettiin puuston tiheyttä, MT-valemuuttujaa (I = MT, 0 = muut metsätyypit) ja niiden ristituloa (tiheys x MT-valemuuttuja), saatiin kolme regressiokerrointa. Tiheyden regressiokerroin osoitti tiheyden vaikutuksen, MT-valemuuttujan kerroin MT-kasvupaikan keskiarvon muihin metsätyyppeihin ja ristitulon regressiokerroin taas sen, kuinka metsätyypin vaikutus muuttui tiheyden muuttuessa. Valemuuttujatekniikasta ks. esim. Cunia (1973).

Erityisesti on huomattava, että kaikissa regressioanalyysissä käytettiin potentiaalisena selittäjänä viljelyvalemuuttujaa, joka sai arvon 0 viljelymänniköiden ollessa kyseessä ja arvon 1 luonnonmänniköissä. Mikäli viljelyvalemuuttujan kerrointa ei ole

esitetty, se ei ollut tilastollisesti merkitsevä, ts. viljelymänniköt eivät poikenneet luonnonmänniköistä, kun muiden tarkastelujen tekijöiden vaikutus oli poistettu.

Regressioanalyysiä käytettiin kahdella tavalla. Valikoivaa regressioanalyysiä käytettiin alustavan kuvan luomiseen. Tällöin ei rajoitettu selittäjiä muuten kuin loogisin perustein. Looginen rajoitus oli esim. se, ettei solakkuutta selitettäessä riippumattomina muuttujina käytetty samaan aikaan puun pituutta ja rinnankorkeusläpimittaa, koska selitettävä tekijä oli pituuden ja läpimitan suhde. Toisessa vaiheessa tarkasteltiin eri muuttujien vaikutusta koon eliminoinnin jälkeen. Eliminointi tehtiin rinnankorkeusläpimitan ja sen neliön suhteen yksinkertaisella polynomiyhtälöllä, joka estimoitiin kunkin selitettävän tekijän suhteen samanaikaisesti potentiaalisten selittäjien kanssa. Käytännössä tämä merkitsi sitä, että pakollisiksi selittäjiksi otettiin rinnankorkeusläpimita ja sen neliö, jonka jälkeen käytettiin muihin tekijöihin tavanomaista valikoivan regressioanalyysin tekniikkaa lisäämällä jäännösvaihtelua parhaiten selittäviä muuttujia yksi kerrallaan ja poistamalla tilastokriteereiden mukaan aiemmin yhtälöön tulleita, mikäli niiden merkit-

sevyys putosi sovelletun todennäköisyystason alapuolelle. Kaikissa tapauksissa käytettiin riskitasona $p = 0,05$.

Edellä kuvatun koaloittaisen analyysin lisäksi tehtiin lukuisia selvityksiä, jolloin yksikkönä oli yksittäinen puu. Tällöin tarkasteltiin sellaisia muuttujia, joiden saamat arvot liittyivät selvästi myös puuyksilön ominaisuuksiin mahdollisesti koalan sisäisen vaihtelun ollessa ratkaiseva tekijä. Koalan sisäistä vaihtelua kuvattiin pääasiassa kasvunopeutta kuvaavien muuttujien avulla. Joitakin kokeita tehtiin suhteellisen läpimitan (puun läpimita jaettuna kyseisen koalan puiden keskiläpimitalla) käytöstä, mutta kun tulokset eivät olennaisesti eronneet, päädyttiin kasvunopeusmuuttujiin niiden helpomman käsitettävyyden vuoksi. Lisäksi yksilötasolla tarkasteltiin sellaisia ominaisuuksia, joiden määrittäminen perustui kullakin koalalla vain viiteen kaatokoepuuhun, mikäli oli aiheutta epäillä, etteivät ne kuvastaneet koalan puiden keskimääräistä tilaa. Mm. puuaineen tiheyttä tarkasteltiin vain puukohtaisesti eikä koaloittaisia keskiarvoja käytetty analyysissä. Osa tarkasteluista tekijöistä oli kuitenkin yhteisiä sekä koaloittaisessa että puukohtaisessa analyysissä.

4. KOALOITTAISET TULOKSET

41. Keskiarvot

Taulukossa 2 on esitetty koaloittain tarkastelujen muuttujien keskiarvot ja koalojen ($N = 171$) väliset standardipoikkeamat. Mukana on sekä selitettäviä että selittäviä tekijöitä.

42. Yleislaatu

Asteikolla 1...5 (1 = paras, 5 = huonoin) arvosteltua puiden keskimääräistä yleislaatu tarkasteltaessa saatiin valikoivalla regressioanalyysillä parhaaksi selittäjäksi iän ja viljelyvalemuuttujan tulo: laatu parani iän myötä luonnonmänniköissä, mutta ei viljelymänniköissä. Toinen tilastollisesti merkitsevä selittäjä oli aineiston parhaan metsätyypin (MT) esiintymistä kuvaava valemuuttuja: laatu oli mustikkatypillä keskimäärin

huonompi kuin puolukka- tai kanervatypillä. Mustikkatypillä havaittiin myös puuston tiheyden vaikuttavan: laatu parani tiheyden kasvaessa. Muilla metsätyypeillä tiheys ei vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi. Kokonaisuudessaan ennusteyhtälö sai seuraavan muodon.

Selitettävä tekijä: yleislaadun keskiarvo koalalla (luokitus 1...5)	keskiarvo	koalalla
Vakio: 3,04		
Selitäjät:	Kerroin	t-arvo
Ikä · viljelyvalemuuttuja (0 = viljelymännikkö, 1 = luonnonmännikkö)	-0,0157	4,2
MT-valemuuttuja (MT = 1, muut = 0)	0,718	3,2
Tiheys (1 000 r/ha) · MT-valemuuttuja	-0,229	2,7
$R^2 = 18,2\%$		
Jäännöshajonta = 0,33		
F = 12 (3, 167)		

Keskimääräinen yleislaadun standardipoikkeama oli koealoilla 0,67 ja koealojen välinen standardipoikkeama tälle hajontaa kuvaavalle tunnukselle 0,16.

Kun koealoittain laskettua yleislaadun standardipoikkeamaa selitettiin valikoivalla regressioanalyysillä, tilastollisesti merkitseviksi tekijöiksi saatiin puiden keskiläpimitta ja -ikä. Iän suuretessa puiden väliset laatuerot kasvoivat, mutta samassa iässä suuriläpimittaisten puiden koealat vaihtelivat laadultaan sisäisesti vähemmän kuin muut. Kun viljelymännyn kasvoivat luonnonmäntyjä nopeammin, jälkimmäinen tekijä heijasti ilmeisesti viljelymänniköiden suurempaa tasalaatuisuutta. Yhtälö oli seuraava.

Selitettävä tekijä: yleislaadun standardipoikkeama koealalla

Vakio: 0,527

Selittäjät:	Kerroin	t-arvo
Ikä, a	0,0173	3,6
Läpimitan neliö, mm · mm	-0,0000262	5,2

$R^2 = 13,8 \%$

Jäännöshajonta = 0,15

F = 13 (2, 168)

43. Yleinen oksaisuuslaatu

Koealojen oksaisuuslaatueroihin (asteikko 1...4, 1=paras, 4=huonoin) vaikuttivat eniten läpimitta ja ikä: puuston suuretessa oksaisuuslaatu heikkeni (numeroarvo tuli suuremmaksi), mutta jos ikä kohosi samassa läpimittaluokassa heikommasta kasvusta johtuen, laatu parani. Lisäksi vaikutti tiheys ainakin VT-männiköissä: puuston tiheydessä oksaisuuslaatu parani. Regressio-kerroimet olivat seuraavat.

Selitettävä tekijä: yleinen oksaisuuslaatu (1...4)

Vakio: 3,3

Selittäjät:	Kerroin	t-arvo
Läpimitta, mm	0,132	8,6
Ikä, a	-0,198	3,2
Iän neliö	0,00435	2,5

Puuston tiheys, (1 000 r/ha) · VT-valemuuttuja (1 = VT, 0 = muut)	-0,0609	3,9
---	---------	-----

$R^2 = 45,9 \%$

Jäännöshajonta = 0,27

F = 35 (4, 166)

Keskimääräinen 20 puun mittaukseen perustuva standardipoikkeama oli 0,66 ja sen

Taulukko 2. Eräiden muuttujien keskiarvot ja koealojen (N = 171) väliset standardipoikkeamat.

Table 2. Means and standard deviations between plots (N = 171) of some variables.

Muuttuja Variable	Keski- arvo Mean	Standardi- poikkeama Standard deviation
Pohjapinta-ala, m ² /ha — Basal area, m ² /ha	12,0	4,1
Puuston tiheys, runkoja/ha — No. of stems per ha	2520	925
Ikä, a — Age, years	17,3	2,9
Pituus, dm — Height, dm	52,0	13,6
Rinnankorkeusläpimitta, mm — Breast height diameter, mm	74,9	18,4
Yleislaatu (luokat 1...5) — Quality index (classes 1...5)	3,03	0,36
Yleisoksausuus (luokat 1...4) — Branchiness index (classes 1...4)	2,12	0,36
Kuivaoksinen rungon osa, dm — Length of stem part with dead branches, dm	11,1	7,1
Latvusuhde, % — Crown ratio, %	77,5	8,3
Solakkuus (pituus dm/ läpimitta cm) — Slenderness (height dm/ diameter cm)	7,3	1,0
Sädekasvu rinnantasalla, mm/a — Radial growth at breast height, mm/years	2,16	0,44
Keskimääräinen pituuskasvu, cm/a — Average height growth, cm/year	29,9	5,0
Paksuimman kuivan oksan läpimitta, mm — Diameter of the thickest dead branch, mm	13,6	4,4
Paksuimman elävän oksan läpimitta, mm — Diameter of the thickest living branch, mm	21,5	4,5
Paksuimman elävän oksan pituus, dm — Length of the thickest living branch, dm	14,3	3,6
Latvuksen leveys, dm — Crown width, dm	22,3	4,3
Oksakulma, astetta — Branch angle, degrees	56,3	6,3
Lenkous, cm — Sweep, cm	4,0	2,1

koealojen välinen standardipoikkeama 0,13. Hajonta suureni puuston suuretessa ja oli pienempi viljelymänniköissä kuin luonnonmänniköissä. Lisäksi hajontaan vaikutti puuston tiheys: sen kasvaessa oksaisuuslaadun hajonta pieneni ainakin luonnonmänniköissä ja erityisesti VT-kasvupaikalla. Regressio-kerroimet olivat seuraavat.

Selitettävä tekijä: yleinen oksaisuuslaadun standardipoikkeama

Vakio: 0,420

Selittäjät:	Kerroin	t-arvo
Läpimitta, mm	0,00348	6,9
Pohjapinta-ala, m ² /ha · VT-valemuuttuja (1 = VT, 0 = muut)	-0,00373	2,6
Viljelyvalemuuttuja (0 = viljelymänniköt, 1 = luonnonmänniköt)	0,138	3,2
Puuston tiheys, (1 000 r/ha) · viljelyvalemuuttuja	-0,0252	2,1

R² = 27,7 %

Jäännöshajonta = 0,11

F = 16 (4, 166)

44. Elävät oksat

Koealojen välisiä eroja paksuimman elävän oksan läpimitassa selittivät tilastollisesti merkitsevästi puiden keskiläpimitta, ikä ja puuston tiheys: oksat paksunivat puiden suuretessa ja ohenivat metsän tiheessä ja samassa läpimittaluokassa myös puiden iän kasvaessa, ts. kasvunopeuden heikentyessä. Eniten vaikutti puiden läpimitta. Koealoitaisessa tarkastelussa pelkän läpimitan selitysteaste oli lähes 50 % (kuva 3). Regressiohtälön kertoimet olivat seuraavat.

Selitettävä tekijä: paksuimman elävän oksan läpimitta, mm

Vakio: 17,4

Selittäjät:	Kerroin	t-arvo
Läpimitta, mm	0,208	13,3
Ikä, a	-0,542	5,8
Puuston tiheys, (1 000 r/ha)	-0,832	3,3

R² = 62,2 %

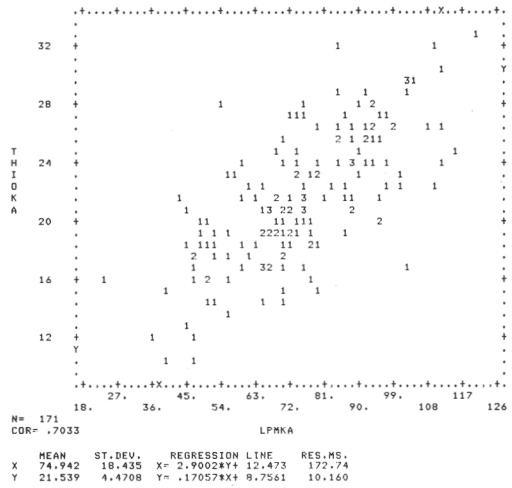
Jäännöshajonta = 2,8 mm

F = 92 (3, 167)

Keskimääräinen 20 puun perusteella laskettu standardipoikkeama oli 5,9 mm ja sen koealojen välinen standardipoikkeama 6,4 mm. Vaihtelu kasvoi koealan puiden läpimittojen vaihtelun kasvaessa, kuten luonnollista onkin, mutta muut tekijät eivät selittäneet merkitsevästi vaihtelua.

Paksuimmat elävät oksat olivat yleensä vielä elinvoimaisia: niiden viimeisin pituuskasvu oli keskimäärin 14,9 cm. Tämä viittaa siihen, että oksien paksuneminen oli vielä jatkumaan päin.

Paksuimman oksan keskipituus oli 14,3 dm ja koealojen välinen keskihajonta 3,6 dm.



Kuva 3. Eri koealojen puiden paksuimpien elävien oksien läpimitan keskiarvo (THIOKA, mm) puiden keskimääräisen rinnankorkeusläpimitan (LPMKA, mm) mukaan.

Figure 3. Average diameter of the thickest living branches (THIOKA, mm) according to the average breast height diameter (LPMKA, mm) in various plots.

Pituus kasvoi puiden suuretessa ja pieni puuston pohjapinta-alan kasvaessa, ts. metsän tiheessä. Ennustusyhtälö oli seuraava.

Selitettävä tekijä: paksuimman elävän oksan pituus, dm

Vakio: 8,51

Selittäjät:	Kerroin	t-arvo
Läpimitan neliö, mm · mm	0,00108	15,9
Pohjapinta-alan neliö, (m ² /ha) ²	-0,00402	2,3

R² = 62,2 %

Jäännöshajonta = 2,3 mm

F = 139 (2, 168)

Kiintoisaa oli, että oksien pituudesta voidaan varsin hyvin päätellä niiden tyviläpimitta (kuva 4). Näyttää siltä, että tietynpituiset oksat ovat männillä tyvestä hieman paksumpia kuin kuusella (Kärkkäinen 1972).

Keskimääräinen 20 puun perusteella laskettu oksien pituuden standardipoikkeama oli 3,3 dm ja sen koealojen välinen standardipoikkeama 2,6 dm. Vaihtelu selittyi hyvin vähän, joskin tilastollisesti merkitseviksi tekijöiksi saatiin luonnonmänniköiden ikä ja VT-männiköiden puuston tiheys. Iän kasvaessa oksien pituusvaihtelu suureni ja tiheyden kasvaessa aleni. Molemmat riippuvuudet ovat epäilemättä loogisia. Kertoimet olivat seuraavat.

Selitettävä tekijä: paksuimman elävän oksan pituuden standardipoikkeama, dm

Vakio: 3,70

Selittäjät:	Kerroin	t-arvo
Ikä, $a \cdot$ viljelyvalemuuttuja (0 = viljelymännikkö, 1 = luonnonmännikkö)	0,0847	2,9
Puuston tiheys, (1 000 r/ha)	-0,329	2,3

$R^2 = 6,3 \%$

Jäännöshajonta = 2,5 mm

F = 6 (2, 168)

45. Kuivat oksat

Koealojen välisiä eroja rungon kuivaoksisen osan pituudessa selittivät parhaiten ikä, läpimitta, pohjapinta-ala ja puuston tiheys, joiden kaikkien kasvaessa keskimääräinen kuivaoksisen osan pituus lisääntyi. Saatua tulosta ei voi mitenkään tulkita yksioikoisesti laadun kannalta siten, että em. tekijöiden kasvaessa laatu heikkenee. Metsän tiheyden vaikutus johtui ilmeisesti siitä, ettei harvassa kasvaneiden puiden oksien kuoleminen ollut olennaisesti vielä edes alkanut, ja näin ollen kuivia oksia esiintyi vain maanpinnan läheisyydessä. Samoin on tulkittava pohjapinta-alan vaikutus, ainakin osaksi. Edelleen on iän ja läpimitan selittävyys samaa perua: mitä suuremmiksi (ja vanhemmiksi) puut tulevat, sitä korkeammalle ala-

okset ovat kuolleet. Varsinainen oksien kyljestyminen taas ei ole vielä olennaisesti alkanut nyt tarkastellun kaltaisessa nuorena puustossa.

Esitetyistä syistä johtuu, ettei kuolleiden oksien rungonosan pituutta voida käyttää nuorena puustossa laadun tunnuksena. Seuraava koealojen välisestä vaihtelusta las-kettu regressioyhtälö on siis tulkittava pelkäksi ennusteeksi ilman laatumerkitystä.

Selitettävä tekijä: kuolleita oksia sisältävän rungonosan pituus, dm

Vakio: -12,3

Selittäjät:	Kerroin	t-arvo
Iän neliö, $a \cdot a$	0,0266	8,0
Läpimitan neliö, mm \cdot mm	0,00152	11,8
Puuston tiheys, (1 000 r/ha)	2,47	7,9

$R^2 = 78,3 \%$

Jäännöshajonta = 3,34 mm

F = 150 (4, 166)

Keskimääräinen 20 puun perusteella las-kettu standardipoikkeama oli 3,1 dm ja sen koealojen välinen standardipoikkeama 1,6 dm. Koealojen välistä hajontaa selittivät parhaiten puiden keskimääräinen rinnankorkeusläpimitta ja luonnonmänniköissä pohjapinta-ala, joiden molempien kasvaessa hajonta suureni. Kun puiden erilaisuus etenee puiden kasvaessa, saatu tulos on luonnollinen. Se, että pohjapinta-ala selitti oksien läpimitan hajontaa vain luonnonmänniköissä, johtui ilmeisesti viljelymetsien suuremmasta tasaisuudesta. Ennusteyhtälö sai seuraavan muodon.

Selitettävä tekijä: 20 puun välinen kuivaoksisen rungonosan pituuden standardipoikkeama, dm

Vakio: -0,60

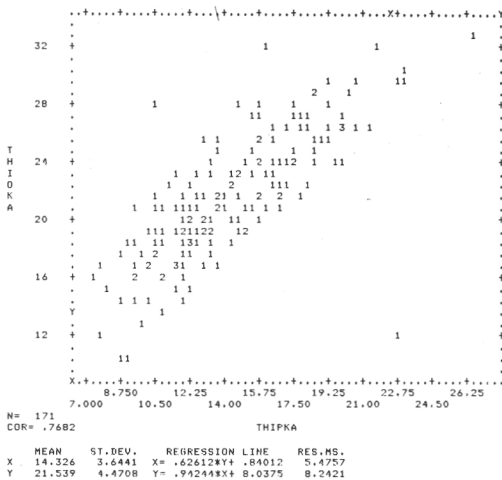
Selittäjät:	Kerroin	t-arvo
Puiden keskiläpimitta, mm	0,0468	8,4
Pohjapinta-ala \cdot viljelyvalemuuttuja (0 = viljelymännikkö, 1 = luonnonmännikkö)	0,0876	4,0

$R^2 = 30,9 \%$

Jäännöshajonta = 1,3 mm

F = 38 (2, 168)

Keskimääräinen paksuimman kuivan oksan läpimitta oli 13,6 mm ja koealojen välinen standardipoikkeama 4,4 mm. Vaihtelua selittivät puiden keskimääräinen läpimitta ja puuston tiheys: kummankin kasvaessa suurimman kuivan oksan läpimitta kasvoi. Tulos on tulkittava samoin kuin kuivaoksisen rungonosan pituuden ollessa kyseessä: puuston järeytyessä kuolleiden oksien raja siirtyy ylemmäksi suuriin oksiin päin, ja ti-



Kuva 4. Eri koealojen puiden paksuimpien elävien oksien läpimitan keskiarvo (THIOKA, mm) niiden pituuden (THIPKA, dm) mukaan.

Figure 4. Average diameter of the thickest living branches (THIOKA, mm) according to their length (THIPKA, dm) in various plots.

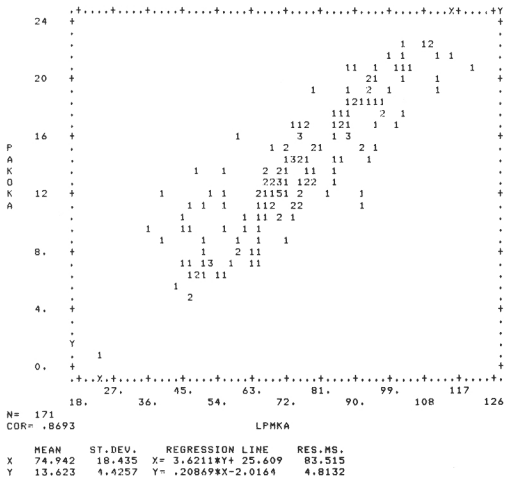
heässä metsässä prosessi on ennättänyt pidemmälle kuin harvassa, missä lähes kaikki oksat ovat vielä eläviä.

Kertoimet olivat seuraavat.

Selitettävä tekijä: paksuimman kuivan oksan läpimita, mm
 Vakio: -9,0
 Selittäjät: Kerroin t-arvo
 Läpimitta, mm 0,231 27,7
 Tiheys, (1 000 r/ha) 2,54 4,9
 Tiheyden neliö -0,151 2,7
 $R^2 = 82,2 \%$
 Jäännöshajonta = 1,9 mm
 $F = 257 (3, 167)$

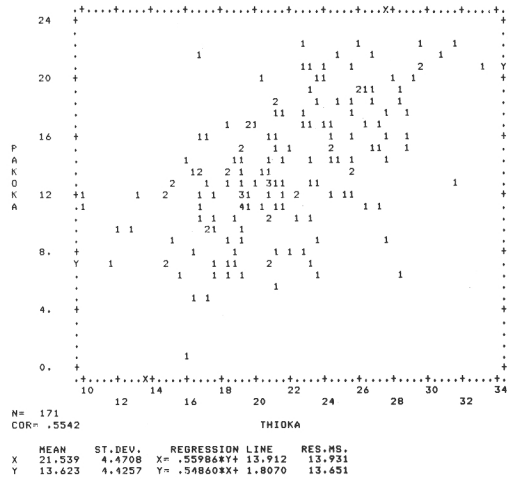
Paras yksittäinen selittäjä oli puun läpimitta: se selitti oksan paksuuden vaihtelusta yksinään 76 % (kuva 5). Selvästi oli havaittavissa, että paksut kuivat oksat esiintyivät samoilla koealoilla kuin paksut elävät oksat (kuva 6).

Keskimääräinen suurimman kuivan oksan läpimitan standardipoikkeama 20 puun aineistossa oli 3,8 mm ja sen koealojen välinen standardipoikkeama 1,2 mm. Ainoa tilastollisesti merkitsevä tekijä oli puiden keskiläpimitta: sen suuressa hajonta kohosi. Syynä oli ilmeisesti puiden järeytymiseen ja vanhenemiseen liittyvä erilaistuminen.



Kuva 5. Eri koealojen puiden paksuimpien kuivien oksien läpimitan keskiarvo (PAKOKA, mm) keskimääräisen rinnankorkeusläpimitan (LPMKA, mm) mukaan.

Figure 5. Average diameter of the thickest dead branches (PAKOKA, mm) according to the average breast height diameter (LPMKA, mm) in various plots.



Kuva 6. Eri koealojen puiden paksuimpien kuivien oksien läpimitan keskiarvo (PAKOKA, mm) paksuimpien elävien oksien läpimitan keskiarvon (THIOKA, mm) mukaan.

Figure 6. Average diameter of the thickest dead branches (PAKOKA, mm) according to the diameter of the thickest living branches (THIOKA, mm) in various plots.

46. Lenkous

Koealojen puiden keskimääräistä lenkoutta selitti parhaiten puiden syntytapa: viljelymänniköiden lenkous oli toisella tasolla luonnonmänniköihin nähden. Lenkoutta puolestaan vähensi tiheyden kasvu. Se vaikutti yleensä ja erityisen voimakkaasti VT-kasvupaikoilla. Luonnonmänniköissä, joissa lenkoutta oli vähän, tiheyden kasvu vaikutti vähemmän kuin viljelymänniköissä. Kaikki nämä riippuvuudet ovat loogisia ja hyvin perusteltavissa.

Regressioyhtälön kertoimet olivat seuraavat.

Selitettävä tekijä: lenkous, cm

Vakio: 6,9

Selittäjät:

Viljelyvalemuuttuja

(0 = viljelymännikkö,

1 = luonnonmännikkö)

Puuston tiheys, (1 000 r/ha)

Puuston tiheys · VT-valemuuttuja

(1 = VT, 1 = muut)

Puuston tiheys · viljelyvale-

muuttuja

$R^2 = 15,5 \%$

Jäännöshajonta = 1,9 cm

$F = 8 (4, 166)$

Kerroin t-arvo

-4,40 4,4

-0,878 2,9

-0,279 2,1

1,28 3,6

47. Solakkuus

Koealojen puiden keskimääräinen solakkuus (pituus, dm jaettuna rinnankorkeusläpimitalla, cm) oli 7,3 ja koealojen välinen standardipoikkeama 1,0. Koealojen eroihin vaikutti eniten puuston tiheys ja erityisen korostetusti luonnonmänniköiden ollessa kyseessä: tiheyden kasvaessa puut tulivat keskimäärin solakammiksi. Myös iän kasvaessa solakkuus hieman lisääntyi. Sitä vastoin samanikäisiä puita tarkasteltaessa läpimitan kasvu merkitsi solakkuuden alenemista. Toisin sanoen kasvunopeuden suuretessa puiden solakkuus pieneni, ts. ne tulivat tyvekkäämmiksi.

Ennusteyhtälö sai seuraavan muodon.

Selitettävä tekijä: solakkuus		
Vakio: 7,8		
Selittäjät:	Kerroin	t-arvo
Puuston tiheys, (1 000 r/ha)	0,434	6,4
Puuston tiheys · viljelyvalemuuttuja (0 = viljelymänniköt, 1 = luonnonmänniköt)	0,176	3,5
Läpimitta, mm	-0,0707	4,1
Läpimitan neliö, mm · mm	0,000372	3,3
Iän neliö, a · a	0,00452	7,3
$R^2 = 64,2$		
Jäännöshajonta = 0,62		
F = 59 (5, 165)		

Keskimääräinen 20 puun solakkuuden standardipoikkeama oli 1,28 ja sen koealojen välinen standardipoikkeama 0,52. Hajonta oli luonnontaimikoissa suurempi kuin viljelytaimikoissa, ja lisäksi se lisääntyi siellä puuston tiheyden kasvaessa. Luonnontaimikoissa vaikutti hieman myös pohjapinta-ala: suureneminen aiheutti hajonnan vähenemistä. Nämä riippuvuudet näkyvät seuraavista regressiokertoimista.

Selitettävä tekijä: solakkuuden standardipoikkeama		
Vakio: 1,19		
Selittäjät:	Kerroin	t-arvo
Puuston tiheys, (1 000 r/ha) · viljelyvalemuuttuja (0 = viljelymänniköt, 1 = luonnonmänniköt)	0,302	5,9
Pohjapinta-ala, m ² /ha · viljelyvalemuuttuja	-0,0328	2,2
$R^2 = 29,9 \%$		
Jäännöshajonta = 0,44		
F = 36 (2, 168)		

48. Tulokset puiden keskikoon vakioinnin jälkeen

Puun käyttäjän kannalta on kiintoisaa tietää, mitkä tekijät vaikuttavat laatuun tarkasteltaessa keskimääräiseltä rinnankorkeusläpimitaltaan samanlaisia koealoja. Tällöin ei huomiota kiinnitetä mm. siihen, että viljavalla kasvupaikalla puut saavuttavat jonkin koon aiemmin kuin heikommalla paikalla.

Jäljempänä tarkastellaan koealojen välisiä vaihtelua selittäneitä tekijöitä sen jälkeen, kun keskiläpimitan suhteen toisen asteen polynomiyhtälöllä oli eliminoitu puiden kokovaihtelu.

Yleislaatu (asteikko 1...5, 1 = paras, 5 = huonoin) selitti parhaiten ikä: sen suuretsa laatu parani. Kun kyse oli vaikutuksesta läpimitan eliminoinnin jälkeen, tulos on tulkittava kasvunopeuden avulla: mitä paremmin koealan puut kasvavat, sen heikompi laatu on.

Iän lisäksi on tilastollisesti merkitsevä selittäjä puiden synty tapa: viljelymännin arvioitiin samankokoisia luonnonmäntyjä heikkolaatuisemmiksi. Yllättäen vaikutti myös läpimittojen hajonta koealalla: mitä vaihtelevampi oli puiden koko, sitä heikompi oli yleislaatu. Tulos viittaa etukasvuisen ja siksi oksaisten puiden esiintymiseen.

Regressioryhtälön kertoimet olivat seuraavat läpimitan eliminoinnin jälkeen.

Selitettävä tekijä: yleislaatu (1...5)		
Selittäjät:	Kerroin	t-arvo
Ikä, a	-0,0438	3,7
Viljelyvalemuuttuja (0 = viljelymännikkö, 1 = luonnonmännikkö)	-0,257	3,2
Läpimittojen standardipoikkeama koealalla, mm	0,0154	3,1

$R^2 = 22,8 \%$
 Jäännöshajonta = 0,32
 F = 10 (5, 165)

Yleistä oksaisuuslaatu (arvostelu 1...4, 1 = paras, 4 = huonoin) selitti läpimitan eliminoinnin jälkeen puiden keskipituus: mitä pidempiä puut olivat, sen suuremmaksi oli oksaisuus arvioitu. Puuston tiheytyminen alensi oksikkuutta tilastollisesti merkitsevästi vain VT-männiköissä. Regressioryhtälön kertoimet saatiin seuraaviksi.

Selitettävä tekijä: yleinen oksaisuuslaatu (1...4)

Selittäjät:	Kerroin	t-arvo
Puiden keskipituus, dm	-0,0238	6,6
Puuston tiheys, (1 000 r/ha) · VT-valemuuttuja (1 = VT, 0 = muut)	-0,0409	2,6

$R^2 = 49,5 \%$

Jäännöshajonta = 0,26

F = 41 (4, 166)

Suurimman elävän oksan läpimittaa selitti puuston koon vakioinnin jälkeen eniten rinnankorkeudelta mitattu sädekasvu: mitä parempi kasvu oli, sen paksumpia olivat oksat. Sen sijaan pohjapinta-ala (= puuston tiheyden) ja puiden keskipituuden lisääntyminen merkitsi suurimman oksan läpimitan pienenemistä. Kertoimet olivat seuraavat.

Selitettävä tekijä: paksuimman elävän oksan läpimitta, mm

Selittäjät:	Kerroin	t-arvo
Sädekasvu vuodessa, mm	3,53	4,2
Puiden keskipituus, dm	-0,115	2,6
Pohjapinta-ala, m ² /ha	-0,144	2,2

$R^2 = 65,1 \%$

Jäännöshajonta = 2,7 mm

F = 61 (5, 165)

Paksuimman elävän oksan pituutta selittivät rungon läpimitan eliminoinnin jälkeen tilastollisesti merkitsevästi vain pohjapinta-ala ja puiden keskipituus: pohjapinta-ala kasvaessa oksat lyhenivät, mutta pituuden kasvaessa suurenevät. Merkittävää on, ettei mikään kasvunopeustekijä ollut lähellekään tilastollisen merkitsevyyden rajaa. Regressiokertoimet olivat seuraavat.

Selitettävä tekijä: paksuimman elävän oksan pituus, dm

Selittäjät:	Kerroin	t-arvo
Pohjapinta-alan neliö, (m ² /ha) ²	-0,00597	3,1
Puiden keskipituus, dm	0,0720	5,0

$R^2 = 63,4 \%$

Jäännöshajonta = 2,2 mm

F = 72 (4, 166)

Paksuimman kuivan oksan läpimittaa selitti puun koon vaihtelun eliminoinnin jälkeen ainoastaan puuston tiheys: tiheyden kasvaessa suurimman kuivan oksan läpimitta suureni jatkuvasti hidastuvalla nopeudella. Kuten aiemmin on jo todettu, puiden nuoruudesta johtuen kuivan oksan läpimittaa ei voi pitää tässä yhteydessä lain-

kaan laadun tunnuksena, kuten myös tiheyden vaikutus osoittaa: kuolleiden oksien syntyminen oli päässyt käyntiin vasta tiheissä puustoissa. Regressiokertoimet olivat seuraavat.

Selitettävä tekijä: paksuimman kuolleen oksan läpimitta, mm

Selittäjät:	Kerroin	t-arvo
Puuston tiheys, (1 000 r/ha)	2,71	5,2
Puuston tiheyden neliö	-0,172	3,0

$R^2 = 82,5 \%$

Jäännöshajonta = 1,9 mm

F = 195 (4, 166)

Koalan puiden keskimääräistä latvussuhdetta selittivät läpimitan eliminoinnin jälkeen lukuisat tekijät. Latvussuhde pieneni keskipituuden suurenessa, pituuden hajonnan kasvaessa, iän lisääntyessä (ts. kasvunopeuden pienentyessä) ja puuston tiheyden kasvaessa sekä runkolukuna hehtaaria kohti että pohjapinta-alana. Kiintoisa havainto oli, että em. tekijöiden eliminoinnin jälkeen latvussuhde oli VT-männiköissä suurempi kuin muilla kasvupaikoilla. Regressioyhtälön kertoimet olivat seuraavat.

Selitettävä tekijä: latvussuhde, %

Selittäjät:	Kerroin	t-arvo
Puiden keskipituus, dm	-0,378	5,5
Keskipituuden standardi- poikkeama, dm	-0,316	3,1
Ikä, a	-0,615	4,1
Puuston tiheys, (1 000 r/ha)	-2,41	6,1
Pohjapinta-ala, (m ² /ha)	-0,339	3,6
VT-valemuuttuja (1 = VT, 0 = muut)	2,88	4,5

$R^2 = 82,2 \%$

Jäännöshajonta = 3,6 %

F = 94 (8, 162)

Selittäessä koalan puiden lenkouden vaihtelua puun läpimitan eliminoinnin jälkeen saatiin hiukan erikoinen tulos: ainoa tilastollisesti merkitsevä selittäjä oli puiden keskipituus. Mitä pidempää puusto oli (tietyssä läpimittaluokassa), sen alhaisempi oli lenkous. Osittaiskorrelaatioita tarkastelemalla kuitenkin havaittiin, että keskipituus vaikutti kahden välittävän tekijän kautta. Viljelymännyn olivat samassa läpimittaluokassa lyhyempiä kuin luonnonmännyn, ja ne olivat myös vähemmän lenkoja. Toisaalta viljelymännyn koaloilla lenkoutta oli sitä vähemmän, mitä tiheämpää ja samalla pidempää puusto oli. Pelkästään

viljelyä kuvaava valemuuttuja selitti läpimitan vaikutuksen eliminoinnin jälkeen lenkoutta yhtä paljon kuin keskipituus: valemuuttujan osittaiskorrelaatiokerroin oli $-0,192$, puuston keskipituuden $-0,208$. Käytettiin mitä selittäjiä hyvänsä, kokonaisselitysaste jäi kuitenkin 9 % tasoon. Tämä osoittaa, että lenkous on niin satunnaisesti esiintyvä tekijä, ettei sen hyvään ennustamiseen päästä. Trendi oli kuitenkin selvä ja tilastollisesti merkitsevä: viljelymännit olivat lengompia kuin luonnonmännit, eikä ilmiö johtunut kasvupaikkojen erilaisuudesta tms. syistä.

Latvuksen leveyttä selitti puun koon eliminoinnin jälkeen pohjapinta-ala ja rungon koko eliniän keskimääräinen pituuskasvu: pohjapinta-alan (=tiheyden) kasvaessa latvuksen leveys pieneni, mutta rungon pituuskasvun suuretsa suureni. Rungon koon vaikutus oli kuitenkin niin ylivoimainen (kuva 7), että muiden tekijöiden vaikutus jäi vähäiseksi. Regressiokertoimet olivat seuraavat.

Selittävä tekijä: latvuksen leveys, dm	Kerroin	t-arvo
Selittäjät:		
Rungon pituuskasvu		
vuodessa, dm	1,96	4,3
Pohjapinta-alan neliö, (m ² /ha) ²	-0,00640	4,3

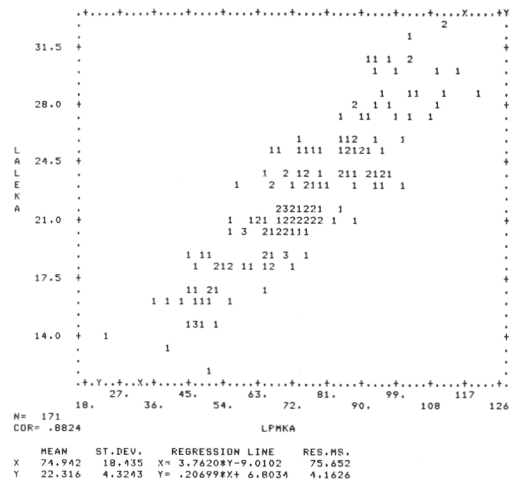
$R^2 = 81,5$
 Jäännöshajonta = 1,9 dm
 F = 183 (4, 166)

Latvuksen keskimääräinen oksakulma oli sikäli erikoinen laatuominaisuus, että siihen vaikutti mm. istutustiheys, joka ei esiintynyt muualla tilastollisesti merkitseväna laadun selittäjänä. Erikoislaatuista oli myös se, että eri metsätyypit poikkesivat toisistaan voimakkaasti: tilastollisesti merkitseviä selittäjiä olivat MT-valemuuttujan ristitulo puuston tiheyden ja myös pohjapinta-alan kanssa, jonka lisäksi selittäjiin kuului VT-valemuuttujan ristitulo puuston tiheyden

kanssa. Mitään selitystä näille riippuvuuksille ei pystytty antamaan. Mahdollista on, että oksakulmaan vaikuttavat ravinnetekijät enemmän kuin muihin laatuominauksiin. Kerroimet olivat seuraavat.

Selittävä tekijä: keskimääräinen oksakulma, astetta	Kerroin	t-arvo
Selittäjät:		
Istutustiheyden (1 000 r/ha)		
neliö	0,00540	2,7
Pohjapinta-ala, (m ² /ha)		
· MT-valemuuttuja		
(1 = MT, 0 = muutt)	0,383	2,3
Puuston tiheys, (1 000 r/ha)		
· VT-valemuuttuja		
(1 = VT, 0 = muutt)	-1,39	4,1
Puuston tiheys, (1 000 r/ha)		
· MT-valemuuttuja	-2,51	3,0

$R^2 = 41,1 \%$
 Jäännöshajonta = 4,9°
 F = 19 (6, 164)



Kuva 7. Eri koalojen puiden keskimääräinen latvuksen leveys (LALEKA, dm) rinnankorkeusläpimitan (LPMKA, mm) mukaan.

Figure 7. Average crown width (LALEKA, dm) according to the average breast diameter (LPMKA, mm) in various plots.

5. RUNGOITTAISET TULOKSET

51. Oksaisuustunnukset

Seuraavassa tarkasteltavat tunnuksset laskettiin kaatokoepuuaineistosta, johon tarkistusten jälkeen jäi kuulumaan 714 runkoa. Tällöin voitiin potentiaalisina selittäjinä käyttää lukuisia kaatokoepuista mitattuja tunnuksia. Joitakin tarkistuksia tehtiin kaatamattomien puiden aineistosta, johon jäi tarkistusten jälkeen kuulumaan 3399 runkoa. Kun niitä koskevat tulokset eivät harvempaan muuttujapatteristoon perustuvana tuoneet uusia näkökohtia havaittuihin riippuvuuksiin, niitä ei tarkastella tässä yhteydessä. Esitettävät muuttujien keskiarvot eivät ole tarkalleen koealojen keskiarvoja, koska käytännössä laskennassa käytetty koepuumäärä vaihteli hiukan koealoittain.

Kun kuivia oksia koskevat tunnuksset eivät aiemmin todetun mukaisesti kuvastaneet laatua, rungoittaisessa tarkastelussa pantiin pääpaino tuoreita oksia koskeviin tunnuksiin.

Paksuimman elävän oksan mittauksia tehtiin kullakin koealalla viidestä kaatokoepuusta. Keskiarvo oli 22,3 mm ja runkojen välinen standardipoikkeama 6,7 mm. Runkojen välistä vaihtelua selitti parhaiten sädekasvuva kuvaava muuttuja (rinnankorkeusläpimitan puolikas jaettuna puun iällä). Jos sitä olisi käytetty ainoana selittäjänä, 1 mm lisäys näin määritellyssä sädekasvussa olisi merkinnyt oksan läpimitan suurenemista 7 mm:illä. Sen kanssa korreloivien tekijöiden lisääminen ennusteyhtälöön merkisi luonnollisesti regressio kertoimen voimakasta alenemista.

Jos sädekasvu oli sama, rungon läpimitan suureneminen merkisi suurimman oksan läpimitan kasvua. Viljelymänniköissä läpimitan vaikutus oli suurempi kuin luonnonmänniköissä. Edelleen vaikutti puiden solakkuus oksan läpimitaan tuloksen riippuessa myös puun syntytavasta. Puun kasvun ja oksien läpimitan yhteyttä osoitti sädekasvun ohella myös se, että muiden tekijöiden pysyessä muuttumattomina pituuskasvun suuressa paksuimman oksan läpimita kasvoi.

Regressioyhtälö sai seuraavan muodon.

Selittävä tekijä:	Kerroin	t-arvo
Selittävä tekijä: paksuimman elävän oksan läpimita, mm		
Vakio: 25,9		
Selittäjät:		
Sädekasvu, mm	1,54	2,2
Rungon rinnankorkeusläpimitan neliö, mm · mm	0,0617	9,4
Em. läpimita, (mm) · viljelyvalemuuttuja (0 = viljelymännikkö, 1 = luonnonmännikkö)	-1,39	4,3
Solakkuus, (dm/cm)	-2,73	3,4
Solakkuuden neliö	0,0901	2,0
Solakkuus · viljelyvalemuuttuja	1,86	7,5
Puun keskim. pituuskasvu, cm 5 viim. vuoden aikana	0,0726	2,8

$R^2 = 61,8 \%$

Jäännöshajonta: 4,1 mm

F = 163 (7, 706)

Paksuin elävä oksa sijaitsi tutkitussa aineistossa keskimäärin 38,7 % korkeudella puun pituudesta (s = 12,4) eli absoluuttisina mittoina 21 dm korkeudella. Eniten sijaintiin vaikutti puun pituus: pituuden kasvaessa suhteellinen sijainti kohosi. Luonnonmänniköissä pituus vaikutti vähemmän kuin viljelymänniköissä. Lisäksi vaikutti solakkuus: solakkuuden kasvaessa paksuimman oksan sijaintikohta tuli yleemmäksi. Erityisen selvä tämä ilmiö oli luonnonmänniköissä. Kasvunopeus, metsätyyppi yms. tekijät eivät sitä vastoin vaikuttaneet tilastollisesti merkitsevästi.

Regressioyhtälö sai seuraavan muodon.

Selittävä tekijä:	Kerroin	t-arvo
Selittävä tekijä: paksuimman elävän oksan suhteellisen sijainti rungolla (0...1)		
Vakio: 0,247		
Selittäjät:		
Puun pituuden neliö, dm · dm	0,0000190	8,0
Solakkuus, (dm/cm)	0,0127	4,4
Solakkuus · viljelyvalemuuttuja (0 = viljelymännikkö, 1 = luonnonmännikkö)	0,05714	6,9
Puun pituus, (dm) · viljelyvalemuuttuja	-0,00668	4,4

$R^2 = 17,1 \%$

Jäännöshajonta: 0,113

F = 37 (4, 709)

Paksuimman elävän oksan pituutta (keskiarvo 14,6 dm, s = 4,7 dm) selittivät parhaiten rungon pituuskasvutunnukset: elävien oksien pituus kasvoi rungon keskimääräisen pituuskasvun sekä viiden viimeisen vuoden pituuskasvun suuretessa. Lisäksi oksien pituus suureni puun läpimitan suuretessa. Männyntaimien syntytavalla oli sikäli merkitystä, että pituuden kasvu lisäsi viljelytaimissa enemmän oksien pituutta kuin luonnontaimissa. Sitä vastoin solakkuuden suureneminen lisäsi luonnontaimikoissa oksien pituutta enemmän kuin viljelytaimikoissa. Regressioyhtälö oli seuraava.

Selitettävä tekijä: paksuimman oksan pituus, dm

Vakio: 4,2

Selittäjät:	Kerroin	t-arvo
Rungon viiden viimeisen vuoden keskim. pituuskasvu, cm/a	0,0692	4,3
Rungon keskim. pituuskasvu, cm/a	0,0756	2,5
Läpimitan neliö, mm · mm	0,0723	21,5
Pituus, dm · viljelyvalemuuttuja (0 = viljelymännikkö, 1 = luonnonmännikkö)	-0,173	4,9
Solakkuus, (dm/cm) · viljelyvalemuuttuja	1,51	7,8

R² = 70,1 %

Jäännöshajonta = 2,6 dm

F = 333 (5, 708)

Paksuimman oksan viimeisin pituuskasvu oli keskimäärin 14,9 cm ja standardipoikkeama runkojen välillä 7,8 cm. Oksan viimeisintä pituuskasvua selittivät rungon sädekasvunopeus sekä viiden viimeisimmän vuoden pituuskasvu: säde- ja pituuskasvun parantuessa myös oksan pituuskasvu kohosi. Rungon lyhetessä oksan pituuskasvu taas aleni ilmeisesti suuremmasta varjostuksesta johtuen. Läpimitan suureneminen paransi oksan pituuskasvua vain VT-männiköissä. Nämä riippuvuudet nähdään seuraavasta regressioyhtälöstä.

Selitettävä tekijä: paksuimman oksan viimeisin pituuskasvu, cm

Vakio: 5,6

Selittäjät:	Kerroin	t-arvo
Rungon viiden viimeisen vuoden keskim. pituuskasvu, cm/a	0,297	7,8
Rungon sädekasvu, mm/a	4,47	9,2
Rungon pituus, dm	-0,382	4,1
Pituuden neliö, dm · dm	0,00159	2,1
Läpimitta, mm · VT-valemuuttuja (1 = VT, 0 = muut)	0,136	2,5

R² = 22,4 %

Jäännöshajonta = 6,9 cm

F = 41 (5, 708)

Keskimääräinen oksakulma kaikissa täyssissä oksakiehkuroissa oli 55,4° ja standardipoikkeama runkojen välillä 9,2°. Oksakulma pieni (oksat suuntautuivat enemmän ylöspäin) puun pituuden kasvaessa, mutta suureni (oksat suuntautuivat enemmän vaakatasoon) solakkuuden lisääntyessä. Hyvin solakoissa puissa oksat olivat lähes vaakatasossa. Solakkuuden vaikutus riippui kuitenkin maaperän ravinteisuudesta: metsätyypin parantuessa solakkuuden vaikutus kasvoi. Lisäksi solakkuus vaikutti viljelymänniköissä enemmän kuin luonnonmänniköissä, joiden puut olivat solakampia. Regressioyhtälö oli seuraava.

Selitettävä tekijä: latvuksen oksien oksakulma, astetta

Vakio: 76,2

Selittäjät:	Kerroin	t-arvo
Puun pituus, dm	-0,689	7,3
Pituuden neliö, dm · dm	0,00386	4,6
Pituus · viljelyvalemuuttuja (0 = viljelymännikkö, 1 = luonnonmännikkö)	0,311	2,9
Solakkuus, dm/cm · VT-valemuuttuja (1 = VT, 0 = muut)	0,456	2,9
Solakkuus · MT-valemuuttuja	0,896	5,1
Solakkuus · viljelyvalemuuttuja	-2,79	4,7

R² = 25,9 %

Jäännöshajonta = 8,0°

F = 41 (6, 707)

Latvussuhteen keskiarvo oli 77,6 % ja puiden välinen standardipoikkeama 9,5 %. Puiden välistä vaihtelua selitti parhaiten pituus: pituuden suuretessa latvussuhde aleni puun alaosan oksien alkaessa jo kuolla. Prosessi oli sitä hitaampi, mitä parempi oli pituus- ja sädekasvu. Puun solakkuuden vaikutus oli selvästi erilainen erilaisissa olosuhteissa, kuten voitiin päätellä solakkuuden ja erilaisten valemuuttujien ristitulojen tilastollisesta merkitsevyydestä. Kertoimista voitiin päätellä, että kasvupaikan karuntuessa ja kasvunopeuden heikentyessä tietynasteiseen solakkuuteen liittyvä latvussuhde kohosi. Nämä riippuvuudet heijastivat ilmeisesti ravinteisuuden ja valo-aseman yhteisvaikutusta taimen latvuksen muotoon. Regressioyhtälö oli seuraava.

Selitettävä tekijä: latvussuhde, %

Vakio: 94,7

Selittäjät:	Kerroin	t-arvo
Pituus, dm	-0,925	10,6
Pituuden neliö, dm · dm	0,00351	4,9
Viiden viimeisen vuoden pituuskasvu, cm/a	0,322	8,6
Sädekasvu, mm/a	4,65	7,7
Läpimitta · viljelyvalemuuttuja (0 = viljelymännikkö, 1 = luonnonmännikkö)	2,16	4,3
Solakkuus, dm/cm · VT-valemuuttuja (1 = VT, 0 = muut)	-0,485	2,9
Solakkuus · MT-valemuuttuja	-1,16	6,6
Solakkuus · viljelyvalemuuttuja	-2,35	5,7

$R^2 = 55,6 \%$

Jäännöshajonta = 6,4 %

F = 110 (8, 705)

Paksuimman kuivan oksan läpimitta oli keskimäärin 14,2 mm ja runkojen välinen standardipoikkeama 6,1 mm. Vaihtelu selittyi ensisijaisesti rungon läpimitan ja pituuden avulla: niiden kasvaessa suurimman kuivan oksan läpimitta suureni. Läpimitan vaikutus oli puolukkatyyppillä vähäisempi kuin muilla metsätyypeillä, ja lisäksi luonnonmänniköissä vähäisempi kuin viljelymänniköissä. Sitä vastoin pituuden vaikutus oli luonnonmänniköissä suurempi kuin viljelymänniköissä, ts. puun piteneminen lisäsi kuivan oksan paksuutta enemmän luonnonkuin viljelymänniköissä ilmeisesti pidemmälle ehtineestä oksien kuivumisesta johtuen. Rungon pituuskasvu vaikutti jonkin verran: pituuskasvun heiketessä suurimman kuivan oksan läpimitta suureni. Regressioyhtälö oli seuraava.

Selitettävä tekijä: paksuimman kuivan oksan läpimitta, mm

Vakio: -2,4

Selittäjät:	Kerroin	t-arvo
Puun pituus, dm	0,509	10,5
Pituuden neliö, dm · dm	-0,00283	6,9
Pituus · viljelyvalemuuttuja (0 = viljelymännikkö, 1 = luonnonmännikkö)	0,401	2,8
Rungon pituuskasvu viiden viimeisen vuoden aikana, cm/a	-0,107	5,4
Läpimitan (mm) neliö, mm · mm	0,0571	10,4
Läpimitta · viljelyvalemuuttuja	-3,15	3,2
Läpimitta · VT-valemuuttuja (1 = VT, 0 = muut)	-0,0644	2,3

$R^2 = 64,2 \%$

Jäännöshajonta = 3,7 mm

F = 181 (7, 706)

52. Kuiva-tuoretiheys

Kuten aineiston kuvauksen yhteydessä selostettiin, kaatokoepuista oli käytettävissä puuaineen tiheyden määrittäystä varten kiekkoja kannon korkeuden lisäksi rinnantasalta, rungon puolivälistä ja 3/4-korkeudelta. Kun osa aineistosta menetettiin teknisten syiden vuoksi, käytettäväksi jäi tiedot 2911 kiekosta. Keskimääräiset tiheydet olivat eri korkeuksilla seuraavat.

Etäisyys kannosta	Kuiva-tuoretiheys kg/m ³		Vuosisilustojen keskimäärin kiekossa
	\bar{x}	s	
Kannon korkeus	381,5	38,8	14,4
Rinnantasa	351,4	38,4	9,4
Puoliväli	338,1	38,2	6,3
3/4-korkeus	326,8	36,3	3,4

Tiheyden aleneminen tyvestä latvaan päin on sopusoinnussa lukuisten vanhempiä mentyjä koskevien tutkimustulosten kanssa (Jalava 1945, s. 49, Tamminen 1962, Hakikila 1966, s. 40, Uusvaara 1974, s. 68, Mette ja Stephan 1976). Perimmäisenä syynä on yleisesti hyväksytyyn mallin mukaan puuaineen tiheyden kasvu ytimestä pintaan päin, jolloin vähemmän vuosilustoja sisältävät latvakiekot ovat vähemmän tiheitä kuin vanhemmat rungon alaosaan kiekot.

Luonnonmänniköiden ja viljelymetsien mahdollisen eron analysoimiseksi selvitetiin koko kiekkoaineistoa käyttäen valikoidulla regressioanalyysillä, mitkä tekijät vaikuttavat eniten kuiva-tuoretiheyteen. Tällöin havaittiin lukuisten aiempien tutkimusten mukaisesti, että kiekon tiheys lisääntyi vuosilustomäärän kasvaessa, joskin jatkuvasti hidastuvalla nopeudella. Samoin todettiin, että tiheys aleni luston leveyden kasvaessa, joskin hidastuvalla nopeudella (kuva 8). Kun em. riippuvuudet otettiin huomioon, kiekon etäisyys kantoleikkauksesta ei enää vaikuttanut. Riippuvuuksia kuvasi tyydyttävän hyvin malli, jossa tekijöinä olivat vuosilustojen lukumäärä ja sen neliö sekä vuosiluston keskileveys ja sen neliö.

Selitettävä tekijä: kuiva-tuoretiheys, kg/m³

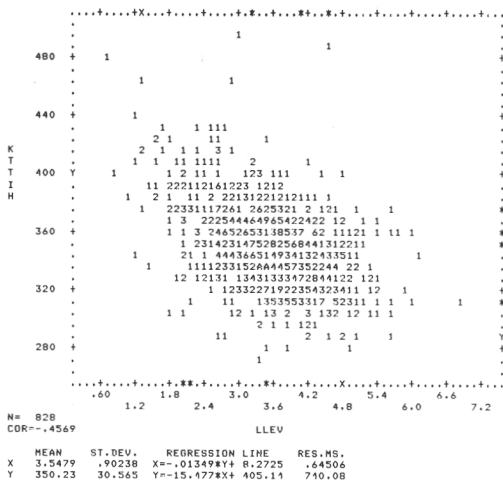
Vakio: 376,5 kg/m³

Selittäjät:	Kerroin	t-arvo
Vuosilustoja kiekossa, kpl	4,70	18,7
Ed. neliö	-0,0511	6,6
Luston keskileveys, mm	-24,2	10,4
Edellisen neliö, mm · mm	1,87	6,6

$R^2 = 30,2 \%$

Jäännöshajonta = 36,0 kg/m³

F = 315 (4, 2911)



Kuva 8. Kuiva-tuoretiheys (KTTIH, kg/m³) vuosiluston leveyden (LLEV, mm) mukaan rinnantasalla. Figure 8. Basic density (KTTIH, kg/m³) according to the average growth ring width (LLEV, mm) at breast height.

Kertoimia ei ole perusteltua tarkastella erikseen multikollineaarisuudesta johtuen. Myös kirjallisuudessa perusteella tiedetään, että lustojen keskileveys on suurimmillaan ytimen läheisyydessä ja korreloi siten mm. kiekon vuosilustomäärän kanssa negatiivisesti. Sitä vastoin vuosilustojen lukumäärän ja leveyden ristitulo ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Tämä osoittaa, että vuosiluston leveys vaikutti suunnilleen samalla tavoin puun eri korkeuksilla.

Kohtalaisella luotettavuudella voidaan tarkastella em. yhtälön perusteella, mitä merkitsee tiheyden kannalta vuosiluston paksuneminen. Kertoimien perusteella saatiin seuraava jaotelmia.

Pienempi vuosiluston leveys mm	Suurempi vuosiluston leveys, mm					
	2	3	4	5	6	7
	Tiheyden alenema, kg/m ³					
1	18,6	33,5	44,6	52,0	55,6	55,5
2	—	14,9	26,0	33,4	37,0	36,9
3	—	—	11,1	18,5	22,1	22,0
4	—	—	—	7,4	11,0	10,9
5	—	—	—	—	3,6	3,5

Esimerkiksi jos jollakin kasvupaikalla muodostuu 2 mm vuosilustojen sijasta 4 mm lustoja, tiheys alenee 26,0 kg/m³. Kasvun paraneminen voi johtua mm. hyvistä kasvu-edellytyksistä riittävän valonsaannin ym.

ansiosta. Kun viljelymetsissä on yleensä suurempi lustojen keskipaksuus, em. jaotelmia voidaan tulkita viljely- ja luonnonmänniköiden puuaineen tiheysroksi, kun lustojen keskileveydet ovat tiedossa.

Onko sitten viljelyllä muuta kuin luston paksuudesta aiheutuvaa vaikutusta puuaineen tiheyteen?

Em. kaksinkertaisesti kvadraattista mallia käyttäen ennustettiin regressioanalyysillä kullakin korkeudella havaittavaa tiheyttä estimoimalla kertoimet kullekin korkeudelle erikseen. Luonnonmetsien ja viljelymänniköiden ero pyrittiin selvittämään valemuuttajalla, joka sai arvon 0 viljelymetsissä ja arvon 1 luonnonmetsissä. Tämän valemuuttajan kertoimet muodostuivat eri korkeuksilla seuraaviksi.

Etäisyys kannosta	Kerroin	t-arvo
Kannon korkeus	1,02	0,2
Rinnantasa	6,76	1,8
Puoliväli	5,05	1,4
3/4-korkeus	9,92	2,9

Tuloksista havaitaan, että muiden tekijöiden pysyessä samoina (ikä, vuosiluston leveys) luonnonmänniköiden puuaineen tiheys oli 1,0...9,0 kg/m³ suurempi kuin viljelymänniköiden. Ero ja sen tilastollinen merkitsevyys kasvoi tyvestä latvaan päin. Muodollinen tilastollinen merkitsevyysraja ylittyi vain korkeimmalla sijaitsevilla kiekkoissa.

Tulokset ovat kiintoisia sikäli, ettei yleensä ole oletettu viljelyn alentavan puuaineen tiheyttä muuten kuin luston levenemisen vaikutuksen kautta. Nyt saadut tulokset viittaavat siihen, että tämän lisäksi on vielä toinen samaan suuntaan vaikuttava komponentti, jonka suuruus on tosin vähäinen ja käytännössä ilmeisesti merkityksettömän pieni. Fysiologista selitystä tälle ilmiölle on vaikea antaa, mutta mahdollisesti sillä on jotakin tekemistä luonnonmänniköiden puiden suuremman kokovaihtelun ja siitä aiheutuvan erilaisen varjostuksen kanssa. — Toisaalta pienet kertoimet viittaavat siihen, että likimain samanlainen puuaineen tiheys saavutetaan erilaisilla uudistamismenetelmillä, jos myöhempi metsän käsittely on sellainen, että saavutetaan samanlainen kasvun taso. Tämä tukee ajatusta metsän kasvatus tiheyden merkityksestä mm. puuaineen tiheyden määrätymisen kannalta.

Käsitys, ettei puun synty tapa vaikuta kovin olennaisesti puuaineen tiheyteen

muuten kuin vuosiluston leveyden kautta, sai tukea riippumattomasta aineistosta, jonka kiekot oli otettu 10, 20, 30, 40, 60, 80 ja 90 % korkeuksilta puun pituudesta (N = 714). Tässä osa-aineistossa keskimääräinen kiekkojen kuiva-tuoretiheys oli 337,6 kg/m³ (s = 42,2), kun keskimääräisen kiekon läpimitta oli 52 mm ja siinä oli vuosilustoja 7 kpl.

Kun tiheyteen vaikuttavien tekijöiden selvittämiseksi laskettiin valikoivalla regressioanalyysillä ennusteyhtälö, tilastollisesti merkitseviksi tekijöiksi saatiin kiekon vuosilustojen lukumäärä (tiheys alenee tyvestä latvaan päin), etäisyys kannosta (tiheys alenee tyvestä latvaan päin) sekä vuosiluston leveys (tiheys alenee vuosiluston leveyden kasvaessa). Lisäksi saatiin tekijäksi kiekon läpimitta, jota ei ole syytä tulkita em. tekijöistä riippumattomaksi dimensioksi, vaan korjaustekijäksi vuosilustomäärän ja tarkastelukorkeuden suhteen. — Em. tekijöiden vaikutuksen eliminoinnin jälkeen puun syntyvän korrelaatio jäi niin alhaiseksi (0,04), ettei vaikutusta voinut havaita. Yhtälön kertoimet olivat seuraavat.

Selitettävä tekijä: kuiva-tuoretiheys, kg/m³
 Vakio: 407,9

Selittäjät:	Kerroin	t-arvo
Vuosilustoja kiekossa, kpl	3,23	5,8
Kiekon läpimittan neliö, mm · mm	-0,00275	4,3
Luston keskileveys, mm	-29,5	5,3
Ed. neliö, mm · mm	2,77	4,8
Etäisyys kannosta (0...1), sen kolmas potenssi	-61,7	8,9

R² = 46,8 %
 Jäännöshajonta = 30,9 kg/m³
 F = 124 (5, 708)

Luonnollista on, että jättämällä vuosiluston leveys muunnoksineen pois potentiaalisten selittäjien joukosta saadaan puun synty-tapa tilastollisesti merkitseväksi selittäjäksi, koska viljelymänniköt ovat yleensä parempikasvuisia kuin vastaavan kasvupaikan luonnonmänniköt. Kuitenkin todettiin, että vaikka selitystasetta pyrittiin nostamaan ja jäännöshajontaa alentamaan ottamalla potentiaalisiksi selittäjiksi syntyttävän lisäksi sen erilaisia ristituloja, selittävyys oli olennaisesti heikompi kuin ottamalla mukaan vuosiluston leveys. Tämä tukee käsitystä, että puun synty-tapa on sekundäärinen tekijä: olennaista on, kuinka nopeasti eri tavoin syntyneet puut saadaan kasvamaan sopivan tilajärjestelyn, tasakokoisuuden

yms. tekijöiden avulla. Kun luonnonmänniköissä oli mukana harvana kasvaneita koealoja, joissa puiden vuosilustojen keski-leveys oli suuri, pelkkä synty-tapa ei kertonut puuaineen tiheydestä yhtä paljon kuin tieto keskimääräisestä vuosiluston leveydestä. — Mainittakoon kuitenkin, että parhaaksi ennusteyhtälöksi saatiin seuraava.

Selitettävä tekijä: kuiva-tuoretiheys, kg/m³
 Vakio: 356,3 kg/m³

Selittäjät:	Kerroin	t-arvo
Viljelyvalemuuttuja (0 = viljelymännikkö, 1 = luonnonmännikkö)	37,0	5,6
Etäisyys kannosta (0...1), sen neliö	-69,8	14,3
Etäisyys kannosta kerrottuna viljelyvalemuuttujalla	-49,9	4,1

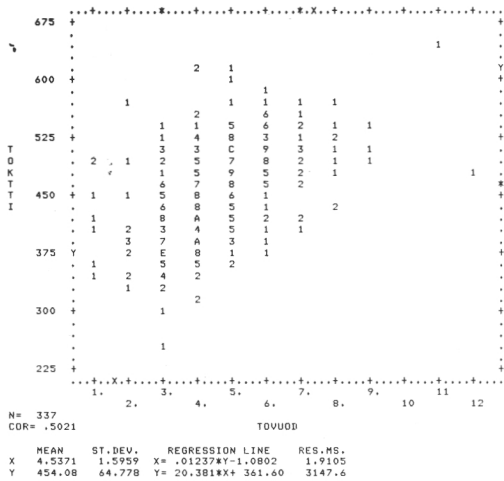
R² = 32,3 %
 Jäännöshajonta = 34,8 kg/m³
 F = 113 (3, 710)

Osa-aineistosta (N = 335 runkoa) mitattiin myös suurimpien oksien kuiva-tuoretiheys oksan tyvestä ja pituuden puolivälistä. Oksan tyviosassa keskimääräinen tiheys oli 453,9 kg/m³ ja runkojen välinen standardipoikkeama 64,6 kg/m³. Pituuden puolivälissä vastaavat luvut olivat 454,1 kg/m³ ja 63,6 kg/m³. Oksan osat eivät siis poikenneet toisistaan. Yleensä kuitenkin männyllä tiheys alenee oksan tyvestä kärkeen päin (esim. Hakkila 1969, 1971).

Ero runkopuun puuaineen tiheyteen oli suuri alhaisesta rungon puuaineen tiheydestä johtuen. Vanhemmilla männyllä ero on yleensä saatu päinvastaiseksi kuin nyt tarkastellussa nuoressa puustossa: oksapuu on yleensä vähemmän tiheää kuin runkopuu (esim. Rozens 1972, Götze ym. 1972, Howard 1973, Phillips ym. 1976).

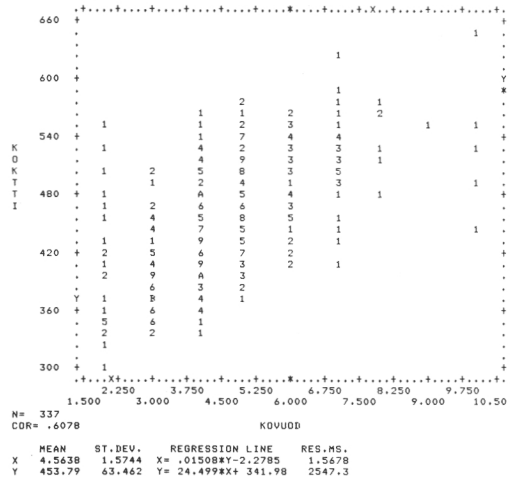
Oksapuun tiheys kasvoi oksan vuosilustojen lukumäärän myötä sekä tyvessä että pituuden puolivälissä (kuvat 9 ja 10). Tämä osoittaa, että rungon tavoin myös oksassa tiheys kasvaa ytimeä pintaan päin.

Rungon puuaineen tiheyden ennustamiseksi oksan tiheyden perusteella tehtiin joitakin kokeita. Menestys ei ollut kuitenkaan läheskään riittävä mm. jalostusvalinnan mahdollistamiseksi oksanäytteen avulla (kuva 12). Nuoremista männyn- tai oikotaimista on aiemmin saatu lupaavampia tuloksia (Persson 1972).



Kuva 9. Oksan tyviosan kuiva-tuoretiheys (TOKTTI, kg/m³) vuosilustojen lukumäärän (TOVUOD) mukaan.

Figure 9. Basic density of the branch butt (TOKTTI, kg/m³) according to the number of growth rings in the branch butt (TOVUOD).



Kuva 10. Kuiva-tuoretiheys oksan pituuden puolivälissä (KOKTTI, kg/m³) vuosilustojen lukumäärän (KOVUOD) mukaan.

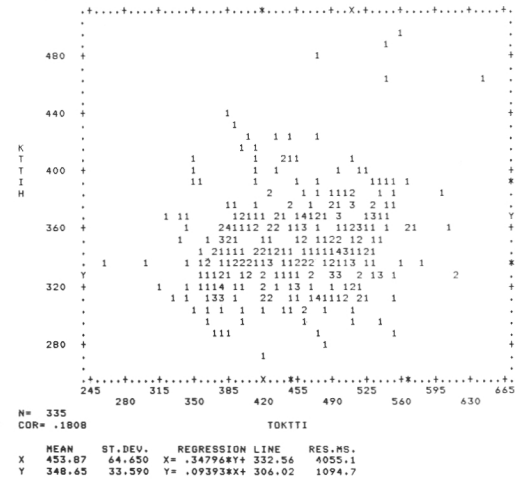
Figure 10. Basic density of the middle of the branch (KOKTTI, kg/m³) according to the number of growth rings in the branch middle length (KOVUOD).

53. Runkoviat

Mäntyrunkojen viat jakautuivat vian laadun ja sijainnin suhteen seuraavan aseelman mukaisesti.

Metsikön syntytapa	Virheettömät rungot	Vika tyvässä	Vika rungossa	Vika tyvässä ja rungossa
Mutka, %				
Istutus	31,6	24,8	18,2	25,4
Luontainen	34,1	21,4	20,2	24,3
Lenkous, %				
Istutus	30,2	15,5	25,1	29,2
Luontainen	55,2	14,6	20,0	10,2
Pystyoksa, %				
Istutus	61,9	11,7	22,5	3,9
Luontainen	66,2	10,7	21,4	1,7

Istutusmänniköissä esiintyi jonkin verran enemmän eri vikaisuuksia kuin luonnonmänniköissä, mutta ero oli merkittävä ainoastaan runkojen lenkoudessa (vrt. s. 13). Kaikki viat sijoituivat useammin rungon kuin tyven alueelle. Luonnonmänniköissä oli mutka useimmin tavattava vika, kun taas istutusmänniköissä lenkouden ja mutkaisuuden välillä ei ollut sanottavaa eroa.



Kuva 11. Rungon kuiva-tuoretiheys (KTTIH, kg/m³) rinnantasalla paksuimman elävän oksan tyviosan tiheyden (TOKTTI, kg/m³) mukaan.

Figure 11. Basic density of the stem at breast height (KTTIH, kg/m³) according to the basic density of the butt part of the thickest living branch (TOKTTI, kg/m³).

Kaikkia vikoja havaittiin kuitenkin huomattavasti runsaammin kuin mitä Uusvaara (1981e) totesi vanhoissa viljely- ja luonnonmänniköissä. On kuitenkin huomattava, että pelkkä vikojen määrä ei anna täyttä kuvaa niiden haitallisuudesta, koska vikojen vakauteen rungon käyttöarvon kannalta ei kiinnitetty huomiota.

Oheisen asetelman mukaan voidaan todeta, että muiden kuin edellä mainittujen vikojen esiintymisrunsaus mäntyrungoissa oli vähäisempi.

Vika tai sen aiheuttaja	Metsikön synty tapa	
	Istutus	Luontainen
	%	
Versoruostesieni	19,8	20,5
Monilatvaisuus	4,0	1,7
Poikkilatvainainen	0,4	0,0
Tyvikoro	0,7	1,9
Runkokoro	1,2	4,0
Lumituho	0,1	0,1
Mäntypistiäinen	3,5	6,4
Hirvi	3,1	3,4
Haarakkuus	0,6	0,2

Edellä esitettyjen vikojen suhteen virheettömien runkojen osuudet olivat siis istutus- ja luonnonmänniköissä 66,6 ja 61,7 %. Versoruostesieni oli yleisin tuhon aiheuttaja kummankin synty tavan männiköissä. Jonkin verran merkitystä oli myös mäntypistiäis- ja hirvituhoilla. Neljässä prosenttiyksikössä kaikista rungoista tavattiin luonnonmänniköissä runkokoroa ja viljelymänniköissä monilatvaisuutta, joiden aiheuttajia ei kuitenkaan pystytty selvittämään.

Tämän tutkimuksen mukaan istutusmänniköissä ei esiintynyt eläinten, sienien tai lumen aiheuttamia tuhoja enempää kuin luonnonmänniköissä. On kuitenkin todettu että paikalliset provenienssit ovat yleensä kestävämpiä erilaisia tuhonaiheuttajia vastaan. Sopimattomista kasvupaikoista tai alkuperän siirrosta onkin viljelymänniköissä ollut usein seurauksena altistuminen mm. erilaisille sienitaudeille (Kallio 1981).

54. Muita tunnuksia

Seuraavassa tarkasteltavat tulokset lenkoudesta ja epäpyöreystä perustuvat kaatokoepuuaineistoon (714 runkoa). Ytimen läpimitta tarkasteltiin 102 rungon perusteella.

Rungoittaisessa analyysissä lenkoutta (keskiarvo 4,8 cm, $s = 3,1$ cm) selitti parhaiten puitten solakkuus: solakkuuden kasvaessa lenkous väheni jatkuvasti hidastuvalla nopeudella. Solakkuus saatiin ainoaksi tilastollisesti merkitseväksi selittäjäksi. Regressioyhtälö oli seuraava.

Selitettävä tekijä: lenkous, cm

Vakio: 13,0

Selittäjät:

Solakkuus, (dm/cm)

Solakkuuden neliö

Kerroin

-1,87

0,0946

t-arvo

4,0

3,3

$R^2 = 4,4 \%$

Jäännöshajonta: 3,0 cm

F = 16 (2, 711)

Samoin kuin koaloittaisessa analyysissä, myös rungoittaisessa tarkastelussa selityksaste oli niin pieni, ettei lenkouden ennustamisella ole käytännöllistä merkitystä. Kiintoisaa kuitenkin oli, että selittäjäksi saatiin nimenomaan solakkuus eikä esim. viljelyvalemuuttujaa. Itse asiassa solakkuus kuvasi hiukan viljelyä — luonnonmännit olivat solakampia kuin viljelymännit — mutta sen lisäksi yleisemminkin pieni solakkuus liittyi tavanomaista todennäköisempään lenkouteen. Ilmeistä on, että lenkous oli vaikuttanut solakkuuteen: kun puu on kallistunut ja sen vuoksi lenkoutunut, kasvu on keskittynyt enemmän rungon tyvelle kun pituuskasvuun, ja tämä heijastuu solakkuuden ja lenkouden tilastollisena yhteytenä.

Epäpyöreyttä, ts. puun poikkileikkauksen poikkeamista ympyrän muodosta mitattiin suurimman ja pienimmän läpimitan erolla sellaisenaan ja suhteessa keskimääräiseen läpimittaan. Absoluuttinen epäpyöreys ei ole kuitenkaan tässä yhteydessä kiinnostava, koska se kasvaa läpimitan suuretessa. Sitä vastoin suhteellinen epäpyöreys kuvastaa poikkileikkauksen säännöllisyyttä ja eräässä mielessä siis myös laatua.

Pääaineistosta (2 911 kiekkoa) laskettu suhteellinen epäpyöreys oli keskimäärin 3,7 % ($s = 4,3$). Ainoa sen suuruutta selittävä tekijä oli kiekon sijainti: epäpyöreys aleni tyvestä latvaan päin. Rungon eri korkeuksilla saatiin seuraavat keskimääräiset tulokset.

Etäisyys kannosta	Epäpyöreys, %		Kiekon läpimitta mm
	\bar{x}	s	
Kannon korkeus	6,7	6,1	88
Rinnantasa	3,2	3,1	67
Puoliväli	2,6	2,6	50
3/4-korkeus	2,2	2,8	27

Epäpyöreys vaihteli kuitenkin niin paljon kiekosta toiseen, ettei etäisyys kannosta selittänyt epäpyöreiden vaihtelusta kuin kaksi prosenttia. Kiintoisaa myös oli, ettei vuosiluston leveys, puun synty tapa yms.

tekijät olleet millään korkeudella tilastollisesti merkitseviä selittäjiä suuresta havaintojen lukumäärästä huolimatta, joka mahdollistaa pientenkin erojen saamisen muodolliset tilastokriteerit täyttäviksi. Tämä heikko selitettävyyden viittaa siihen, ettei epäpyöreiden suhteen ole odotettavissa olennaisia vaikeuksia, valittiinpa erilaisin keinoin mikä tahansa puiden kasvunopeus-taso.

Ytimen läpimitta mitattiin tuoreista kiekkoista käyttäen aineistoa, johon oli otettu kiekkoja 10, 20, 30, 40, 60, 80 ja 90 % korkeuksilta puun pituudesta. Kiekkoja oli kaikkiaan 714 kpl.

Ytimen keskimääräinen läpimitta oli huomattavan suuri, 4,4 mm (s = 1,1 mm). Tähän vaikutti ilmeisesti puiden elinvoimaisuus ja hyvä kasvu.

Ytimen läpimitta vaihteli suhteellisen vähän, joskin oli havaittavissa tilastollisesti merkitseviä riippuvuuksia. Tärkein oli etäisyys kannosta: keskiläpimitta kohosi tyvestä latvaan päin. Vaikutus oli kuitenkin

pieni: puun puolivälissä keskiläpimitta oli korkeuden suhteen lasketun regressioyhtälön mukaan vain 0,2 mm suurempi kuin kannon tasalla. Lisäksi vaikutti puiden syntytyyppi: viljelymänniköissä ytimen läpimitta kasvoi tyvestä latvaan päin nopeammin kuin luonnonmänniköissä. Nämä riippuvuudet ilmevät seuraavasta regressioyhtälöstä.

$$y = 4,14 + 1,31x_1^3 - 0,615x_1x_2$$

jossa

y = ytimen läpimitta, mm

x₁ = suhteellinen korkeus (0...1)

x₂ = valemuuttuja (0 = viljelymännikkö,
1 = luonnonmännikkö)

R² = 10,8 %

Jäännöshajonta = 0,99 mm

F = 43 (2, 711)

Edellisten tekijöiden lisäksi vaikutti hiukan luston leveys, jonka vaikutusta oli kuitenkin vaikeaa erottaa korkeuden vaikutuksesta. Kaiken kaikkiaan ytimen läpimitta vaihteli kuitenkin suhteellisen vähän jokaisen tarkastellun tekijän mukaan.

6. TULOSTEN TARKASTELUA

Nuorten männiköiden laadun tutkiminen on metodisesti ongelmallista. Esimerkiksi kun pyritään löytämään mittauskelpoisia laadun tunnuksia, törmätään vaikeuksiin. Kuivien oksien läpimitta ei ole välttämättä laatuindikaattori, koska kuivien oksien pienenä voi johtua sekä oksien yleisestä hentoudesta tai siitä, ettei oksien kuoleminen ole vielä edes alkanut. Tällöin tulevat mittauksen kohteeksi tyven läheiset hennot alaoksat. Sama koskee kuivaoksaisten rungonosan pituutta. Edes aineiston vanhimmat puut (25 a) eivät olleet sanottavasti vielä karsiutuneet kuivista oksistaan. Myös elävien oksien läpimitta saattaa olla varomattomasti käytettynä arveluttava tunnus, koska elävien oksien vaikutus ei ole vielä loppunut eikä edes tyvitukin oksaisuuslaatu muotoutunut lopulliseksi. Esimerkiksi jos tarkastellaan elävien oksien läpimittaa iän funktiona, saadaan helposti tulos, että metsätyypin parantuessa oksien läpimitta kasvaa. Sinänsä tämä on oikea tulos, mutta ei välttämättä yleistettävissä koskemaan esim. tyvitukin laatua, koska samanikäiset rungot ovat kasvupaikan viljavuuden mukaan erikokoisia. Mikäli käytetään aineistona saman-

kokoisia puita, tulos voi olla toinen.

Kun puun käytön kannalta puun koko on olennaisempi tekijä kuin sen ikä, valitaan yleensä ilman muuta puun koon (esim. rinnankorkeusläpimitan) vakioiva tarkastelutapa: analysoidaan, miten eri tekijät ovat vaikuttaneet laatuun tarkasteltaessa samankokoisia runkoja. Pelkästään puun käyttäjän kannalta tällainen menetelmä voi olla asiallinen, mutta se ei kuvaa laadun ja määrän suhteita oikealla tavalla metsänkasvattajan kannalta. Jos hitaalla kasvulla saavutetaan hyvä laatu, laatu puut ovat iäkkäämpiä kuin samankokoiset nopeakasvuiset puut. Puun kasvattajien talouden kannalta ei olekaan mahdollista unohtaa ikätekijää ja tarkastella vain puun koon suhteen valikoituja tuloksia.

Ongelmana on myös koealan sisäinen ja niiden välinen vaihtelu. Kun koealan sisäiset riippuvuudet mm. läpimitan suhteen saattavat olla erilaiset, jopa päinvastaiset, kuin koealojen väliset riippuvuudet, päätelmien teossa on selkeästi erotettava metsikön sisäinen dynamiikka ja toisaalta metsiköiden välinen tarkastelu. Käsillä olevassa työssä käytetty menetelmä tarkastella koe-

alojen välisiä laatueroja koealojen keskiarvojen ja standardipoikkeamien perusteella ei sekään ole ongelmaton ratkaisu: tällöin ei ole otettu huomioon, millaiseen laatusaneeraukseen kullakin koealalla olisi mahdollisuuksia tiheyden puolesta esim. seuraavan hakkuun aikana. Tiheä puusto on luonnollisesti edullisempi lähtökohta kuin jo ennestään harva.

Tämän työn olennaisin tulos voidaan tiivistää lyhyeksi: tarkasteltaessa samankokoisia puita laatu heikkenee kasvun parantuessa, johtuipa hyvä kasvu mistä tekijöistä tahansa. Aiemmin esitetyistä näkökohdista johtuu, ettei välttämää saa tulkita niin, että kehoitettaisiin kasvattamaan puusto hitaasti. Taloudelliset laskelmat ovat eri asia. Olennaista on kuitenkin se, ettei useinkaan pystytty erottamaan hyvän kasvun syytä vaikutukseltaan: sama tulos saattoi tulla hyvällä kavupaikan ravinteisuudella tai harvalla kasvatusasennolla.

Useat laatua kuvaavat muuttujat riippuivat usein selvästi erilaisista kasvun voimakkuutta kuvaavista muuttujista (sädekasvu, pituuskasvu jne). Näytti ilmeiseltä, että kiinnitettäessä päähuomio määrään laatu heikkenee väistämättä ainakin nuorella iällä. Looginen selitys on esim. oksaisuuden osalta se, että hyvä kasvu edellyttää välttämättä suurta yhteyttävää neulasten pinta-alaa, ja neulasia kannattamaan tarvitaan puuaineen vikana näkyviä oksia. Oksien ja neulasten massan välillä onkin vahva riippuvuus (esim. Gary 1978). Kun paksut oksat säilyvät kuolematta ja karsiutumatta kauan, hyvä kasvu nuorella iällä indikoi heikkoa puuaineen laatua myös vanhemmiten. Kirjallisuudesta löytyy lukuisia esimerkkejä, että männynllä hyvään nuoruuskasvuun liittyy laadun heikkeneminen (esim. Mayer-Wegelein 1930, Olberg ja Kuhn 1930, Wennerholm 1937, Lindquist 1939, Andersson 1941, Undersökningar... 1948, Schöpf 1954, Heiskanen 1954, 1965, Nylinder 1959, Orvér 1970, Ericson ym. 1973, Erteld 1975, Persson 1976, 1977, Uusvaara 1974, 1981e). Tältä osin voidaan sanoa, että käsillä olevan aineiston perusteella muodostunut käsitys saa huomattavaa tukea kirjallisuudesta.

Metsätyyppi ei ollut minkään laatutekijän erityisen hyvä selittäjä. Tämä on luonnollista: metsätyyppi on kvalitatiivinen muuttuja, luokkia on vähän (tässä tutkimuksessa vain CT, VT ja MT) ja lisäksi vaihtelu luok-

kien sisällä on ilmeisesti suuri. Käytännössä voidaan kasvupaikan puuntuotantokyvyn (metsätyyppi) sijasta käyttää suoria puustomittauksia (sädekasvu, ikä läpimitan vakioinnin jälkeen, pituuskasvu jne.). Ne osoittautuivat useissa tapauksissa metsätyyppiä paremmiksi laadun selittäjiksi. Teknisesti tällaisten muuttujien käyttökelpoisuutta parantaa niiden kvantitatiivisuus ja jatkuva luonne: niitä käytettäessä ei ole vaikeita rajanveto-ongelmia.

Uudistustapa ei näyttänyt tulosten välillä olevan erityisen keskeinen laatutekijä: jos luonnontaimet kasvoivat hyvin, niiden laatu oli samaa tasoa kuin samalla tavoin kasvavien viljelytaimien. Tärkeä poikkeus oli kuitenkin lenkous: lenkouden kannalta oli ratkaisevaa, oliko kyseessä viljelytaimi vai luontaisesti syntynyt taimi. Tulos ei ole yllättävä aiemman tutkimustoiminnan perusteella (Uusvaara 1974, 1981e, Huuri 1976), jonka mukaan nimenomaan istutetut taimet tulevat helposti lengoiksi. — Lenkouden lisäksi syntyvän vaikutus näkyi myös yleislaadussa, koska sen arvioinnissa lenkous oli mukana yhtenä osatekijänä.

Aineiston hankintaan kuuluvana yksityiskohtana mainittakoon, että viljelytaimikoihin verrattavien tasaisten luonnonmänniköiden löytäminen tuotti vaikeuksia. Yleensä luonnonmänniköt olivat hyvin erikäisistä taimista koostuvia ja samalla siis epätasaisia. Näin ollen aineiston luonnonmänniköt edustavat epänormaalin tasaista ja hyvin kehittyntä luonnonmännikötyyppiä, jota ei ole yleisesti. Tästä johtuu, että lenkoutta lukuun ottamatta vähäiset havaitut erot taimien syntyvän mukaan eivät oikeuta pitkälle meneviin päätelmiin syntyvaltaan erilaisten taimikoiden laadusta. Käytännössä lienevät syntytapaa merkittävämpiä kasvatustiheyteen ja sen säätelyyn liittyvät toimet. Jos viljelymänniköt ovat jo alusta pitäen liian harvoja, ne kehittyvät oksikkaiksi. Lisäksi alhaisesta runkoluvusta johtuen ei ole riittäviä mahdollisuuksia valikoida harvennuksissa laadullisesti parhaita puita jääväksi puustoksi. Liiallinen kasvutila, riittämätön puuyksilöiden välinen kilpailu ja vähäiset valikointimahdollisuudet harvennuksissa ovat ilmeisesti perimmäisempiä tekijöitä kuin viljely sinänsä, joka voi monella muulla tavalla vaikuttaa laadun paranemiseen (rodulliset ominaisuudet, tasaikäisyys jne.).

7. TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen aineisto käsitti 140 istutettua ja 31 luontaisen siemennyksen kautta syntyntä männikköä Etelä- ja Keski-Suomen alueelta. Puustosta, jonka ikä vaihteli 9—25 vuoteen, mitattiin 2 800 istutusmäntyrunkoa ja 620 luonnonmäntyrunkoa. Osa oli kaatokoepuita. Koepuista mitattiin erilaisia runkojen kokoon, muotoon, oksikkuuteen sekä runkovikoihin liittyviä tunnuksia. Sekä rungosta että rungon paksuimmasta oksasta otettiin näytteitä mm. puuaineen kuiva-tuoretiheyden ja luston leveyden määrittämiseksi.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää runkojen ulkoisten ja sisäisten laatutunnusten vaihtelua ja tärkeimpiä laatuun vaikuttavia tekijöitä nuorissa männiköissä. Tun-nusten perusteella selvitettiin myös viljely- ja luonnonmänniköiden laatueroja.

Tutkimuksen tärkeimmät tulokset olivat seuraavat:

1. Koealoittaisessa tarkastelussa todettiin asteikolla 1—5 (1 = paras, 5 = huonoin) silmävaraisesti arvostellun runkojen yleislaadun riippuvan etupäässä iästä (luonnonmänniköt), metsätyypistä ja puuston tiheydestä. Asteikon 1—4 (1 = paras, 4 = huonoin) mukaan vastaavasti pelkästään oksien perusteella arvosteltuun oksaisuuslaatuun vaikutti voimakkaimmin runkojen koko. Laatu heikkeni kasvunopeuden lisääntyessä. Silmävaraisesti
2. Rungoista mitattujen paksuimpien elävien ja kuivien oksien, sekä kuivaoksaisten rungonosan pituutta selittivät regressioanalyyseissä parhaiten puiden koko ja puuston tiheys. Kasvunopeus oli myös tässä yhteydessä merkittävä laadun selittäjä.
3. Runkomuoto oli istutusmänniköissä huonompi kuin luonnonmänniköissä. Erityisesti runkojen lenkous oli selitettävissä parhaiten puiden syntyvän perusteella. Koealojen puiden solakkuus riippui merkittävimmin puuston tiheydestä erityisesti luonnonmänniköissä. Suuri kasvunopeus lisäsi runkojen tyvekkyyttä. Rungon suhteellinen epäpyöreys riippui voimakkaimmin mittauskohdasta siten, että epäpyöreys aleni tyvestä latvaan päin.
4. Latvuksen leveys pieneni runkojen keskipituuden kasvaessa, puuston tiheyden kasvaessa ja kasvunopeuden heikentyessä.
5. Rungoista otettujen kiekkojen sekä oksanäytteiden kuiva-tuoretiheys alenivat luston leveyden kasvaessa. Luston leveyden vaikutus oli suunnilleen sama rungon eri korkeuksilla. Puuston varsinaisen syntyvän (viljely, luontainen) vaikutus puuaineen kuiva-tuoretiheyteen oli vähäinen.
6. Runkojen normaalista puuaineesta eroavan ytimen läpimitta oli huomattavan suuri, keskimäärin 4,4 mm. Ytimen osuus lisääntyi kannon korkeudelta latvaa kohti ja oli istutusmänniköissä suurempi kuin luonnonmänniköissä.

KIRJALLISUUTTA

- ANDERSSON, E. 1941. Kvalitetsklassificering av grantimmer efter kvistgrovleken. Norrl. Skogsv-Förb. Tidskr. (1):16—57.
- CUNIA, T. 1973. Dummy variables and their uses in regression analysis. IUFRO Subject Group Meeting 1973, Nancy, Vol. 1:1—146.
- EKLUND, B. 1956. Ett förbandsförsök i tallskog. Summary: An experiment in sowing and planting pine with different spacings. Medd. Stat. Skogsforskningsinst. 46(10):1—98.
- ERICSON, B., JOHNSON, T. & PERSSON, A. 1973. Ved och sulfatmassa från tall i orörda bestånd. Summary: Wood and sulphate pulp of Scots pine from virgin stands. Rapp. Uppsats. Instn. Skogsprod. Skogshögsk. 25:1—143.
- ERTELD, W. 1975. Verbandsweite, Jahrringsbreite und Aststärke der Kiefer auf einem mittleren terrestrischen Standort im Altpleistozän. Sozial. Forstw. 25(8):242—245.
- GARY, H.L. 1978. The vertical distribution of needles and branchwood in thinned and unthinned 80-year-old lodgepole pine. Northwest Sci. 52(4):303—309.
- GÖTZE, H., GÜNTHER, B., LUTHARD, H. & SCHULTZE-DEWITZ, G. 1972. Eigenschaften und Verwertung des Astholzes von Kiefer (*Pinus silvestris* L.) und Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.). 2. Mitteilung. Holztechnol. 13(1):20—27.
- HAKKILA, P. 1966. Investigations on the basic density of Finnish pine, spruce and birch wood. Lyhen-

- nelmä: Tutkimuksia männyn, kuusen ja koivun puuaineen tiheydestä. *Commun. Inst. For. Fenn.* 61(5):1—98.
- 1969. Weight and composition of the branches of large Scots pine and Norway spruce trees. Lyhennelmä: Järeitten mänty- ja kuusipuitten oksien paino ja koostumus. *Commun. Inst. For. Fenn.* 67(6):1—37.
- 1971. Coniferous branches as a raw material source. Tiivistelmä: Havupuun oksat raaka-ainelähteenä. *Commun. Inst. For. Fenn.* 75(1):1—60.
- HEISKANEN, V. 1954. Vuosiluston paksuuden ja sahatukin laadun välisestä riippuvuudesta. Summary: On the interdependence of annual ring width and sawlog quality. *Commun. Inst. For. Fenn.* 44(5):1—28.
- 1965. Puiden paksuuden ja nuoruuden kehityksen sekä oksaisuuden ja sahapuulaadun välisistä suhteista männiköissä. Summary: On the relations between the development of the early age and thickness of trees and their branchiness in pine stands. *Acta For. Fenn.* 80(2):1—62.
- HOWARD, E.T. 1973. Physical and chemical properties of slash pine tree parts. *Wood Sci.* 5(4):312—317.
- HUURI, O. 1976. Kallistumisilmiö istutusmänniköissä. Tiedustelun tuloksia. Summary: Tilting of planted pines; survey results. *Folia For.* 265:1—22.
- JALAVA, M. 1945. Suomalaisen männyn, kuusen, koivun ja haavan lujuusominaisuuksista. Summary: Strength properties of Finnish pine, spruce, birch and aspen. *Commun. Inst. For. Fenn.* 33(3):1—66.
- JOKINEN, P. & KELLOMÄKI, S. 1982. Havaintoja metsikön kasvitiheyden vaikutuksesta runkojen oksaisuuteen vartuneissa männyn taimikoissa. Summary: Observations on the effect of spacing on branchiness of Scots pine stems at pole stage. *Folia For.* 508:1—12.
- JUUTINEN, P. 1981. Männyn eläintuhot. *Dendrol. seur. tied.* 4:179—187.
- KALLIO, T. 1981. Männyn sienitaudit. *Dendrol. seur. tied.* 4:172—177.
- KELLOMÄKI, S. & TUIMALA, A. 1981. Puuston tiheyden vaikutus puiden oksikkuuteen taimikkoja riukuvaiheen männiköissä. Summary: Effect of stand density on branchiness of young Scots pines. *Folia For.* 478:1—27.
- KÄRKKÄINEN, M. 1972. Havaintoja kuusen oksaisuudesta. Summary: Observations on the branchiness of Norway spruce. *Silva Fenn.* 6(2):90—115.
- 1980a. Mäntytukkirunkojen laatuluokitus. Summary: Grading of pine sawlog stems. *Commun. Inst. For. Fenn.* 96(5):1—152.
- 1980b. Tuloksia Rauman alueen mäntytukkien sahaustuksesta. Summary: Results of sawing pine logs in Rauma region, western Finland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 96(7):1—43.
- LEIKOLA, M., METSÄMUURONEN, M., RÄSÄNEN, P. & TAIMISTO, E. 1977. Männyn viljelytaimistojen kehitys Lounais-Suomessa vv. 1967—1975. Summary: The development of Scots pine plantations in south-western Finland in 1967—1975. *Folia For.* 312:1—27.
- LINDQUIST, B. 1939. Virkeskvalitet och rotnettovärde hos smalkronig och bredkronig tall. Zusammenfassung: Holzqualität und Nettowert bei schmalkronigen und breitkronigen Kiefern. *Svenska SkogsvFören. Tidskr.* 37:1—119.
- MAYER-WEGELIN, 1930. Zweckmäßige Nutzholzaushaltung. *Forstl. Wochenschr. Silva* 18(9):65—68.
- METTE, H.-J. & STEPHAN, G. 1976. Zur Frage der Rohdichteunterschiede in Kiefernstämmen. *Holztechnol.* 17(1):16—20.
- NYLINDER, P. 1959. Synpunkter på produktionens kvalitet. Summary: Aspects of quality production. *Uppsats. Instn. Virkeslära Skogshögsk.* 2:1—19.
- OLBERG, & KÜHN, 1930. Ueber den Zusammenhang zwischen der Holzqualität und der Jugendentwicklung der Kiefer. *Zeitschr. Forst- u. Jagdw.* 62(9):625—658.
- ORVÉR, M. 1970. Klassificering av tallsågtimmer med objektivt mätbara faktorer. Summary: Grading of Scots pine saw timber using objectively measurable factors. *Rapp. Instn. Virkeslära Skogshögsk.* 65:1—138.
- PELKONEN, H., TUOMI, P. & VALTANEN, J. 1982. Männyn viljelytaimikoiden kunto 10 vuoden iällä Taivalkoskella. Summary: Condition of pines on forestation sites in North Finland at the age of 10 years. *Folia For.* 511:1—23.
- PERSSON, A. 1972. Studies on the basic density in mother trees and progenies of pine. Sammanfattning: Studier över torrävolymvikt hos moderträd och avkommar av tall. *Stud. For. Suec.* 96:1—37.
- 1976. Förbandets inverkan på tallens sågtimmerkvalitet. Summary: The influence of spacing on the quality of sawn timber from Scots pine. *Rapp. Uppsats. Instn. Skogsprod. Skogshögsk.* 42:1—122.
- 1977. Kvalitetens utveckling inom yngre förbandsförsök med tall. Summary: Quality development in young spacing trials with Scots pine. *Rapp. Uppsats. Instn. Skogsprod. Skogshögsk.* 45:1—152.
- PHILLIPS, D.R., CLARK, A. & TARAS, M.A. 1976. Wood and bark properties of southern pine branches. *Wood Sci.* 8(3):164—169.
- RAUTIAINEN, O. & RÄSÄNEN, P. 1980. Männyn ja kuusen viljelytaimistojen kehitys Itä-Savossa 1968—1976. Summary: Development of Scots pine and Norway spruce plantations in Itä-Savo in 1968—1976. *Folia For.* 426:1—24.
- ROZENS, A. 1972. (Some physical and mechanical properties of Norway spruce and Scots pine branchwood). (Sit. FA 35(10) N:o 6431).
- SCHÖPF, J. 1954. Untersuchungen über Astbildung und Astreinigung der Selber Kiefer. *Forstwiss. Cbl.* 73(9/10):275—290.
- TAKALA, P. 1978. Metsänviljely. Teoksessa: Tapion Taskukirja. 1978. 18. p. 124—136.
- TAMMINEN, Z. 1962. Fuktighet, volymvikt m.m. hos ved och bark. I Tall. Summary: Moisture content, density and other properties of wood and bark. I Scots pine. *Rapp. Uppsats. Instn. Virkeslära Skogshögsk.* 41:1—118.
- Undersökningar angående mätning av sågtimmer. 1948. Skogsstyrelsens expertkommitté för virkesmätning. 88 s.
- UUSITALO, M. (toim.) 1981. Suomen virallinen tilasto. Metsätalastollinen vuosikirja 1980. Yearbook of Forest Statistics 1980. Official Statistics of Finland XVII A:12. *Folia For.* 460:1—205.
- UUSVAARA, O. 1974. Wood quality in plantation-grown Scots pine. Lyhennelmä: Puun laadusta viljelymänniköissä. *Commun. Inst. For. Fenn.* 80(2):1—105.
- 1981a. Istutusmänniköiden laatu — kasvava ongelma. *Metsä ja Puu* 1:14—15.

- 1981b. Lenkous vaivaa istutusmänniköissä. Metsälehti 5.
- 1981c. Minkä laatuista puutavaraa istutusmänniköistämme. Suomen Puutalous 2:26—28.
- 1981d. Saammeko tulevaisuudessa hyvälaatuista sahapuuta. Sahamies 1:8—10.
- 1981e. Viljelymänniköistä saadun sahatavaran laatu ja arvo. Summary: The quality and value of sawn goods obtained from plantation-grown Scots pine. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 27:1—108.
- VARMOLA, M. 1980. Männyn istutustaimistojen ulkoinen laatu. Summary: The external quality of pine plantations. Folia For. 451:1—21.
- VELLING, P. 1974. Männyn (*Pinus silvestris* L.) puuaineen tiheyden fenotyypillisestä ja geneettisestä vaihtelusta. Summary: Phenotypic and genetic variation in the wood basic density of Scots pine (*Pinus silvestris* L.). Folia For. 188:1—29.
- 1978. Puun laatu paremmaksi metsää jalostamalla. Metsä ja Puu 10:9—12.
- WENNERHOLM, S. 1937. Furusågtimrets kvalitets-sortering i övre Norrland. Skogen 24(4):75—80.

ODC 232.43:53:174.7 *Pinus sylvestris*
ISBN 951-40-0567-8
ISSN 0015-5543

KÄRKKÄINEN, M. & UUSVAARA, O. 1982. Nuorten mäntyjen laatuun vaikuttavia tekijöitä. Abstract: Factors affecting the quality of young pines. *Folia For.* 515:1—28.

The study material comprised of 140 planted and 31 naturally seeded young pine stands from southern and central Finland. The most important quality characteristics and the factors affecting them were studied. Special care was taken to distinguish the variation within stands and between them. Both averages of sample plots and standard deviations between trees were predicted using regression analysis.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

ODC 232.43:53:174.7 *Pinus sylvestris*
ISBN 951-40-0567-8
ISSN 0015-5543

KÄRKKÄINEN, M. & UUSVAARA, O. 1982. Nuorten mäntyjen laatuun vaikuttavia tekijöitä. Abstract: Factors affecting the quality of young pines. *Folia For.* 515:1—28.

The study material comprised of 140 planted and 31 naturally seeded young pine stands from southern and central Finland. The most important quality characteristics and the factors affecting them were studied. Special care was taken to distinguish the variation within stands and between them. Both averages of sample plots and standard deviations between trees were predicted using regression analysis.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

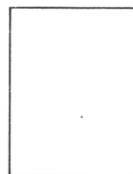
Tilaa kortin kääntäpuolelle merkitsemäni julkaisut (julkaisun numero mainittava).

Please send me the following publications (put number of the publication on the back of the card).

Nimi
Name

Osoite
Address

Metsäntutkimuslaitos
Kirjasto/Library
Unioninkatu 40 A
SF-00170 Helsinki 17
FINLAND



METSÄNTUTKIMUSLAITOS

THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto
Department of Soil Science

Suontutkimusosasto
Department of Peatland Forestry

Metsänhoidon tutkimusosasto
Department of Silviculture

Metsänjalostuksen tutkimusosasto
Department of Forest Genetics

Metsänsuojelun tutkimusosasto
Department of Forest Protection

Metsäteknologian tutkimusosasto
Department of Forest Technology

Metsänarvioimisen tutkimusosasto
Department of Forest Inventory and Yield

Metsäekonomian tutkimusosasto
Department of Forest Economics

Matemaattinen osasto
Department of Mathematics

Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

Parkanon tutkimusasema
Parkano Research Station
Os. — *Address:* 39700 Parkano, Finland
Puh. — *Phone:* (933) 2912

Muhoksen tutkimusasema
Muhos Research Station
Os. — *Address:* 91500 Muhos, 1 kp, Finland
Puh. — *Phone:* (981) 431 404

Suonenjoen tutkimusasema
Suonenjoki Research Station
Os. — *Address:* 77600 Suonenjoki, Finland
Puh. — *Phone:* (979) 11 741

Punkaharjun jalostuskoeasema
Punkaharju Tree Breeding Station
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland
Puh. — *Phone:* (957) 314 142

Ojajoen koeasema
Ojajoki Experimental Station
Os. — *Address:* 12700 Loppi, Finland
Puh. — *Phone:* (914) 40 356

Kolarin tutkimusasema
Kolari Research Station
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland
Puh. — *Phone:* (995) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema
Rovaniemi Research Station
Os. — *Address:* Eteläranta 55
96300 Rovaniemi 30, Finland
Puh. — *Phone:* (991) 15 721

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* PL 68
80101 Joensuu 10, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 28 311

Ruotsinkylän jalostuskoeasema
Ruotsinkylä Tree Breeding Station
Os. — *Address:* 01590 Maisala, Finland
Puh. — *Phone:* (90) 824 420

Kannuksen energiametsäkoasema
Kannus Energy Forestry Experiment Station
Os. — *Address:* 69100 Kannus, Finland
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

1981

- No 491 Salo, Esko & Vuorivirta, Juha: Yksityismetsien raakapuun hakkuu-, luovutusmittaus- ja toimitustavat vuosina 1974—76.
Cutting, delivery and measurement methods of roundwood in private forests in Finland in 1974—76.
- No 492 Teivainen, Terttu, Kananen, Aino & Kuhlman, Eeva: Vesimyyrän aiheuttamat tuhot männyn siemenviljelmillä Keski-Suomessa vuonna 1979/80.
Water vole (*Arvicola terrestris*) damage in Scots pine seed orchards in Central Finland during 1979/80.
- No 493 Ferm, Ari & Sepponen, Pentti: Aurasjäljen muuttuminen ja kasvillisuuden kehittyminen metsänuudistus-aloilla Lapissa 10 vuoden aikana.
Development of ploughed tracks and vegetation on reforestation areas in Finnish Lapland during a period of 10 years.
- No 494 Vanhanen, Heidi & Pajunen, Leevi: Metsurin työvälinekustannukset 1980.
Forest workers' equipment costs in Finland in 1980.
- No 495 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1979—81.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1979—81.
- No 496 Heikka, Timo & Piirainen, Kimmo: Pienhakkureiden voimankäyttö.
Power consumption of small chippers.
- No 497 Heikkilä, Risto: Männyn istutustaimikkojen tuhot Pohjois-Suomessa.
Damage in Scots pine plantations in northern Finland.
- No 498 Rantamäula, Jari: Hakkuutähteiden haketus kevyellä kalustolla.
Chipping logging residues with light-weight equipment.
- No 499 Järveläinen, Veli-Pekka: Hakkuukäyttäytyminen yksityismetsäillä.
Cutting behaviour in Finnish private woodlots.

1982

- No 500 Puu energiaraaka-aineena. Kokoussitelmät.
Wood as a raw material for energy production. Symposium papers.
- No 501 Kärkkäinen, Matti: Pölkyittäinen kuitupuun mittausta.
Measurement of pulpwood by the bolt.
- No 502 Etholén, Kullervo & Huuri, Leena: Visakoivua käsittelevä kirjallisuus.
Bibliography on curly birch, *Betula pendula* var. *carelica* (Mercklin).
- No 503 Löytyniemi, Kari: Männyntaimikkojen hirvivahingot 1950-luvun alussa.
Moose (*Alces alces*) damage in young pine stands in Finland at the beginning of the 1950's.
- No 504 Valsta, Lauri: Istutuskusikon kasvatustiheyksien liiketaloudellinen vertailu.
Profitability comparison of growing densities in spruce plantations.
- No 505 Petäistö, Raija-Liisa: Juurten leikkaamisen jälkeinen sienitautiriski havupuun taimilla taimitarhalla.
Risk of fungal infection on coniferous seedlings after root pruning in forest nurseries.
- No 506 Eeronheimo, Olli: Tapio-kuormainharvesteri maataloustraktorissa.
Farm tractor mounted Tapio tree harvesting head.
- No 507 Puro, Tiina: Lannoitusajankohdan merkitys eri puulajien kasvureaktiossa.
Effect of fertilization time on growth reaction of different tree species.
- No 508 Jokinen, Pekka & Kellomäki, Seppo: Havaintoja metsikön kasvutiheyden vaikutuksesta runkojen oksaisuuteen varttuneissa männyn taimikoissa.
Observations on the effect of spacing on branchiness of Scots pine stems at pole stage.
- No 509 Oker-Blom, Pauline & Kellomäki, Seppo: Metsikön tiheyden vaikutus puun latvuksen sisäiseen valoilmastoon ja oksien kuolemiseen. Teoreettinen tutkimus.
Effect of stand density on the within-crown light regime and dying-off of branches. Theoretical study.
- No 510 Metsätalastollinen vuosikirja 1981.
Yearbook of Forest Statistics 1981.
- No 511 Pelkonen, Heikki, Tuomi Pertti & Valtanen, Jukka: Männyn viljelytaimikoiden kunto 10 vuoden iällä Taivalkoskella.
Survival of pine on reforested sites in northern Finland.
- No 512 Annala, Erkki: Lindaanin käyttö männyn paperikennotaimien suojaamiseksi tukkimiehentäin tuhoilta.
Lindane treatment against *Hylobius* damage on Paper pot seedlings of Scots pine.
- No 513 Kalaja, Hannu & Rantamäula, Jari: Junkkari laikkahakkurit.
Junkkari disc chippers.
- No 514 Kärkkäinen, Matti & Salmi, Juhani: Kuitupuupinojen painuminen.
Shrinkage of pulpwood piles.
- No 515 Kärkkäinen, Matti & Uusvaara, Olli: Nuorten mäntyjen laatuun vaikuttavia tekijöitä.
Factors affecting the quality of young pines.
- No 516 Päivänen, Juhani: Hakkuun ja lannoituksen vaikutus vanhan metsäojitusalueen vesitalouteen.
The effect of cutting and fertilization on the hydrology of an old forest drainage area.

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Institutii Forestalis Fenniae ja Folia Forestalia, koskevat yksittäiskappaletilaukset ja vaihtotarjoukset osoitetaan laitoksen kirjastolle. Tiedonantomonteita koskevat pyynnöt osoitetaan ao. tutkimusosastolle tai -asemalle.

Subscriptions concerning single copies of the publications, as well as exchange offers, can be addressed to the Library of the Institute.

Myynti: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, 00100 Helsinki 10, puh. (90) 17 341

ISBN 951-40-0567-8
ISSN 0015-5543