

HAVAINTOJA IÄN VAIKUTUKSESTA LEHTIKUUSEN PUUAINEN TIHEYTEEN

MATTI KÄRKKÄINEN

SUMMARY:

OBSERVATIONS ON THE EFFECT OF AGE ON THE BASIC DENSITY OF LARCH WOOD

Saapunut toimitukselle 1978-01-18

Lähes 100 a sitten istutetuista siperianlehtikuusista (11 runkoa) ja euroopanlehtikuusista (10 runkoa) leikattiin kannon korkeudelta kiekkoja, joista otettiin kaikkiaan 378 palaa tiheyden määrittystä varten. Kuiva-tuoretiheys oli ytimestä pintaan päin tarkasteltaessa suurimmillaan 40...60 vuosiluston päässä ytimestä. Tiheys aleni vuosiluston paksuuden kasvaessa ja sydänpuun määrän pienetessä. Keskimääräinen koko kiekon puuaineen kuiva-tuoretiheys oli siperianlehtikuusella 543 kg/m³ ja euroopanlehtikuusella 497 kg/m³. Vastaavat kuoren tiheydet olivat 328 ja 286 kg/m³.

1. JOHDANTO

Useimmilla havupuilla puuaineen tiheys kasvaa ytimestä pintaan päin eli uutta puuainetta muodostavan jäljen iän kasvaessa. Eräillä havupuulajeilla tiheys saavuttaa jossakin iässä maksiminsa ja kääntyy sitten laskuun. Esim. kotimaisella männyllä maksimaalinen tiheys on noin 80...100 a iässä (LUNDBERG 1928, HAKKILA 1966, s. 36). Myös araukaarian tiheys kasvaa ytimestä pintaan päin noin 100 a ikään saakka ja kääntyy sitten laskuun (Cozzo ja Cozzo 1974). Tämän vanhenemisilmiön syytä ei tunneta. Sitä ei ole mm. kuusella ja jalo-kuusella (esim. VOLKERT 1941, HAKKILA 1966).

Kun lehtikuusta koskevat tiedot ovat niukat, tässä tutkimuksessa esitetään havain- toja iän vaikutuksesta lehtikuusen kuiva- tuoretiheyteen.

Tutkimuksessa ovat avustaneet Pertti Laakso ja Pekka Huttunen (aineiston keräys), Marjo Nordberg (laboratoriotyöt), Tarja Björklund (atk-käsittely), Aili Tuimala (kirjallisuustarkastelu), John Derome (englanninkielen tarkistus), Leena Kunnari (piirroksat) ja Leena Turunen (konekirjoitustyöt). Käsikirjoituksen ovat lukeneet Bror-Anton Granvik, Pertti Harstela, Marjut Raivonen, Aili Tuimala ja Olli Uusvaara. Kiitän saamastani tuesta.

2. AINEISTO

Myrskytuhon seurauksena aineistoksi saatiin 21 lehtikuusta, jotka kasvoivat Punkaharjun kokeilualueessa ja olivat iältään lähes 100 a vanhoja. Puista 10 oli euroopanlehtikuusta (*Larix decidua* Mill.) ja 11 siperianlehtikuusta (*Larix sibirica* Ledeb.). Metsiköiden kuvaukset on julkaissut HEIKINHEIMO (1958, kohteet B 17 ja B 20).

Jokaisesta rungosta leikattiin kannon korkeudelta kiekko, jonka paksuus oli 5...10 cm. Siitä leikattiin ytimestä pintaan saakka kolme n. 5 cm levyistä kaistaa, joista yksi sijoitettiin suurimman säteen suuntaan, toinen pienimmän säteen suuntaan ja kolmas mahdollisimman kohtisuoraan niitä vastaan.

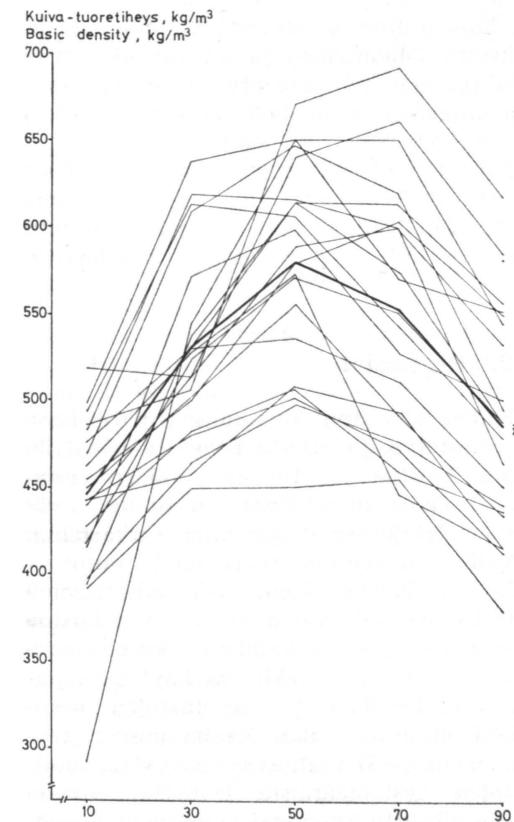
Jokainen kaista pilkottiin 20 vuosiluston suuruiseksi paloiksi tiheyden määrittystä varten. Lisäksi kaistan päästä erotettiin kuorinäyte, josta niinkään määritettiin tiheys. Kuiva-tuoretiheys mitattiin tavanomaiseen tapaan veteenupotusmenetelmällä (esim. OLESEN 1971).

Tiheysvaihtelun selittämistä varten jokaisesta kappaleesta mitattiin myös vuosilustojen keskimääräinen leveys sekä todettiin sydänpuun raja jokaisessa kaistassa. Useimmissa tapauksissa raja oli uloimmassa palassa (81...100 a ytimestä).

3. TULOKSET

3.1. Kuiva-tuoretiheyden keskiarvot

Useimmissa lehtikuusirungoissa havaittiin, että ainakin tutkitulla kannon korkeudella maksimaalinen kuiva-tuoretiheys oli useimmissa tapauksissa niissä näytepaloissa, joiden etäisyys ytimestä oli 40...60 vuosilustoa. Tutkituista 21 rungosta 14 oli tällaisia. Kahdessa rungossa tiheyden maksimi oli jo 20...40 vuosiluston päässä ytimestä ja viidessä 60...80 vuosiluston etäisyydellä. Lehtikuusilajeilla ei ollut eroa. — Kuvassa



Kuva 1. Kuiva-tuoretiheys eri etäisyydellä ytimestä kannon tasalta otetuissa näytteissä. Kukin ohut viiva edustaa yhtä puuta ja paksu viiva aineiston keskiarvoa. Ikä tarkoittaa näytepalan vuosilustojen aritmeettista keskiarvoa, esim. palassa 41...60 a ytimestä ikä on 50 a.

Fig. 1. Basic density at various ages counting from the pith in samples taken from the stump level. Each thin line represents one tree and the thick line the average values for the whole material. Age corresponds to the average number of the growth rings. For example, in the sample 41...60 years counting from the pith the age in fig. 1 is 50.

1 on esitetty kunkin rungon kuiva-tuoretiheyden kuvaaja sekä aineiston keskiarvo siten, että x-akselilla esitetty ikä on näytepalan vuosilustojen keskiarvo.

Koko aineiston keskiarvot ja standardipoikkeamat olivat seuraavat. — Hajontatunnus tarkoittaa näytepalasten välistä hajontaa, jossa on mukana sekä runkojen välinen (21 runkoa) että sisäinen (3 kaistaa) hajonta.

Etäisyys ytimeistä vuosilustoja	Kuiva-tuoretiheyden	
	\bar{x}	s
	kg/m ³	
0... 20	445	63,5
21... 40	531	56,8
41... 60	580	65,3
61... 80	553	88,2
81... 100	486	75,5
Kuori	302	59,9

Keskimääräinen koko kiekon puuaineen kuiva-tuoretiheys oli siperianlehtikuusella 542,6 kg/m³ (runkojen välinen keskihajonta 45,9) ja euroopanlehtikuusella 496,7 (s = 36,9). Vastaavat kuoren tiheydet olivat 327,5 kg/m³ ja 286,0 kg/m³.

Syitä tiheyden alenemiseen suhteellisen nuorella iällä on vaikea selvittää. Ilmeistä kuitenkin on, ettei ilmiö selity pelkästään sydänpuun muodostumisella. Mantopuuta (pintapuuta) oli nimittäin vain vähän, rungosta riippuen 5... 24 vuosilustoa, ja näin ollen ulointa näytepalasta lukuunottamatta kaikki palat sisälsivät pelkkää sydänpuuta. Kun tiheyden aleneminen alkoi jo syvällä sydänpuun alueella, sydänpuun mantopuuta korkeampi uuteainepitoisuus ei ole olennaisesti voinut vaikuttaa saatuun tulokseen.

On myös huomattava, ettei lehtikuusen sydänpuun tunnetusti korkea uuteainepitoisuus (erityisesti kuumavesiuute) (esim. HAKKILA ja WINTER 1973, s. 33) merkitse sitä, että lehtikuusen tiheys olennaisesti laskisi voimakkaissakaan käsittelyissä, kun kysymyksessä on puukappale eikä tavanomaisessa uuttamisessa käytetty hieno puru. Esimerkiksi kun puupaloja (keskim. kuiva massa 87 g) keitettiin 6 h vedessä, niiden tilavuus ja kuiva massa sekä niiden funktiona kuiva-tuoretiheys muuttuivat seuraavasti. — Näytepaloja oli tutkimuksen tässä osassa 30 kpl.

	Ennen keittoa	Keiton jälkeen
Tilavuus cm ³	175,7	172,8
Kuiva massa g	87,25	84,29
Tiheys kg/m ³	503,3	493,4

Keskimäärin tilavuus siis aleni 1,65 % kuiva massa 3,40 % ja kuiva-tuoretiheys 1,97 %. Vastaavat vaihteluvälit olivat seuraavat:

	Vaihteluväli
Tilavuuden aleneminen, %	—1,03... 6,23
Massan aleneminen, %	0,77... 8,34
Tiheyden aleneminen, %	—2,76... 4,97

Kuten loogista onkin, kaikissa tapauksissa lehtikuusikappaleen massa aleni vedessä keitettäessä. Tilavuuden kasvaminen hiukan eräissä tapauksissa voidaan selittää kasvujännitysten laukeamisella. Kuiva-tuoretiheyden nouseminen keittämisen seurauksena voi taas johtua siitä, että uuteaineita on kulkeutunut seinämästä lämmön vaikutuksesta soluonteloon ja soluväleihin. Tällöin tilavuus on pienentynyt, mutta vain osa uuteaineista on liennut veteen, jolloin kuiva-tuoretiheys on saattanut kasvaa.

Joka tapauksessa edellä esitetyt tulokset osoittavat, että lehtikuusen tiheys on siinä mielessä todellinen, ettei se herkästi muutu suuresta uuteainepitoisuudesta huolimatta.

3. 2. Regressiot

Kuten aineiston kuvaamisen yhteydessä on selostettu, jokaisesta rungosta leikattiin kolme kaistaa eripituisten säteiden suunnissa. Tämä mahdollisti iän lisäksi myös muiden tekijöiden vaikutuksen tarkastelun.

Valikoivaa regressioanalyysiä (KORHONEN 1975) sovellettiin siten, että selitettävänä muuttujana oli kussakin 20 vuosilustoa edustavassa palassa vallitseva kuiva-tuoretiheys. Selittävinä tekijöinä käytettiin palan maksimi-ikää (= vuosilustojen lukumäärä ytimeistä palan kauimmaiseen reunaan mentäessä), vastaavaa etäisyyttä, vuosilustojen keskimääräistä leveyttä, rungon säteen pituutta kyseisessä suunnassa, sydän-

puun pituutta kyseisessä suunnassa, mantopuun määrää millimetreinä ja vuosilustojen lukumääränä sekä lukuisia muunnoksia. Tärkeimmät muunnokset olivat seuraavat (x = maksimi-ikä, z = vastaava etäisyys ytimeistä): z², z³, x², x³, zx, zx², z²x.

Ensimmäiseksi eli parhaiten kuiva-tuoretiheyden varianssia selittäväksi tekijäksi saatiin vuosiluston leveys. Mitä paksumpi vuosilusto on, sitä alhaisempi on lehtikuusen puuaineen tiheys. — Tulkinnan kannalta on kuitenkin korostettava, että likimain yhtä hyvä selittäjä oli ytimeistä laskettu ikä eli vuosilustojen määrä. Lisäksi vuosiluston paksuudella ja iällä on negatiivinen korrelaatio (tässä tapauksessa r = —0,659), koska havupuilla on vuosilustojen vahvuus suurimmillaan aivan nuorella iällä, jolloin myös puuaineen tiheys on vielä alhainen.

Toiseksi selittäjäksi tuli valikoivassa regressioanalyysissä mantopuun vuosilustojen lukumäärä: mitä enemmän niitä oli, sitä alhaisempi oli tiheys. — Tämän selittäjän tulkinta on vaikeampi. Mahdollisesti voimakas sydänpuumuodostus (alhainen mantopuun vuosilustojen lukumäärä) merkitsee myös uuteaineitten runsautta sydänpuussa.

Kolmanneksi selittäjäksi tuli iän kolmas potenssi, jonka korrelaatio tiheyden kanssa oli negatiivinen. Regressiokertoimen negatiivisuutta ei voida tulkita yksinään, koska muuttuja on korreloitunut negatiivisesti vuosiluston leveyden kanssa, kuten edellä on todettu.

Seuraavaksi yhtälöön tullut selittäjä oli ikä. Kerroin oli positiivinen, mutta sitä ei voida tulkita muista selittäjistä erillään.

Vielä viideskin mukaan tullut selittäjä oli tilastollisesti merkitsevä. Mantopuun paksuuden lisääntyessä tiheys aleni. Tulkinta on mahdollinen kahta tietä. Toisaalta oli mantopuun paksuus suuri leveyttä vuosi-

lustoja sisältävissä kaistoissa. Toisaalta taas mantopuun leveys (mm) kuvanee myös sydänpuun muodostumisen voimakkuutta.

Valikoivassa regressioanalyysissä seuraava mukaan tullut muuttuja olisi ollut säteen pituus kyseisessä suunnassa ytimeistä reunaan saakka. Regressiokerroin olisi ollut negatiivinen, mutta ei enää tilastollisesti merkitsevä.

Lopullinen tilastollisesti merkitsevä yhtälö sai valikoivan regressioanalyysin tekniikkaa käyttäen sivun alaosassa esitetyn muodon. Havaintoja oli 313 ja selitysaste 37,8 %.

Kuten edellä on todettu, useimpia regressiokertoimia ei ole aiheellista tulkita muista erillään, koska selittäjien välillä oli voimakasta multikollineaarisuutta. On kuitenkin mielenkiintoista todeta, että edellä olevan yhtälön mukaan, kun vuosiluston paksuus on jatkuvasti sama ytimeistä pintaan päin, tiheys kasvaa yli 100 a ikään saakka ja alkaa vasta sitten laskea. Kun aiemmin todetun mukaisesti havaintoaineistossa maksimi oli ennen 60 a ikää, melkoinen osa tästä alhaisesta muutosiästä selittyy sillä, että vuosilustojen leveys on vaihdellut. Vuosilustojen leveys oli kyllä suurimmillaan aivan ytimen läheisyydessä, mutta poikkeuksellisen leveitä lustoja oli seuraavan jaotelman osoittamalla tavalla 61... 80 vuosiluston etäisyydellä ytimeistä. Syy lienee satunnainen.

Etäisyys ytimeistä, a	Vuosiluston keskileveys, mm
0... 20	4,9
21... 40	2,5
41... 60	2,0
61... 80	2,3
81... 100	1,5

Muuttuja	Regressiokerroin	t-arvo
Vuosiluston paksuus, mm	—13,34	3,6
Mantopuun vuosilustoja, kpl	— 3,820	4,6
Palan maksimi-ikä ytimeistä, a, korotettuna 3. potenssiin	—0,000363	8,3
Palan maksimi-ikä ytimeistä, a	4,095	7,3
Mantopuuta, mm	—0,7920	3,5
Vakiotermit	498,3	

Valikoivaa regressioanalyysiä kokeiltiin myös siten, että potentiaalisiksi selittäjiksi otettiin mukaan ainoastaan ytimeistä laskettua ikää ja etäisyyttä kuvaavat muuttujat ja niiden erilaiset muunnokset ja yhdysvaikutukset. Lopputuloksena on tällöin regressioyhtälö, joka esittää tiheyden iän ja etäisyyden funktiona siten, että mm. vuosiluston paksuuden vaihtelun vaikutus on mukana iässä ja etäisyydessä niiden välisen riippuvuuden vuoksi.

Parhaaksi selittäjäksi osittautui ikä, tämän jälkeen iän neliö ja sitten etäisyys ytimeistä. Vain nämä kolme muuttujaa olivat tilastollisesti merkitseviä selittäjiä. — Seuraava valikoivassa regressioanalyysissä mukaan tullut muuttuja olisi ollut iän neliön ja etäisyyden tulo.

Tilastollisesti merkitsevä yhtälö sai seuraavan muodon.

Muuttuja	Regressio-kerroin	t-arvo
Palan maksimi-ikä ytimeistä, a	9,724	10,9
Em. muuttujan neliö	-0,07522	10,1
Etäisyys ytimeistä, mm	-0,2356	2,5
Vakiotermi	302,9	

Havaintoja oli 313 ja selitysaste 29,1 % (yhteiskorrelaatiokerroin 0,539).

Edellä olevassa yhtälössä on etäisyyttä kuvaava muuttuja tulkittava samoin kuin vuosiluston paksuus aiemmin. Ilman sen mukanaoloa selitysaste olisi ollut 27,7 %.

Edellä esitettyjä regressioyhtälöitä vertaamalla voidaan päätellä, että lehtikuusella on tiheyden määräytymisen kannalta tärkeää, millainen on vuosiluston paksuus. Ilmeistä on, että iästä riippumatta vuosiluston paksuuden kasvaminen merkitsee samalla tiheyden alenemista. Merkittävin tiheyteen vaikuttava tekijä on kuitenkin ikä. Tällä tarkoitetaan sitä, että tiheys pystytään ennustamaan paremmin tuntemalla palan maksimi-ikä kuin tuntemalla

palan vuosilustojen paksuus. Tehdyissä kokeiluissa nimittäin osoittautui, että ilman ikämuuttujaa muilla tilastollisesti merkitsevillä muuttujilla selitysasteeksi saatiin parhaimmillaankin vain hieman yli 20 %, kun taas ikä ja sen neliö selittivät jo 27,7 % tiheyden varianssista.

Myös männyllä on havaittu, että ikä on olennaisempi selittävä tekijä kuin kasvunopeus (HAKKILA 1966, UUSVAARA 1974). Myös selitysasteet ovat samaa suuruusluokkaa. — Kuusella kasvunopeuden merkitys saattaa sen sijaan olla suurempi kuin iän vaikutus (KEITH 1961, OLESEN 1976).

Mielenkiintoisena havaintona valikoivan regressioanalyysin mahdollisuuksista kannattaa vielä mainita, että eräissä tapauksissa tutkija pääsi alan tuntemuksen perusteella parempiin malleihin kuin mihin valikoivalla regressioanalyysillä päädyttiin samasta muuttujajoukosta ja yhtä monta selittävää muuttujaa käyttäen. Esimerkiksi kun selittäviä muuttujia oli kolme (muunnokset luettu eri muuttujiksi), valikoivalla regressioanalyysillä saatiin selittäviksi tekijöiksi iän kolmas potenssi, vuosilustojen leveys sekä mantopuun vuosilustojen lukumäärä, ja tällöin selitysaste oli 26,0 %. Yksinkertainen ja hyvin perusteltavissa oleva malli, jossa selittävinä tekijöinä olivat ikä, sen toinen potenssi ja vuosiluston leveys, oli kuitenkin selitysasteeltaan parempi, 29,7 %. Tähän malliin valikoivalla regressioanalyysillä ei kuitenkaan päästä.

Tilastotieteilijöille valikoivan regressioanalyysin heikkoudet eivät ole tuntemattomia (esim. COOLEY ja LOHNES 1966, s. 35, DRAPER ja SMITH 1968, s. 172, KORHONEN 1975, s. 18). — Se, että käsillä olevassa työssä päädyttiin valikoivalla regressioanalyysillä saadun mallin käyttöön, johtui tuloksen järkevästä tulkittavuudesta ja selkeydestä. Harvinaista ei kuitenkaan ole, että valikoiva regressioanalyysi johtaa sekä tulkinnallisesti että tilastotieteellisesti epätydyttävään lopputulokseen.

4. TULOSTEN TARKASTELUA

Tuloksia tulkittaessa on otettava huomioon, että näytteet otettiin kannon korkeudelta. Ei voida olla varmoja, että saatu

käsitys iän vaikutuksesta tiheyteen olisi sovellettavissa myös muille rungon osille, kun ikä mitataan ytimeistä. Toisaalta on

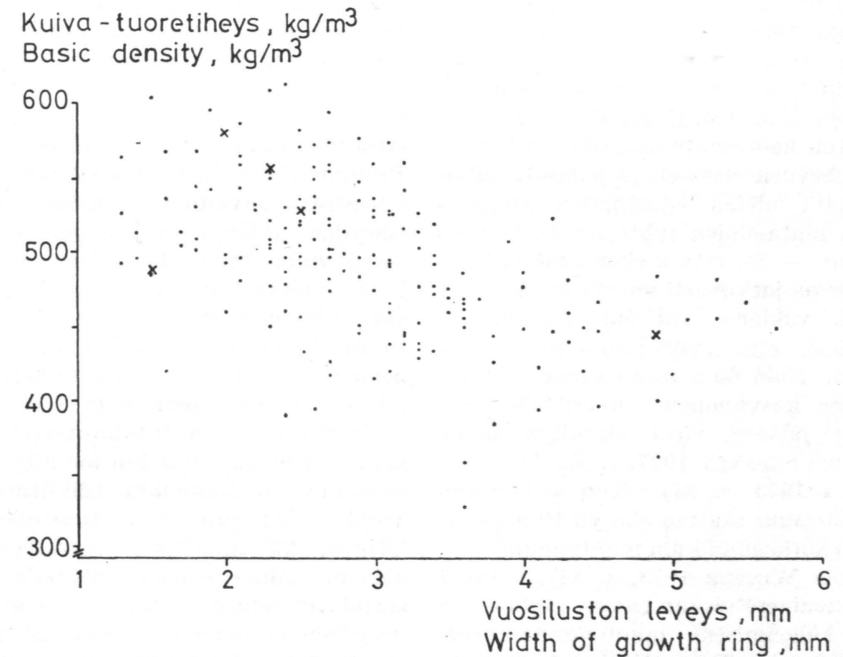
monissa havupuita koskevissa tutkimuksissa havaittu, että kannon tasalla tiheys muuttuu ytimeistä pintaan periaatteessa samalla tavalla kuin ylempänä (esim. HAKKILA 1966, s. 40, UUSVAARA 1974, s. 68). — Ellei näin ole, tämä merkitsee sitä, että puun kärkikasvusolukon vanheneminen muuttaa puuta muodostavan jäljen ominaisuuksia. Tämä jäljen vanhenemiskysymys on tosin puutteellisesti selvitetty, mutta voidaan olettaa, ettei kärkikasvusolukon vanhenemisellä ole olennaista merkitystä esim. oksattoman havupuurungon alueella.

On myös mielenkiintoista todeta, että kannon korkeudelta tehdyt tiheysmittaukset vastaavat sängen hyvin rinnankorkeudelta olevia ja siperianlehtikuusta koskevia ruotsalaisia tuloksia (EDLUND 1966), kun vuosiluston paksuus otetaan huomioon (kuva 2).

Ainoa olennainen ero koskee ohuimpia vuosilustoja, joita koskeva havainto on käsillä olevassa tutkimuksessa saatu kauimpana ytimeistä olevien palojen keskiarvona, ts. paloista, joiden ikä on ollut keskimäärin lähes 90 a ytimeistä laskettuna. Ero johtune juuri tästä korkeasta iästä.

Tutkimuksen yksi päätulos, tiheyden maksimiarvon oleminen yleensä 40...60 a etäisyydellä ytimeistä, ei sinänsä ole yllättävä. Samanlainen tulos on saatu periaatteessa samanlaisella näytteenottotekniikalla lukuisissa tutkimuksissa. Yleensä ei kuitenkaan ole ilmoitettu täsmällisesti sitä ikää, jolloin muutos tapahtuu puuaineen tiheydessä (esim. VOLKERT 1941, TIMOFEEV 1945, BURGER 1945, 1950, ISAEVA ja BRJUHANOVA 1967).

On myös huomattava, ettei aina ole riittävä myöskään niihin tutkimuksiin näh-



Kuva 2. Kuiva-tuoretiheys erivahvaisissa vuosilustoissa EDLUNDIN (1966, s. 533, pisteet) ja tässä tutkimuksessa (ristit). Kukin risti on eri-ikäisten palojen keskiarvo. Poikkeavin havainto (ohuin vuosiluston leveys) on 81...100 a etäisyydellä ytimeistä. EDLUNDIN (1966) havainnot koskevat rinnankorkeutta ja kukin piste yhtä puuta.

Fig. 2. Basic density in the samples where the width of growth rings varies. The dots are values given by EDLUND (1966) each representing the breast height of one tree. The crosses are the age class averages obtained in this study. The value deviating the most (the thinnest growth ring) is 81...100 years counting from the pith.

den, joissa on havaittu vain tiheyden kasvaminen ytimeistä pintaan päin. Koepuiden ikä on saattanut olla niin alhainen, ettei tiheyden aleneminen ole vielä alkanut (esim. ГОНЧАР ja ОЛЕЦНИК 1976).

Kuinka sitten tulisi tulkita ne riittävän vanhoja puita koskevat tutkimukset, joissa on havaittu tiheyden kasvavan jatkuvasti iän mukana tai pysyvän samana? — Siperianlehtikuusesta ovat tällaisia väittämiä esittäneet ainakin ВУОКИЛА (1960, 87 koepuuta) ja ХУТОРЩИКОВ ym. (1967, 243 puuta). — Vuokilan aineisto on osin kerätty jopa samoilta alueilta kuin käsillä olevan tutkimuksen aineisto.

Ilmeisesti ristiriitaisuus johtuu erilaisesta tutkimusmenetelmästä. Käsillä olevassa tutkimuksessa sekä niissä tutkimuksissa, joissa on saatu tiheyden vaihtelusta samanlainen kuva, aineisto on otettu runkokiekoista siten, että eri etäisyydeltä ytimeistä on otettu näytepaloja tiheyden mittaamista varten. Sen sijaan sekä ВУОКИЛА että ХУТОРЩИКОВ määrittivät eri-ikäisten kiekkojen keskimääräisen tiheyden. Esim. ВУОКИЛА jakoi kairanlastun kolmeen osaan, mittasi kunkin palasen tiheyden erikseen ja painotti palasten tiheyttä niiden edustamien ympyrärenkaiden pinta-alojen suhteessa keskiarvoa laskiessaan. — Se, että kiekon keskimääräinen tiheys voi jatkuvasti nousta iän mukana tai pysyä vakiona, voi em. tapauksessa johtua siitä, että sydänpuuosuus kasvaa iän myötä. Noin 60 a ikään saakka sydänpuosuuden kasvunopeus on erittäin suuri ja senkin jälkeen vielä merkityksellinen (esim. LAPPI-SEPPÄLÄ 1927, s. 72, HAKKILA ja WINTER 1973, s. 21). Kun sydänpuun uuteainepitoisuus saattaa olla yli 10 prosenttiyksikköä korkeampi kuin mantopuun (esim. HAKKILA ja WINTER 1973, s. 34) ja tämä korkea uuteainepitoisuus näkyy vastaavana tiheyden kohoamisena mantopuuhun verrattuna, on mahdollista, että keskimääräistä tiheyttä tarkasteltaessa varsinaisen puuaineen tiheyden laskemisesta huolimatta tiheys kohoaa iän kasvaessa tai pysyy vakiona. Jos sydänpuosuuden vaikutus eliminoitaisiin, tiheyden ilmeisesti havaittaisiin alenevan määrään jälkeen.

Voidaan näin ollen todeta, että näennäisesti ristiriitaiset tulokset voidaan tulkita hyvin luontevalla tavalla: kun tarkastellaan tiheyden muutosta ytimeistä pintaan

päin yksittäisessä rungossa, voidaan olettaa tiheyden maksimiarvon esiintyvän määräässä, ja kun tarkastellaan eri-ikäisten kiekkojen tiheyttä, vastaavaa maksimikohtaa ei ole sydänpuosuuden kasvusta johtuen. Ensiksi mainitun väittämän osalta lehtikuusi siis muistuttaa mäntyä maksimin ollessa kuitenkin jo nuoremmalla iällä.

Tulos vuosiluston paksuuden huomattavasta vaikutuksesta ei ole yllätys. Eri lehtikuusilajeja koskevissa tutkimuksissa on lukuisia kertoja todettu, että vuosiluston paksuneminen merkitsee määrärajan jälkeen samalla tiheyden alenemista (esim. VOLKERT 1941, TRENDELENBURGIN ja MAYER—WEGELININ 1955, s. 398, siteeraamat tutkimukset, PECHMANN ja SCHAILE 1955, LANGNER ja RECK 1966, EDLUND 1966). Tietävästi vain KLEM (1965) on saanut tuloksen, että vuosiluston leveys ja tiheys korreloivat positiivisesti, eikä tässä tutkimuksessa korrelaatio ollut aivan tilastollisesti merkitsevä. Syynä voi olla mm. se, että lehtikuusella on olemassa suurinta tiheyttä vastaava vuosiluston leveys, joka yksittäistapauksissa voi olla jopa yli 2 mm (VOLKERT 1941, BURGER 1945), ja tällöin voidaan sopivassa aineistossa havaita vuosiluston leveyden ja tiheyden välinen positiivinen korrelaatio. — Samoin lienee tulkittava se raportti, jonka mukaan lännenlehtikuusen tiheys kasvoi harvennuksen seurauksena, eikä alentunut, kuten vuosilustojen leveyden ja tiheyden välisestä negatiivisesta korrelaatiosta pitäisi seurata (LOWERY ja SCHMIDT 1967).

Käsillä olevassa tutkimuksessa havaittu kasvunopeuden vaihtelun merkitys tiheyden kannalta on kuitenkin tulkittava oikein. Vaikka riippuvuus onkin tilastollisesti merkitsevä, käytännöllinen merkitys on vähäinen. Tämä voidaan päätellä regressio-kertoimen suuruudesta. Korkeimman selityksasteen antavan regressioyhtälön mukaan vuosiluston paksuneminen 2 mm:stä kaksinkertaiseksi alentaa kuiva-tuoretiheyttä vain 27 kg/m³, kun muut vaikuttavat tekijät eivät muutu.

Siperianlehtikuusen puuaineen suurempi tiheys euroopanlehtikuuseen verrattuna vastaa muiden tutkijoiden saamia tuloksia (EDLUND 1966, HAKKILA ja WINTER 1973). Samansuuntainen ero on havaittavissa myös kuoren tiheydessä. Suhteellisen alhaiset kuoren tiheydet, siperianlehtikuusella 328

kg/m³ ja eruoopanlehtikuusella 286 kg/m³, eivät ole välttämättä ristiriidassa kirjallisuudessa esitetyn luvun 336 kg/m³ kanssa (DIETZ 1975), kun otetaan huomioon tutkit-

tujen puiden korkea ikä ja siitä johtuva kaarnan suuri osuus kuoren kokonaismäärästä.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- BURGER, H. 1945. Holz, Blattmenge und Zuwachs. VII Mitteilung. Die Lärche. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. 24 (1): 7—103.
- » — 1950. Forstliche Versuchsflächen im schweizerischen Nationalpark. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. 26 (2): 583—634.
- Cozzo, D. & Cozzo, S. A. 1974. (Dimensional variation in the tracheids of two Araucaria angustifolia trees 200 and 300 years old). (Sit. FA 36 (5) N:o 2947).
- COOLEY, W. W. & LOHNES, P. R. 1966. Multivariate procedures for the behavioral sciences. New York—London—Sydney.
- DIETZ, P. 1975. Dichte und Rindengehalt von Industrieholz. Holz Roh- u. Werkstoff 33 (4): 135—141.
- DRAPER, N. R. & SMITH, H. 1968. Applied regression analysis. New York—London—Sydney.
- EDLUND, E. 1966. Den sibiriska lärken i Norrland och Dalarna som skogsträd och industriråvara. Sveriges Skogsvårdsförb. Tidskr. 64 (6): 521—560.
- HAKKILA, P. 1966. Investigations on the basic density of Finnish pine, spruce and birch wood. Lyhenne: Tutkimuksia männyn, kuusen ja koivun puuaineen tiheydestä. Commun. Inst. For. Fenn. 61.5.
- » — & WINTER, A. 1973. On the properties of larch wood in Finland. Lyhenne: Suomessa kasvatetun lehtikuusipuun ominaisuuksista. Commun. Inst. For. Fenn. 79.7.
- HEIKINHEIMO, O. 1958 (uud. 1969, painov. 1971). Punkaharjun retkeilykohteiden selostukset. 75 s. Helsinki.
- ISAEVA, L. N. & BRJUHANOVA, E. B. 1967. (Variation in density in the stems of the main forest-forming species of Siberia). Teoksessa: Drevesina, ee zaščita i plastiki. Izdatel 'stvo 'Nauka' Moscow, s. 3—13, (Sit. FA 29 (3): N:o 4556).
- KEITH, C. T. 1961. Characteristics of annual rings in relation to wood quality in white spruce. J. For. Prod. Res. Soc. (3): 122—126.
- KLEM, G. S. 1965. Tørrvolumvektsvariasjoner hos fremmede bartreslag og vanlig gran fra Sør- og Vestlandet. Summary: Variations in the specific gravity of foreign softwood species and Norway spruce from South and West Norway. Medd. Norske Skogforsksv. 74 (3): 141—169.
- KORHONEN, M. 1975. Regressio-, varianssi- ja kovarianssianalyysi sekä niiden käyttö HYLPS-ohjelmistossa. Helsingin yliopiston laskentakeskuksen julkaisuja. Moniste.
- LANGNER, W. & RECK, S. 1966. Vergleichende Untersuchungen über das Holz von Larix decidua Mill., Larix leptolepis Gord. und deren Hybriden. Holzforschung 20 (6): 192—199.
- LAPPI-SEPPÄLÄ, M. 1927. Tutkimuksia siperialaisen lehtikuusen kasvusta Suomessa. Referat: Untersuchungen über den Zuwachs der sibirischen Lärche in Finnland. Commun. Inst. For. Fenn. 12.
- LOWERY, D. P. & SCHMIDT, W. C. 1967. Effect of thinning on the specific gravity of western larch crop trees. U. S. For. Serv. Res. Note Interim. For. Range Exp. Sta. 70.
- LUNDBERG, G. 1928. Torrvolymvikten hos tall- och granved. Zusammenfassung: Das Trockenvolumgewicht bei Kiefern- und Fichtenholz. Svenska SkogsvFören. Tidskr. 26: 564—588.
- OLESEN, P. O. 1971. The water displacement method. Arboretet Hørsholm Forest Tree Improvement 3: 1—23.
- » — 1976. The interrelation between basic density and ring width of Norway spruce. Forstl. Forsøgsv. Danm. 34 (4): 339—360.
- PECHMANN, H. VON & SCHAILE, O. 1955. Untersuchungen über die Holzeigenschaften japanischer Lärchen von bayerischen Anbauorten. Forstwiss. Cbl. 74 (3/4): 87—113.
- TIMOFEEV, V. P. 1945. (Physical and mechanical properties of larch wood). Trud. sel. — khoz. Akad. Timiryazeva, Moskva 30: 129—144. (Sit. FA 9 (3) N:o 1597).
- TRENDELENBURG, R. & MAYER-WEGELIN, H. 1955. Das Holz als Rohstoff. 2. völlig überarbeitete Auflage. München.
- UUSVAARA, O. 1974. Wood quality in plantation-grown Scots pine. Lyhenne: Puun laadusta viljelymänniköissä. Commun. Inst. For. Fen. 80.2.
- VOLKERT, E. 1941. Untersuchungen über Grösse und Verteilung des Raumgewichts in Nadelholzstämmen. Schriftenr. d. Hermann-Göring-Akad. d. Deutsch. Forstwiss. 2.
- VUOKILA, Y. 1960. Siperialaisten lehtikuusikoiden kehityksestä ja merkityksestä maamme metsätaloudessa. Summary: On develop-

ment of Siberian larch stands and their importance to forestry in Finland. Commun. Inst. For. Fenn. 52.5.

ГОНЧАР, М. Т. & ОЛЕЙНИК, И. Я. 1976. Физико-механические свойства древесины Лиственницы япальской. Лесной жур-

нал 19 (1): 66—68.
ХУТОРЩИКОВ, И. С., БУЙНИЦКАЯ, М. И. & ЗОРИНА, Г. А. 1967. О химическом составе и физических свойствах древесины лиственницы сибирской из области. Лесной журнал 10 (5): 129—132.

SUMMARY:

OBSERVATIONS ON THE EFFECT OF AGE ON THE BASIC DENSITY OF LARCH WOOD

About 100 years old larch (*Larix sibirica* Ledeb. and *L. decidua* Mill.) trees were felled and the basic density samples taken from the stump level subsequently determined. The number of trees was 21 and number of samples 378. The maximum basic density was reached at the age of 40...60 years, as counted from the pith. The basic density

decreased as the width of the growth rings increased or the amount of heartwood decreased. The average basic density of the whole disc was 543 kg/m³ in *L. sibirica* and 497 kg/m³ in *L. decidua*. The basic densities of bark were 328 kg/m³ and 286 kg/m³, respectively.

HUTTUNEN, SATU

O.D.C. 232.12: 425

1978. The effects of air pollution on provenances of Scots pine and Norway spruce in northern Finland. — SILVA FENNICA Vol. 12, No. 1, 16 p. Helsinki.

The success of certain pine and spruce provenances from Northern Finland was studied in a tree damage area occasioned by air pollution in the town of Oulu over the period 1972—76, the pine strains from more northerly and easterly areas and the spruce strains from the immediate vicinity of the site itself being observed to thrive best. The results point in a similar direction to those of other comparable experiments, except that the mortality rate amongst the saplings was exceptionally high and the proportion of healthy saplings in good condition was found to be unusually low. Structural properties suggestive of resistance to pollution were observable selectively in certain provenances, these including the xeromorphy of needles or a thickness of the epidermis. The chief cause of mortality amongst the sapling was found to be the damage inflicted by pollution during the winter, while that arising in the summer months was relatively slight.

Author's address: University of Oulu, SF-90100 Oulu 10, Finland.

HARSTELA, PERTTI

O.D.C. 302 + 304 — — 011

1978. On definition the amount of strain caused by forest work. — SILVA FENNICA Vol. 12, No. 1, 8 p. Helsinki.

The concepts central to ergonomical research connected with the amount of strain caused by work was studied and a model was made to describe the process of strain. The model in composed of the following concepts: load or stress, human input, worker, strain, renewal of human resources, output and their hierarchical units. The model was tested on data from research on forest work.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Suonenjoki Experiment Station, SF-77600 Suonenjoki, Finland.

RAULO, JYRKI

O.D.C. 232: 176.1 *Betula pendula*

1978. Forestation chain for birch (*Betula pendula* Roth) in Finland. — SILVA FENNICA Vol. 12, No. 1, 8 p. Helsinki.

During the 1970's an average of 4 million *B. pendula* seedlings have been planted annually in Finland. The activities connected with the planting of this tree species, the selection of forestation sites, site preparation, selection of seedling material, transport and temporary storage of seedlings, planting out the seedlings and follow-up work on the forestation sites are briefly reviewed in the article. The manuscript is based on the studies into the breeding, seedling production and planting techniques of *B. pendula* started by the Finnish Forest Research Institute already in the 1960's, as well as on practical observations made at the planting sites. A list of some of the Finnish studies concerning *B. pendula* which have been published in English and studies with a summary in English is included.

Author's address: Department of Silviculture, The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

HØSTELAND, JOHN E.

O.D.C. 73 + 741.3 (481)

1978. Collective timber price agreements in Norway. — SILVA FENNICA Vol. 12, No. 1, 7 p. Helsinki.

In this paper the system of collective timber price agreement in Norway is described. The history of «collective behaviour» in the roundwood market can be traced far back in history, with different degrees of importance, and it has totally dominated the price-formation of roundwood from 1950s until the present. In trying to answer the question «What has been the effect of the collective price agreements?» a few theoretical market models are used and some empirical data are also employed. Both the theoretical discussion and the empirical data seem to indicate that the forest owners are better off with collective price agreements than with a situation where there are no organized price-negotiations.

Author's address: Agricultural University of Norway, Institute of Forest Economics, N-1432 Ås-NLH, Norway.

KÄRKKÄINEN, MATTI

O.D.C. 812.31 — — 015.26

1978. Observations on the calculation of the basic density of total tree chips. — SILVA FENNICA Vol. 12, No. 1, 7 p. Helsinki.

In this study two methods of determining the basic density of total tree chips are compared. The method of MÄKELÄ (1977) is based on the volumes of pine, spruce, birch, and alder in a logging area, and the age of the trees. In the other method the basic density of total tree chips is measured by the common displacement method. The correlation was 0,730 in the material 22 logging areas. Besides this it was found that the basic density of chips increases as the size of the chip particles increases with the exception of the smallest particles.

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

LEHTONEN, IRJA

O.D.C. 181.3: 56

1978. Nutrient cycle in a scots pine stand: IV The amount of phytomass and nutrients — SILVA FENNICA Vol. 12, No. 1, 9 p. Helsinki.

The distribution of the dry matter and nutrients in tree stock (*Vaccinium*-type), ground vegetation, and humus were determined in the study. The greatest part of the dry matter in the tree was found in the stemwood. The living branches, roots, bark, needles and dead branches in decreasing order of magnitude made up the rest of the biomass. The trees contained over 90 %, the field layer vegetation 3 % and the bottom layer vegetation 2 % of the dry matter in the tree stand. The tree stock contained 86—95 % of the total amount nutrients in the stand.

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

KÄRKKÄINEN, MATTI

O.D.C. 812.31: 815.2: 181.75: 174.7 *Larix*

1978. Observations on the effect of age on the basic density of larch wood. — SILVA FENNICA Vol. 12, No. 1, 9 p. Helsinki.

About 100 years old larch (*Larix sibirica* Ledeb. and *L. decidua* Mill.) trees were felled and the basic density samples taken from the stump level subsequently determined. The number of trees was 21 and number of samples 378. The maximum basic density was reached at the age of 40 ... 60 years, as counted from the pith. The basic density decreased as the width of the growth rings increased or the amount of heartwood decreased.

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

KIRJOITUSTEN LAATIMISOHJEET

Silva Fennica-sarjassa julkaistaan lyhyitä metsätieteellisiä tutkimuksia ja kirjoituksia kotimaisilla kielillä tai jollakin suurella tieteellisellä kielellä. Julkaistavaksi tarkoitettu käsikirjoitus on jätettävä Seuran sihteerille painatuskelpoisessa asussa. Seuran hallitus ratkaisee asiantuntijoita kuultuaan, hyväksytäänkö kirjoitus painettavaksi.

Kirjoitusten laadinnassa noudatetaan Silva Fennican numerossa Vol. 4, 1970, N:o 3 painettuja kansainvälisiä ohjeita. Suureissa, yksiköissä sekä symbolien ja kaavojen merkinnöissä noudatetaan ohjeita, jotka ovat suomalaisissa standardeissa SFS 2300, 3100 ja 3101. Oikoluussa noudatetaan standardia SFS 2324.

Kirjoituksen alkuun tulee julkaisun kielellä lyhyt yhdistelmä tutkimuksen tuloksista. Samoin laaditaan tutkimuksen yhteyteen lyhyt englanninkielinen tiivistelmä, jonka lisäksi kunakin Silvan numeron loppuun painetaan irti leikattavan kortin muotoon kustakin tutkimuksesta englanninkielinen esittely. Sisällysluetteloa ei käytetä. Mahdolliset kiitokset esitetään lyhyesti johdannon lopussa ja merkitään painettavaksi petiitillä.

Kuvien ja piirrosten viivapaksuudet ja tekstikoko on valittava siten, että ne sallivat painatuksen vaatiman pienennyksen. Kuvien ja piirrosten painatuskoko on syytä neuvotella etukäteen toimittajan kanssa, sillä tarpeettomia kustannuksia aiheuttavaa painatuskokoja ei sallita. Valokuvien tulee olla teknisesti moitteettomia ja kiiltävälle valkealle paperille suurenneita. Värikuvia ei yleensä hyväksytä painettavaksi. Kuvat ja taulukot numeroidaan kummatkin erikseen juoksevasti, ja niiden otsikoista laaditaan erillinen luettelo kirjapainoa varten.

Jos vieraskielisessä lyhennelmässä viitataan tiettyihin kuviin ja taulukoihin, on nämä varustettava vieraskielisin otsikoin ja selityksin. Muut kuvat ja taulukot voivat olla yksikielisiä.

Lähdeviittauksissa tekijännimet sijapääätteineen kirjoitetaan isoin kirjaimin mikäli tekijännimen vartalo on muuttunut. Muutoin taivutuspääte kirjoitetaan pienaakkosin. Esimerkkejä: KOSKISEN (1972) tutkimus . . . , YLI-VAKKURIN (1972) tutkimus . . . Milloin tekijöitä on kolme tai useampia, mainitaan tekstissä vain ensimmäinen (esim. HEIKURAINEN ym. 1961). Vieraskielisessä tekstissä ym. korvataan merkinnällä et al. Jos julkaisulla on kaksi tekijää viitteessä, pannaan tekijöiden nimien väliin ja-sana painatuskielellä. Esimerkki: KELTIKANGAS ja SEPPÄLÄ (1973, s. 222) osoittivat . . .

Viitekirjallisuus luetteloidaan tekijännimien (kirjoitetaan isoin kirjaimin) mukaisessa aakkosjärjestyksessä. Jos tekijöitä on useampia, nimet erotetaan pilkulla, paitsi kaksi viimeistä, jotka erotetaan &-merkillä. Tekijän etunimistä suositellaan käytettäväksi vain alkukirjaimia. Tutkimusten nimet kirjoitetaan lyhentämättä. Julkaisusarjoista käytetään niitä lyhenteitä, jotka on painettu Silva Fennican numerossa Vol. 5, 1971, N:o 2. Täydellisempi luettelo on nähtävissä Seuran toimistossa. Kirjoituksen löytämisen helpottamiseksi mainitaan aikakauslehdistä myös sivunumerot. Suomenkielisistä tutkimuksista otetaan mukaan vieraskielisen lyhennelmän nimi. Volyymi merkitään julkaisusarjan nimen jälkeen. Jos kyseessä on aikakauslehti tai vastaava, numero merkitään volyymin jälkeen suluissa. Sivunumerot erotetaan kaksoispisteellä volyymistä tai suluissa olevasta numerosta. Jos samalla kertaa ilmestynyt volyymi sisältää useita tutkimuksia, merkinnässä sovelletaan ko. julkaisussa noudatettua tapaa. Esimerkkejä:

ILVESSALO, Y. 1952. Metsikön kasvun ja poistuman välisestä suhteesta. Summary: On the relation between growth and removal in forest stands. — Commun. Inst. For. Fenn. 40.1.

WILCOX, W. W., PONG, W. Y. & PARMETER, J. R. 1973. Effects of mistletoe and other defects on lumber quality in white fir. Wood & Fiber 4 (4): 272–277.

Englanninkielisen lyhennelmän ja mahdollisten kuva- ja taulukkoketkien käännettämisestä ja pätevän kieliasiantuntijan tekemästä tarkastamisesta huolehtii kirjoittaja. Seura voi maksaa kustannukset valtiovarainministeriön antamien ohjeiden mukaan. Jos kääntäjän lasku on ohjeiden edellyttämää tasoa korkeampi, kirjoittaja vastaa ylittävistä osuudesta. Lähempiä tietoja antaa Seuran julkaisujen toimittaja.

KANNATAJAJÄSENET — UNDERSTÖDANTE MEDLEMMAR

CENTRALSKOGSNÄMNDEN SKOGSKULTUR
SUOMEN METSÄTEOLLISUUDEN KESKUSLIITTO
OSUUSKUNTA METSÄLIITTO
KESKUSOSUUSLIIKE HANKKIJÄ
SUNILA OSAKEYHTIÖ
OY WILH. SCHAUMAN AB
OY KAUKAS AB
KEMIRA OY
G. A. SERLACHIUS OY
KYMI KYMMENE
KESKUMETSÄLAUTAKUNTA TAPIO
KOIVUKESKUS
A. AHLSTRÖM OSAKEYHTIÖ
TEOLLISUUDEN PUUVHDISTYS
OY TAMPELLA AB
JOUTSENO-PULP OSAKEYHTIÖ
KAJAANI OY
KEMI OY
MAATALOUSTUOTTAJAIN KESKUSLIITTO
VAKUUTUSOSAKEYHTIÖ POHJOLA
VEITSILUOTO OSAKEYHTIÖ
OSUUSPANKKIEN KESKUSPANKKI OY
SUOMEN SAHANOMISTAJAYHDISTYS
OY HACKMAN AB
YHTYNEET PAPERITEHTAAT OSAKEYHTIÖ
RAUMA-REPOLA OY
OY NOKIA AB, PUUNJALOSTUS
JAAKKO PÖYRY CONSULTING OY
KANSALLIS-OSAKE-PANKKI
OSUUSPUU
THOMESTO OY