

ARAUKAARIAN JA MÄNNYN PUUAINEN OMINAISUUKSIEN VERTAILUA

MATTI KÄRKKÄINEN

SUMMARY:

COMPARISON OF WOOD PROPERTIES OF PARANA PINE AND SCOTS PINE

Saapunut toimitukselle 1977-01-14

Kirjallisuudesta poimittujen tietojen mukaan araukaarian (*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze) ja männyn (*Pinus silvestris* L.) puuaineet muistuttavat toisiaan ulkonäöltään. Huomattavana anatomisena erona on mm. se, ettei araukaariassa ole lainkaan pihkatiehyitä tai pihkatiehyellisiä ydinsäteitä. Männyssä näitä on runsaasti. Tiheys on araukaarialla suurempi. Molemmilla puulajeilla tiheys kasvaa ytimeistä pintaan päin ja saavuttaa maksimin noin 100 vuoden iässä. Männyn puuaine lienee biologisia tuhoja vastaan araukaariaa kestävämpi ainakin sydänpuun osalta. Araukaarialla myös sydänpuu kyllästyy hyvin, toisin kuin männyllä. — Kutistuminen ja paisuminen ovat säteen ja tangentin suunnassa samaa luokkaa, mutta araukaarialla pituuden suuntainen kutistuminen on suurempi. Syynä lienee pääasiassa reaktioppu, jota araukaariassa tavataan runsaasti. Mekaaniset lujuusominaisuudet ovat samaa suuruusluokkaa tai männyllä araukaariaa parempia kovuutta lukuunottamatta, etenkin jos männyn alhaisempi tiheys otetaan huomioon.

1. PUUAINEN ULKONÄKÖ JA ANATOMIA

Tässä tutkimuksessa tarkasteltavat puulajit, araukaaria (*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze) ja tavallinen mänty (*Pinus silvestris* L.) ovat erällä markkina-alueilla kilpailevia puulajeja sahatavara-alusteiden kaupassa. Tämän vuoksi on katsottu aiheelliseksi verrata eräitä puuteollisia ominaisuuksia siinä määrin kun tämä on mahdollista käytettävissä olevan kirjallisuuden perusteella.

On ensinnäkin todettavissa, että araukaariasta ja männystä tehty sahatavara on ulkonäöltään samankaltaista. Tähän viit-

taavat myös eräät araukaarian kaupalliset nimet, mm. Parana pine ja Brazilian pine (SARVAS 1964, SALMI 1972). Esimerkiksi sydän- ja pintapuun väriero on samankaltainen. Toisaalta eroja on mm. vuosilustoissa: araukaarialla ne eivät erotu niin selvästi kuin männyllä (DOHR 1953). Tämän vuoksi mäntysahatavaran pinta on pinta-puussa ilmeikkäämpi kuin araukaarian. Sydänpuun osalta tilanne lienee päinvastainen, koska araukaarian sydänpuu on sangen tummaa. Molemmilla puulajeilla puun syyt kulkevat suorassa ja epäsäännöllisyydet ovat

poikkeuksia. Erityisesti vanhoista araukaarioista saadaan oksatonta tai vähäoksaista sahatavaraa.

Araukaarialla ei ole lainkaan pihkatiehyitä. Kuitenkin puuaineessa on runsaasti pihkaa ydinsäteiden soluissa ja myös trakeideissa (NTIMA 1968). Tämä pihka ei kuitenkaan vastaa koostumukseltaan männyn pihkaa. Männyllä on runsaasti pihkatiehyitä sekä syiden suunnassa (n. 0,5...1,0 % poikkipinta-alasta) (TRENDELENBURG ja MAYER-WEGELIN 1955, s. 152) että myös pihkatiehyellisissä ydinsäteissä. Pihkatiehyellisiä ydinsäteitä männyllä on n. 0,5 % rungon tilavuudesta (KÄRKKÄINEN 1973, s. 90). Tiedossa ei ole, missä määrin tämä anatominen ero lisää männyn puuaineen biologista kestävyttä ja parantaa kyllästettävyyttä.

2. TIHEYS

Sekä araukaarialla (esim. AMARAL ym. 1971, COZZO ja COZZO 1974, ROLIM ja FERREIRA 1974) että männyllä (esim. HAKKILA 1966, UUSVAARA 1974) puuaineen tiheys kasvaa nuorilla puilla ytimeistä pintaan päin. Araukaarialla tiheys kasvaa n. 40...50 vuoden ikään saakka, pysyy sitten vakiona n. 100 vuoden ikään ja alkaa sitten laskea, erityisen nopeasti n. 150...180 vuoden iästä alkaen (Cozzo ja Cozzo 1974). Myös männyllä tiheys kasvaa n. 100 vuoden ikään saakka ja alkaa sitten laskea. Tällaiseen tulokseen ovat päätyneet mm. LUNDBERG (1928) ja HAKKILA (1966, s. 50).

Kun araukaaria on nuorella iällä huomattavan nopeakasvuinen ja saavuttaa nopeasti tukkipuun koon, sahatavara voi olla joko painavaa, vanhojen luonnonmetsien araukaariaa tai nuorten viljelymetsien kevyempää araukaariaa. Tämän vuoksi araukaarian tiheyttä on vaikea verrata Suomessa kasvaneesta männystä tehdyn sahatavaran tiheyteen. Toistaiseksi käytännöllisesti katsoen kaikki sahatavaramänty tulee hoide-tuista luonnonmetsistä, eikä viljelymänniköiden kevyempi puuaine (UUSVAARA 1974) ole vielä vaikuttanut mäntysahatavaraan.

Toisaalta ei ole aiheellista liioitella nopeakasvuisen araukaarian alhaista tiheyttä. Esim. ROLIM ja FERREIRA (1974) totesivat, että 15 vuoden ikään saakka kuiva-tuore-

— Mainittakoon kuitenkin, että myös araukaarian kyllästettävyyden on hyvä. Myös sydänpuu voidaan kyllästä (NTIMA 1968, s. 98), toisin kuin männyllä. — Selvää myös on, ettei araukaariasta tehdystä sahatavaraossa ole männyn tavoin pihkavuotoja.

Kummallakin puulajilla tavataan mm. sahatavaran käyttäjän kannalta haitallista epänormaalia puuainetta, reaktioppuuta. Havupuilla tätä reaktioppuuta voi nimittää lylyksi. — Suomessa kasvaneella männyllä reaktioppuuta tavataan vain vähän sen yleensä keskittyessä sahatavaraksi kelpaamattomiin runkoihin (KÄRKKÄINEN 1976). Sen sijaan araukaarialla on reaktioppuuta yleisesti. On raportoitu, että jopa 3/4 toimitetusta sahatavaraerästä saattaa olla reaktioppuuta sisältävää (DOHR 1953).

tiheys lisääntyi tasaisesti 13 kg/m³ vuotta kohti alkuarvosta 334 kg/m³. Näin ollen esim. 5 a vanhojen puiden tiheys on pinnassa jo 399 kg/m³. Tätä käsitystä vahvistaa MORESCHIN ym. (1973) tulos, jonka mukaan keskimääräinen tiheys 5 a iässä on 381 kg/m³.

Luultavaa on, että vanhojen luonnonmetsien araukaarian puuaineen kuiva-tuoretiheys on n. 40...50 kg/m³ suurempi kuin Suomessa kasvaneen männyn. Esim. BANZATTO ym. (1969) saivat luonnonmetsistä peräisin olevan araukaarian kuiva-tuoretiheydeksi 475 kg/m³, kun mäntysahatukien kuiva-tuoretiheydeksi on yleensä saatu 430 kg/m³ (esim. HAKKILA 1966). Toisaalta on raportteja, joissa araukaarian tiheys on ilmoitettu alhaisemmaksi. Esim. NTIMA (1968, s. 90) esittämästä luvusta voidaan laskea araukaarian kuiva-tuoretiheyden olevan n. 446 kg/m³ eli vain vähän korkeamman kuin suomalaisella männyllä. Sitä paitsi esimerkiksi parhaat männystä tehdyt u/s-laudat ovat tavanomaista tiheimpiä, kun ne on sahattu puun pintaosasta, ja tiheys näyttää kasvavan puun laatuluokan parantuessa (HAKKILA 1966, s. 67). — Luultavaa taas on, että nuorista araukaariapuista tehty sahatavara ei voi olla olennaisesti raskaampaa kuin suomalainen mäntysahatavara. Tähän viittaavat ne aiemmin mainitut araukaarian tiheyden arvot, joita ovat esit-

täneet mm. MORESCHI ym. (1973) sekä ROLIM ja FERREIRA (1974).

Kun jäljempänä tarkastellaan araukaarian ja männyn mekaanista lujuutta, on otettava huomioon, että araukaariasta saadut tulokset

set koskevat luonnometsistä saatua puuainetta. Mikäli araukaaria on peräisin nopeakasvuista, nuorista viljelymetsistä, mekaaninen lujuus on alhaisempi pienemmän puuaineen tiheyden johdosta.

3. KESTÄVYYS BIOLOGISIA TUHOJA VASTAAN

Araukaarian puuaine ei ole kestävä biologisia tuhoja vastaan, vaan sen ulkoikäyttö edellyttää kyllästämistä (NTIMA 1968,

s. 115). Männyn sydänpuu on kestävä, mutta pintapuuta edellyttää kyllästämistä vaativissa olosuhteissa.

4. PUUN KUTISTUMINEN JA PAISUMINEN

Araukaariasta ja männystä tehty sahatavara kutistuu samalla tavalla tuoreesta absoluuttisen kuivaksi kuivattaessa säteen ja tangentin suunnassa. Säteen suunnassa kutistuminen on sekä männyllä (SIMES 1938, s. 74) että araukaarialla (NTIMA 1968, s. 93, FREITAS ja HAYASHIDA 1972, s. 42) sama, n. 4 %. Samojen lähteiden mukaan kutistuminen on tangentin suunnassa 7,8...8,0 %.

Sen sijaan pituuden suuntainen kutistuminen saattaa olla araukaarialla huomattavan suuri mäntyyn verrattuna, kenties yleisesti esiintyvistä reaktiipuusta johtuen. Esimerkiksi FREITAS ja HAYASHIDA (1972) ovat esittäneet tuloksia, joista syiden suun-

taiseksi kutistumiseksi saadaan 1,4 % vähentämällä tilavuuden kutistumisprosentista tangentin ja säteen suuntaiset kutistumisprosentit. Kaava on perusteltu puutieteen oppikirjoissa (esim. KÄRKKÄINEN 1971, s. 127). — Männyllä vastaava pituuden suuntainen kutistuminen on yleensä 0,1...0,5 %.

Reaktiopuun suuresta pituuden suuntaisesta kutistumisesta johtuu, että sahatavara kieroutuu kuivattaessa ja voi elää jatkuvasti sään vaihdellaessa. Hyvälaatuiselta sahatavaralta on edellytettävä vähäistä pituuden suuntaista kutistumista. Araukaaria ei tässä suhteessa pidetä erityisen hyvänä (vrt. NTIMA 1968, s. 93).

5. MEKAANINEN LUJUUS

Jäljempänä olevat tulokset araukaarian ja männyn mekaanisesta lujuudesta tarkoittavat ilmakeivää puuta, jonka kosteussuhde on 12...15 % (veden määrä % kuivasta puuaineen massasta laskettuna). Lähteet ovat seuraavat:

- A = NTIMA 1968
- B = FREITAS ja HAYASHIDA 1972
- C = DOHR 1953
- D = JALAVA 1952 (Perustuu lähteisiin JALAVA 1933, 1945)

On vielä tärkeää huomata, että männyn eri provenienssit saattavat poiketa toisistaan myös mekaanisen lujuuden osalta. Tähän

on mm. JALAVA (1933) viitannut. Siksi mäntyä koskevat tulokset on otettu niistä tutkimuksista, jotka koskevat nimenomaan Suomessa kasvanutta mäntyä.

Taivutuslujuus ja puristuslujuus syiden suunnassa tarkoittavat murtolujuuksia. Puristuslujuus syitä vasten on epämääräisempi käsite. Suomalaiset tulokset perustuvat jännitykseen, joka vallitsee painuman arvalla 2,5 mm (JALAVA 1933). Araukaarian mittauksessa sovelletusta menetelmästä ei ole tarkka tietoa. Oletettavasti se perustuu suhteellisuusrajaan tai vastaavaan painumaan (ks. esim. KOLLMANN ja CÔTE 1968, s. 340).

Taulukko 1. Araukaarian ja männyn lujuusominaisuuksien vertailu

Table 1. Comparison of strength properties of Parana pine and Scots pine

Ominaisuus — Property	Yksikkö Unit	Araukaaria Parana pine			Mänty Scots pine
		Lähde — Source			
		A	B	C	D
(1) Taivutuslujuus — Static bending strength	N/mm ²	95,4	85,6	85,5	84,1
(2) Puristus syiden suunnassa — Compression parallel to the grain	N/mm ²	47,7	41,4	45,5	46,6
(3) Puristus syitä vasten — Compression perpendicular to the grain	N/mm ²	..	..	4,1	4,5
(4) Jankan kovuus, sivu — Side hardness of Janka	N	..	..	3266	2697
(5) Kimmomoduuli taivutuksessa — Modulus of elasticity in bending	kN/mm ²	..	..	11,4	12,5
(6) Suhteellinen tiheys (vesi = 1) — Relative density (water = 1)		0,540	0,550	0,556	0,514 ¹⁾
(1)/(6)		176,7	155,6	153,8	163,6
(2)/(6)		88,3	75,3	81,8	90,7
(3)/(6)		..	..	7,4	8,8
(4)/(6)		..	..	5874	5247

¹⁾ Laskettu kuivatiheyden 484 kg/m³ perusteella kaavalla (1).

$$(1) \quad r_{12} = \frac{(100 + u) (100 - \beta_v) r_0 u_f}{100 (100 u_f - \beta_v (u_f - u))}, \text{ jossa}$$

r_{12} = ilmakeivätiheys, kosteussuhde 12 %, kg/m³ (= 514)

u = kosteussuhde, % (= 12)

β_v = tilavuuden kutistuminen tuoreesta kuivaksi, % (= 12)

r_0 = kuivatiheys, kg/m³ (= 484 kg/m³)

u_f = puunsyiden kyllästymispiste (vrt. SIMES 1938, s. 75)

ottamatta araukaarian taivutuslujuus on n. 6 % parempi kuin suomalaisella männyllä. Toisaalta puristus syiden suuntaan on männyllä n. 4 % parempi kuin araukaarialla ja kohtisuoraan peräti 9 % parempi. Kovuus on araukaarialla puolestaan parempi eron ollessa männyn kovuudesta n. 21 %. Taivutuksesta laskettu kimmomoduuli on taas männyllä suurempi eron ollessa 9 %. — Voidaan näin ollen todeta, että kovuutta lukuunottamatta lujuus on samaa suuruusluokkaa.

Taulukossa 1 esitetyt mekaaniset lujuusarvot on saatu tutkimalla pieniä virheetömiä koekappaleita. Kuten aiemmin on todettu, araukaariassa on kuitenkin käytännössä usein reaktiopuuta, joka alentaa mekaanista lujuutta. DOHRIN (1953) tutkimuksen perusteella voidaan arvioida, että reaktiopuun esiintymisen vuoksi sekä taivutuslujuus että puristuslujuus alenevat noin 20 %.

Pelkästään pienten virheettömien koekappaleiden antamia tuloksia verrattaessa voidaan havaita, että tiheyseroa huomioon

Kuten aiemmin on todettu, puuaineen tiheys saattaa eri syistä vaihdella sahatavarassa. Tämän vuoksi on tarpeen tarkastella, millainen on mekaaninen lujuus tiheysyksikköä kohti. Tällainen vertailu on tehty taulukon 1 alaosassa. Tulosten mukaan kaikki mekaanisen lujuuden indikaattorit tiheysyksikköä kohti ovat kovuutta lukuunottamatta parempia männyllä kuin araukaarialla. Voidaan näin ollen sanoa, että mäntypuun keveyden huomioon ottamisen jälkeen se on sangen kilpailukykyinen araukaariaan verrattuna.

6. JOHTOPÄÄTÖKSIÄ

Araukaarian ja männyn puuaineen ominaisuuksien vertailua vaikeuttaa ominaisuuksien vaihtelu mm. sahatavaraerästä toiseen. Esimerkiksi reaktiipuuta, jota araukaariassa ilmeisesti esiintyy suomalaisen mäntyyn verrattuna runsaasti, voidaan poistaa ankaralla lajittelulla. Samoin jo raaka-aineen ominaisuudet saattavat vaihdella. Huomattava merkitys on mm. puuston iällä, kuten edellä on voitu todeta.

Kirjallisuuden perusteella näyttää kuitenkin ilmeiseltä, että keskimäärin ottaen araukaarian puuaine on hieman mäntyä tiheämpää ja biologisia tuhoja vastaan heikommin kestävä jopa niin, että kyllästäminen on olennainen vaatimus ulkokäyttöä varten. Kutistuminen tuoreesta kuivaksi on samaa suuruusluokkaa, mutta araukaarialla yleisen reaktiipuun vuoksi sen pituuden suuntainen kutistuminen saattaa olla

haitallisen suurta ja aiheuttaa sahatavaran kieroumaa.

Kun puulajien erilaista tiheyttä ei oteta huomioon, ilmakeiivan araukaarian taivutuslujuus on mäntyä parempi, puristus syiden suuntaan ja niitä vastaan heikompi, kovuus selvästi parempi ja kimmomoduuli taivutuksessa pienempi. Kun erilainen tiheys otetaan huomioon, männyn mekaaninen lujuus on araukaaria parempi kovuutta lukuunottamatta.

Käyttötarkoituksesta riippuu, mikä merkitys on annettava araukaarian suuremmalle kovuudelle. Jos puuaineelta joudutaan edellyttämään kovuutta, saattaa olla parasta käyttää jostakin kovasta lehtipuusta valmistettua viilua pintamateriaalina, koska kaikki havupuut ovat kuitenkin pehmeitä, eikä niiden keskinäisillä eroilla ole merkitystä tässä mielessä.

KIRJALLISUUTTA

- AMARAL, A. C. B., FERREIRA, N. & BANDEL, G. 1971. (Variations in the basic density of wood from the pith outward to the bark in male and female trees of *Araucaria angustifolia*.) IPEF (2/3) 119–127. (Sit. FA 34(2): No. 1249).
- BANZATTO, A. C., FERREIRA, M. & BANDEL, G. 1969. (Variation in basic density in wood of *Araucaria angustifolia*.) Solo 61(2): 43–45. (Sit. FA 35(5): No. 2617).
- COZZO, D. & COZZO, S. A. 1974. (Dimensional variation in the tracheids of two *Araucaria angustifolia* trees 200 and 300 years old.) Revista Forestal Argentina 18(3): 76–83. (Sit. FA 36(5): No. 2947).
- DOHR, A. W. 1953. Mechanical properties of Brazilian Parana pine. Southern Lumberman 186(2324): 39–42.
- FREITAS, AMANTINO R. & HAYASHIDA, KENSHI 1972. Propriedades físicas e mecánicas da madeira e do contraplacado de *Pinus elliottii*. Brasil Florestal 3(9): 38–43.
- HAKKILA, PENTTI 1966. Investigations on the basic density of Finnish pine, spruce and birch wood. Lyhennelmä: Tutkimuksia männyn, kuusen ja koivun puuaineen tiheydestä. Commun. Inst. For. Fenn. 61.5.
- JALAVA, MATTI 1933. Suomalaisen männyn lujuusominaisuuksista. Summary: Strength properties of Finnish pine (*Pinus silvestris*). Commun. Inst. For. Fenn. 18.7.
- » — 1945. Suomalaisen männyn, kuusen, koivun ja haavan lujuusominaisuuksista. Summary: Strength properties of Finnish pine, spruce, birch and aspen. Commun. Inst. For. Fenn. 33.3.
- JALAVA, MATTI 1952. Puun rakenne ja ominaisuudet. Porvoo—Helsinki.
- KOLLMANN, FRANZ P. P. & CÔTE, WILFRED A. 1968. Principles of wood science and technology. I Solid wood. Berlin—Heidelberg—New York.
- KÄRKKÄINEN, MATTI 1971. Puun rakenteesta ja ominaisuuksista. Julk. Ylioppilastuki ry. Helsinki.
- » — 1973. Mäntyrunkojen ydinsäteiden määrä ja koko. Summary: Amount and size of rays in pine stems. Silva Fenn. 7(2): 69–95.
- » — 1976. Havutukkien painomittauksen edellytyksiä puutieteelliseltä kannalta. Summary: Wood science prerequisites for the weight measurement of pine and spruce logs. Commun. Inst. For. Fenn. 89.1.
- LUNDBERG, GUSTAF 1928. Torrvolympikten hos tall- och granved. Zusammenfassung: Das Trockenvolumgewicht bei Kiefern- und Fichtenholz. Svenska SkogsvFören. Tidskr. 26: 564–588.
- MORESCHI, J. C., TOMASELLI, I. & RICHTER, H. G. 1973. (Contribution to the study of the basic density of conifers planted in southern Brasil). Floresta 4 (3): 26–28. (Sit. FA 36(5): No. 2963).
- NTIMA, O. O. 1968. The araucarias. Fast growing

- timber trees of the lowland tropics No. 3. University of Oxford, Commonwealth forestry institute, Department of forestry.
- ROLIM, MARIO BOGDOL & FERREIRA, MARIO 1974. Variacao de densidade basica da madeira produzida pela *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze em funcao das aneis de crescimento. IPEF (9): 47–55.
- SALMI, JUHANI 1972. Suomalaisia ja ulkomaisia puulajeja. Osa I: Havupuut. Summary: Wood of Finnish and foreign tree-species. Volume I: Conifers. Helsingin yliopiston metsätieteellisen laitoksen tiedonantoja 17.

- SARVAS, RISTO 1964. Havupuut. Porvoo—Helsinki.
- SIIMES, F. E. 1938. Suomalaisen mäntypuun rakenteellisista ja fysikaalisista ominaisuuksista. Väitöskirja Suomen Teknillisessä Korkeakoulussa. Helsinki.
- TRENDELENBURG, R. & MAYER-WEGELIN, HANS 1955. Das Holz als Rohstoff. 2. Auflage. München.
- UUSVAARA, OLLI 1974. Wood quality in plantation-grown Scots pine. Lyhennelmä: Puun laadusta viljelymänniköissä. Commun. Inst. For. Fenn. 80.2.

SUMMARY:

COMPARISON OF WOOD PROPERTIES OF PARANA PINE AND SCOTS PINE

According to the available literature, the appearance of Parana pine wood resembles that of Scots pine. The anatomy is quite different, however. There are no resin canals and fusiform rays with resin canals in Parana pine. They are abundant in Scots pine, however. The basic density of Parana pine is higher. In both tree species the density increases from the pith outwards, the

maximum being reached at the age of one hundred years. Compression wood is more common in Parana pine than in Scots pine, and this makes the longitudinal shrinkage of Parana pine greater than that of Scots pine. Otherwise the shrinkage properties do not differ. The mechanical strength is of the same magnitude with the exception of hardness, where Parana pine is superior.