

# SUOMALAISEN KUUSEN PUUAINEN VERTAILUA KESKI-EUROOPASSA KASVANEIDEN KUUSI- JA JALOKUUSILAJIEN PUUAINEESEEN

MATTI KÄRKKÄINEN

*Summary*

*SPRUCE WOOD GROWN IN FINLAND COMPARED WITH SPRUCE AND FIR WOOD GROWN IN  
CENTRAL EUROPE*

Saapunut toimitukselle 19. 2. 1985

Kirjallisuuden perusteella pyrittiin selvittämään suomalaisen ja keskieurooppalaisen kuusisahatavaran mahdollisia eroja. Osoittautui, ettei kunnolliseen otantaan perustuvia tuloksia ollut saatavissa sahatavarasta. Näin ollen erot joudutaan päättämään eri tutkimustuloksista johdettavien yleisempien riippuvuuksien perusteella. Niiden tarkastelun mukaan ei ole luultavaa, että suomalainen kuusisahatavara poikkeaisi olennaisesti puuaineen laadun suhteen keskieurooppalaisesta kuusesta, joka saattaa sisältää myös jalokuusta. Jos joitakin eroja on, ne johtuvat pääasiassa siitä, että puuston kasvu on Keski-Euroopassa korkeampi kuin Suomessa. Kasvunopeuseroista johtuen useimmat suomalaisen kuusen ominaisuudet ovat keskieurooppalaista kuusta paremmat, joskin käytännössä erot ovat ilmeisesti vähäiset.

## 1. TUTKIMUSTEHTÄVÄ

Vietäessä suomalaista kuusisahatavaraa Keski-Eurooppaan on tiedettävä, millaiset sen ominaisuudet ovat verrattuna paikalliseen kuusi- ja jalokuusisahatavaraan. Tämä tieto auttaa arvioimaan, millaiseen tuoteinformatioon kannattaa panostaa ja mitkä ovat suomalaisen sahatavaran omimmat käyttökohteet ominaisuuksien perusteella. Erityistä huomiota on kiinnitettävä sellaisiin ominaisuuksiin, jotka ovat tärkeitä tuotettaessa sahatavarasta pitkälle jalostettuja puusepäntuotteita, koska tämä saattaa mahdollistaa tavallista rakennesahatavaraa korkeamman hinnanmuodostuksen.

Tässä tutkimuksessa pyritään selvittämään kirjallisuuden perusteella suomalaisen kuusisahatavaran eroja keskieurooppalaisista kuusi- ja jalokuusilajeista tehtyyn sahatavaraan verrattuna erityisesti puusepänteollisuudessa käytettyjen sahatavaralaatujen ja tällä teollisuudenalalla merkityksellisten ominaisuuksien kannalta.

Siinä määrin kun sahatavaran vertailu ei ole mahdollista, vertailu tehdään puuaineen ja siinä olevien vikojen perusteella pyrkien arvioimaan, mitkä tekijät ovat sahatavaran ominaisuuksien kannalta merkityksellisimmät ja miten suomalainen kuusisahatavara eroaa keskieurooppalaisista vaihtoehdoista näiden tekijöiden suhteen.

Työssä tarkastellaan keskieurooppalaisina kuusi- ja jalokuusilajeina sekä luontaisesti esiintyviä että sinne tuotuja lajeja. Jälkimmäisten merkitys on ainakin paikallisesti suuri, koska amerikkalaisia ja aasialaisia lajeja on viljelty Keski-Euroopassa jo viime vuosisadalta alkaen.

Tutkimus on tehty Suomen Sahanomistajayhdistyksen aloitteesta ja rahoituksella. Englanninkielisen tekstin korjasi Reino Pulkki, Dr. Sc. (For.). Käsikirjoituksen lukivat professorit Risto Juvonen ja Olli Uusvaara. – Kiitän saamastani tuesta.

## 2. AINEISTO

Aiheeseen liittyvää kirjallisuutta etsittiin atk-pohjaisista tietokannoista ja manuaalisin menetelmin. Kotimaista kirjallisuutta selvitettiin VTKK:ssa ylläpidetyistä KATI- ja KAUKO-tietokannoista sekä manuaalisesti Helsingin yliopiston metsäkirjaston tiedotteiden ja luetteloiden avulla. Ulkomaista kirjallisuutta haettiin Dialogin järjestelmän kautta englantilaisen Commonwealth Agricultural Bureau (CAB) luomasta tietokannasta. Vanhempaa kirjallisuutta etsittiin vastaavasti abstraktijulkaisuista Forestry Abstracts ja Forest Products Abstracts, joita julkaisee em. CAB.

Kirjallisuushakujen tuloksena saatiin koelma bibliografisia tietoja sekä Dialogin CAB-kannan ollessa kyseessä myös tiivistelmät. Tiivistelmät saatiin myös Forestry Ab-

stracts ja Forest Products Abstracts -lehdistä. Julkaisun relevanssi pääteltiin otsikon tai tiivistelmän perusteella. Kaikissa tapauksissa pyrittiin etsimään alkuperäinen julkaisu Helsingin yliopiston eri kirjastojen kokoelmista, omista kokoelmista tai kaukolainana muista koti- ja ulkomaisista kirjastoista. Lisää relevanttia kirjallisuutta etsittiin hedelmällisiksi osoittautuneiden julkaisujen kirjallisuusluetteloiden perusteella. Lopulta käytetystä kirjallisuudesta suurin osa oli muuta kuin sellaista, johon viittaukset oli saatu alkuperäisistä hauista.

Kaikki tässä kirjallisuustutkimuksessa mainitut julkaisut ovat saatavissa Helsingin yliopiston metsäkirjastosta tai ovat eripainoksina tai valokopioina kirjoittajan hallussa ja siten lainattavissa.

## 3. TULOKSET

### 3.1. Kirjallisuudesta saatujen tietojen luonne

Kirjallisuuteen perehdyttäessä ilmeni, ettei suoranaisia kuusi- ja jalokuusisahatavaraa koskevia tietoja ole saatavissa siinä muodossa, että niistä voitaisiin tehdä yksiselitteiset johtopäätökset. Syitä oli useita.

1. Osoittautui, että perin harvassa maassa on tilastotieteellisesti edustavaa tietoa eri puulajien raaka-aineominaisuuksista. Esimerkiksi Suomessa tiedetään varsin hyvin valtakunnan metsien inventointiin liitetyn otannan ansiosta eri puulajien puuaineen tiheys maan eri osissa, eri kasvupaikoilla, eri ikäryhmissä jne. (Hakkila 1979). Vastaava tieto likimain puuttuu Keski-Euroopan eri maista. On toki runsaasti pistokoetyypisiä tutkimuksia, mutta tulosten yleistettävyydestä ei ole mitään takeita. Tähän vaikuttaa aineistojen pienuus (usein vain muutamia runkoja) ja erityisesti harkinnanvaraisuus aineiston valinnassa, joka ei mahdollista tilastotieteellisten luotettavuustunnusten laskentaa.
2. Kaikista maista puuttuu sahojen käyttämän raaka-aineen otantatutkimuksia. Esimerkiksi Suomessa tunnetaan puuston raaka-aineomi-

naisuudet kohtalaisen hyvin edellä todetun mukaisesti, mutta vastaavaa tilastollisesti pätevää otantaa ei ole tehty sahojen todella käyttämästä raaka-aineesta. Näin ollen ei tiedetä, millainen on kuusisahatavaran puuaineen tiheys maan eri osissa, miten se vaihtelee sahatavaran koon ja vientiluokituksen mukaan jne. Olemassa oleva tieto on satunnaista, eikä sen yleistettävyydestä ole tietoa. Samanlainen tilanne on myös muissa maissa, vaikka onkin joitakin täysimittaisia sahatavaraa koskevia tutkimuksia, joiden aineisto on saatu eri maista (Govers 1966, Hudson 1974). Näissäkin tutkimuksissa sovellettu otanta on niin puutteellinen ja aineisto vajavainen, että tulosten yleistämiseen on suhtauduttava varauksin.

3. Sahatavaran luonne vaihtelee ajallisesti ja paikallisesti. Keski-Euroopassa kuusi ja jalokuusi käsitellään sahatavarakaupassa usein yhdessä (Govers 1966), ja näin ollen jalokuusen osuuden vaihtelu vaikuttaa keskimääräisiin ominaisuuksiin. Lisäksi eri kuusi- ja jalokuusilajit poikkeavat toisistaan niin paljon, että tapauksesta toiseen sahatavaran ominaisuudet muuttuvat voimakkaasti.
4. Kuusisahatavaran loppukäyttö ja siitä johdetavat tärkeät tuotevaatimukset ovat suureksi osaksi tuntemattomia, etenkin jos tavoitteeksi

vielä esitetään uusien mahdollisten käyttömuotojen löytäminen ja siellä tärkeiden ominaisuuksien selvittäminen. Näin ollen tutkimuksia ei ole välttämättä tehty juuri niistä puutavaran ominaisuuksista, jotka ovat merkityksellisiä joissakin vähemmän tunnetuissa käyttömuodoissa.

Kun varsinainen sahatavaraa koskevien tietojen vertailu ei ole mahdollista, päätelmät joudutaan tekemään sellaisten tutkimusten perusteella, jotka käsittelevät pääasiassa pienten virheettömien koekappaleitten ominaisuuksia, eri vikojen vaikutusta ja ominaisuuksia sekä eri metsänhoito- ja puunkasvatustoimien vaikutusta raaka-aineen ominaisuuksiin. Epäsuoriin päättelyketjuihin liittyy luonnollisesti virhemahdollisuuksia, joita ei ole eri sahatavaralajien tilastollisessa vertailussa, mutta toisenlainen erojen selvittäminen ei ole ilmeisesti mahdollista.

### 3.2. Vuosiluston paksuus

#### 3.2.1. Vuosiluston paksuus ja sen merkitys

Kasvukauden pituuden ja osin myös metsäinventointitietojen perusteella voidaan arvioida, että keskieuropallaiset kuuset ja jalokuuset kasvavat keskimäärin nopeammin kuin suomalaiset kuuset. Vastaavasti vuosiluston leveys on keskieuropalaisessa sahatavarassa suurempi kuin suomalaisessa. Tätä otaksumaa ei kumoa se, että keskieuropalaisessa metsänhoidossa on puuston kasvatusasento tiheämpi kuin suomalaisessa, ei myöskään se, että suuremmasta tukkipuiden koosta johtuen keskieuropalaisten puiden vuosiluston leveys voi kuoren lähellä olla pieni, mutta kasvu silti korkea suuresta kehän pituudesta johtuen.

Vuosiluston suuremmalla leveydellä on tutkimusten mukaan monia vaikutuksia puutavaran ominaisuuksiin. Kuusta ja jalokuusta koskevan kirjallisuuden mukaan vuosiluston leveydellä on yhteyttä ainakin puuaineen tiheyteen, lujuteen, kutistumiseen, elämiseen, permeabiliteettiin ja vioista ainakin oksaisuuteen.

Seuraavissa luvuissa tarkastellaan näitä yhteyksiä.

#### 3.2.2. Vuosiluston paksuus ja puuaineen tiheys

Kuusesta on tehty lukuisia tutkimuksia, joiden mukaan vallitsee tilastollisesti (ei siis välttämättä yksittäistapauksissa toteutuva) negatiivinen yhteys vuosiluston paksuuden ja puuaineen tiheyden välillä. Tällaisia havainnot ovat esittäneet mm. Wijkander 1897, Kinnman 1923, 1928, Trendelenburg 1934, G. G. Klem 1934, 1952, 1957, Wandt 1937, Johansson 1939, 1940 Volkert 1940, Wegelius 1941, Burger 1952, 1953, Sirén 1952, Nylander 1953, 1961, Knudsen 1956, Nylinder ja Hägglund 1954, von Pechmann 1962, Tamminen 1964, Mergen ym. 1964, G. S. Klem 1965 a, b, 1974, Ericson 1966, Hakkila 1966, Hakkila ja Uusvaara 1968, Olesen 1973, 1976, 1977 a, 1982, Saikku 1975, Dalgas 1975, Velling 1976, 1980, Madsen ym. 1978, Lewark 1979, 1981 a, Kärkkäinen ja Dumell 1983, Saranpää 1983, Kärkkäinen 1984). Samanlaisia tuloksia on saatu myös Keski-Euroopassa kasvatetuista jalokuusilajeista (Trendelenburg 1934, Dalgas 1975).

Syy vuosiluston leveyden ja puuaineen tiheyden tilastolliseen riippuvuuteen johtuu yleisesti hyväksytyyn käsitykseen mukaan siitä, että kesäpuun absoluuttinen määrä pysyy likimain samana vuodesta toiseen (Mikola 1950, s. 71) ja ilmeisesti paljolti myös puuyksilöstä toiseen. Näin ollen vuosiluston paksuudessa lähinnä kevätpuun määrä kasvaa, jolloin keskimääräinen tiheys alenee.

Muutkin tekijät saattavat vaikuttaa. Kuusentaimilla on nimittäin havaittu, että puuaineen tiheys ja pituuskasvu ovat korreloituneet negatiivisesti (Lacaze ja Polge 1970, Lepistö 1983). Mahdollisesti kyseessä on hormonaalinen tausta, joka vaikuttaa sekä tiheyteen että kasvuun.

Jos siis voidaan olettaa keskieuropallaisen kuusi- ja jalokuusisahatavaran olevan nopeakasvuisemmista puista kuin suomalaisen sahatavaran, voidaan arvioida myös sen puuaineen tiheyden olevan alhaisemman kaikkine siitä aiheutuvine seurauksineen.

Monet muut tekijät heikentävät kuitenkin riippuvuutta ja sen käytännöllistä merkitystä. Niinpä tiedetään, että kuusen luontaisella levinneisyysalueella puuaineen tiheys alenee etelästä pohjoiseen tarkasteltaessa saman kasvunopeuden omaavia puita (Kinnman 1923, Nylinder ja Hägglund 1954, G. G. Klem 1957, Bernhart 1964, G. S. Klem 1965

a, Kärkkäinen ja Dumell 1983, Saranpää 1983). Toisin sanoen jos vuosiluston leveys on sama, keskieuropalainen kuusi on suomalaisesta tiheämpää. Tätä riippuvaisuutta saattaa tosin heikentää kasvupaikan viljavuuden vaikutus, jos voidaan olettaa Keski-Euroopan olevan Suomea viljavampaa. On nimittäin havaittu, että määräsuuruisista luston paksuutta vastaa viljavilla kasvupaikoilla tiheämpi puu kuin vaatimattomilla kasvupaikoilla (G. G. Klem 1934, 1957, G. S. Klem 1965 b, Madsen ym. 1978).

Lannoitus vaikuttaa viljavuuden tavoin: lannoitetun kuusen määräpaksuinen lusto on tiheämpää puuta kuin lannoittamattoman kuusen samanvahvuinen lusto (Seibt ym. 1968). Keski-Euroopassa vaikutusta on myös sillä, että tiheys alenee vuoristossa ylempiin siirryttäessä, vaikka luston paksuus pysyisi samana (Klem 1934, Vorreiter 1937, 1954, Burger 1952, 1953, Nylinder 1961). Ilmiöllä saattaa olla tekemistä ilman lämpötilan kanssa: kuusella on havaittu, että kasvukauden lämmetessä tiheys kohoaa (Burger 1941, Nylinder 1953, Bernhart 1964).

Vuosiluston paksuuden käyttöarvoa tiheyden ennustamisessa heikentää myös se, että ikä vaikuttaa riippuvuuteen. Eri ikäkausina (esim. eri etäisyydellä ytimestä) vallitsee vuosiluston paksuuden ja tiheyden välillä negatiivinen korrelaatio, mutta tiheystaso kohoaa iän myötä, ts. vanhassa puussa määräsuuruisista luston leveyttä vastaa korkeampi tiheys kuin nuorena puussa. Tällaisia havaintoja ovat tehneet kuusesta Wandt 1937, Olesen 1977, a, Madsen ym. 1978, Nepveu ja Birt 1979 sekä Lewark 1979. Lisäksi on havaittu vuosiluston leveyden ja tiheyden välisen riippuvuuden muuttuvan puun sosiologisen aseman mukaan: tasaikäisen kuusikon pienillä puilla on alhaisempi (joskin korkea) tiheys kuin voidaan arvioida vuosiluston paksuuden perusteella, ja vastaavasti suurilla puilla korkeampi (joskin alhainen) kuin pelkän vuosiluston paksuuden perusteella voidaan olettaa (Kärkkäinen 1984). Lisäksi vaikuttaa tukin asema rungossa: elävän latvuksen alueella määräpaksuista luston leveyttä vastaa alhaisempi tiheys kuin oksattomassa osassa (Wandt 1937).

Kun edellä olevan mukaisesti monet vuosiluston paksuuteen ja kasvupaikkaan liittyvät tekijät vaikuttavat tiheyteen eri tavalla, on epävarmaa, miten luotettavaa alueellinen

vertailu on pelkän vuosiluston paksuuden perusteella. Perinteisesti tällaiseen vertailuun on suhtauduttu suurin varauksin jo Klemmin (1929) analyysin perusteella. Joka tapauksessa voidaan olettaa, että jos keskieuropalainen kuusi- ja jalokuusisahatavara poikkeaa jossakin suhteessa suomalaisesta sahatavaraista, silmiinpistävin ero on ilmeisesti vuosiluston leveys, ja jos tästä aiheutuu jotakin eroa puuaineen ominaisuuksiin, ainakin suunta on se, että puuaineen tiheys on keskieuropalaisessa tavarassa alhaisempi kuin suomalaisessa.

### 3.2.3. Vuosiluston paksuus ja lujuus

Erilaisiin lujuusominaisuuksiin vaikuttaa kosteuden vakioinnin jälkeen eniten puuaineen tiheys: mitä tiheämpää puutavara on, sitä suurempi on sen lujuus mekaanisia rasituksia vastaan. Tämä on ymmärrettävää, koska tiheyden lisääntyminen merkitsee aineen lisääntymistä solunseinämissä.

Säännönmukaisuuden yleistettävyyden on hyvä. Näin ollen jos keskieuropalainen sahatavara on suomalaista kevyempää suuremmasta kasvunopeudesta johtuen, sen lujuus on alhaisempi. Vastavasti vallitsee riippuvuus vuosiluston leveyden ja lujuuden välillä, mikä on kuitenkin heikko ja mahdollisesti käytännössä merkitykseltään kyseenalainen, kuten jo Janka (1904) klassisessa tutkimuksessa arvioi.

On kuitenkin tekijöitä, jotka tapauksesta riippuen saattavat joko heikentää tai vahvistaa tiheyden ja lujuuden välistä riippuvuutta. Jos puuaineen kemiallinen koostumus muuttuu samanaikaisesti tiheyden muutoksen myötä, kemiallisesta muuttumisesta saattaa aiheutua lujuuden lisääntymistä edelleen tai alenemista siten, ettei saavuteta tiheyden muuten indikoimaa lujuustasoa. Erityistä huomiota on kiinnitetty selluloosapitoisuuden: mikäli se alenee tiheyden suuretessa, monet lujuusominaisuudet alenevat. Sellun teossa tähän on kiinnittänyt huomiota Klem (1949), mutta sama sopii myös sahatavaran ominaisuuksiin.

Yleisin syy kemialliseen muutokseen tiheyden kohoamisen myötä on havupuilla lylyksi sanottu reaktiopuu. Kuusitutkimuksissa on

todettu, että lylyinen puuaine sisältää vähemmän selluloosaa kuin normaalipuun (Knigge 1958). Lylypuun tiheys on kuitenkin niin paljon normaalipuuta suurempi, että tuoreena lujuus on selvästi tavanomaista suurempi (Ollinmaa 1959). Lylyyn liittyvästä epänormaalista pituuden suuntaisesta kutistumisesta ja sen aiheuttamasta halkeilusta kuitenkin johtuu, että kuivattuna lylyinen kuusipuutavara on normaalia heikompaa tai korkeintaan sen veroista (Bernhart 1966). Em. kuusta koskevat tulokset ovat samanlaisia kuin muillakin havupuilla (Kärkkäinen ja Raivonen 1977).

Kuusella ja jalokuusella esiintyy lylyä kaikissa oloissa, jolloin runko joutuu kaltevaan asemaan. Ei voida arvioida, että keskieuropalaiset kuuset ja jalokuuset olisivat tässä suhteessa heikommassa asemassa kuin kotimaiset kuuset, joita rasittaa heikosti kantavan turvemaaperän suuresta osuudesta johtuva runkojen tyvimutkaisuus. Mitään tutkimuksia ei ole tehty, missä määrin enemmän lylyä todellisuudessa on suomalaisessa kuudessa.

Vuosiluston paksuuden, sen ennustaman tiheyden ja lujuuden väliset riippuvuudet ovat kuitenkin monimutkaisia. On havaittu, että tiheyden ollessa sama vuosiluston paksuudessa lujuus heikkenee hieman (Foslie ja Møen 1972, s. 6, Kärkkäinen ja Dumell 1983, Kärkkäinen ja Hakala 1983, Saranpää 1983). Tämän ilmiön syitä ei ole selvitetty, mutta yksi mahdollinen selitys on vuosiluston paksuuden kanssa korreloiva puuaineen kemiallinen koostumus. Tämä on todettu mm. kuusen lannoituskokeissa (esim. von Pechmann ja Wutz 1960). Käytännössä riippuvuus vahvistaa käsitystä suomalaisen kuusisahatavaran suuremmasta lujuudesta keskieuropalaiseen tavaraan verrattuna.

Voidaan myös arvioida, että lujuutta heikentää vuosiluston paksuuden suuri vaihtelu, etenkin sen vuoksi, että halkeilua esiintyy vahvuuden muutoskohdalla (Gaalas 1933–1937). Suurimmat vaihtelut vuosiluston vahvuuteen aiheuttaa alikasvoksen vapautus kookkaammasta puustosta harsintahakkuisa. Olettaa sopii, että Suomessa vuosiluston vahvuuden äkillinen kohoaminen on harvinaisempaa kuin Keski-Euroopassa, koska Suomessa vallitseva harvennustyyli on alaharvennuspohjainen. Tällä on ilmeisesti myönteinen vaikutus kuusen laatuun (Sirén

1952). Keski-Euroopassa metsänhoidollista harsintaa sovelletaan erityisesti jalokuusilajeihin, jotka kestävät varjostusta kuusta paremmin. – Vuosiluston paksuusvaihtelun todellisesta merkityksestä ei ole kuitenkaan tuoreita tutkimuksia. Jos sillä on vaikutusta, suomalaista kuusisahatavaraa voi pitää keskieuropalasta homogeenisempänä.

### 3.2.4. Vuosiluston paksuus ja permeabiliteetti

Permeabiliteettia eli kaasujen ja nesteiden läpäisevyyttä pidetään Keski-Euroopassa tärkeänä ominaisuutena siksi, että kuusta ja jalokuusta kyllästetään toisin kuin Pohjoismaissa.

Vuosiluston vahvuudella ja permeabiliteetillä on jossakin määrin riippuvuutta. Kuusella on joskus havaittu, että vuosiluston paksuuden kasvaessa kyllästyvyys heikkenee (Vihavainen 1975), mahdollisesti kesäpuun osuuden alenemisen vuoksi. Kesäpuu nimittäin kyllästyy yleensä kevätpuuta helpommin, mahdollisesti rengashuokosten vähäisemmästä aspiroitumisesta johtuen.

### 3.2.5. Vuosiluston paksuus ja kutistuminen

Jäljempänä tarkastellaan ensisijaisesti tilavuuskutistumista, joka tapahtuu kuivattaessa puutavara tuoreesta absoluuttisen kuivaksi. Myyntikuivan (kosteus n. 20 %) sahatavaran kutistuminen on noin 1/3 maksimaalisesta tilavuuskutistumisesta ja puusepäntuivan (kosteus n. 10 %) tavaran vastaavasti 2/3 maksimaalisesta.

Puulajin sisäistä kutistumisen vaihtelua ajatellen merkittävin tekijä on tiheys: tiheyden kasvaessa kutistuminen lisääntyy. Tämä johtuu luonnollisesti siitä, että tiheyden lisääntyessä ja vastaavasti solunseinämän paksuuden kasvaessa kutistuvan materiaalin määrä kasvaa.

Tämän yksinkertaisen riippuvuuden kannalta arvioiden suomalainen kuusisahatavara on keskieuropalasta epäedullisempää, jos oletetaan aiemmin todetun mukaisesti suo-

malaisen kuusen olevan tiheämpää. Tämän riippuvuuden merkitystä tosin saattaa vähentää hyvin ohutlustoisilla puilla vuosiluston paksuuden erillisvaikutus. Ruotsissa on nimittäin havaittu, että tiheyden vakioinnin jälkeen vuosiluston paksuneminen lisää kutistumista ainakin luston paksuuteen 1,3 mm saakka (Tamminen 1964). Myös pohjoissuomalaisessa kuusisahatavarassa on havaittu, että tiheyden vakioinnin jälkeen vuosiluston vahveneminen lisää sekä tilavuuskutistumista että sahatavaran kieroilun kannalta tärkeää pituuden suuntaista kutistumista (Kärkkäinen ja Marcus 1985).

Vuosiluston paksuuden vaikutus on kuitenkin vähäinen tiheyden vaikutukseen verrattuna. Näin ollen keskieuropalainen kuusisahatavara on suomalaista parempaa kutistumisen suhteen, jos aiempi oletus tiheyserosta pitää paikkansa. Tämän näkemyksen kanssa eivät ole ristiriidassa kirjallisuudesta poimitut kutistumistiedot, joskaan selviä eroja ei ilmeisesti ole (Kärkkäinen ja Marcus 1985).

Toinen tekijä, joka hieman vähentää tiheyden vaikutusta kutistumiseen, on sydänpuuosuus. On havaittu, että kuusisydänpuu kutistuu pintapuuta vähemmän tiheyden ollessa sama (Tamminen 1964). Samanlaisia tuloksia on saatu myös tiheyttä vakioimatta (Burger 1952, 1953).

Kun sydänpuu lisääntyy lähinnä iän mukaan, voidaan päätellä, että samankokoisista tukeista sahattu suomalainen sahatavara on sydänpuupitoisempaa kuin vastaava keskieuropalainen tavara, koska se on vanhempaa. Toisaalta Keski-Euroopassa sovelletaan yleisesti pitkiä kiertoaikoja, jolloin saadaan hyvin sydänpuupitoista, järeää puutavaraa. On nimittäin havaittu, että vanhoilla kuusilla sydänpuuta alkaa muodostua puun pinnasta lukien varhaisemmassa vaiheessa kuin nuorilla puilla. Tästä seuraa, että vanhoilla puilla myös muut kuin tyvitukit ovat hyvin sydänpuupitoisia (Hartig 1892, s. 211–212, Bertog 1895, s. 107–112).

Eri suuntiin vaikuttavista tekijöistä johtuen ei ole mahdollista arvioida, eroaako suomalainen kuusisahatavara keskieuropalaisesta tavarasta sydänpuuosuuden suhteen.

### 3.2.6. Vuosiluston paksuus ja oksaisuus

Nopeakasvuisuuteen liittyy runsas neulasmaassa, koska muuten hyvä kasvu ei olisi mahdollinen. Runsasta neulasistoa kannattamaan tarvitaan paksuja oksia, joita saattaa olla myös runsaasti.

Yhteys nopeakasvuisuutta kuvaavan vuosiluston paksuuden ja oksien paksuuden tai muun oksaisuustunnuksen välillä on havaittu lukuisissa tutkimuksissa. Kuusella tällaisia havaintoja ovat tehneet mm. Brunn 1932, Klem 1934, 1952, Andersson 1941, Nägeli 1952, Nylinder 1959, Siimes 1960, Kramer ym. 1971 ja Lewark 1981 b. Käsitystä liian hyvän kasvun haitallisesta vaikutuksesta tukevat myös suomalaisista sahatukeista tehdyt havainnot: tyvitukkien laatu paranee järeytymisen myötä n. 30 cm latvaläpimitaan saakka, jonka jälkeen se alkaa voimakkaasti heikentyä (Heiskanen 1968). Kasvun rajoittamisen suotuisasta vaikutuksesta puhuvat myös tanskalaiset lujuuslajittelukokeet (Moltesen ja Madsen 1979, Madsen 1984).

Kun alkuoletuksen mukaisesti keskieuropalaiset kuuset ovat suomalaisia nopeakasvuisempia, voidaan päätellä, että keskieuropalainen kuusisahatavara on suomalaista paksuoksisempaa. Käytännössä ero saattaa olla vähäinen, koska viljavilla kasvupaikoilla määräsuuruista luston vahvuutta vastaa vähäisempi oksan paksuus kuin heikomilla kasvupaikoilla, missä viljavien kasvupaikkojen luston paksuuteen yltämiseksi tarvitaan hyvin väljä kasvutila, mikä lisää oksaisuutta. Tätä käsitystä tukee etelä- ja pohjoissuomalaisen kuusisahatavaran ero: luston vahvuuden ollessa sama pohjoissuomalainen tavara on eteläsuomalaista oksaisempaa (Siimes 1960).

Vaikka luston paksuudella ja oksaisuudella on ilmeinen yhteys, alueittaisessa vertailussa se saattaa kadota pituuskasvun ja luston vahvuuden korreloitumisen vuoksi. Pituuskasvulla ja oksaisuudella on nimittäin päinvastainen riippuvuus: mitä nopeampi kasvu on, sen alhaisempi on oksaisuus, koska kiehkuroiden väli kasvaa. Tätä johtopäätöstä ei kumoa se, että kuusella syntyy myös välioksia.

Kun edellä esitetyn perusteella vuosiluston vahvuudella, pituuskasvulla ja oksaisuudella on monimutkainen yhteys, avoimeksi jää, mikä on kokonaisvaikutus verrattaessa suomalaista kuusisahatavaraa keskieuropalaiseen

tavaraan. Mahdollista on, että oksien lukumäärä on suomalaisessa sahatavarassa suurempi (pienempi pituuskasvu), mutta kiehkuroksien koko pienempi (luston leveys alhaisempi), ellei jälkimmäistä riippuvuutta kumoava suhteellisesta viljavuudesta tuleva toisen suuntainen vaikutus.

### 3.3. Puuaineen tiheys

Kuten aiemmin on todettu, tilastotieteellisesti asianmukaiseen otantaan perustuvia vertailutietoja ei ole saatavissa eri kuusi- ja jalokuusilajeista. Koska hajatietoja on kuitenkin runsaasti, voidaan tehdä joitakin karkeita vertailuja.

Jäljempänä esitetään tietoja puuaineen kuiva-tuoretiheydestä. Jos tiedot on annettu tutkimuksessa kuivatiheytenä ja raportissa on kerrottu kutistumisen määrä, kuvatiheys on muunnettu kuiva-tuoretiheydeksi kaavalla (1) (Kärkkäinen 1977, s. 150).

$$(1) R = (100 - b)r_0/100$$

jossa

R = kuiva-tuoretiheys kg/m<sup>3</sup>

b = tilavuuskutistuminen, %

r<sub>0</sub> = kuivatiheys, kg/m<sup>3</sup>

Jos kutistumistietoa ei ole, se on arvioitu käyttäen yhtälöä (2), joka on laskettu Tamminen (1964) tutkimustulosten perusteella. Kaavan mukaan kutistuminen kasvaa lineaarisesti tiheyden kohotessa.

$$(2) b = 4 + 0,02r_0$$

Käytetyt suomalaiset tiheystiedot ovat seuraavat.

Lähde, kuusilaji ja olosuhteet	Kuiva-tuoretiheys kg/m <sup>3</sup>
Hakkila 1966, eteläsuomalainen pienikokoinen kuusi, arvio tukkien perusteella	373
Hakkila 1979, pohjoissuomalainen kuusirunko, ikä 51 . . . 100 a	401
Sama, eteläsuomalainen kuusirunko, ikä 51 . . . 100 a	381
Hakkila ja Rikkonen 1970, eteläsuomalainen kuitutukki	381
Hakkila ja Uusvaara 1968, eteläsuomalainen viljelykuusi 60 a iässä, arvio rungoista	364
Jalava 1945, lujuustutkimusaineisto maan eri osista. Kuivatiheys 445 kg/m <sup>3</sup>	388
Kärkkäinen ja Dumell 1983, lujuustutkimusaineisto Pohjois-Suomesta	376
Sama, aineisto Etelä-Suomesta	374
Kärkkäinen ja Hakala 1983, lujuustutkimusaineisto Pohjanmaalta, kuivatiheys 433 kg/m <sup>3</sup>	378
Saranpää 1983, lujuustutkimusaineisto Etelä- ja Pohjois-Suomesta	381

Edellä olevien tietojen mukaan suomalaisen kuusisahatavaran kuiva-tuoretiheys on suuruusluokaltaan 370 . . . 380 kg/m<sup>3</sup>. Alhaisimmillaan sahatavaran kuiva-tuoretiheys on noin 365 kg/m<sup>3</sup> ja suurimmillaan yli 400 kg/m<sup>3</sup> hidaskasvuisten kuusten ollessa kyseessä.

Vastaavia keskieuropalaisia tietoja ovat seuraavat.

Lähde, kuusilaji ja olosuhteet	Kuiva-tuoretiheys kg/m <sup>3</sup>
Burger 1952, sveitsiläinen harsintakuusikko	370
Burger 1953, sveitsiläinen tasaikäinen kuusikko 900 . . . 1200 m mpy	397
Sama, korkeus yli 1500 m mpy	347
Hadek ja Janka 1900, itävaltalainen kuusi, lujuustutkimusaineisto	329
Knudsen 1956, tanskalainen koe 8:sta kuusi-provenienssista, keskiarvo nuorista puista	385
Polge 1963, Ranskassa kasvanut sitkankuusi	391
Regináč 1977, slovakialainen kuusi	334

Eri jalokuusilajeista on seuraavia havain-  
toja.

Lähde, jalokuusilaji ja olosuhteet	Kuiva-tuore- tiheys kg/m <sup>3</sup>
Dalgas 1975, Tanskassa kasvanut jättiläisjalokuusi	286
Kjučukov ja Enčev 1977, saksanjalokuusi, ilm. jugoslavialainen lujuustutkimusaineisto	348
Knigge 1960, Saksassa kasvanut jättiläisjalokuusi	332
Lukic-Simonovic 1975, jugoslavialainen saksanjalokuusi	364
Polge 1963, Ranskassa kasvanut jättiläisjalokuusi	328
Sama, Ranskassa kasvanut kaukaasianjalokuusi	348

Karkeana yleistyksenä voidaan edellä esitettyistä tiedoista päätellä, että myös suorien tiheyttä koskevien tietojen perusteella suomalainen kuusi on tiheämpää kuin keskieuropalaiset kuusilajit, joskin poikkeukset ovat yleisiä. Edelleen voidaan havaita, että jalokuusilajit ovat kuusilajeja kevyempiä. Samoin päätteli Trendelenburg (1934) vanhan saksalaisen kirjallisuuden perusteella. Näin ollen olipa jalokuusen osuus mikä tahansa kuusisahatavaran myytävissä keskieruoppalaisissa myyntierissä, voidaan päätellä, että keskimäärin suomalainen kuusisahatavara on puuaineeltaan tiheämpää kuin keskieuropalainen kuusisahatavara. Kun sahatavarakappaleissa oksat lisäävät keskimääräistä kuusisahatavaran tiheyttä noin 5 % oksatomiin näytteisiin verrattuna (Lehtonen 1978), vähäiset erot oksaisuudessa eivät muuta edellä esitettyjä johtopäätöksiä.

### 3.4. Puuaineen lujuus

Edellä esitettyistä tiheyspäätelmistä on looginen seuraus, että suomalainen kuusipuu on keskieuropalaista lujempaa, koska tiheyden ja lujuuden välillä vallitsee selvä riippuvuus. Jalokuusi on tiheyden perusteella jon-

kin verran kuusta heikompaa. Tätä käsitystä tukevat myös tutkimukset, etenkin kun jalokuusen lujuus on samassa tiheydessä hieman kuusta heikempi (Dalgas 1975).

Edellä esitetyt tiedot koskevat virheetöntä puuainetta. Jossakin määrin on tehty tutkimuksia myös täysmittaisen sahatavaran lujuudesta, jolloin oksat, halkeamat ja muut viat pääsevät vaikuttamaan tuloksiin. Tällaisia tutkimuksia on kuitenkin vain muutamia, eikä niiden aineisto välttämättä edusta pohjoismaista ja keskieuropalaista sahatavaraa. Ainakin Goversin (1966) tulokset voidaan tulkita suomalaiselle kuusisahatavara myönteisiksi: yleensä havaittiin, että pohjoismainen tavara oli hiukan lujempaa kuin keskieuropalainen.

### 3.5. Permeabiliteetti

Permeabiliteettia ajatellen tärkein ero vallitsee kuusi- ja jalokuusilajien välillä: kuiva kuusi kyllästyy tunnetusti huonosti, jalokuusi huomattavasti paremmin, jopa hyvin (esim. Ullevälseter 1965, Olesen 1977 b). Eron syitä ei ole tarkemmin selvitetty, mutta mahdollisesti jalokuusilajien suuremmat ydinsäteet vaikuttavat asiaan. Ilmeisesti myös aspiratio on vähemmän täydellinen kuin kuusilajeilla.

Kuusilajien permeabiliteettieroja on tutkittu vähän. Tuoreesta puusta tehdyt mittaukset viittaavat siihen, että tavallinen kuusi on permeabiliteetiltään parempi kuin Keski-Euroopassa yleisesti kasvatettu sitkankuusi (Liese ja Bauch 1977). Käsitystä tukevat myös Olesenin (1977 b) retentiota koskevat tulokset. Kun aiemmin todetun mukaisesti permeabiliteetti saattaa parantua kuusella vuosiluston ohentuessa, olettaa sopii, että pelkästään kuusilajeja ajatellen suomalainen kuusisahatavara on kyllästyvydeltään parempaa kuin keskieuropalainen kuusisahatavara, jota tehdään myös muista kuusilajeista kuin tavallisesta kuusesta. Mikäli jalokuusta on mukana, sen kyllästyvyys on taas olennaisesti parempi kuin kuusilajien. Lajittelematon keskieuropalainen kuusisahatavara on siis kyllästyvydeltään hyvin vaihtelevaa.

Permeabiliteettia ja sitä kautta kyllästyvyyttä parantaa vesivarastointi ja jopa raaka-aineen muutaman viikon mittainen uittami-

nen. Runsasta kirjallisuutta ovat koonneet mm. Boutelje (1977) ja Bergman (1984). Kun uitto ja vesivarastointi on Suomessa yleisempää kuin Keski-Euroopassa, voidaan olettaa, että tätä kautta suomalaisen kuusisahatavaran kyllästyvyys on keskieuropalaista sahatavaraa parempi, ellei jälkimmäinen sisällä jalokuusta.

Vesivarastointi lisää permeabiliteettia sen vuoksi, että huokosten läpäisevyys lisääntyy bakteerien vaikutuksesta. Suomessa ilmiö havaittiin ensinnä männällä (Suolahti ja Wallén 1958), mutta sen merkitys on suurin kuusella, joka kyllästyy huonosti sellaisenaan.

Määrätarkoituksiin kuusen permeabiliteetin lisäys vesivarastoinnin vaikutuksesta on kielteinen ilmiö. Pitkäaikainen vesivarastointi heikentää jo lujuutta esim. 10...15 % (Adolf ym. 1972). Myös liimasauman lujuus saattaa hiukan heikentyä (Boutelje 1977). Lisäksi permeabiliteetin epätasaisuudesta aiheutuu kuultovärien epätasaisuutta, eri käsittelyaineiden liiallista imeytymistä puuaineeseen ym. Tämän vuoksi on uitetusta puutavarasta tehty neuvostoliittolainen kuusisahatavara huonossa maineessa Hollannissa (Jutte ym. 1977). Myös Saksassa on tutkittu runsaasti vesivarastoinnin vaikutusta kuuseen (kirjallisuutta, ks. Jutte 1971) ja siellä ollaan hyvin tietoisia eri käsittelyjen vaikutuksesta laatuun.

Uitto ja vesivarastointi ovat edellä esitetyn perusteella toimia, jotka joko parantavat suomalaista kuusisahatavaraa keskieuropalaiseen tavaraan verrattuna (kyllästäminen) tai heikentävät sitä (kuultovärjäys ym.). Näin ollen puutavaran asianmukaisen kuljetuksen ja varastoinnin suunnittelua varten on syytä tietää loppukäyttö, jotta markkinoinnissa osataan hyötyä permeabiliteetin kohoamisesta tai ehkäistä kohoamisesta aiheutuvat haitat.

### 3.6. Kutistuminen ja eläminen

Aiemmin on viitattu tiheyden ja vuosiluston vaikutukseen ja päätelty niiden perusteella, että suomalainen kuusisahatavara on keskieuropalaista epäedullisempää. Päätelmä ei muutu siitä, että jalokuusta olisi keskieuropalaisen kuusisahatavaran joukossa.

Tutkimukset nimittäin viittaavat siihen, että jalokuusilajit kutistuvat kuusilajien tavoin. Tosin kutistuminen saattaa olla tangentin suunnassa tuoreesta kuivaksi yli 10 % ja säteen suunnassa puolet siitä (esim. Trenard ja Guëneau 1977), mikä merkitsee yli 15 % tilavuuskutistumaa. Yhtä korkeat arvot ovat kuitenkin mahdollisia myös kuusen ollessa kyseessä (esim. Bernhart 1965, 14,3 %; Regináč 1977, 14,8 %).

Liimapuuvalmistuksessa jännityksiä lisää kuusen ja jalokuusen sekakäyttö, sillä kuusella on puun syiden kyllästymispiste korkeampi kuin jalokuusella (Krpán 1954) ja olettavasti myös tasapainokosteus ilman suhteellisen kosteuden ollessa alhaisempi. Homogeeninen suomalainen kuusisahatavara on tässä suhteessa ongelmattomampi.

Eräiden kuusta ja jalokuusta koskevien tutkimusten tuloksia ovat seuraavat.

Lähde, puulaji ja olosuhteet	Tilavuuskutistuma tuoreesta kuivaksi %	Vastaava kuiva-tuore-tiheys kg/m <sup>3</sup>
Kärkkäinen ja Marcus 1985, pohjois-suomalainen kuusi	14,5	388
Sama, eteläsuomalainen kuusi	15,8	379
Ericson 1960	14,7	365
Tamminen 1964	13,6	412
Bernhart 1965, kuusi	14,3	365
Knudsen 1956, Tanskassa kasvaneet 8 kuusiprovenienssia, keskiarvo	12,8	385
Regináč 1977, slovakialainen kuusi	14,8	334
Bozkurt ja Noack 1973, turkkilainen kilikianjalokuusi	12,1	388
Dalgas 1975, Tanskassa kasvanut jättiläisjalokuusi	11,2	286
Knigge 1960, saksanjalokuusi	10,4	332
Lukic-Simonovic 1975, jugoslavialainen saksanjalokuusi	13,2	364
Michels 1941, saksanjalokuusi	11,3	370

### 3.7. Oksaisuus

Aiemmin on jo mainittu kasvunopeuden ja oksien paksuuden välinen yhteys ja päätely siitä, että suomalainen kuusisahatavara on ohutoksisempaa kuin keskieuropalainen.

Ilmeistä kuitenkin on, että erilainen metsänhoidon käytäntö muuttaa jossakin määrin tilannetta. Suomessa ja muissa Pohjoismaissa on havaittu, että kuusen oksat ovat paksuimmillaan verraten alhaalla, muutaman metrin korkeudella (Ager ym. 1964, s. 70, Western 1971, s. 87). Vain poikkeuksellisesti maksimipaksuus on korkeammalla, lähinnä silloin, kun kyse on ylitiehinä kasvaneista luonnonmetsistä (Kärkkäinen 1972) tai tiheinä kasvatetuista istutuskuusikoista. Jo tästä paksuimpien oksien sijainnista alhaalla aiheutuu, ettei kuivia oksia ole paljoakaan. Tätä käsitystä tukevat valtakunnan metsien inventoinnin aineistosta lasketut kuusen kuivaoksarajaa koskevat tiedot: tukkipuukokoisten kuusien kuivaoksisuus päättyy keskimäärin n. 4 m korkeudelle (Hakkila ym. 1972).

Keski-Euroopassa kuusta kasvatetaan suhteellisesti tiheämmässä. Tästä aiheutuu, että oksien paksuus on suurimmillaan varsin korkealla rungossa, kuten keskieuropalaiset oppikirjat esittävät (Trendelenburg ja Mayer-Wegelin 1955, s. 45, Knigge ja Schulz 1966, s. 49). Vastaavasti varttuneissa kuusija jalokuusimetsissä on kuivaoksisuuden päättymiskorkeus hakkuukypsissä metsissä 10...15 m (Mayer-Wegelin 1936, s. 17). Näin suuri suomalaisen ja keskieuropalaisen kuusen ero kuivaoksisuudessa ei selity yksin puiden kokoerosta.

Sekä Suomessa että Keski-Euroopassa on rungon täydellinen puhdistuminen oksista vähäistä. Jos sellaista tapahtuu, mustaoksisen (kuivaoksisen) vaipan paksuus on kuitenkin ainakin muutamia senttimetrejä (Brunn 1931), kuolleiden oksien hitaasta karsiutumisesta johtuen. Oletettavasti hidas karsiutuminen on seurausta kuusen oksien korkeasta tiheydestä, joka on noin 165 kg/m<sup>3</sup> suurempi kuin runkopuun tiheys (Kärkkäinen 1976).

Edellä esitetystä voidaan päätellä, että luontaisesti suomalaisessa kuusisahatavarassa on keskieuropalaista vähemmän kuivia oksia.

Eri asia on, että huolellisessa keskieuropalaisessa metsänhoidossa pyritään kuu-

sen kuivat tai määrätapauksissa tuoreet oksat poistamaan pystykarsinnalla johonkin korkeuteen asti. Suomessa vastaavaa käytäntöä ei ole muodostunut kuivien oksien vähäisyyden vuoksi ja myös siksi, että Suomen oloissa ainakin tuoreiden oksien karsinta aiheuttaa herkästi lahoa kuusipuutavaraan (Grönvall 1908, Venho 1915, Lakari 1920). Keski-Euroopassa laho-ongelmia ei juuri ole mm. nopean oksien kyljestymisen ansiosta. – Vanhempi kuusen karsintaa koskeva kirjallisuus, ks. Mayer-Wegelin 1936, 1952, myöhemmin mm. Olischläger 1969, Knigge ja Olischläger 1970).

Toisaalta kun pystykarsintaa on jouduttu paljon koneellistamaan, vaurioita syntyy puuaineeseen jälleen vahingoittumisen vuoksi. Kuusella tällaisia havaintoja on tehnyt erityisesti Sachsse (1969, 1971). Vaikka pahempia koroja ei syntyisikään, ongelmia saattaa tulla paikallisesta pihkatiehyiden lisääntymisestä ja epänormaalista solukosta. Viat lienevät pääasiassa ulkonäköä koskevia, joskin epänormaali solukko saattaa heikentää myös lujuutta.

Mikäli pystykarsintaa ei tehdä, keskieuropalaista kuusisahatavaraa rasittavat kuivat oksat, jotka alentavat eläviä oksia enemmän lujuutta (ainakin iskutaivutuslujuutta, ks. Kučera 1973) ja haittaavat puun työstöä ulkonäkövaikutuksen lisäksi. Kun kuitenkin pystykarsinta on yleistä, avoimeksi jää, mikä on keskimääräinen tilanne. On hyvin mahdollista, että pystykarsinnan ansiosta keskieuropalainen kuusi on suomalaiseen verrattuna hyvin kilpailukykyistä oksaisuudeltaan.

### 3.8. Muut viat

Varsinaisia tutkimuksia ei ole käytettävissä muiden vikojen kuin oksaisuuden esiintymisestä. Näin ollen joudutaan epäsuorasti päättelemään, onko joitakin eroja Suomen ja Keski-Euroopan välillä muita vikoja aiheuttavien tekijöiden suhteen.

Lumikuorma on Suomessa suurempi kuin Keski-Euroopassa sen vuoristoseutuja lukuunottamatta, mutta tuulen aiheuttama rasitus taas ilmeisesti vähäisempi mantereisemmasta ilmastosta johtuen. Ilmeisesti Keski-Euroopassa kuusi joutuu suhteellisesti suu-

remman rasituksen kohteeksi, etenkin vuoristossa. Yhtenä tekijänä on tällöin tiheys: on havaittu, että lumimurrosta kärsivien kuusten tiheys on säästyneitä alhaisempi (Volkert 1940). Huomiota kiinnittää myös se, että saksalaisesta kirjallisuudesta löytyy useita mainintoja siitä, että tuulikuorma on ylittänyt kuusen puristuslujuuden ja aiheuttanut puuaineeseen vaikeasti havaittavia mikromurtumia, jotka kuitenkin olennaisesti heikentävät lujuutta (mm. Vorreiter 1937, s. 249, Delorme 1974). Saattaa olla, että kuusten suurempi koko, puuaineen alhaisempi tiheys sekä voimakkaampi tuuli ovat tekijöitä, jotka yhdessä tekevät keskieuropalaisen kuusen suomalaista salavikaisemmaksi.

Hyönteisten aiheuttama riski on Keski-Euroopassa Suomea suurempi, mutta todellisesta merkityksestä ei ole mitään tietoa.

Korkeampien eläinten aiheuttamat tuhot ovat Keski-Euroopassa Suomea yleisempiä. Erityistä huomiota on kiinnitetty kuusipeuraan, joka aiheuttaa kuusipuulle huomattavan

## 4. PÄÄTELMIÄ

Kirjallisuustutkimusta tehtäessä osoittautui, ettei suomalaisen (tai pohjoismaisen) ja keskieuropalaisen kuusi- ja jalokuusisahatavaran eroja käsittelevää kirjallisuutta ollut käytännöllisesti katsoen lainkaan. Joitakin hajahavaintoja oli lähinnä lujuustutkimuksista, mutta niiden otanta ei anna mahdollisuuksia pitkälle meneviin johtopäätöksiin. Näin ollen päätelmät mahdollisista eroista joudutaan tekemään muiden tutkimuksissa havaittujen lainalaisuuksien perusteella.

Tärkeimmät riippuvuudet, joista voidaan johtaa eroja, vallitsevat vuosiluston leveyden ja eräiden puuaineen laatua kuvaavien tunnusten välillä. Erityisen selvä on tiheyden ja lujuuden aleneminen vuosiluston paksuuden kasvaessa, toisin kuin monilla muilla havupuilla, joilla riippuvuus on olennaisesti heikompi.

Tiheyden aleneminen kasvunopeuden myötä on kuitenkin hyvin tilastollinen riippuvuus: se pätee heikosti yksittäistapauksissa. Lisäksi tiheyteen vaikuttavat monet muut tekijät, kuten kasvupaikan sijainti (alanko – vuoristo), kasvupaikan viljavuus, metsikön

lahoriskin kuoren purentajälkien kautta ja saattaa vaikuttaa myös kasvuun. Arviot seurausvaikutusten merkityksestä kuusen kasvatuksen kannalta vaihtelevat suuresti, mutta pelkästään jo aiheen laaja käsittely kirjallisuudessa osoittaa tuhoilla olevan ainakin potentiaalista merkitystä (Gehrhardt 1905, Micklitz 1915, Heuell 1937, Schimitschek 1939, Heger ym. 1955, Baader 1956, Hilscher 1964, Kräuter 1964, Kato 1969, Roeder 1970, Roeder ja Knigge 1972, Knigge 1975). Suomessa vastaavaa riskiä ei ole, koska hirvi käyttää kuusta vain poikkeuksellisesti ravintonaan valtaosan kuusen runkoon tehdyistä vaurioista ollessa ilmeisesti hankausjälkiä sarvinahan poistamiseksi.

Koska laho ja muut näkyvät viat pyritään poistamaan sahatavarasta, olennaisia eroja ei liene suomalaisen ja keskieuropalaisen kuusisahatavaran välillä käyttöä ajatellen, ellei vika ole jäänyt suureen saheeseen piileväksi.

aiempi historia ym. Näin ollen on erittäin epävarmaa, miten hyvin pitää paikkansa väite, että suomalainen kuusisahatavara on tiheämpää ja sen vuoksi myös lujempaa kuin keskieuropalainen sahatavara, jossa lisäksi saattaa olla mukana jalokuusilajeja. Jos eroa on, sen todennäköinen suuruusluokka on korkeintaan 5...10 %.

Myös oksaisuudella ja kasvunopeudella on riippuvuutta, jonka perusteella voi olettaa suomalaisen kuusen olevan keskieuropalaista hento-oksaisempaa. Tämän väittämän totuusmahdollisuutta heikentävät erityisesti metsänhoidolliset tekijät: hyvässä keskieuropalaisessa metsänhoidossa suositaan tiheitä puustoja, jolloin oksien kehitys hidastuu. Tämä heijastuu mm. siinä, että suomalaisissa kuusirungoissa paksuimmat oksat ovat keskimäärin alempana kuin keskieuropalaisissa. Toisaalta tämä tiheä kasvatusero lisää keskieuropalaisen kuusisahatavaran kuivaoksisuutta, mikä ilman karsintaa suosii suomalaisen kuusen asemaa. Voidaan näin ollen väittää, että suomalainen kuusisahatavara on todennäköisemmin terve-

oksaista kuin keskieuropalainen tavara.

Tiheyserosta ja myös vuosilustojen pak-suuserosta johtuen suomalainen kuusisahata-vara kutistuu enemmän kuin keskieuropala-lainen. Käyttöpaikalla elämisestä ei ole mit-tään tietoa, mutta olettaa sopii, ettei suoma-lainen tavara ole ainakaan parempaa.

Pahimpana heikkoutena suomalaisen saha-tavaran maksukykyistä käyttöä ajatellen on uiton ja vesivarastoinnin aiheuttama permeabiliteetin muutos. Se voi olla hyödyllinen ja toivottava ominaisuus kuusta kyllästettäessä – mitä harjoitetaan paljon Keski-Euroopassa toisin kuin Suomessa – mutta jos loppukäyttö edellyttää kuultovärjäystä tai eräitä muita käsittelyjä, epätasaisesti kohonnut permeabi-liteetti on hyvin haitallinen ominaisuus. Joi-takin viitteitä saa siitä, että uitetuista neuvos-toliittolaisista kuusitukeista tehty sahatavara on Hollannissa huonossa maineessa juuri permeabiliteetin muutoksen vuoksi.

Erityisesti hyvälaatuisen kuusen ollessa ky-seessä on paneuduttava uiton ja vesivaras-toinnin tarpeellisuuteen. Ostajalle on voitava kysyttäessä kertoa, miten raaka-ainetta on

käsitelty ja miten se vaikuttaa ominaisuuksiin. Varminta on välttää vettä mahdollisimman pitkälle, ellei ostaja erityisesti halua permeabiliteettia lisättäväksi vesivarastoinnin avulla.

Kun kirjallisuustutkimuksen mukaan tutkimuksissa ei ole raportoitu mistään sellaisesta, jonka mukaan suomalainen kuusisahata-vara olisi jonkin ominaisuuden suhteen yliver-taista keskieuropalaiseen tavaraan ver-rattuna, tulos voi johtua kahdesta syystä. Toisaalta voi olla, ettei ole mitään olennaisia eroja. Toisaalta saattaa olla, ettei asiaa ole tutkittu.

Molemmat vaihtoehdot vaikuttavat mahdollisilta. Asian laajemmaksi selvittämiseksi olisi harkittava kunnolliseen otantaan perustuvia tutkimuksia, jolloin selvitetäisiin suomalaisten ja keskieuropalaisten sahatava-ravarastojen inventoinnin avulla, mikä on tosiasiallinen tilanne tärkeimpien kriteereiden kannalta. Jos tällaisen otantatutkimuksen keskittäisi vain puusepäntuotukseen, sen laajuuden saisi pysymään kohtuullisena.

## KIRJALLISUUTTA

- Adolf, P., Gerstetter, E. & Liese, W. 1972. Untersuchungen über einige Eigenschaften von Fichtenholz nach dreijähriger Wasserlagerung. Holzforschung 26 (1): 18–25.
- Ager, B., Nilsson, N. E. & von Segebaden, G. 1964. Beskrivning av vissa skogstekniskt betydelsefulla bestånds- och trädegenskaper samt terrängförhållanden. Summary: Description of some for logging operations important characteristics of forest stands, trees and terrain in Sweden. Stud. For. Suec. 20: 1–159.
- Andersson, E. 1941. Kvalitetsklassificering av grantimmer efter kviststorleken. Norrl. SkogsvFörb. Tidskr. (1): 16–57.
- Baader, G. 1956. Die Wildschäden in Rheinland-Pfalz und Vorschläge für ihre Verminderung. Allg. Forst- u. Jagdztg. 127 (10): 190–212, (11/12): 233–240.
- Bergman, Ö. 1984. Biologiska metoder för att förbättra impregnerbarheten hos barrved. Summary: Biological methods to improve permeability of softwood. Rapp. Inst. Virkeslära Sveriges Lantbruksuniv. 157: 1–55.
- Bernhart, A. 1964. Über die Rohdichte von Fichtenholz. Holz Roh- u. Werkstoff 22 (6): 215–228.
- 1965. Frischfeuchtigkeit und Schwindverhalten von Fichtenholz. Forstwiss. Cbl. 84 (11/12): 329–392.
- 1966. Über die statische und dynamische Kurzzeitfestigkeit von Fichtenholz – absolut, roh-dichtenbezogen und unter Druckholzeinfluss. Forstwiss. Cbl. 85 (9/10): 275–295.
- Bertog, H. 1895. Untersuchungen über den Wuchs und das Holz der Weisstanne und Fichte. Forstlich-naturwiss. Z. 4 (3): 97–112.
- Boutelje, J. 1977. The effects of water-storage on the properties of pine (*Pinus silvestris* L.) and spruce (*Picea abies* L.) wood. Teoksessa: Protection of wood in storage. Rapp. Instn. Virkeslära Skogshögsk. 100: 1–14.
- Bozkurt, A. Y. & Noack, D. 1973. Untersuchungen über die anatomischen, physikalischen und mechanischen Eigenschaften des cilicischen Tannenholzes (*Abies cilicica* Carr.). Holz Roh- u. Werkstoff 31 (6): 243–248.
- Brunn, G. 1931. Untersuchungen über die Astreinigung von Fichtenbeständen. Mitt. Forstwirtschaft. u. Forstwiss. 2 (4): 537–566.
- 1932. Jahrringbreite und Ästigkeit der Fichte. Silva 20 (20): 153–155.
- Burger, H. 1941. Holz, Blattmenge und Zuwachs. V. Mitteilung. Fichten und Föhren verschiedener Herkunft auf verschiedenen Kulturorten. Mitt. schweiz. Anst. f. d. forstl. Versuchsw. 22 (1): 10–62.
- 1952. Holz, Blattmenge und Zuwachs. XII. Mit- teilung. Fichten im Plenterwald. Mitt. schweiz. Anst. f. d. forstl. Versuchsw. 28: 109–156.
- 1953. Holz, Blattmenge und Zuwachs. XIII. Mit- teilung. Fichten im gleichalterigen Hochwald. Mitt. schweiz. Anst. f. d. forstl. Versuchsw. 29: 38–130.
- Dalgas, K. F. 1975. Nogle vedkvalitetsegenskaper af kaemppegran sammenlignet med rødgran. Dansk Skovfor. Tidskr. 60: 1–24.
- Delorme, A. 1974. Über das Auftreten von Faserstauchungen in Fichtensturmholz. Forstarchiv 45 (7): 121–128.
- Ericson, B. 1960. Latewood percentage, density and volumetric shrinkage in wood of *Picea abies* (L.) Karst. f. virgata Jacq. A comparison with *Picea abies*. Rapp. Instn. Skogsprod. Skogshögsk. 2: 1–15.
- 1966. Gallringens inverkan på vedens torr-råvo-lymvikt, höstvedhalt och kärnvedhalt hos tall och gran. Summary: Effect of thinning on the basic density and content of latewood and heartwood in Scots pine and Norway spruce. Rapp. Instn. Skogsprod. Skogshögsk. 10: 1–116 + bilagor.
- Foslie, M. & Moen, K. 1972. Norsk granvirkes styrkeegenskaper. Del 2: Bøystyrkens og strekkstyrkens sammenheng med enkelte sorteringskriterier. Summary: Strength properties of Norwegian spruce (*Picea abies* Karst.). Part 2: Relationship between grading characteristics and bending and tensile strength. Medd. Norsk Tretekn. Inst. 45: 1–25.
- Gaalas, H. 1933–1937. Om kvalitetsfeil i granvirke. Referat: Ueber Qualitätsfehler im Fichtenholz. Medd. Norske Skogforsøksv. 5 (16–19): 493–535.
- Gehrhardt, 1905. Ueber Schältschaden in Fichtenbeständen und seine Bewertung. Allg. Forst- u. Jagdztg. 81: 371–383.
- Govers, A. 1966. Working stresses for a number of wood species. Houtinstituut TNO. Delft. 99 s.
- Grönvall, A. 1908. Vähän näreitten karsimisesta. Tapio 1 (9): 378–379.
- Hadek, A. & Janka, G. 1900. Untersuchungen über die Elasticität und Festigkeit der österreichischen Bauhölzer. I. Fichte Südtirols. Mitt. Forstl. Versuchsw. Österreichs 25: 1–16 + Tafel 1–20.
- Hakkila, P. 1966. Investigations on the basic density of Finnish pine, spruce and birch wood. Lyhennelmä: Tutkimuksia männyn, kuusen ja koivun puu-aineen tiheydestä. Commun. Inst. For. Fenn. 61 (5): 1–98.
- 1979. Wood density survey and dry weight tables for pine, spruce and birch stems in Finland. Seloste: Mänty-, kuusi- ja koivurunkojen puu-aineen tiheys ja kuivapainotaulukot. Commun. Inst. For. Fenn. 96 (3): 1–59.
- , Laasasenaho, J. & Oittinen, K. 1972. Korjuuteknisiä oksatietoja. Summary: Branch data for logging work. Folia For. 147: 1–15.
- & Rikkonen, P. 1970. Kuusitukit puumassan raaka-aineena. Summary: Spruce saw logs as raw material of pulp. Folia For. 92: 1–16.
- & Uusvaara, O. 1968. On the basic density of plantationgrown Norway spruce. Lyhennelmä: Viljelykuusikoitten puuaineen tiheydestä. Commun. Inst. For. Fenn. 66 (6): 1–23.
- Hartig, R. 1892. Die Verschiedenheiten in der Qualität und im anatomischen Bau des Fichtenholzes. Forstlich-naturwiss. Z 1 (6): 209–233.
- Heiskanen, V. 1968. Kuusitukkien laatuluokkakautuma Etelä-Suomessa. Summary: Grade distribution of spruce logs in southern Finland. Silva Fenn. 2 (1): 1–18.
- Heger, A., Kurth, H. & Fassl, B. 1955. Ein Beitrag zur waldbaulichen Behandlung geschälter Fichtenhölzer. Arch. Forstw. 4 (2/3): 184–225, (4): 309–362.
- Heuell, 1937. Rotwildschaden. Beobachtungen und Anregungen. Mitt. Forstwirtschaft. u. Forstwiss. 8 (4): 433–486.
- Hilscher, A. 1964. Ertragsminderung durch Rotfäule an Fichtenbeständen. Forstarchiv 35 (1): 5–14.
- Hudson, W. M. 1974. The strength properties of European redwood and whitewood. Teoksessa: The strength properties of timber, s. 67–94. MTP Construction, Lancaster.
- 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.
- Janka, G. 1904. Untersuchungen über die Elasticität und Festigkeit der österreichischen Bauhölzer. II. Fichte von Nordtirol, vom Wienerwalde und Erzgebirge. Mitt. Forstl. Versuchsw. Österreichs 28: 1–313 + Tafel 1–15.
- Johansson, D. 1939. Något om vår- och höstved hos tall och gran och dess inverkan på sulfit- och sulfatmassans egenskaper. Suomen Paperi- ja Puutavara-lehti, Juhlanumero, s. 54–72.
- 1940. Über Früh- und Spätholz in schwedischer Fichte und Kiefer und über ihren Einfluss auf die Eigenschaften von Sulfit- und Sulfatzellstoff. Holz Roh- u. Werkstoff 3 (3): 73–78.
- Jutte, S. M. 1971. Wood structure in relation to excessive absorption. A literature survey. Houtinstituut TNO. Delft. 29 s.
- , Jongebloed, W. L. & Sachs, I. B. 1977. Influence of water environment on normal and compression wood of a *Picea* species observed by scanning electron microscopy (SEM). Scanning Electron Microscopy II: 683–689.
- Kato, F. 1969. Stammfäuleschäden der Fichte. Forstarchiv 40 (5): 81–92.
- Kinnman, G. 1923. Kvalitetsfordringar på pappersved och skogsvårdsåtgärdernas anpassande därefter. Svenska SkogsvFören. Tidskr. 21: 201–225.
- 1928. Virkets beskaffenhet i Ombergs kulturskogar. Summary: Nature of timber in cultivated forests at Omberg. Svenska SkogsvFören. Tidskr. 26: 589–616.
- Kjučukov, G. & Enčev, E. 1977. Der Einfluss der Schraubenabmessungen auf den Auszieh-widerstand bei Tannenholz. Holztechnologie 18 (1): 26–29.
- Klem, G. G. 1929. En oversikt over granvirkets kvalitet. Bilag til Tidsskrift for Skogbruk, hefte 9. 96 s.
- 1934. Undersøkelser av granvirkets kvalitet. Zusammenfassung: Untersuchungen über die Qualität des Fichtenholzes. Medd. Norske Skogforsøksv. 5: 197–348.
- 1949. Specific gravity of spruce wood, its variation in wood structure and pulp degree of delignification (Sieber chlorine no.), and the effect of these

- factors on yield and sulphite pulp quality. Medd. Norske Skogforsøksv. 36: 1–28.
- 1952. Planteavstandens virkning på granvirkets kvalitet. Summary: The influence of spacing on spruce quality. Medd. Norske Skogforsøksv. 40: 473–505.
- 1957. Kvalitetsundersøkelser av norsk og tysk gran. Summary: The quality of Norway spruce (*Picea abies*) of Norwegian and German origin. Medd. Norske Skogforsøksv. 14: 285–314.
- Klem, G. S. 1965 a. Tørrvolumvekstvariasjoner hos vanlig gran (*Picea abies* (L.)) Karst. i Norge. Norsk Skogind. (9): 348–351.
- 1965 b. Tørrvolumvekstvariasjoner 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 Skogforsøksv. 20: 141–169.
- 1974. Egenskaper till trevirke fra gjødslet gran- og furuskog. Summary: Properties of wood from fertilized forests. Medd. Norsk Tretekn. Inst. 51: 1–59 + liitt.
- Knigge, W. 1958. Das phänomen der Reaktionsholzbildung und seine Bedeutung für die Holzverwendung. Forstarchiv 29 (1): 4–10.
- 1960. Die Holzeigenschaften der Küstentanne (*Abies grandis*). Allg. Forstzeitschr. 15 (7): 94–100.
- 1975. Die Auswirkung von Schälschäden auf die Rohholzeigenschaften von Fichte und Buche. Forstarchiv 46 (2): 32–38.
- & Olischläger, K. 1970. Möglichkeiten der Grünästung der Fichte. Holz-Zbl. (103): 1497–1498, 1500.
- & Schulz, H. 1966. Grundriss der Forstbenutzung. Verlag Paul Parey. Hamburg – Berlin. 584 s.
- Knudsen, M. V. 1956. A comparative study of some technological properties of Norway spruce in a provenance test. IUFRO 12th Congress, Oxford, Proceedings 4: 219–228.
- Kramer, H., Dong, P. H. & Rusack, H. J. 1971. Untersuchung der Baumqualität in weitständig begründeten Fichtenbeständen. Allg. Forst- u. Jagdztg. 142 (2): 33–46.
- Krpan, J. 1954. Untersuchungen über den Fasersättigungspunkt des Buchen-, Eichen-, Tannen- und Fichtenholzes. Holz Roh- u. Werkstoff 14 (3): 84–91.
- Kräuter, G. 1964. Untersuchungen zur Durchmesser- und Durchmesserzuwachsermittlung an rotwildgeschälten Fichten. Arch. Forstw. 13 (4): 363–381.
- Kučera, B. 1973. Holzfehler und ihr Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften der Fichte und Kiefer. Holztechnologie 14 (1): 8–17.
- Kärkkäinen, M. 1972. Havaintoja kuusen oksaisuudesta. Summary: Observations on the branchiness of Norway spruce. Silva Fenn. 6 (2): 90–115.
- 1976. Puun ja kuoren tiheys ja kosteus sekä kuoren osuus koivun, kuusen ja männyn oksissa. Summary: Density and moisture content of wood and bark, and bark percentage in the branches of birch, Norway spruce, and Scots pine. Silva Fenn. 10 (3): 212–236.
- 1977. Puu. Sen rakenne ja ominaisuudet. Helsinki. 442 s.
- 1984. Effect of tree social status on basic density of Norway spruce. Seloste: Kuusen aseman vaikutus puuaineen tiheyteen. Silva Fenn. 18 (2): 115–120.
- & Dumell, O. 1983. Kuusipuun taivutuslujuuden riippuvuus tiheydestä ja vuosiluston leveydestä Etelä- ja Pohjois-Suomessa. Summary: Effect of basic density and growth ring width on the bending strength of spruce wood from south and north Finland. Silva Fenn. 17 (2): 125–135.
- & Hakala, H. 1983. Kuusitukin koon vaikutus sivulautojen taivutus- ja puristuslujuuteen. Summary: Effect of log size on the bending and compression strength of side boards in spruce. Silva Fenn. 17 (2): 137–142.
- & Marcus, M. 1985. Shrinkage properties of Norway spruce wood. Seloste: Kuusen puuaineen kutistuminen. Silva Fenn. 19 (1): 67–72.
- & Raivonen, M. 1977. Reaktiipuun mekaaninen lujuus. Summary: Mechanical strength of reaction wood. Silva Fenn. 11 (2): 87–96.
- Lacaze, J.-F. & Polge, H. 1970. Relations phénotypiques au stade juvénile entre la densité du bois et divers caractères phénologiques et de vigueur chez *Picea abies* Karst. Ann. Sci. For. 27 (3): 231–242.
- Lakari, O. J. 1920. Tutkimuksia kuusen karsimisesta. Referat: Untersuchungen über die Ästung der Fichte. Commun. Inst. For. Fenn. 2 (4): 1–39.
- Lehtonen, I. 1978. Knots in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and their effect on the basic density of stemwood. Seloste: Männyn (*Pinus sylvestris* L.) ja kuusen (*Picea abies* (L.) Karst.) sisäoksat ja niiden vaikutus puun tiheyteen. Commun. Inst. For. Fenn. 95 (1): 1–34.
- Lepistö, M. 1983. Kuusen puuaineen tiheys ja sen suhde kasvunopeuteen pistokaskloonaineistossa. Metsänjalostussäätiön koetuloksia 9/83: 1–5.
- Lewark, S. 1979. Wood characteristics in Norway spruce breeding programs. IUFRO Norway spruce meeting S2.03.11–S2.02.11, Bucharest, s. 316–339.
- 1981 a. Untersuchungen von Holzmerkmalen junger Fichten (*Picea abies* (L.) Karst.). Jahringbreite, Rohdichte und Ästigkeit von Stecklingsklonen. Dissertation. Göttingen. 193 s.
- 1981 b. Variabilität der Ästigkeit und Rundholzqualität der Fichte. Holz-Zbl. 107 (18): 275–276.
- Liese, W. & Bauch, J. 1977. Untersuchungen über die Wegsamkeit saftfrischen Splintholzes von Fichte und Sitkafichte. Holz Roh. U. Werkstoff 35 (7): 267–271.
- Lukic-Simonovic, N. 1975. Prilog poznavanju tehnoloških svojstava jelovine (*Abies alba* L.) – sa Goča. Sumarstvo 28 (5): 9–17.
- Madsen, T. L. 1984. Styrkeundersøgelser af dansk gran. Dansk Skovfor. Tidsskr. 69 (1): 47–59.
- Madsen, T. L., Moltesen, P. & Olesen, P. O. 1978. Tyndingsstyrkens indflydelse på rødgranens rumtaethed, tørstofproduktion, grentykkelse og grenmaenge. Summary: The influence of thinning degree on basic density, production of dry matter, branch thickness and number of branches of Norway spruce. Forstl. Forsøgsv. Danm. 36 (2): 183–203.
- Mayer-Wegelin, H. 1936. Ästung. Verlag von M. & H. Schaper. Hannover. 178 s.
- 1952. Das Aufästen der Waldbäume. Grundsätze und Regeln. 3. neuarbeitete Auflage. Verlag M. & H. Schaper. Hannover. 92 s.
- Mergen, F., Burley, J. & Yetman, C. W. 1964. Variation in growth characteristics and wood properties of Norway spruce. Tappi 47 (8): 499–504.
- Michels, P. 1941. Feuchtigkeitsverteilung im Holz des Weisstannenstammes, Gewicht und Schwindmass des Weisstannenholzes. Mitt. Forstwirtschaft. u. Forstwiss. 12 (3): 295–329.
- Micklitz, T. 1915. Zuwachsverlust infolge Schälschadens. Cbl. ges. Forstw. 41 (5/6): 188–192.
- Mikola, P. 1950. Puiden kasvun vaihteluista ja niiden merkityksestä kasvatustutkimuksissa. Summary: On variations in tree growth and their significance to growth studies. Commun. Inst. For. Fenn. 38 (5): 1–131.
- Moltesen, P. & Lyng Madsen, T. 1979. Styrkesorteringens indflydelse på tyndingshugstens økonomi i rødgran. Dansk Skovforen. Tidsskr. 64: 169–196.
- Nepveu, G. & Birot, Y. 1979. Les corrélations phénotypiques juvénile-adulte pour la densité du bois et la vigueur chez l'Epicéa. Ann. Sci. For. 36 (2): 125–149.
- Nylinder, P. 1953. Volymviktsvariationer hos planterad gran. Summary: Variations in density of planted spruce. Medd. Stat. SkogforskInst. 43 (3): 1–44.
- 1959. Synpunkter på produktionens kvalitet. Summary: A study on quality production. Upps. Instn. Virkeslära Skogshögsk. 2: 1–19.
- 1961. Om träd- och vedegenskapers inverkan på råvolymvikt och flytbarhet. II. Gran. Summary: Influence of tree features and wood properties on basic density and buoyancy. II. Norway spruce (*Picea abies*). Rapp. Instn. Virkeslära Skogshögsk. 36: 1–71.
- & Hägglund, E. 1954. Ståndorts- och trädegenskapers inverkan på utbyte och kvalitet vid framställning av sulfitmassa av gran. Summary: The influence of stand and tree properties on yield and quality of sulphite pulp of Swedish spruce (*Picea excelsa*). Medd. Stat. SkogforskInst. 44 (11): 1–184.
- Nägeli, W. 1952. Aufastungsversuche in gleichaltrigen Nadelholzbeständen des schweizerischen Mittellandes. Mitt. Schweiz. Anst. f. d. Forstl. Versuchsw. 28: 271–354.
- Olesen, P. O. 1973. The influence of the compass direction on the vasic density of Norway spruce (*Picea abies* L.) and its importance for sampling for estimating the genetic value of plus trees. For. Tree Improv. Arbor. Hørsholm 6: 1–58.
- 1976. The interrelation between basic density and ring width of Norway spruce. Forstl. Forsøgsv. Danm. 34: 339–359.
- 1977 a. The variation of the basic density level and tracheid width within the juvenile and mature wood of Norway spruce. For. Tree Improv. Arbor. Hørsholm 12: 1–21.
- 1977 b. Resistance of some common Danish timbers to pressure impregnation. Holzforschung 31 (6): 179–184.
- 1982. The effect of cyclophysis on tracheid width and basic density in Norway spruce. For. Tree Improv. Arbor. Hørsholm 15: 1–80.
- Olischläger, K. 1969. Untersuchungen über den Wertzuwachs von Fichten nach Ästungen. Dissertation. Hannover-Münden. 131 s.
- Ollinmaa, P. J. 1959. Reaktiipuututkimuksia. Summary: Study on reaction wood. Acta For. Fenn. 72 (1): 1–54.
- von Pechmann, H. 1962. Die Auswirkung wiederholter Mineraldüngung auf die Holzeigenschaften oberschwäbischer Fichtenbestände. Forstwiss. Cbl. 81 (3/4): 101–114.
- & Wutz, A. 1960. Haben Mineraldüngung und Lupinenanbau einen Einfluss auf die Eigenschaften von Fichten- und Kiefernholz? Forstwiss. Cbl. 79 (3/4): 91–105.
- Polge, H. 1963. Contribution à l'étude de la qualité du bois des principales essences résineuses exotiques utilisées dans les reboisements français. Ann. Ecol. Nat. Eaux For. Stat. Rech. Exp. 20 (3): 399–469.
- Regináč, L. 1977. O niektorých vlastnostiach smrekového dreva na Slovensku. Drevo 32: 238–240.
- Roeder, A. 1970. Ein Beitrag zur Erfassung von Ausmass und Intensität der Stammfäule an Fichte. Forstwiss. Cbl. 89 (6): 362–372.
- & Knigge, W. 1972. Sind Rotwildschälchäden wirklich so schwerwiegend? Forstarchiv 43 (6): 109–114.
- Sachsse, H. 1969. Sind Baumschädigungen durch die Klettersäge möglich? Holz-Zbl. (95): 1460–1462.
- 1971. Anatomische und physiologische Auswirkungen maschineller Ästung auf lebende Nadelbäume. Holz Roh- u. Werkstoff 29 (5): 189–194.
- Saikka, O. 1975. Typpilannoituksen vaikutuksesta männyn, kuusen ja koivun puuaineen tiheyteen. Summary: The effect (*Pinus sylvestris*), Norway spruce (*Picea abies*) and common birch (*Betula verrucosa*). Commun. Inst. For. Fenn. 85 (5): 1–24.
- Saranpää, P. 1983. Puuaineen tiheyden ja vuosiluston leveyden vaikutus kuusen iskutaivutuslujuuteen Etelä- ja Pohjois-Suomessa. Summary: The influence of basic density and growth ring width on the impact strength of spruce wood from south and north Finland. Silva Fenn. 17 (4): 381–388.
- Schimitschek, E. 1939. Untersuchungen über Rotwildschäden und deren Folgen. Cbl. Ges. Forstw. 65 (2): 33–50, (3): 65–82, (4): 97–121.
- Seibt, G., Knigge, W., Reemtsma, J. B. & Ulrich, B. 1968. Untersuchungen über den Einfluss verschiedener Düngungsmassnahmen auf Ertragsleistung, Holzeigenschaften, nadelanalytische Merkmale und Bodenzustand des Fichtenbestandes im Düngungsversuch Oerrel-Lintzel. Allg. Forst- u. Jagdztg. 139 (2): 25–37, (3): 57–72.
- Siimes, F. 1960. Tutkimus kuusisahatukien ominaisuuksista ja tukkilaadun vaikutuksesta sahatavaraan laatuun sekä alustava ehdotus kuusisahatukien laatuluokitusta varten. Paperi ja Puu 42 (3): 79–105.
- Sirén, G. 1952. Hakuun vaikutuksesta kuusipuun rakenteeseen korpimailla. Summary: On the effect of releasing cutting upon wood structure of spruce on peat-moors. Commun. Inst. For. Fenn. 40 (32): 1–36.
- Suolahti, O. & Wallén, A. 1958. Der Einfluss der Nasslagerung auf das Wasseraufnahmevermögen des Kiefernspiltholzes. Holz Roh- u. Werkstoff 16 (1): 8–17.
- Tamminen, Z. 1964. Fuktighet, volymvikt m.m. hos ved och bark. II. Gran. Summary: Moisture content,



- density and other properties of wood and bark. II Norway spruce. Rapp. Instn. Virkeslära Skogshögsk. 47: 1–124.
- Trenard, Y. & Guéneau, P. 1977. Relation entre la Structure Anatomique et l'Amplitude du Retrait du Bois. *Holzforschung* 31 (6): 194–200.
- Trendelenburg, R. 1934. Untersuchungen über das Raumgewicht der Nadelhölzer. I. Grundlagen und vergleichende Auswertung bisheriger Forschungen. *Thar. Forstl. Jahrb.* 85: 650–747.
- & Mayer-Wegelin, H. 1955. Das Holz als Rohstoff. 2. völlig überarbeitete Auflage. Carl Hanser Verlag. München. 541 s.
- Ullevålseter, R.-O. 1965. Beskyttelse av trevirke mot biologiske skader. *Vollebekk*. 68 s.
- Velling, P. 1976. Mänty- ja kuusiprovenienssin puuaineen tiheyden vaihtelusta. Summary: The wood basic density variation of pine and spruce provenances. *Folia For.* 257: 1–32.
- 1980. Variation in the density of wood of different Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) origins in the provenance tests. *Seloste: Mänty- ja kuusialkuperien puuaineen tiheyden vaihtelusta provenienssikokeissa. Silva Fenn.* 14 (1): 45–51.
- Venho, BR. 1915. Havaintoja karsimisen aiheuttamista lahojoiista kuusessa. *Metsät. Aikakausk.* 2 (11): 332–339.
- Vihavainen, T. 1975. Puun kyllästävyyteen vaikuttavista tekijöistä. *Kyllästäjä* (2): 5–13.
- Volkert, E. 1940. Die mechanisch-technischen Holzeigenschaften vom Schneebruch betroffener und verschonter Fichten aus Hochlagen der Erzgebirges. *Thar. Forstl. Jahrb.* 91: 386–425.
- Vorreiter, L. 1937. Bau und Festigkeitseigenschaften des Holzes der Glatzer Schneebergfichte. *Thar. Forstl. Jahrb.* 88 (2): 65–126, (4): 235–285, (5): 351–385.
- 1954. Stammform und Holzeigenschaften der Bayernwald-Fichte. *Holz Roh- u. Werkstoff* 12 (2): 47–54.
- Wandt, 1937. Die Eigenschaften "stamm- und kronenbürtigen" Holzes. Eine Untersuchung über den Einfluss von Alter und Stammhöhe auf Holzeigenschaften der Fichte und Kiefer. *Mitt. Forstwirtschaft. u. Forstwiss.* 8 (3): 343–369.
- Wegelius, Th. 1941. Om pappersvedens kvalitet och dess inverkan på fabriktionsprocessen och massautbytet vid tillverkning av mekanisk trämassa. *Särtryck ur Pappers- och trävarutidskrift för Finland specialnummer.* 11 s.
- Western, H. 1971. Tre- og kvistdata. Summary: Tree and branch study. *Norske Skogforsøksv. Driftstekn. Rapp.* 10:83–93.
- Wijkander, A. 1897. Untersuchung der Festigkeits-Eigenschaften schwedischer Holzarten. Göteborg. 178 s.

Total of 135 references

## SUMMARY

### SPRUCE WOOD GROWN IN FINLAND COMPARED WITH SPRUCE AND FIR WOOD GROWN IN CENTRAL EUROPE

The aim of this literature review was to compare the properties of Finnish spruce sawn goods to those from Central European spruce and fir species. However, it was found that no statistically proper study has been made. Therefore, conclusions are based on the studies which have dealt with the wood material properties. As a rule, materials used in the studies are small and no adequate sampling has been made. Therefore, conclusions can only be preliminary and should be checked by sampling studies made of Finnish and Central European spruce sawn goods.

The main conclusions are based on the fact that spruce grows faster in Central Europe than in Finland. Therefore, the mean growth ring width must be greater. In spruce there is a distinct relationship between the growth ring width and numerous wood properties. Therefore, it is supposed that Finnish spruce wood is heavier and stronger than spruce wood from Central Europe. On the other hand, shrinkage properties can be worse in Finland due to higher density; although the effect of narrow

growth rings can diminish the effect of density.

The branch size is possibly greater in Central Europe than in Finland, due to better growth. The proportion of dead branches could be higher as well, due to the silvicultural practice to use a narrower spacing than in Finland. However, pruning is only carried out in Central Europe and due to this, knotless material is more common there than in Finland.

The role of various wood defects is possibly greater in Central Europe due to insects and higher animals, especially Red deer which is not found in Finland. Wind and snow breaks can be more common, too.

However, all the conclusions based on the differences in growth rate are so vague that nearly nothing can be said of the possible differences in various properties. The measured results concerning density, strength and shrinkage, are not in conflict with the assumptions. However, the reported differences are so small that they are not convincing. Therefore, adequate sampling studies are needed.