

Koivun ominaisuudet ja käyttömahdollisuudet sahauskassa ja jatkojalostuksessa Suomessa

Erkki Verkasalo ja Katri Paukkonen



JOENSUUN TUTKIMUSASEMA

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 751

**Koivun ominaisuudet ja käyttömahdollisuudet
sahauksessa ja jatkojalostuksessa
Suomessa**

Erkki Verkasalo ja Katri Paukkonen

**JOENSUUN TUTKIMUSASEMA
1999**

Verkasalo, E. & Paukkonen, K. 1999. Koivun ominaisuudet ja käyttömahdollisuudet sahauskassa ja jatkojalostuksessa Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 751. 91 s. ISBN 951-40-1706-4, ISSN 0358-4283.

Tässä kirjallisuuskatsauksessa esitetään nykyinen tieto Suomessa kasvavien koivulajien (*Betula pendula* ja *B. pubescens*) ja niiden erityismuotojen käytöstä sahapuuna ja jatkojalostusmateriaalina. Tavoitteena on luoda pohjaa tulevan tutkimuksen sekä tuotteiden, valmistusmenetelmien, koneiden ja laitteiden kehittämisen, puunkäytön ja teollisuusinvestointien suunnittelun ja metsänhoidon ja puunhankinnan tehostamiselle. Käsiteltäviä kysymyksiä ovat järeän ja pienikokoisen koivun varat ja käyttö, koivun nykyinen ja tulevaisuudessa mahdollinen merkitys saha-, huonekalu- ja puusepänteollisuudelle, saha- ja erikoiskoivun ominaisuudet valmistuksessa, tuotteissa ja käytössä ja niihin liittyvät erityispiirteet, raaka-aineen ja tuotteiden laatuluokitukset, koivun puuaineen ominaisuudet, niiden parantaminen ja hallinta sekä puutavaran hankinta, alkujalostus (sahaus, kuivaus) ja jatkojalostus (työstö, pintakäsittely). Lisäksi esitetään käytännön esimerkkejä koivun käytöstä saha-, huonekalu- ja puusepänpuuna.

Kerättyjen tietojen perusteella esitetään keskeiset tutkimustarpeet koivun käytön lisäämiseksi ja tehostamiseksi. Näitä voidaan tarkastella metsänkasvattajan, puunmyyjän, puunhankkijan, puunjalostajan, puutuotekaupan ja lopputuotteen käyttäjän kannalta. Keskeisiä kysymyksiä ovat: 1) koivun hakkuiden lisäämismahdollisuudet, mm. harvennuskoivu, istutuskoivu ja sekametsissä kasvava koivu, 2) koivuleimikoiden, -runkojen ja -puutavaralajien hakkuukertymä- ja kantorahaodotukset, 3) koivurunkojen apteraus, puutavaran lajittelu ja laatuvaatimukset sekä ohjaus eri käyttötarkoituksiin, 4) koivun puuaineen ja puutavaran luontaisten ominaisuuksien ja geneettisen perimän hyödyntäminen ja parantaminen, 5) koivun sahauskseen liittyvät ongelmat ja niiden ratkaiseminen, mm. sahaussaanto ja -laatu, asetteet, tekniset ratkaisut, tuotantotalous, 6) koivusahatavaran käsittelyyn liittyvät ongelmat ja niiden ratkaiseminen, mm. värin- ja muodonmuutokset ja halkeilu kuivauksessa, 7) koivun puuaineen, puutavaran ja tuotteiden käyttömahdollisuudet ja -rajoitteet, 8) koivutuotteiden markkinanäkymät ja menestystekijät.

Avainsanat: koivu, puuaine, puutavaralajit, metsänhoito, metsänkasvatus, metsänjalostus, puunhankinta, mekaaninen metsäteollisuus, sahaus, jatkojalostus, koivutuotteet, puutuotemarkkinat.

Kirjoittajien yhteystiedot: Erkki Verkasalo, Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimusasema, PL 68, 80101 Joensuu, puhelin (013) 251 4143, faksi (013) 251 4111, sähköposti Erkki.Verkasalo@metla.fi; Katri Paukkonen, Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta, PL 111, 80101 Joensuu, puhelin (013) 251 3490, faksi (013) 251 3590, sähköposti Katri.Paukkonen@forest.joensuu.fi.

Julkaisija ja tilaukset: Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimusasema.

Hyväksynyt: Tutkimusjohtaja Matti Kärkkäinen 26.11.1999.

Verkasalo, E. & Paukkonen, K. 1999. Properties and potential of birch (*Betula* sp.) for utilisation in saw milling and further processing in Finland. Finnish Forest Research Institute, Research Paper 751. 91 p. ISBN 951-40-1706-4, ISSN 0358-4283.

This literature survey presents the current knowledge of the utilisation of birch species and their particular formations growing in Finland (*Betula pendula* and *B. pubescens*) for saw milling and related further processing. This is aimed for the basis of further research, development of products, processing methods and machinery, design of wood and timber utilisation and industrial investments, and making silviculture and timber procurement more feasible and efficient. The issues cover: resources and use of big- and small-dimensioned birch, current importance and potential of birch for saw mill, furniture and joinery industries, quality and specific properties of saw and special timbers of birch for processing, products and *in-situ* use, principles and methods of grading, quality of birch wood and how to improve and control it, and timber procurement, primary processing, drying, machining and surfacing. In addition, practical examples are shown from Finnish wood processing companies on the utilisation of birch for saw milling, furniture and joinery.

On the basis of the available data, principal needs for research and development to increase birch utilisation and improve its effectiveness are presented: 1) possibilities to increase cuttings of birch timber, among other things for timber from thinnings, plantation, and mixed stands of birch and pine or birch and spruce, 2) expected timber recoveries and revenues from birch stands, trees and logs for the forest owner, 3) bucking birch stems, sorting and grading timber and optimising timber flows to different end-uses, 4) utilisation and improvement of natural and genetically determined properties of birch wood and timber, 5) problems related to primary mechanical processing and their solutions, among other things yield and quality of sawn goods, sawing patterns and set-up, technical applications, production economy, 6) problems related to further processing and their solution, discoloration, form stability and checking, drying in the first hand, 7) possibilities and limitations for different end-uses of birch wood, timber and products, 8) market trends and success factors of birch products.

Keywords: birch, wood, timber, silviculture, forest management, forest tree breeding, timber procurement, mechanical forest industries, saw milling, further processing, birch products, forest product marketing.

Authors' addresses Erkki Verkasalo, Finnish Forest Research Institute, Joensuu Research Station, P.O. Box 68, FIN-80101 Joensuu, Tel (013) 251 4143, Fax (013) 251 4111, E-mail Erkki.Verkasalo@Metla.Fi; Katri Paukkonen, University of Joensuu, Faculty of Forestry, P.O. Box 111, FIN-80101 Joensuu, Tel (013) 251 3490, Fax (013) 251 3590, E-mail Katri.Paukkonen@Forest.Joensuu.Fi.

Published and orders Finnish Forest Research Institute, Joensuu Research Station. **Accepted** 26 November 1999 by Matti Kärkkäinen, Research Director.

SISÄLLYS

ALKUSANAT	6
1 JOHDANTO	7
2 JÄREÄN JA PIENIKOKOISEN KOIVUN VARAT JA KÄYTTÖ	9
2.1 PUUVARAT	9
2.2 PUUNKÄYTTÖ.....	12
2.3 METSÄTASE JA HAKKUUMAHDOLLISUUDET.....	14
3 KOIVUN MERKITYS SAHA-, HUONEKALU- JA PUUSEPÄNTEOLLISUDELLE	17
3.1 SAHATEOLLISUUS.....	17
3.2 HUONEKALU- JA PUUSEPÄNTEOLLISUUS	18
3.3 KÄYTÖN NÄKYMIÄ.....	20
4 KOIVUN OMINAISUUKSIIN MEKAANISESSA VALMISTUKSESSA JA KÄYTÖSSÄ VAIKUTTAVAT ERITYISPIIRTEET	25
4.1 KOIVUN OMINAISUUDET SAHAUKSESSA JA JATKOJALOSTUKSESSA	25
4.2 SAHAKOIVUN JA KOIVUSAHATAVARAN LAATUVAATIMUKSET JA -LUOKITUKSET	32
4.2.1 <i>Suomi</i>	32
4.2.2 <i>Ruotsi, Norja, Saksa</i>	39
4.3 KOIVUAIHIOT, KOMPONENTIT JA TUOTEOSAT.....	44
5 KOIVUN PUUAINEEN OMINAISUUDET JA NIIDEN PARANTAMINEN	52
5.1 PUUAINEEN RAKENNE JA OMINAISUUDET	52
5.1.1 <i>Rakenne</i>	52
5.1.2 <i>Fysikaaliset ja mekaaniset ominaisuudet</i>	53
5.2 KASVUPAIKAN JA METSÄNHOIDON MERKITYS	56
5.3 KOIVUN JALOSTUS JA UUDISTAMINEN KOIVULLE.....	58
6 KOIVUPUUTAVARAN HANKINTA, TUKKIEN ALKUJALOSTUS SEKÄ PUUAINEEN TYÖSTÖ JA PINTAKÄSITTELY	60
6.1 KAATO, KULJETUS JA VARASTOINTI	60
6.2 SAHAUS JA KUIVAUS	61
6.3 TYÖSTÖ JA PINTAKÄSITTELY	66
7 KOLME ESIMERKKIÄ KOIVUSAHATAVARALLA JA JATKOJALOSTEILLA ONNISTUMISESTA	67
8 KOIVUN PUUAINEESEEN JA MEKAANISEEN KÄYTTÖÖN LIITTYVÄ TUTKIMUS	75
8.1 MENEILLÄÄN OLEVA TUTKIMUS	75
8.2 JOHTOPÄÄTÖKSIÄ JA TUTKIMUSTARPEITA	76
LÄHDELUETTELO	79

Alkusanat

Käsillä oleva tutkimus on toteutettu Metsäntutkimuslaitoksen Joensuun tutkimus-
aseman ja Joensuun yliopiston metsätieteellisen tiedekunnan yhteistyönä.

Metsäntutkimuslaitoksessa tutkimus on ensimmäinen vaihe MMT Erkki Verkasalon Joensuun tutkimusasemalla alunperin vuosille 1997-2000 suunnittelemaa tutkimusta Koivu sahapuuna, joka sittemmin on laajennettu Suomen Akatemian Metsäalan tutkimusohjelman puitteissa myöntämällä rahoituksella hankkeeksi Kotimaisen koivun ja harmaalepän ominaisuudet mekaanisessa puunjalostuksessa sekä niiden ennustaminen ja hallinta 1998-2001, tutkijana MMM Henrik Heräjärvi. Sisällöllisesti työ on jatkoa Verkasalon aiemmille tutkimuksille hieskoivun ulkoisesta laadusta, tukkien ja sorvipölkkyjen ominaisuuksista, tukkien varastovikaantumisesta, sorviviilun saannosta, laadusta ja arvosta sekä puuaineen tiheydestä. Liittymäkohtia on myös Parkanon tutkimusasemalla MMM Pentti Niemistön johdolla toteutettaviin tutkimuksiin koivun kasvun ja laadun ennustamisesta ja Vantaan tutkimuskeskuksessa MMT Jari Hynysen johdolla toteutettaviin tutkimuksiin koivun kasvusta, tuotoksesta ja saatavuudesta sekametsistä.

Joensuun yliopistossa tutkimus on perustietona metsätieteellisessä tiedekun-
nassa FL Katri Paukkosen johdolla syksyllä 1996 aloitettuihin tutkimuksiin koi-
vun puuaineksen ominaisuuksiin vaikuttavista tekijöistä. Myös tämä tutkimus on
sittemmin laajennettu Suomen Akatemian Metsäalan tutkimusohjelman puitteissa
myöntämällä rahoituksella hankkeeksi Koivusahatavaran värin- ja muodonmuu-
tokset kuivauksessa ja Viljelykoivujen kuivatun puuaineen laatu. Näissä keskity-
tään selvittämään kasvupaikan kuten myös kaatoajankohdan ja -tavan vaiku-
tuksia koivun puuaineen säilyvyyteen varastoinnissa, kasvuolojen ja varastoinnin
vaikutuksia puuaineen väriin sekä kaikkien em. seikkojen vaikutusta sahatavaran
väriin ja muodonmuutoksiin.

Verkasalo kirjoitti käsikirjoituksen lukuihin 2, 3, 4.2, 4.3 ja 7 ja Paukkonen
lukuihin 4.1, 5 ja 6. Tekijät kirjoittivat luvut 1 ja 8 ja viimeistelivät koko julkai-
sun yhdessä. Julkaisun taitosta ja grafiikasta vastasivat toimistosihteerit Leena
Kettunen, Anneli Rautio ja Aila Suokas. Haastatteluja myönsivät lukuisat koivua
raaka-aineena käyttävät yritykset. Käsikirjoituksen tarkasti tutkimusjohtaja Matti
Kärkkäinen.

Kiitämme kaikkia tutkimuksen valmistumiseen myötävaikuttaneita henkilöi-
tä ja organisaatioita saamastamme tuesta.

Joensuu, elokuu 1999

Erkki Verkasalo

Katri Paukkonen

1 Johdanto

Järeällä koivulla on muitakin käyttömahdollisuuksia kuin vaneri. Lupaavin niistä on sahaus lopputuotelähtöisesti mm. huonekalujen, julkiskalusteiden, parkettien, sisustuspaneelien sekä näiden tuotantoalojen käyttämien aihioiden ja liimalevyjen valmistukseen. Em. käyttöalueilla koivusahatavaralla kuten myös erilaisilla puolivalmistekomponenteilla on nyt ja tulevaisuudessa hyviä kasvumahdollisuuksia, erityisesti vientimarkkinoilla. Muita koivun erikoiskäyttökohteita ovat huonekalu- ja sisustusviilut sekä erilaiset käyttö- ja koriste-esineet, urheiluvälineet, soittimet, lelut ja pienoismallit (Salmi 1987a,b).

Koivun sahaukseen ja muihin erikoiskäyttötarkoituksiin voivat soveltua myös läpimitaltaan ja pituudeltaan vanerikoivuja pienemmät koivut. Täten koivun sahauksen ja muun erikoiskäytön lisääminen ei välttämättä kavenna vaneriteollisuuden raaka-ainepohjaa, vaan se saattaa jopa avata uusia käyttömahdollisuuksia esim. nykyisin selvästi alimitoitetuista harvennushakkuista saatavalle koivulle.

Käyttötarkoituksen mukaiset puun laatuvaatimukset pitäisikin ottaa huomioon jo metsänviljelyn ja -kasvatuksen yhteydessä, sillä eri käyttömuodot asettavat erilaisia laatuvaatimuksia raaka-aineelle. Vanerikoivuuksi käytetään järeitä, suhteellisen suoraa ja vähäoksaisia tukkeja, mutta värjäytynyt ydinpuu, joka jää purilaaseen, ei ole kovana haitallista (esim. Koponen 1995). Myös huonekalu- ja puusepänteollisuus käyttävät hyvälaatuisia koivupuutavaraa; sahatukeilla laatuvaatimukset ovat jopa ankarammat kuin vaneritukeilla, sillä niissä ei pitäisi sallia lainkaan värjäytynyttä puuta (Salmi 1987a). Käytännössä tämä ei toteudu, vaan saatavilla olevan koivusahatavaran laatuvirheet (mm. väriviat, kuivausvirheet) aiheuttavat ongelmia koivua käyttävissä huonekalu- ja puusepäntehtaissa (Kataikko 1996). Järeällä koivulla lupaavaksi osoittautunut sahaus aihioiksi parantaisi huomattavasti sahapuun käyttösuhdetta, sillä näin voidaan tukki sahata sen laatuun parhaiten soveltuviksi kappaleiksi ja oksat ym. viat ottaa parhaiten huomioon. Perinteisessä läpisahauksessa vikojen poisto jää jatkojalostajalle, jolloin hukka-puun määrä voi olla suuri (Leppänen 1992, ks. Jalava 1943). Aihioiksi voitaisiin sahata myös läpimitaltaan pientä puuta, minkä käytön jo Koivisto (1958a) mainitsi tärkeäksi koivun tulevaisuudelle mekaanisessa metsäteollisuudessa.

Tämän työn tarkoituksena on kartoittaa kirjallisuuden ja rajoitettujen yrityshaastattelujen perusteella:

- 1) järeän ja pieniläpimitaisen koivun varoja, käyttöä, metsätasetta ja hakkuumahdollisuuksia Suomessa
- 2) koivun sahauksen ja koivun käyttöön perustuvan puusepäni- ja huonekaluteollisuuden laajuutta, markkinoita ja taloudellista merkitystä
- 3) koivupuun erityisominaisuuksia, etuja ja haittoja, saha-, puusepäni- ja huonekaluteollisuuden kannalta
- 4) saha-koivun ja koivusahatavaran laatuvaatimuksia ja laatuluokittelumenetelmiä
- 5) koivupuun ominaisuuksia ja niiden säilyttämisen ja parantamisen mahdollisuuksia

- 6) koivupuutavaran hankinnan (kaato, varastointi, kuljetus), tukkien alkujalostuksen (sahaus, kuivaus) ja jatkojalostuksen (työstö, pintakäsittely) toteutusmahdollisuuksia
- 7) sahakoivun ominaisuuksista ja potentiaalisista markkinoista johdettuja lopputuotemahdollisuuksia

Korostettakoon, että tutkittua täsmätietoa koivusta nimenomaan sahauksessa ja jatkojalostuksessa on verraten niukasti saatavilla. Täten monet johtopäätökset joudutaan perustamaan muihin lähteisiin kuin tieteellisiin artikkeleihin, mm. lehtikirjoituksiin sekä yritysten ja muiden koivun käytön parissa työskentelevien kokemuksiin ja arvioihin.

2 Järeän ja pienikokoisen koivun varat ja käyttö

2.1 Puuvarat

Suomen koivuvarat ovat vaihdelleet hämmästyttävän vähän maan itsenäisyyden aikana. Ensimmäisestä, vuosina 1921-24 tehdystä valtakunnan metsien inventoinnista alkaen koivuvaroiksi on määritetty puuston tilavuuksia välillä 224 ja 295 milj. m³ (Kärkkäinen 1998). Se yleinen käsitys, että koivuvarat ja erityisesti tulevaisuuden hakkuumahdollisuudet olisi miltei tuhottu 1950- ja 1960-lukujen ns. koivuvihakautena, on täten vailla perusteita. Sotien jälkeiset alueluovutukset huomioon ottaen koivua on metsissämme nykyään enemmän kuin kaskikauden jälkeen 1920-luvulla.

Vuoteen 1995 päivitetyn kahdeksannen valtakunnan metsien inventoinnin mukaan koivuvaltaisia metsiä on Etelä-Suomessa 0,84 milj. ha eli 7,3 % ja Pohjois-Suomessa 0,67 milj. ha eli 7,8 % (Sevola 1996, taulukko 1). Hieskoivikoita on Etelä-Suomessa yli kaksinkertaisesti ja Pohjois-Suomessa peräti 80-kertaisesti rauduskoivikkoihin verrattuna. Koivun metsätaloudellinen merkitys on kuitenkin suurempi kuin mitä em. pinta-alaosuuksista voisi päätellä, sillä huomattava osa koivusta kasvaa sekapuuna muiden puulajien vallitsemisissa metsissä. Koivun yleistymistä sekapuuna ovat suosineet metsäojitukset, avohakkuut ja maanmuokaus (Lappi-Seppälä 1930, Heikurainen 1959, Yli-Vakkuri 1961, Appelroth ym. 1971). Tämän mukaisesti koivun osuus puuston kokonaistilavuudesta on Etelä-Suomessa 14,6 % ja Pohjois-Suomessa 16,1 % (Sevola 1996).

Hieskoivua on Etelä-Suomessa kaksinkertainen ja Pohjois-Suomessa kymmenkertainen tilavuus rauduskoivuun verrattuna. Koivulajien välinen ero on tässä suhteessa pienempi kuin mitä voisi päätellä eroista osuuksissa metsiköiden vallitsevana puulajina. Hiesvaltaiset metsät ovat kuitenkin vähäpuustoisempia kuin raudusvaltaiset, ja suuri osa rauduksestakin kasvaa sekapuuna havupuuvalltaisissa metsissä. Kun vielä 1940-luvulla koivuvarat keskittyivät Itä-Suomeen vanhoille kaskialueille syntyneinä rauduskoivikkoina, niin nykyisin ne ovat enenevässä määrin Länsi-Suomessa ojitetuilla suoalueilla ja soistuneilla kankailla hieskoivikkoina. Hieskoivun osuus koivun kokonaistilavuudesta onkin kasvanut, maan eteläosassa 1950-luvun alun 50 prosentista nykyiseen 70 prosenttiin ja Pohjois-Suomessa vastaavasti 80 prosentista 90 prosenttiin (Ilvessalo 1956, Kuusela ja Salminen 1991):

Osa-alue	1951-53 (5. VMI)	1977-84 (7. VMI)
	Hieskoivun osuus koivun kokonaistilavuudesta, %	
Etelä-Suomi	53	68
Pohjois-Suomi	80	91
Yhteensä	62	75

Taulukko 1. Raudus- ja hieskoivuvaltaiset metsiköt metsämaalla Etelä- ja Pohjois-Suomessa 8. valtakunnan metsien inventoinnin mukaan (Sevola 1996).

Osa-alue	Koivuvaltaiset metsiköt metsämaalla			
	Pinta-ala, 1000 ha		Osuus pinta-alasta, %	
	Raudus	Hies	Raudus	Hies
Etelä-Suomi	253,0	586,4	2,2	5,1
Pohjois-Suomi	8,5	657,0	0,1	7,7
Yhteensä	261,5	1243,4	1,3	6,2

Taulukko 2. Etelä-Suomen raudus- ja hieskoivuvarat puutavaralajeittain 8. valtakunnan metsien inventoinnin mukaan (Louna ja Valkonen 1995).

Puutavaralaji	Rauduskoivu	Hieskoivu	Yhteensä
	1000 m ³		
Tukki	15 828	11 193	27 021
Kuitupuu	36 877	96 731	133 608
Yhteensä	52 705	107 924	160 629
Tukki-%	30,0	10,4	18,0

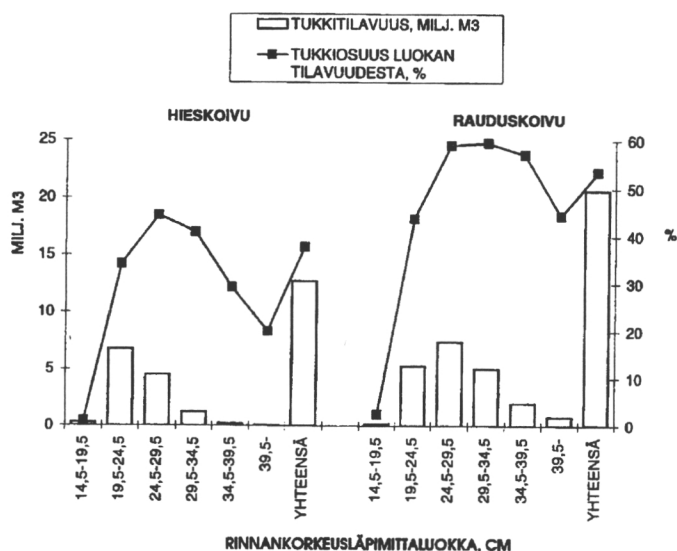
Järeän puun osuus koivupuustosta on huomattavasti pienempi kuin havupuustosta, koska koivutukin yleiset vähimmäismittavaatimukset ovat havutukkia ankarat ja tukiksi kelpaamaton osuus eli tukkivähennys on koivulla selvästi havupuuta suurempi, 40-60 % vs. 5-20 % (esim. Kärkkäinen 1984). Tässä suhteessa koivulajien välillä on myös huomattavia eroja: Etelä-Suomessa tukkiosuus on rauduskoivulla 30 % mutta hieskoivulla vain 10 %. Raudustukkia on Etelä-Suomessa 1,4-kertaisesti hiestukkiin verrattuna (taulukko 2). Koivulajien välinen ero tukin kokonaistilavuudessa saattaisi olla ilmoitettua suurempi, elleivät varsinkin yksityismetsissä vielä 1960-luvulla harjoitetut vaneripuun poimintahakkuut olisi edistäneet hieskoivun yleistymistä rauduskoivun kustannuksella (esim. Vuokila 1980, Kärkkäinen 1984).

Samanaikaisesti järeä koivu ei ole - vastoin yleisiä käsityksiä - myöskään vähentynyt. Päinvastoin, yli 30 cm:n koivupuuston määrä on nykyisin jopa jonkin verran suurempi kuin 1930-luvulla ja kaksinkertainen 1950-luvun alkuun verrattuna (Kärkkäinen 1998). Lehtipuun keskijäreys on myös kasvanut vuosien 1964-70 inventoinnin 10 cm:stä vuosien 1986-94 inventoinnin 13 cm:iin.

Koivulajien runsaussuhteiden voidaan olettaa kehittyvän jatkossakin edellä esitetyn suuntaisesti sekä kokonaisuutena että alueellisesti, vaikka suurten odotusten kohteena olevat istutusrauduskoivikot keskittyvätkin Järvi-Suomeen. Kumpikin koivulaji ilmeisesti yleistyy edelleen sekapuuna, mikäli nykyiset suuntaukset metsien luontaiseen uudistamiseen ja taimikonhoidon minimointiin jatkuvat. Samaa suuntaa vaikuttavat vaatimukset metsien monimuotoisuuden ja maiseman vaalimisesta. - Kokonaan oma asiansa ovat mahdollisen ilmaston lämpenemisen vaikutukset, joiden seurauksena Kellomäki (1997) on ennustanut koivun tulevan pitkällä tähtäimellä eteläisen Suomen pääpuulajiksi.

Kaikesta koivutukista on Etelä-Suomessa raudusta 59 % ja hiestä 41 % (Louna ja Valkonen 1995). Hies on enemmistönä koivutukkivaroissa vain Pohjanmaan rannikkoalueilla ja Satakunnassa, missä koivutukkivarat ovat muutenkin pienet. Hies- ja raudustukkimäärät ovat suunnilleen yhtä suuret Keski-Suomessa ja Etelä-Pohjanmaalla ja keskimääräistä suurempi hieksen osuus on myös Pohjois-Savossa, Pohjois-Karjalassa ja Pirkan-Hämeessä. Sen sijaan Päijänteen-Saimaan tärkeillä koivutukkialueilla samoin kuin eteläisimmässä Suomessa rauduskoivutukki on selvänä enemmistönä.

Kohmo (1984) on julkaissut tietoja Etelä-Suomen lehtipuuston puulajeittaisesta läpimittaluokka- ja puutavaralajijakaumasta, jotka perustuvat 7. VMI:n tuloksiin. Kuvassa 1 on Verkasalon (1997b) yhteenveto hies- ja rauduskoivun tukkutilavuuden jakautumisesta rinnankorkeusläpimittaluokkiin ja tukin osuudesta eri luokissa. Tämän laskelman mukaisesta yhteensä 13 milj. m³:n hiestukkimäärästä 80 % oli alle 30 cm:n läpimittaluokissa. Raudustukki, yhteensä 21 milj. m³, jakaantui tasaisemmin eri läpimittaluokkiin, ja yli 30 cm:n luokkien osuus oli 40 %. Tukkipuukokoisien puuston tukkiosuus oli hieskoivulla keskimäärin vain 38 % ja rauduskoivulla 54 %. Hieksen ja rauduksen ero tukkiosuudessa kasvaa, kun läpimittaluokka suurenee.



Kuva 1. Hies- ja rauduskoivun tukkiosan tilavuus rinnankorkeusläpimittaluokittain ja tukkiosuus luokan tilavuudesta 7. valtakunnan metsien inventoinnin mukaan (Verkasalo (1997b) laskenut Kohmon (1984) tulosten perusteella).

2.2 Puunkäyttö

Koivua on käytetty Suomessa teollisiin tuotteisiin 1800-luvun puolivälistä lähtien. Käytön aloitti ensimmäisenä *lankarullateollisuus* v. 1873 (esim. Jalava 1949, Ronkanen 1968, Kärkkäinen 1991). Suomi tyydytti enimmillään 80 % maailman rullatarpeesta 1910- ja 1920-luvuilla. Puun käytön hyötysuhde oli heikko, sillä raaka-aineesta saatiin valmista tuotetta vain 12 %. Jätteet kelpasivat vain polttopuiksi. Sahanpuru käytettiin kuivike- ja pakkausaineiksi. Pian ymmärrettiin, että sinänsä tuottoisa mutta teollisuusalana kapea rullateollisuus ei voinut olla tie koivuteollisuutemme laajenemiseen.

Koivun *sahaus* alkoi todennäköisesti jo 1850-luvulla, ja laajeni teolliseksi toiminnaksi vuosisadan vaihteen tienoilla (esim. Jalava 1949, Ronkanen 1968, Kärkkäinen 1991). Tuotanto kasvoi nopeasti 1920-luvulle. Tästä lähtien tuotantomäärät ovat kuitenkin polkeneet paikallaan. Huippu koivutukin sahauskessa, 0,6 milj. m³/a, ajoittui 1960-luvun puoliväliin. Nykyisin koivua sahataan 0,15-0,20 milj. m³, esim. vuonna 1993 0,18 milj. m³, kun vaneriteollisuuden koivun käyttö oli vastaavasti 0,87 milj. m³ (Pajuoja ja Suihkonen 1994). Piensahojen osuus lehtipuun sahauskasta on yli puolet (Sevola 1996). Koivun sahausmäärät ovat siis pieniä verrattuna esim. mäntyyn (16-20 milj. m³/a) mutta suuria verrattuna muihin lehtipuihin, esim. haapaan, 20-30 000 m³/a, ja leppään, 10-15 000 m³/a (Kärki 1997). - Ruotsissa sahataan vuosittain yhtä paljon tai hieman enemmän koivutukkia kuin Suomessa, esim. v. 1986/87 163 000 m³ (Ekström 1987).

Vasta *vaneriteollisuuden* syntyminen lisäsi olennaisesti koivun käyttöä. Vuonna 1894 aloitti Karkussa toimintansa Wiikari Oy, joka valmisti koivusta vaneria ja vaneripohjaisia tuoleja, laatikoita yms. (esim. Jalava 1949, Ronkanen 1968, Kärkkäinen 1991). Vaneriteollisuuden aloitti varsinaisesti Wilhelm Schauman Oy Jyväskylässä 1912. Vaneriteollisuus ohitti sahateollisuuden koivun käyttäjänä vuonna 1918. Kehitys oli tämän jälkeen niin suotuisaa, että suomalainen koivuvaneri hallitsi maailman lehtipuuvanerimarkkinoita 1920- ja 1930-luvuilla. Sotavuodet ja neljän tehtaan jääminen luovutetulle alueelle aiheuttivat tilapäisen taantuman.

Vaneriteollisuuden koivun käyttö on 1990-luvulla ollut yleensä 1-1,5 milj. m³/a. Huippu, 2 milj. m³/a, ajoittui sahakoivun lailla 1960-luvun puoliväliin. Tämän jälkeen koivuraaka-aineen niukkuus ja Kaakkois-Aasian uusien toimittajien kilpailu johtivat alan kriisiin. Tästä ala pystyi selviytymään tuotekehityksellä: erikoistumalla kalliisiin, koivupohjaisiin erikoistuotteisiin ja käyttämällä suuria määriä kuusta tuotteissa, joiden ominaisuudet ja hinta määräytyivät pääasiassa koivuisen pintaviilun mukaan (Juvonen ja Kariniemi 1984, Koponen 1995).

Järeää koivua on tuotu aiemmin muutamia kymmeniä tuhansia kuutiometreja vuodessa, lähinnä Venäjältä ja Ruotsista, esim. vuonna 1993 Mikkolan ja Kuljun (1994) mukaan 75 100 m³ (vrt. vienti 7 400 m³, lähinnä Saksaan). Vanerikoivun tuonti Venäjältä ja Baltiasta on kasvanut viime vuosina, tehtailta saatujen tietojen mukaan noin 15 prosenttiin kaikesta koivutukin käytöstä eli tasolle 0,15 milj. m³/a (Kautonen ja Pitkänen suull.). Myös sahakoivua tuodaan kasvavia

määriä idän ja etelän lähialueilta.

Vaneri- ja sahapuun lisäksi järeällä koivulla on ollut ja on monia *erikoiskäyttötarkoituksia* (esim. Jalava 1949, Mali 1980, Salmi 1987a,b). Erityisen haluttuja ovat rauduskoivun erikoismuodot, loimu- ja visakoivu, huonekalu- ja sisustusviiluksi ja koriste-esineisiin. Myös tavallinen koivu on riittävän hyvälaatuisena kysyttyä näihin tarkoituksiin kuten myös mm. jääkiekkomailojen (Maila on ... 1990), jäätelötikkujen (Björken blir ... 1989) ja eräiden soittimien valmistukseen (Salmi 1987a,b). Nyttemmin historiallisia käyttökohteita ovat tulitikkulaatikat, sukset, keihäät, rauta- ja raitiotievaunujen ja lentokoneiden vanerit ja monet käyttöesineet (Jalava 1949, Ronkanen 1968, Salmi 1987a,b).

Vanerikoivuksi on kelpuutettu 17 tai 18 cm:n tukki viimeiset 30 vuotta. Sahakoivuksi on hyväksytty yleensä vähintään 18 tai 20 cm:n tukki. Eräillä sahoilla on sahattu myös koivupikkutukkeja aina 14 cm:n läpimitaan asti, mutta monissa tapauksissa tästä on luovuttu kannattamattomana (esim. Harinen suull.). Pieni- muotoisessa tuotannossa on sahattu lajiteltua kuitupuuta, jopa 10 cm:n läpimitaan asti. Erikoiskoivun vähimmäisläpimitta on ollut 20-25 cm.

Koivupienpuun perinteinen käyttö on ollut *kiinteistöjen polttopuuna* (Salmi 1987a,b, Salakari ja Peltola 1995). Merkitys energian tuotannossa alkoi laskea voimakkaasti 1950-luvulla, mikä johti harvennuskoivun menekkivaikeuksiin. Romahdus oli niin suuri, että teollisuuden kotimaisen koivun käytön lisääntyminen ei ole vieläkään pystynyt korvaamaan polttopuuna käytön vähenemistä. Kiinteistöjen koivupuun käyttö on nykyisin arviolta 2-4 milj. m³ (Kärkkäinen 1991, Salakari ja Peltola 1995). Tähän lukuun sisältyy arvionvaraisena huomattava virheriski. Tuomen (1997) arvion mukaan kiinteistöjen koivupolttopuusta kolmannes tehdään kuitupuun mitta- ja laatuvaatimukset täyttävästä puusta.

Koivua yritettiin käyttää *selluteollisuudessa* jo 1920-luvulla (esim. Levlin 1986, Kärkkäinen 1991). Kuitenkin vasta 1950-luvulla keksittiin koivun kuidutukseen sopiva sulfaattikeittomenetelmä. Käyttö kasvoi tämän jälkeen tasaisesti saavuttaen 4 milj. m³/a 1970-luvun puolivälissä. Taito käyttää koivua merkittäviä määriä paino- ja kirjoituspaperien valmistuksessa on 1980-luvun loppupuolelta lähtien lisännyt koivukuitupuun kysyntää huomattavasti. Selluteollisuus on vajaan 10 milj. m³:n käyttömäärällä suurin koivun kuluttaja (Sevola 1996).

Koivupienpuuta on käytetty myös *lastu- ja kuitulevyteollisuudessa* (esim. Liiri 1960, Kärkkäinen 1991). Näiden teollisuuden alojen raaka-aine on nykyisin lähes pelkästään sahojen ja vaneritehtaiden jätepuuta. Koivua käytetään vanerihakkeen muodossa.

Teollisuuden kotimaisen pyöreän puun käytöstä on ollut vuodesta 1975 lähtien lehtipuuta 14 %, kun lehtipuun osuus puuvaroista on ollut vastaavasti 18 % (taulukko 3). Vaneriteollisuus on tosin potentiaalinen vaikeaa kuin koivutukkipuuta, mutta tämä ei ole johtunut niinkään niukoista tukkivaroista kuin vaikeuksista saada tukkia markkinoille. Selluteollisuus on vastaavasti tyydyttänyt kasvavan osuuden koivun tarpeestaan tuonnilla, joka kattaa nykyisin jo yli puolet kaiken koivukuitupuun käytöstä. Kokonaisuutena kaikenkoinen koivupuusto on ollut vajaakäytössä, joskin alueellisiakin eroja esiintyy.

Taulukko 3. Kotimaisen pyöreän lehtipuun käyttö (A, milj. m³/a) ja osuus kotimaisen pyöreän puun kokonaiskäytöstä (B, %) teollisuusaloittain eri viisivuotiskausina vuodesta 1975 lähtien (Verkasalo 1998a).

Kausi	Vaneri		Saha		Puumassa		Lastu- ja kuitulevy		Yhteensä	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1975-79	1,15	68,0	0,15	1,0	2,75	16,5	0,18	47,1	4,23	12,5
1980-84	1,44	68,5	0,24	1,3	4,05	20,0	0,15	45,7	5,88	14,3
1985-89	1,33	63,0	0,22	1,3	5,24	21,7	0,02	90	6,81	15,3
1990-95	1,01	53,3	0,22	1,2	5,00	20,4	0,02	90	6,25	13,8

2.3 Metsätase ja hakkuumahdollisuudet

Taulukossa 4 on esitetty koko lehtipuuston kasvu, poistuma ja metsätase Etelä- ja Pohjois-Suomessa ja koko maassa vuosina 1950-94. Koivun osuudeksi kasvusta voidaan olettaa 85-90 % ja poistumasta 90-95 % (Louna ja Valkonen 1995, Sevela 1996).

Lehtipuuston kasvu pysyi Etelä-Suomessa osapuilleen vakiotasolla ja pieni Pohjois-Suomessa 1970-luvun alkuun asti. Tämä johtui ilmeisesti tietoisesta lehtipuun vähentämisestä. Tätä vaikutusta kuitenkin lievensi 1960-luvulla kiihdytetty metsänparannus. Tämä on suurimpana syynä myös myöhempään kasvun lisääntymiseen, Etelä-Suomessa kaikkiaan 3,4 miljoonalla ja Pohjois-Suomessa 1,4 miljoonalla kuutiometrillä vuodessa. Kasvun lisäys tapahtui valtaosin 1970-luvulla. Tätä seuranneiden 15 vuoden aikana kasvu on lisääntynyt edelleen Etelä-Suomessa. Pohjois-Suomessa se on kuitenkin pysynyt vakiotasolla, mikä johtuu lähinnä koivikoiden vanhenemisesta ja metsänparannuksen vähentymisestä.

Lehtipuuston poistuma vastaavasti kasvoi Etelä-Suomessa 1960-luvun loppuun, mitä seuranneen 10 vuoden aikana se aleni jyrkästi 7 miljoonalla kuutiometrillä vuodessa. Syynä oli polttopuun kysynnän voimakas väheneminen. Tämän jälkeen poistuma kasvoi kuitupuun kysynnän kasvaessa 10 vuoden ajan 0,5 milj. m³/a kääntyäkseen jälleen laskuun 1990-luvun alkupuolen lamavuosina. Pohjois-Suomessa poistuma kasvoi lievästi 1970-luvun puoliväliin asti, aleni sen jälkeen jyrkästi yhdellä viisivuotiskaudella ja on jälleen kasvanut tämän jälkeen.

Kasvun ja poistuman erotuksena muodostuva metsätase on ollut lehtipuustolla selvästi negatiivinen 1970-luvun puoliväliin asti ja vielä edellistä selvemmin positiivinen tämän jälkeen. Lehtipuusto väheni 1970-luvun puoliväliin asti Etelä-Suomessa keskimäärin 3,7 milj. m³/a ja Pohjois-Suomessa keskimäärin 0,2 milj. m³/a. Tämän jälkeen lehtipuutarat ovat kasvaneet Etelä-Suomessa keskimäärin 3,9 milj. m³/a ja Pohjois-Suomessa 1,2 milj. m³/a. Tälläkin perusteella arvioiden on selvästi siirrytty lehtipuun hakkuumahdollisuuksien vähenemisen aikakaudesta niiden kasvun aikakauteen.

Taulukko 4. Lehtipuuston kasvu, poistuma ja metsätase Etelä- ja Pohjois-Suomessa ja koko maassa 1950-94 (Sevola 1996).

Kausi	Etelä-Suomi			Pohjois-Suomi			Koko maa		
	Kasvu	Pois- tuma	Metsä- tase	Kasvu	Pois- tuma	Metsä- tase	Kasvu	Pois- tuma	Metsä- tase
	Milj. m ³ /a								
1950-54	10,0	3,0	13,0	12,9	+0,1
1955-59	9,6	12,5	-2,9	2,8	2,5	+0,3	12,4	15,0	-2,6
1960-64	9,6	13,4	-3,8	2,6	2,6	+0	12,2	15,9	-2,7
1965-69	9,6	15,1	-5,5	2,4	2,9	-0,5	12,0	18,0	-6,0
1970-74	9,8	12,3	-2,5	2,6	3,0	-0,4	12,4	15,3	-2,9
1975-79	12,2	8,1	+4,1	3,2	2,2	+1,0	15,4	10,3	+5,1
1980-84	12,4	8,9	+3,5	3,8	2,2	+1,6	16,2	11,1	+5,1
1985-89	12,7	9,4	+3,3	3,8	2,7	+0,9	16,5	12,1	+3,4
1990-94	13,0	8,6	+4,4	3,8	2,4	+1,2	16,8	11,0	+5,8

Todellisten hakkuumahdollisuuksien arvioinnissa on otettava huomioon lukuisia rajoitteita. Metsäntutkimuslaitoksen MELA-ryhmä (suull.) on laskenut puutavaralajeittaiset hakkuumahdollisuudet 50-vuotiskaudelle 1996-2045, mikä on edelleen jaettu viiteen kymmenvuotiskauteen. Laskelmat perustuvat lineaariseen optimointiin, jossa tavoitefunktiona on nettotulojen nykyarvon maksimi valitulla korkokannalla ja rajoitteilla (Siitonen ym. 1996).

Taulukossa 5 on esitetty tulokset koivutukin ja -kuitupuun sekä kaiken koivupuutavaran osalta laskelmavaihtoehtoilla hakkuumahto ja suurin kestävä hakkuusuunnite, joita vertaillaan vuosien 1990-95 keskimääräiseen kotimaiseen ja kaiken koivun käyttöön. Hakkuumahdossa esitetään hakattavaksi kaikki sovelletujen metsänkäsittelysuositusten mukaan hakattavissa olevat kohteet, jotka eivät täytä edelleen kasvattamisen ehdoksi asetettua tuottovaatimusta (korkokanta 5 %). Tässä ei siis aseteta vaatimuksia toiminnan kestävyydelle tai laskentakauden loppupuustolle. Suurimmassa kestävässä hakkuusuunnitteessa otetaan huomioon puuntuotannon kestävyys laskentajakson kuluessa siten, että hakkuukertymät ja nettotulot ovat aina vähintään edellisen kymmenvuotiskauden tasolla, tukkipuukertymä pysyy koko laskentakauden vähintään ensimmäisen kymmenvuotiskauden tasolla ja puuston tuottoarvo on laskentakauden lopussa vähintään alkuhetken mukaisella tasolla (korkokanta 4 %).

Koivutukin keskimääräiset vuotuiset hakkuumahdollisuudet ovat 50 vuoden ennustekaudella hakkuumahdossa 1,9 milj. m³ ja suurimmassa kestävässä hakkuusuunnitteessa 2,1 milj. m³ (taulukko 5). Nopeimmat mahdolliset hakkuut ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella, 2,4 milj. m³/a, johtaisivat aluksi hakkuumahdollisuuksien puolittumiseen, minkä jälkeen ne kasvaisivat taas viimeisellä kymmenvuotiskaudella ennustekauden alun tasolle. Puustokestävyuden mukaiset maltilliset hakkuut ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella, 2,0 milj. m³/a, johtaisivat kaikilla seuraavilla kausilla hakkuumahtoa suurempiin hakkuumahdollisuuksiin.

Taulukko 5. Koivutukin ja -kuitupuun sekä kaiken koivupuutavaran hakkuumahdollisuudet hakkuumahdon ja suurimman kestävän hakkuusuunnitteen mukaan kymmenvuotiskausina 1996-2045 ja erotukset vuosien 1990-95 keskimääräiseen kotimaiseen (erotus 1) ja kaiken koivun (erotus 2) käyttöön (MELA-ryhmä suull.). Positiivinen erotus tarkoittaa hakattavan puutavaran ylijäämää ja negatiivinen erotus alijäämää. Polttopuun käytöstä on otettu huomioon yksi kolmasosa kuitupuuta ja kaikkea puutavaraa koskevilla arvioilla.

Kausi	Hakkuumahto			Suurin kestävä hakkuusuunnite		
	Ennuste	Erotus 1	Erotus 2	Ennuste	Erotus 1	Erotus 2
	Milj. m ³ /a					
	Koivutukki					
1996-2005	2,4	+1,2	+1,1	2,0	+0,8	+0,7
2006-2015	1,3	+0,1	+0	1,5	+0,3	+0,2
2016-2025	1,6	+0,4	+0,3	2,0	+0,8	+0,7
2026-2035	1,9	+0,7	+0,6	2,3	+1,1	+1,0
2036-2045	2,4	+1,2	+1,1	2,5	+1,3	+1,2
Keskimäärin	1,9	+0,7	+0,6	2,1	+0,9	+0,8
	Koivukuitupuu					
1996-2005	8,9	+3,0	-4,2	6,9	+1,9	-6,2
2006-2015	6,8	+0,9	-6,3	6,8	+1,8	-6,3
2016-2025	7,0	+1,1	-6,6	7,8	+2,8	-5,3
2026-2035	8,1	+2,2	-5,0	8,5	+3,5	-4,6
2036-2045	8,0	+2,1	-5,1	8,3	+3,3	-4,8
Keskimäärin	7,8	+1,9	-5,3	7,7	+2,7	-5,4
	Yhteensä					
1996-2005	11,3	+4,2	-3,1	8,9	+2,7	-5,5
2006-2015	8,1	+1,0	-6,3	8,3	+2,1	-6,1
2016-2025	8,6	+1,5	-5,8	9,8	+3,6	-4,6
2026-2035	10,0	+2,9	-4,4	10,8	+4,6	-3,6
2036-2045	10,4	+3,3	-4,0	10,8	+4,6	-3,6
Keskimäärin	9,7	+2,6	-4,7	9,8	+3,6	-4,6

Kummassakin laskelmavaihtoehdossa on mahdollista lisätä koivutukin hakkuita 50 vuoden ennustekaudella 1990-luvun alkupuolen tasosta, hakkuumahdossa keskimäärin 0,7 milj. m³/a ja suurimmassa kestävässä hakkuusuunnitteessa 0,9 milj. m³/a, kun vertailukohtana on kotimaisen puun käyttö (taulukko 5). Koivutukin verraten vähäinen tuonti huomioon ottaenkin kotimaisen puun käytön lisäysmahdollisuudet ovat lähes edellä mainitulla tasolla. Hakkuita on mahdollista lisätä kaikilla kymmenvuotiskausilla, eniten ensimmäisellä ja viimeisellä kaudella, enimmillään hakkuumahdossa 1,2 ja suurimmassa kestävässä hakkuusuunnitteessa 1,3 miljoonalla kuutiometrillä vuodessa.

3 Koivun merkitys saha-, huonekalu- ja puusepänteollisuudelle

3.1 Sahateollisuus

Lehtipuiden sahaukseen on erikoistunut Suomessa muutamia pienehköjä Teollisuustilaston (1998) piiriin kuuluvia sahoja ja joukko sen ulkopuolelle jääviä pien-sahoja. Niiden osuudet sahatavaran tuotannosta olivat vastaavasti 37 % ja 63 % vuonna 1993 (Saimovaara 1994). Koivun osuus piensahojen puunkäytöstä oli v. 1990 vain 6 % ja muiden lehtipuiden osuus 1 % (Pajuoja ja Suihkonen 1994). - Teollisuustilastossa (1998) on tiedot sahoista, joissa työskentelee vähintään viisi henkilöä tai joiden vuotuinen liikevaihto on yli 3,5 milj. mk. Raakapuuta ne käyttävät yli 10 000 m³/a.

Koivun sahaus on keskittynyt Järvi-Suomeen. Tunnettuja koivusahoja on mm. Haukivuoressa, Hirvensalmella, Juvassa, Lahdessa, Rääkkylässä, Sysmässä ja Viitasaarella, joilla harjoitetaan pitkälti lopputuotelähtöistä erikoistuotantoa. Suurin osa koivusahatavarasta on mennyt puusepän- ja erityisesti huonekaluteollisuudelle, jossa lähinnä muoti on määrännyt puulajien suosion (Kärkkäinen 1991, Isomäki ja Leppänen 1992, Kataikko 1996, Aalto edisti... 1998, Aalto-huonekaluja tehdään... 1998). Myös parkettiteollisuus on huomattava erikoismit-taisen koivusahatavaran käyttäjä (esim. Elowsson 1989, Junckers Industrier - ... 1992, Parketille on tungosta 1997, Verkasalo ja Paukkonen 1997). Näissä käyt-tömuodoissa trooppinen lehtipuu tuli vakavaksi kilpailijaksi koivulle 1980-luvulla, mm. Indonesian ja Malesian keruing koivua neljännessä alhaisemman hintansa ansiosta (Koivua vientiin... 1988, Vilkon jalostaa... 1997). Tällä vuosikymmenellä ympäristökeskustelu on kääntänyt kilpailuasetelmaa toiseen suuntaan. Euroopassa puusepän- ja huonekalukoivun lähin kilpailija on pyökki.

Rakennuspuuksi koivusahatavaraa ei ole suositeltu sen painavuuden, painoon nähden alhaisen vetolujuuden, mittapysyvyyso Ongelmien ja ulkokäytössä heikon lahonkestävyyden vuoksi (Vesterinen 1956, Kärkkäinen 1984, Kucera 1980, 1983, 1984, Kucera ja Myhra 1996). Toisaalta koivua on kokeiltu Norjassa liimapuukannatteissa eräissä suurissa jännevälejä vaativissa rakennuksissa (Kucera suull.) ja Pohjois-Amerikassa rakennusten runkotolppina (Erickson ym. 1986, Larson ym. 1986, Verkasalo 1990a).

Suuri osa suomalaisesta koivusahatavarasta menee vientiin. Osuus vaihtelee kuitenkin huomattavasti sahoittain riippuen omistussuhteista (itsenäinen vai osa kotimaista puusepän- tai huonekaluteollisuuskonsernia) ja loppukäytöstä. Esim. Vilkon Oy vie noin neljänneksen tuotannostaan (Peltoranta suull.) mutta yksityinen Hakkaraisen saha Viitasaarelta peräti 70 % (Koivua vientiin ... 1988). Koivusahatavaran päävientimaaat ovat Ruotsi, Iso-Britannia ja Saksa. - Koivusahatavaraa tuotiin 4400 m³ v. 1993, mutta vuoteen 1987 asti tuontia oli tuskin lainkaan (Louna ja Valkonen 1995).

3.2 Huonekalu- ja puusepänteollisuus

Tilastokeskuksen toimialaluokituksen TOL 1995 mukaan huonekaluteollisuuteen luetaan irto-huonekalujen valmistuksen lisäksi kiintokalusteet, jotka käsittävät kiinteästi asennettavat esim. toimisto- ja keittiökaluusteet (Aravuo 1994, Oittinen 1996). Toimialana huonekalujen valmistus koostuu viidestä alatoimialasta: 1) tuolit ja istuimet, 2) muut toimisto- ja myymäläkalusteet, 3) muut keittiökaluusteet, 4) muut huonekalut, 5) patjat.

Huonekaluteollisuuden laajuudesta on julkaistu monenlaisia tilastotietoja, jotka poikkeavat toisistaan alan rajauksen mukaan. Oittisen (1996) mukaan alalla toimii yhteensä 1400 yritystä. Yrityksistä 75 % työllistää alle 5 henkilöä ja yli 500 henkeä työllistäviä suuryrityksiä on vain kolme (Mäki 1995). Rosendahlin (1995) mukaan Suomessa on vain noin 550 huonekaluja valmistavaa yritystä, jotka työllistävät yhteensä 11 000 ja keskimäärin 20 henkilöä. Oittisen (1996) mukaan alalta on poistunut yli 4000 työpaikkaa vuoden 1990 jälkeen: ala työllisti enää 8600 henkilöä ja sen osuus teollisista työpaikoista oli vajaan 3,5 % vuonna 1995. Yritys- ja toimipaikkarekisterin (1999) mukaan vuonna 1997 Suomessa oli 1585 huonekalujen valmistuksen toimipaikkaa, joiden henkilöstö on 10 712 henkeä, liikevaihto 5,0 mrd. mk/a ja liikevaihto henkeä kohti 470 000 mk/a.

Suomen huonekaluteollisuus on kansainvälisesti ottaen suhteellisen keskittynyttä (Oittinen 1996). Selvästi suurimmat valmistajat ovat kotitalouksien huonekaluissa Isku ja Asko ja toimistohuonekaluissa Martela. Näiden yhteinen osuus tuotannosta on 40 % ja viennistä 20 %. Kiintokalusteiden valmistajissa on muutamien suurten valmistajien lisäksi lukuisia pieniä, paikallisilla markkinoilla toimivia yrityksiä. Kalustemerkkejä on yhteensä noin 100. Suurimpien kiintokalusteiden valmistajien, Novartin ja Puustelli/Harjavallan, yhteinen osuus on 25-30 % ja kymmenen suurinta valmistajaa hallitsee noin 50 % markkinoista. - Koivu-huonekalujen tunnettuja valmistajia ovat esim. Kalusteliike Korhonen Oy (Kaarina), Niemen tehtaat Oy (Vammala) ja TASO 2002 Oy (Juva).

Huonekaluteollisuus on alueellisesti keskittynyttä: kaikista toimipaikoista on yli 40 % entisten Vaasan ja Hämeen läänien alueilla (Alanko 1996). Suurimmat valmistajat ovat Lahden alueella ja pienehköt, 5-30 henkeä työllistävät pääasiassa Pohjanmaalla. Huonekaluteollisuutta on sekä tuotannon bruttoarvolla että työpaikoilla mitaten selvästi eniten Hämeen läänissä ja vähiten Pohjois-Karjalan, Kuopion, Lapin ja Kymen lääneissä (Oittinen 1996).

Viennin osuus huonekalujen tuotannosta on ollut 1990-luvulla 15-35 % (Oittinen 1996). Viennin osuus on lisääntynyt koko vuosikymmenen. Venäjästä on tullut suurin huonekalujen vientimaa, seuraavina ovat perinteiset Saksa ja Ruotsi ja kasvua on myös mm. Baltian maihin ja Japaniin (Mäki 1995). Tärkeimmät vientituotteet olivat v. 1993 puuhuonekalut (36 %) ja puuistuimet (31 %). Kiintokalusteiden viennin merkitys on vähäinen (Oittinen 1996).

Huonekaluteollisuuden raaka-aineet voidaan jakaa karkeasti runkoraaka-aineisiin (massiivipuun, lastulevy, MDF-levy, muut) ja pintamateriaaleihin (kangas, nahka, viilu, melamiini, muovi, muut). Laaksosen ja Rajalan (1987) huonekalutehtaille tekemässä kyselytutkimuksessa runkoraaka-aineista oli eniten mäntyä ja tämän jälkeen eniten lastulevyä ja koivua:

Runkoraaka-aine	Osuus, %	Pintamateriaali	Osuus, %
Mänty	36,0	Kangas	35,4
Lastulevy	31,4	Viilu	22,8
Koivu	26,4	Nahka	19,6
Muut	6,2	Melamiini	13,6
		Muut	8,6
n = 417		n = 316	

Alle viiden työntekijän yrityksissä tärkeimmät runkoraaka-aineet olivat mänty (38 %) ja lastulevy (31 %). Pienissä, 5-19 työntekijän yrityksissä rakenne oli lähes samanlainen. Keskisuurissa, 20-49 työntekijän yrityksissä kuvaan tuli mukaan koivu (34 %), joskin männyllä oli tässäkin ryhmässä vahvin asema (38 %). Yli 50 työntekijän yrityksissä lastulevyn asema oli vahvin (60 %). Alueittain tarkastellen Lahden seudun yrityksissä oli merkittävin osuus lastulevyllä (40 %), kun taas Etelä-Pohjanmaalla käytettiin tämän lisäksi paljon koivua. Muualla Suomessa mänty oli eniten käytetty raaka-aine. Huonekalujen valmistuksen osuus koko puusepänteollisuuden puunkäytöstä on noin 7 % (Saimovaara 1994).

Huonekalu- ja rakennuspuusepänteollisuuden merkitystä sahatavaran ostajina kuvaa se, että ne käyttävät sahatavaran parhaimpia ja kalleimpia laatuja. Koivu on Suomen huonekaluteollisuuden peruspuulaji, jota käytetään paitsi massiivipuuna myös sorvattuina ja leikattuina viiluina ja vanerina. Huonekaluteollisuuden käyttämän sahatavaran puulajijakauma oli v. 1993 taulukon 6 mukainen. Tämän taulukon jakaumat perustuvat kaiken huonekalupuun arvioitun kokonaiskäyttöön 90 000 m³ (vrt. Saimovaara (1994) 40 000 m³ - erilainen toimialaluokitus). Muina jalostusasteina kuin sahatavaranä käytetyn puun osuus on suuri, mutta sen määrää ja varsinkin puulajijakaumaa on vaikea selvittää.

Taulukko 6. Huonekaluteollisuuden käyttämän sahatavaran puulajijakauma v. 1993 (Louna ja Valkonen 1995).

Puulaji	Tuolit	Julkiskalusteet	Keittiökäluusteet	Muut huonekalut	Kaikki
	Osuus tilavuudesta, %				
Mänty	92,3	30,3	21,5	65,4	74,1
Kuusi	2,6	0,9	1,9	5,0	4,0
Koivu	3,3	24,0	18,3	27,5	19,4
Muut kotimaiset	0,7	8,5	15,4	0,6	0,7
Pyökki	0,5	31,6	41,1	1,4	1,5
Muut ulkomaiset	0,7	4,6	1,9	1,4	0,3

Rakennuspuusepänteollisuudessa eli parketin (sisältää pohjarakenteen ja pintalamellit) sekä ovien ja ikkunoiden valmistuksessa käytetyn sahatavaran puulajijakauma oli puolestaan seuraava v. 1993 (Louna ja Valkonen 1995):

Puulaji	Parketti	Ovet ja ikkunat
	%	
Mänty	0,2	82,5
Kuusi	62,3	12,7
Koivu	5,5	1,0
Tammi, saarni, vaahtera	20,3	2,7
Pyökki	9,4	1,0
Muut puulajit	2,3	0,1
Yhteensä, 1000 m ³	50	123

Saimovaaran (1994) mukaan ovien, ikkunoiden ja kiintokalusteiden yhteinen tuotanto oli samana vuonna 130 000 m³.

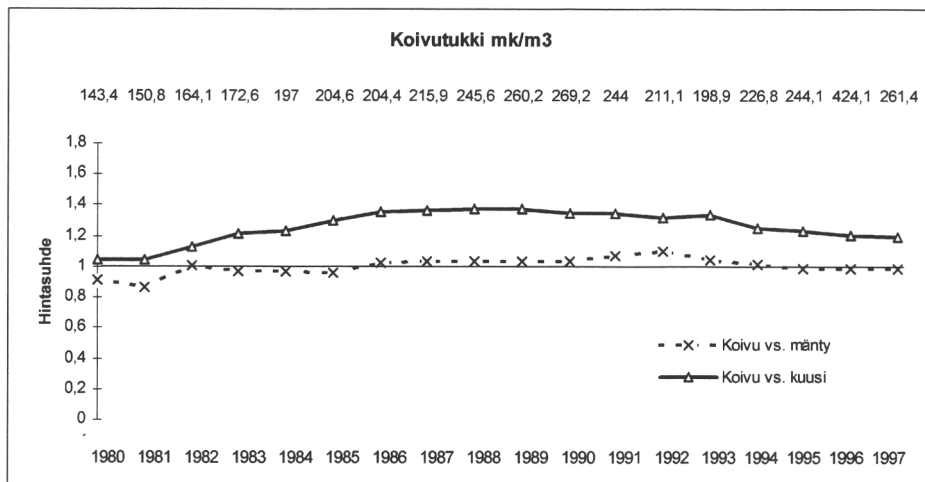
Oma erikoisuutensa huonekalu- ja puusepänteollisuudessa on visakoivu, rauduskoivun geneettinen muunnos. Sitä on eniten Hämeessä ja Karjalassa (Hämet-Ahti ym. 1989). Suuri osa visakoivusta on nykyisin viljelyrauduskoivikoissa Metsäntutkimuslaitoksen mailla. Visakoivun hakkuista tai käytöstä ei ole tilastoja; vuoden 1993 arvio oli muutamia satoja tuhansia kiloja sorvi-, oksa- ja askarteluvissaa (Louna ja Valkonen 1995). Visakoivua käytetään eniten viiluna, puukonperissä ja muissa koriste- ja käyttöesineissä, kokeiluluonteisesti myös parketissa. Huomattava osa visakoivusta menee vientiin raakapuuna, sahattuna tai viilutettuna.

Loimukoivu on lähes samassa asemassa kuin visakoivu. Tiedot sen esiintymisestä ja saatavuudesta ovat hyvin puutteelliset. Loimukoivun lajittelu erikoistarkoituksiin on harvinaista Suomessa. Sekin myydään yleensä viiluna, lähinnä Saksaan. Tietävästi lajiteltua loimukoivutukkia tuodaan pieniä määriä puusepäntäkäyttöön Ruotsista.

3.3 Käytön näkymiä

Koivun mahdollisuudet sahauskassa ja jatkojalostuksessa perustuvat sen erikoispuuominaisuuksiin. Kärjen (1997) mukaan erikoispuulajilla on seuraavia ominaisuuksia: 1) esiintyy rajoitetusti luontaisen kasvialueensa ulkopuolella, 2) omaa pienen osuuden metsäpinta-alasta ja vuotuisesta kasvusta, 3) puuaine on rakenteeltaan ja ominaisuuksiltaan poikkeavaa (esim. visaisuus, laineisuus, pahkaisuus). Erikoispuutavaralaji voi olla mitä puulajia hyvänsä, kunhan sillä on täsmennetty käyttötarkoitus, erikoisia dimensioita tai sitä käytetään vähän.

Viime vuosina mielenkiinto erikoispuuhun on lisääntynyt ennen kaikkea rakentamisessa ja kodin sisustuksessa: aiheesta on keskusteltu vilkkaasti lehdistä



Kuva 2. Koivutukin kantohinta ja sen suhde mänty- ja kuusitukin kantohintaan koko Suomessa yksityismetsien puukaupoissa vuosina 1980-1997.

ja lukuisia valtakunnallisia ja alueellisia erikoispuun käytön kehittämishankkeita on käynnistetty. Niihin on liittynyt erikoispuupörssien perustamista pienimuotoisen kaupan edistämiseksi, esim. Iisalmen seudulla, Pohjois-Karjalassa, Itä-Hämeessä, Satakunnassa, Länsi-Uusimaalla ja Ranuan seudulla.

Kärjen (1997) mukaan suurin kiinnostus erikoispuulajien käyttöön on höylääjillä sekä käyttö- ja koriste-esineiden ja puusepänteollisuuden tuotteiden valmistajille. Kiinnostuneimpia laajentamaan ja aloittamaan erikoispuulajien käyttöä ovat pienyritykset. Laadukkaasta koivusta oli kiinnostunut 12 % yrittäjistä. Haapa ja koivu miellettiin osittain toisiaan korvaaviksi puuteollisuuden raaka-aineiksi - edellyttäen että haapa on selvästi koivua halvempaa. Koivutukin hinta on noussut selvästi suhteessa mänty- ja varsinkin kuusitukkeihin 1980-luvun alussa aina vuoteen 1992 asti, minkä jälkeen kehitys on ollut lievästi päinvastaista (kuva 2). Koivutukin hinta ohitti mäntytukin vuonna 1986, mutta mäntytukki on ollut hieman koivutukkia kalliimpaa jälleen vuodesta 1995.

Mainittakoon myös erilaatuisten lehtitukkien hintasuhteet Ruotsissa vuosina 1986-87 (Ekström 1987):

Puulaji	Laatuluokka		
	A	B	C
Koivu	100	100	100
Tammi	225	175	157
Leppä	83	76	63
Vaahtera	148	124	...

Visakoivun hinta on koivuraaka-aineista korkein. Erilaiset visat hinnoiteltiin Lounan ja Valkosen (1995) mukaan seuraavasti v. 1993: oksavisa 2-10 mk/kg, sorvivisa 8-20 mk/kg ja askarteluvisa 1-2 mk/kg. Visasahatavaran vähittäishinta oli vastaavasti 25 000 mk/m³ ja viulun 100-170 mk/m² eli 140 000 - 240 000 mk/m³.

Kärjen (1997) ja Pakarisen ja Turusen (1999) mukaan varsinkin suurten huonekalualan markkinaosaajien toimintatapaa ohjaa pyrkimys irrottautua jalostusketjun alkupäästä ja keskittyä valmiiden komponenttien ja aihoiden käyttöön. Suuret huonekalujen valmistajat, jotka hallitsevat myös suuria huonekalujen jälleenmyyntiketjuja, ovat tyypillisesti tällaisia. Jotkut ovat hakeneet julkisesti alihankkijoita, myös halvan kustannustason maista. Aikaisemmin koivua korvattiin haavalla näkymättömissä paikoissa. Nykyisin tavoitteena on saada hintakilpailuetua haapa- ja leppäsahatavaran käytöllä koivun sijasta, koska koivusta on pulaa ja sen suhteellinen hinta on kohonnut. Suurten myyntiketjujen asema huonekalukaupan ketjussa on hallitseva, joten näiden sisäänostajat ovat avainasemassa tuotepreferenssien määräytymisessä (Lahti 1991).

Huonekalujen valmistuksessa massiivipuuta on korvattu erilaisilla levyillä (lastulevy, MDF). Myös suurilla huonekalujen valmistajilla oli ennen omaa sahausta, jopa useita sahoja, kun itsenäiset sahayrittäjät eivät saaneet koivua. Sahaus on siirtynyt alihankkijoille, jolloin myös puun laatuongelmat ovat siirtyneet huonekalutehtailta heille. Huonekalutehtaiden mielestä yksi ongelma on se, että sahat tekevät perinteisesti sitä, mikä on ollut helppoa ja tuttua, jolloin erikoismittoja ja -kuivauksia on vaikea saada toteutetuksi (mittatarkkuus, väri, muotovirheet) (Kärki 1997).

Koivun käytön ennusteista ei ole julkaistu kattavia selvityksiä, joten asiasta voidaan esittää vain karkeita arvioita. Maailman kaiken lehtisahatavaran tuotanto kasvoi UN-ECE:n (1996) mukaan 1990-luvun alkuun asti, jonka jälkeen tuotanto on kääntynyt laskuun. Vuosituotanto on laskenut 1990-luvulla lähes 20 %. Vuoden 1994 tuotanto oli 109 milj. m³. Lähes puolet tuotannosta tuli Aasiasta ja vajaa viidennes Pohjois-Amerikasta. Euroopassa ja Etelä-Amerikassa tuotettiin yhteensä hieman yli viidennes, Afrikassa ja Venäjällä kummassakin runsaat viisi prosenttia. Lehtisahatavaran suurimmat tuottajamaat ovat USA, Kiina, Indonesia, Malesia ja Venäjä (Tikka 1997).

Aasia on vajaan 40 prosentin osuudellaan selvästi merkittävin lehtisahatavaraa vievä alue, 6,5 milj. m³ vuonna 1994. Euroopan ja Pohjois-Amerikan maista vietiin molemmista samana vuonna yli 3 milj. m³, Afrikan ja Etelä-Amerikan maista vastaavasti yli miljoona kuutiometriä. Malesia on suurin yksittäinen viejämaa, muita suurehkoja aasialaisia viejiä ovat Indonesia, Kiina ja Singapore. Viejämaita ovat Etelä-Amerikassa Brasilia, Bolivia ja Chile, Afrikassa mm. Kamerun, Norsunluurannikko ja Ghana. Vientiä on myös Australiasta ja Uudesta Seelannista. Euroopan suurimmat lehtisahatavaran viejämaat olivat samana vuonna Ranska, Kroatia, Saksa ja Romania (Tikka 1997).

Luvussa 2.3 esitetyn mukaisesti koivuvarat mahdollistaisivat tukin käytön huomattavan lisäämisen. Koivutukin saatavuus on sen sijaan ollut ajoittain suuri

ongelma sekä vaneritehtaille että sahoille. Tätä osoittaa myös se, että käytännöllisesti katsoen kaikki merkittävät koivua mekaanisesti jalostavat teollisuuslaitokset käyttävät kotimaisen koivun lisäksi enemmän tai vähemmän tuontikoivua (luku 3.1). Tämä on erityisen ilmeistä koivun mekaanisen jalostuksen tärkeimmällä alueella Itä-Suomessa.

Yleinen näkemys olemassa olevassa koivuteollisuudessa on, että koivutukin käyttö voitaisiin säilyttää nykyisellä tasolla, mutta kasvun varaa ei olisi. Istutusrauduskoivikoiden odotetaan tuovan huomattavaa helpotusta viimeistään 2010-luvulla, jolloin kotimaisella istutuskoivulla on esim. kaavailtu tyydyttävän kolmannes vanerikoivun nykykäytön mukaisesta tarpeesta (Verkasalo 1997a,b). Istutuskoivu on epäilemättä kelvollista raaka-ainetta myös sahaukseen ja jatkojalostukseen. Tuotantotekniikan ja tuotteiden kehittyessä saattaa nykyajattelun mukaisesti kuitupuuna pidettävän, jopa 10 cm:n koivun käyttö olla myös varteenotettava mahdollisuus (luku 2.2). Järeällekin koivulla ei ole merkittävää mekaanista käyttöä kaikilla alueilla, esim. Keski- ja Pohjois-Pohjanmaalla, Kainuussa ja Satakunnassa.

Metsätalouden kannalta koivun käytön monipuolistuminen on toivottavaa. Luvussa 1 on mainittu muutamia mahdollisuuksia, joiden suuntaan sahausta ja jatkojalostusta voitaisiin kehittää metsien rakenne, raaka-aineen ominaisuudet ja markkinanäkymät huomioon ottaen (ks. myös Verkasalo 1998a). Perusteluina ovat mm. sekametsien ja ojitettujen turvemaiden koivun sekä koivupikkutukin nykyistä tehokkaampi hyödyntäminen, metsänkuvan mahdollinen muuttuminen tulevaisuudessa nykyistä koivuisemmaksi mm. metsänkasvatuksen voimaperäisyyden ilmeisen vähenemisen sekä mahdollisen ilmaston lämpenemisen koivua Etelä-Suomessa yleistävän vaikutuksen vuoksi (esim. Kellomäki 1997). Koivuvaneri suhteellisen vanhana tuotteena saattaa myös olla lähestymässä elinkaarensa loppupäätä (Sihvonon suull.). Tätä arviota vastaan ovat toisaalta markkinaennusteet, joiden mukaan vanerituotteet olisivat 2000-luvun alussa ainoa mekaanisen puunjalostuksen tuoteryhmä, jossa kysyntä olisi maailmanlaajuisesti tarjontaa suurempi (UN-ECE 1996).

Koivun sahatuotteiden suhteellisen kilpailukyvyn voidaan jatkossakin olettaa riippuvan kulloinkin vallitsevasta muodista. Tällä hetkellä ja lähitulevaisuudessa vaaleat lehtipuut ovat kysytyjä mekaanisen metsäteollisuutemme tärkeimmällä markkina-alueella Keski- ja Länsi-Euroopassa (Kärki 1997, Verkasalo 1998a, Heräjärvi 1999). Koivun vaaleus ei kuitenkaan ole itseisarvo, vaan mm. Saksassa on suosittu ja suositaan edelleen ensisijaisesti sellaisia vaaleahkoja lehtipuita kuten pyökkiä, vaahteraa ja saarnea ja USA:n länsirannikon punaleppää. Tarjonta Pohjois-Amerikasta on ollut selvässä laskussa sen jälkeen, kun tuoreen sahatavaran tuonti sieltä EU-maihin kiellettiin vuonna 1996. Koivullakaan luontainen vaaleus ei ole enää välttämättä halutuinta, mm. huonekaluja ja niiden osia kysytään esim. liitu- tai punertavanvalkoiseksi sävytettynä. Joidenkin käsitysten mukaan koivu saattaa olla jopa liiankin vaaleaa.

Huonekalu- ja puusepänkoivun menestyminen vientimarkkinoilla edellyttää jatkossa varautumista entistä kovempaan hinta- ja laatukilpailuun. Tätä korostaa huonekalupuun ja huonekalujen tarjonnan voimakas kasvu Baltian maista ja Itä-

Euroopasta jo tällä vuosikymmenellä. Trooppisten lehtipuutuotteiden tarjonta jatkaa myös kasvuaan, tietyin suojelupainevarauksin. Erityisesti Kaakkois-Aasiassa pyritään kohottamaan kaiken puuteollisuuden jalostusastetta. Myös Pohjois-Amerikan kuten myös esim. Ruotsin lehtipuutuotteiden valmistajat pyrkivät vahvistamaan asemiaan Euroopassa.

Juva ja Ahtorinne (1995) ovat selvittäneet Suomen huonekaluteollisuuden pysyviä luontaisia kilpailuetuja ja -haittoja, jotka koskevat myös koivuisten huonekalujen valmistusta. Oleellisin kilpailuetu on edelleen puuraaka-aineen olemassaolo ja läheisyys. Raaka-aineen saatavuudessa on ilmennyt todellisia ongelmia ainakin ajoittain, jolloin ne ovat johtuneet sahojen suuresta vientikysynnästä. Sahat eivät halua menettää vientiasiakkaitaan, kuten joskus on tapahtunut. Aihioetehtaat, jotka nekin usein pyrkivät pitkiin vientitoimituksiin, ovat luonnollinen väliporras jalostusketjua rationalisoitaessa ja puutavaran käyttöä optimoitaessa. Aihoiden tulisi olla vähintäänkin määrämittäisiä ja mitallistettuja tai liimapuulevyjä, parhaassa tapauksessa valmiita osia.

Jatkossa huonekaluja myydään yhä enemmän mielikuvilla sekä trendi- ja elämäntapatekijöillä. Pakarisen ja Turusen (1999) kyselutkimuksen mukaan huonekalujen ostopäätökseen vaikuttavat eniten kaluston laatu ja muotoilu. Suomalainen design-imagoo ei Juvan ja Ahtorinteen (1995) mukaan ole kilpailuetu niin puutteellisesti hoidettuna kuin on tapahtunut. Tavoitteena tulisi kuitenkin olla sellainen pysyvä tilanne, jossa ns. Finnish Furniture Design mielletään positiiviseksi tekijäksi. Kuten edellä on esitetty, koivua pidetään viennissä itse asiassa liian vaaleana huonekalupuuna. Oikein valituilla pintakäsittelymenetelmillä, höyryttämällä (timanttikoivu) tai ns. ekotummennuksella (Räuherbike, Spalted Birch) siitä voitaisiin kenties saada Saksassa ja pian muuallakin suosittu ekopuu (esim. Koivusta ekohuonekalupuu 1994).

Pysyvää kilpailuetua ei Juvan ja Ahtorinteen (1995) mukaan ole juurikaan saatavissa uusista tuotteista: ne on mahdollista kopioida, tuotesuunnittelu osataan muuallakin ja markkinointia ja asiakaskeskeisyyttä voidaan oppia. Toimintaa voidaan rationalisoida ja differentoida, mutta niin tekevät myös kilpailijat. Teknologiassa voidaan olla etulyöntiasemassa vain tilapäisesti: sitä voidaan ostaa ja siirtää, puuntyöstökoneet ja -linjat ovat kansainvälistä kauppatavaraa.

4 Koivun ominaisuuksiin mekaanisessa valmistuksessa ja käytössä vaikuttavat erityispiirteet

4.1 Koivun ominaisuudet sahauksessa ja jatkojalostuksessa

Koivun käyttöä mekaanisessa metsäteollisuudessa vaikeuttavat runkojen ja tukkien suhteellisen pieni koko sekä mutkaisuus, lenkous, haaraisuus ja/tai epäpyöreys, voimakas kapeneminen, usein suuri kuoren osuus sekä yleinen oksaisuus ja laho- ja väriviat (Heiskanen 1957, 1966, Heiskanen ja Salmi 1976, Kellomäki ja Salmi 1979, Kärkkäinen 1979, 1980, 1984, Salmi 1987a, Verkasalo 1990b, 1997a,b, Paukkonen 1998). Taulukoissa 7 ja 8 on esitetty eri tutkimuksissa saatuja tuloksia raudus- ja hieskoivun tukkipuiden ja tukkien keskimääräisistä mitoista (ks. myös kuvat 3-7).

Koivurunkojen vikojen yhteisvaikutukset näkyvät selvimmin mekaaniseen jalostukseen kelvollisten tai kelpaamattomien runkojen ja rungonosien osuuksissa ja erityisesti tukkivähennyksessä eli tukin mittavaatimusten ja mitta- ja laatuvaatimusten perusteella mahdollisen tukkiosan tilavuuden erotuksessa.

Taulukko 7. Kirjallisuustuloksia tukkipuiksi soveltuvien, luontaisesti syntyneiden koivujen keskimääräisestä koosta Suomessa.

Tutkimus	Alue	Koivulaji	Kasvupaikka-luokka	Havaintoja, kpl	Keskimääräinen rinnankorkeusläpimitta, cm
Heiskanen 1957	Itä- ja Etelä-Suomi	Raudus	MT-OMT	Useita satoja	27,9
		Hies	Viljavat turvemaat	100-200	23,5
			MT-OMT	Useita satoja	23,7
			Viljavat turvemaat	Satoja	19,8
Kohmo 1984	Etelä-Suomen metsälautakunnat	Raudus	Kaikki yhteensä (7. VMI)	Tuhansia	28,5 ¹
		Hies	Kaikki yhteensä (7. VMI)	Tuhansia	25,1 ¹
Verkasalo 1990b	Päijänteen alue	Raudus	MT-OMT	67	24,7
		Hies	Ruohoiset turvemaat	51	23,7
			MT	43	22,2
Verkasalo 1997a,b	Keski- ja Pohjois-Pohjanmaa	Raudus	VT+ - MT	112	24,5
			Ruohoiset ja mustikka-suursaraiset turvemaat	32	22,8
		Hies	VT+ - MT	80	23,9
			Ruohoiset ja mustikka-suursaraiset turvemaat	204	21,8
Paukkonen 1998	Pohjois-Karjala	Raudus	VT-MT	80	29,9

¹ Painotettu tukkitilavuudella

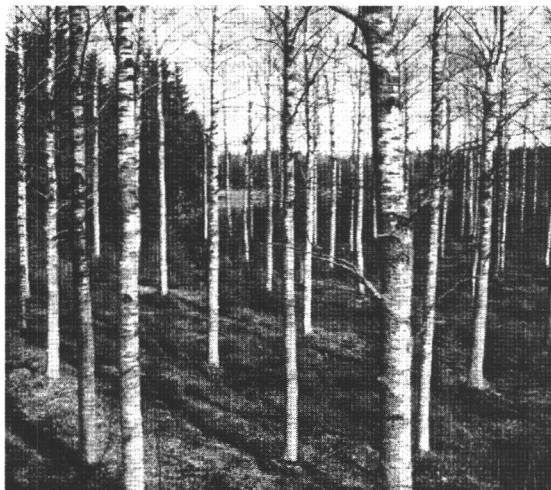
Taulukko 8. Kirjallisuustuloksia koivuvaneritukkien keskimääräisestä koosta Suomessa.

Tutkimus	Alue	Koivulaji ja kasvupaikka-luokka	Havain-toja, kpl	Latvaläpi-mitta kuori-neen, cm	Tilavuus kuorineen	
					Kokonaan, dm ³	Pituus-yksikköä kohti, dm ³ /m
Heiskanen ja Saikku 1976	Vaneritehtaas Suomessa	Kaikki yhteensä	2492	19,1	226	41,5
Heiskanen ja Salmi 1976	Vaneritehtaas Suomessa	Kaikki yhteensä	3486	19,9	197	38,9
Kärkkäinen 1979	Etelä- ja Keski-Suomi	Kaikki yhteensä	841	21,0	221	43,6
Verkasalo 1987a,b	Keski-Pohjanmaa	Hies, MT	48	21,1	180	44,7
		Hies, ruohoinen turvemaa	72	20,0	167	36,7
	Päijänteen alue	Raudus, MT-OMT	107	22,5	244	55,8
Verkasalo 1990b	Päijänteen alue	Raudus, MT	143	22,2	212	48,9
		Hies, MT	50	19,9	178	38,5
		Hies, ruohoinen turvemaa	67	21,4	214	48,0

Parhaat yleistyksiset koivutukkipuiden vikojen yleisyydestä ja vaikutuksista voidaan tehdä Heiskanen (1957) Itä- ja Etelä-Suomessa ja Verkasalon (1997a,b) Keski- ja Pohjois-Pohjanmaalla tekemien tutkimusten perusteella.

Heiskanen (1957) erotti toisistaan latvan laatuvähennyksin vaneritukin vähimmäislatvaläpimittaan asti eli ns. täysin kelpaavat, tyvettävät ja leikottavat sekä hylättävät tukkirungot. Täysin kelpavia oli tukkipuun kokoisista hieskoivuista kasvupaikasta riippuen 52-65 % ja rauduskoivuista vastaavasti 59-76 %. Verkasalolla (1997b) täysin kelpavia runkoja oli hieskoivuista 4-12 %-yksikköä vähemmän ja rauduskoivuista turvemilla 30 %-yksikköä enemmän ja kivennäismailla 12 %-yksikköä vähemmän kuin Heiskasella (1957).

Koivutukkipuiden tyveykset johtuvat mutkista, lenkoudesta, koroista, lahos-ta, oksista tai pintahalkeamista kasvupaikasta riippuen (Aro 1935, Salo 1954, 1955, Heiskanen 1957, Verkasalo 1997b). Myös leikkojen yleisimmät syyt ovat mutkat, lenkous, oksat, korot ja haarat (Heiskanen 1957, Verkasalo 1997b). Hylättäviä tukkirunkoja oli Heiskasella (1957) Itä- ja Etelä-Suomen hieskoivuista 15 % ja rauduskoivuista turvemilla 14 % ja kivennäismailla 5 %, kun niitä oli Verkasalolla (1997b) Pohjanmaan hieskoivuista turvemilla nelinkertaisesti ja kivennäismailla 1,5-kertaisesti ja rauduskoivulla vastaavasti turvemilla hieman vähemmän mutta kivennäismailla nelinkertaisesti. Erityisen paljon hylkyrunkoja on ollut harsittujen koivikoiden tukkipuukokoisissa puissa, etenkin kuivahkoilla kankailla (55 %) (Sarvas 1944). Syyt hylkäämiseen ovat samat kuin tyveyksiin ja leikkoihinkin (Sarvas 1944, Heiskanen 1957, Verkasalo 1997b), mutta tärkeimmäksi syyksi voi joissakin tapauksissa nousta laho (Sarvas 1944).



Kuva 3. Verraten laadukas hieskoivikko ruohoisella turve-
maalla Tuusulassa. Valokuva: Erkki Oksanen.

Tukkivähennyksen aiheuttavaa vikaisuutta esiintyy useimmiten hakkuilta säästyneissä yli-ikäisissä koivuissa. Koivun suuresta tukkivähennyksestä on julkaistu runsaasti tuloksia. Sen määrän on havaittu riippuvan kasvupaikasta, koivulajista sekä ikä- ja kokoluokasta (Heiskanen 1957, Koivisto 1966, 1968, Mieliäinen 1980, 1985, Verkasalo 1997b). Keskimääräisen tukkivähennyksen vaihteluväli on ollut eri tutkimuksissa 9-59 %. Tukkivähennys voi aiheuttaa koivutukkipuustolle ainakin 20 prosentin arvonalennuksen (Salo 1954). Latvavähennys johtuu koivulla useimmiten liian suuresta oksamäärästä (Heiskanen 1957) mutta myös mutkista, pystyoksista ja lahosta (Verkasalo 1997b).

Myös istutuskoivujen rungot ovat usein huonomuotoisia. Pellolla kasvaneissa 30-vuotiaissa koivikoissa on havaittu tyvimutkia ja lenkoutta sekä latvan vioittumisen aiheuttamia muotovikoja selvästi enemmän kuin samanikäisissä kivennäismaan koivuissa (Niemistö ym. 1997). Myös rungon ytimen ympäristön väriviat ovat yleisiä istutusrauduskoivuilla (Hallaksela ja Niemistö 1998). Nuorilla puilla (18-30 a) värivika oli vielä kovaa, halkaisijaltaan yleensä alle 4 cm ja ulottui 3-6 m:n korkeuteen. Tämäkin aiheuttaa jo haittaa sahakoivussa. Värivian todennäköisenä alkusyynä Hallaksela ja Niemistö (1998) pitivät kuori- ja oksavioituksia. Bakteerien ja sienten määrä oli selvästi suurempi värjäytyneessä kuin normaalissa puuaineessa. Varsinaisia lahottajia ei vielä tässä vaiheessa puuaineessa esiintynyt, vaikkakin kuudessa prosentissa näytepuita havaittiin alkavaa lahoa.

Koivulajin, syntytyvan, kasvupaikan, maantieteellisen sijainnin yms. tekijöiden lisäksi on esitetty, että koivun tuohi indikoi sisäistä laatua (Warjus 1946). Tällä perusteella on eroteltu paremmuusjärjestyksessä harmaa- eli korpikoivu, helvekoivu, viitakoivu ja kaskikoivu.



Kuva 4. Kaskimaalle syntynyt järeä ja laadukas rauduskoivikko lehtomaisella kankaalla Kontiolahdella. Valokuva: Erkki Oksanen.

Rauduskoivun on yleisesti havaittu muodostavan keskimäärin enemmän puuainesta kuin hieskoivun ja rauduskoivu on kasvanut sekä luonnonsyntyisenä (Warjus 1946, Lehonkoski 1949, Koivisto 1958a,b, 1959, Fries 1964, Braastad 1966, 1968, Mielikäinen 1980, 1985, Frivold 1982, Langhammer 1982) että istutettuna (Erken 1972, Raulo 1981) hiestä suuremmaksi sekä suorarunkoisemmaksi (Kujala 1946, Sarvas 1949, 1951, Heiskanen 1957, Verkasalo 1997a,b; vrt. Borg 1926). Edellä mainituista poiketen Mielikäinen (1985) havaitsi tyvitukkiosan mutkaisuuden, rungon haaraisuuden ja lahoisuuden olevan yleisempiä rauduskoivun hieskoivulla, kun taas latvamutkaisuuden ja oksaisuuden suhteen erot olivat päinvastaiset. Kuvissa 3 ja 4 on esimerkit verraten laadukkaista, saha- ja vaneriteollisuuden raaka-aineeksi soveltuvista hies- ja rauduskoivikoista.

Lenkoudesta ja mutkaisuudesta johtuen koivussa esiintyy yleisesti sahausta ja työstöä vaikeuttavaa vetopuuta, mutkaisena pidetyssä hieskoivussa jopa 20-35 % (Ollinmaa 1956). Vetopuu erottuu normaalista puuaineesta halkaisupinnaltaan nukkaisena, poikkileikkauspinnaltaan vaaleampana, silkinkiiltoisena, tiiviinä ja kovana.

Koivu karsiutuu helposti tyveltä, mutta rungon yläosassa oksien runsaus, ryhmittyneisyys ja paksuus sekä oksien lahoalttius ovat hankalia piirteitä nimenomaan luonnonkoivuilla (Heiskanen 1957, Verkasalo 1997a,b). Selvien ulkoisten oksikkuusvyöhykkeiden puuttuminen rungon pituuden ja säteen suunnassa vaikeuttaa sisäisen oksikkuuden päättelyä ja täten mm. laatuluokittelua ja apteerausta. Ongelmallista on myös kuolleiden oksien runsas esiintyminen elävän latvuksen sisällä (Verkasalo 1997b). Laatua alentavat silti eniten elävän latvuksen alapuolella olevat kuolleet oksat, jotka helposti lahoavat ja levittävät lahoa runkoon (Appelroth 1946, 1949). Koivu onkin myös pystypuuna hyvin altis runkolaholle

(esim. Sarvas 1944, Verkasalo 1997a,b). Selviä runkolahoa indikoivia tekijöitä ovat yli-ikäisyys, kasvaminen paksuturpeisella suolla, myyrätuhot, pintahalkeamat ja -korot sekä lahot oksat (esim. Heikinheimo 1917, Borg 1926, Mikola 1942, Heiskanen 1957, Verkasalo 1997a,b). Fermin (1990) tutkimuksessa nuorista vesakoivuista 54 % oli tyvestään lahoja, mutta vain 25 % tapauksista laho oli levinnyt kannosta vesaan eli johtui nimenomaan vesasyntyisyydestä. Myöskään Verkasalon (1997a,b) tulokset eivät suoraan tukeneet käsitystä vesasyntyisyyden ja lahoalttiuden yhteydestä.

Koivun yleiset ominaisuudet määrittelevät pitkälti sen käyttökelpoisuuden myös saha- ja huonekalupuuna. Tuotteen saantoon ja laatuun vaikuttavat tekijät ovat koivua käyttävässä sahateollisuudessa pääosin samat kuin viiluttavassa teollisuudessa (Lappi-Seppälä 1933, Puutekniikan... 1937, Enarvi 1939, Jalava 1957, Olavinen 1964, Heiskanen 1966, Kärkkäinen 1978a,b, Juvonen ja Kariniemi 1984; ks. myös Tuompo 1988a,b, Verkasalo 1987a,b, 1990a, 1997a, Koponen 1995). Teollisuudenalojen välillä on kuitenkin neljä oleellista eroa raaka-aineen ja tuotteen riippuvuussuhteissa:

1) Kun normaalipituudeltaan 3,1-7,0 m:n vaneritukit katkotaan 1,3-1,6 m:n sorvipölkkyiksi, lenkouden ja mutkien vaikutus saantoon pienenee tukkina sahaukseen verrattuna - edellyttäen että tukit on apteerattu sopivasti ja katkonta tehty oikein. Näin ollen vaneritukin ja -pölkyn laatua on arvosteltava erillään toisistaan. Sahakoivut katkotaan metsässä usein vaneritukkien pituuksille. Varsinkin piensahat käyttävät kuitenkin myös 2-3 m:n tukkipituuksia laadukkaimpien rungon osien hyödyntämiseksi. Toinen mahdollisuus on katkoa pitkät tukit apteerausta mukailien lyhyiksi sahan varastolla. Pölkyt ovat koivun sahauksessa joka tapauksessa pitempiä kuin sorvauksessa.

2) Ulkoviati näkyvät suuremmissa osuudessa viiluarkeista kuin sahatavarakappaleista, koska viilu sorvataan pölkyn tangentin suuntaisesti ja yleensä vain 1,5 mm paksuksi. Toisaalta ytimen ympärillä oleva, lähes aina huonolaatuinen puu jää sorvauksessa purilaaseen. Sahauksessa se tulee sydäntavarakappaleeseen. Tätä ongelmaa voidaan lievittää huomattavasti sahaamalla ydinkappale pois tai käyttämällä se vaatimattomiin sahatuotteisiin. Koivun puuaineessa on ytimen läheisyydessä usein sydänhalkeamia ja aina keskimääräistä nopeakasvuisempaa puuta, nuorpuuta. Varsinaisesta nuorpuusta ja siihen yleensä liittyvästä poikkeuksellisen korkeasta pitkittäissuuntaisesta kutistumisesta ja kuivausongelmista (syrjä- ja lapevääristyminen ja kieroutuminen) ei ole erityisiä mainintoja kirjallisuudesta. Nopeakasvuista istutuskoivua ei ole edes tutkittu tässä suhteessa. Yleisesti ottaen nopeakasvuisuus ei ole laatuongelma suomalaisilla lehtipuilla, mutta puuaineen tasalaatuisuus on tärkeää.

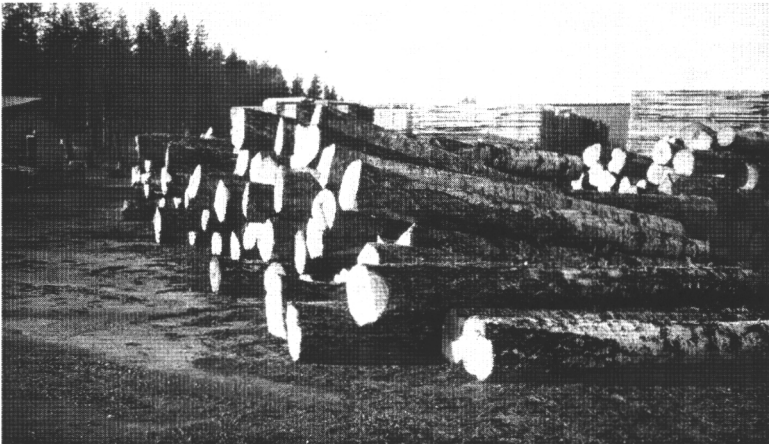
3) Vaneritukista voidaan sahatukista poiketen poistaa viallinen kohta välivähennyksenä ja purilasosan viat eivät välttämättä vaikuta tuotteen laatuun. Tässäkin on kuitenkin otettava huomioon saha-koivun lopputuotteiden yleensä lyhyet pituudet.

4) Suuret oksat voidaan paikata vanerivillussa. Täysimittaisissa saheissa näin ei ole yleensä totuttu menettelemään, mutta valmiissa aihioissa kuten liimalevyissä mustat oksat voidaan poistaa tai paikata ns. venepaikkauksella, toinen vaihtoehto on oksakohtien peittäminen kittamalla. Muuten vikakohdat voidaan korkeintaan kiertää, jolloin saanto vastaavasti heikkenee.

Kaikki koivun järeyteen ja vikaisuuteen (ks. kuvat 5-7) liittyvät varjopuolet vaikuttavat sahauksen käyttösuhteeseen negatiivisesti. Esimerkkinä eräällä kehäsa-halaitoksella särmäämätöntä sahatavarakuutiota kohti tarvitaan 2,1 m³ raaka-ainetta paksuja ja hyvälaatuisia tukkeja läpisahattaessa ja särmättyä kohti 2,75 m³,

jopa yli 3,0 m³ raaka-ainetta pienehköjä ja huonolaatuisia tukkeja nelisahattaessa (Peltoranta suull.). Tähän suuntaan vaikuttavat myös oksaisuus ja yleiset laho- ja väriviat. Ekströmin (1987) mukaan ruotsalaisten pienten ja suurten sahojen käytösuhde oli koivun sahauskassa selvästi pienempi kuin Suomessa, vain 1,77 ja 1,92. Erot johtuvat tukin tilavuuden määrittelyeroista: Suomessa todellinen kuorellinen tilavuus, Ruotsissa kuorettoman latvaläpimitan mukainen sylinteritilavuus.

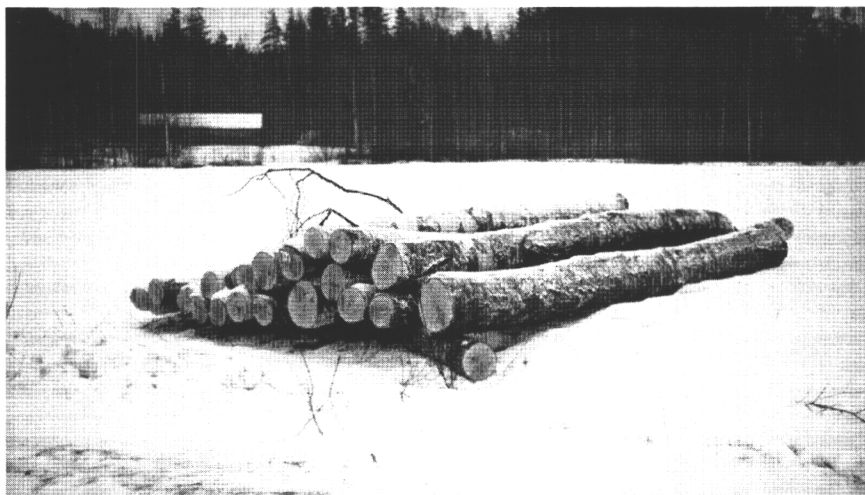
Koivuviilun ja ilmeisesti myös -sahatavaran kaupallinen laatu määräytyy käytännössä yli 90 prosentissa tapauksista oksaisuuden perusteella (Jalava 1957, Meriluoto 1965, Heiskanen 1966, Kärkkäinen 1984, 1986; ks. myös Juvonen ja Kariniemi 1984, Koponen 1995). Suurin huomio kiinnitetään tällöin lahoihin ja kuiviin oksiin. Esteettisen haitan lisäksi ne alentavat lujuutta ja pyrkivät irtoamaan kuivauksessa. Suurin haitta on pystyoksista, jotka ovat yleensä oksista suurimpia ja lisäksi säännöllisesti sydänlahon lähteenä. Vesaoksia eli runkoon adventiivisilmuista kasvaneita oksia syntyy koivuun tavallisia eli hankasilmuista syntyneitä oksia myöhemmin, joten ne aiheuttavat vikoja muutoin kenties oksatomaan pintapuuhun. Vesaoksilla näyttää olevan tietty yhteys lahon ja laho-oksien esiintymiseen (Heiskanen 1957). Oksaisuuden lisäksi laatua alentavat erilaiset esteettisiä haittoja, reikäisyyttä ja lujuuden heikentymistä aiheuttavat pintaviat ja laho-, väri- ja hyönteisviat sekä reikäisyyttä ja poikkemia suorasisyyteen aiheuttavat lenkous ja mutkaisuus (Lappi-Seppälä 1933, Lehonkoski 1937, 1949, Puutekniikan... 1937, Jalava 1938a, 1949, 1957, Koivumäki 1962, Olavinen 1964, Heiskanen 1966, Juvonen ja Kariniemi 1984, Schulman 1989, Koponen 1995; vrt. myös Sarvas 1944).



Kuva 5. Paras koivutukki saadaan viljavilta kivennäismailta: järeää, suoraa, oksatonta ja lahotonta rauduskoivun tyvitukkia. Vilkon Oy, Hirvensalmi. Valokuva: Erkki Verkasalo.



Kuva 6. Hieskoivukin voi kehittää laadukasta tyvitukkia kivennäismailla. Hirsimetsän yhteismetsä, Toholampi. Valokuva: Erkki Verkasalo.



Kuva 7. Hieskoivun laatu on yleensä vaatimatonta ojitetuilla turvemilla: pientä, mutkaista ja oksakyhmyistä tukkia. Tämä erä varttuneen suoikoivikon harvennushakkuusta on kelpuutettu vaneritukiksi mutta on jo sahauskelpoisen rajamailla. Osuuskunta Metsäliitto, Heinolan mlk. Valokuva: Erkki Verkasalo.

4.2 Sahakoivun ja koivusahatavaran laatuvaatimukset ja -luokitukset

4.2.1 Suomi

Jalava (1943) esitti ensimmäisen koosteen sahakoivun ja koivusahatavaran laatuvaatimuksista huonekaluteollisuuden tarpeita varten. Hänen mukaansa jo silloiset koivikot olivat huonolaatuisia. Käsitys vaikuttaa vahvasti liioitellulta siihen nähden, mitä koivun laadun muutoksista ajatellaan nykyisin. On muistettava, että vaneriteollisuus oli vuosisadan alussa tottunut saamaan huippulaatuista koivua.

Toisaalta Jalava (1943) arvioi huonekaluteollisuuden kykenevän käyttämään laadultaan vaatimatontakin koivua ja saamaan sellaisesta täysiarvoisia valmisteita, jos vikakohdat leikataan pois, tosin suuren jätepuumäärän kustannuksella. Kun koivuisia huonekaluja noina aikoina ei yleensä maalattu peittovärillä, mahdolliset vikakohdat jäivät näkyviin ja alensivat huomattavasti tuotteen arvoa. Tästä syystä oltiin hyvinkin tarkkoja huonekalukoivun laadun suhteen.

Jalavan (1943) arviot ovat yllättäviä nykyisiin käsityksiin nähden, joiden mukaan sahakoivun tulee olla laadultaan vähintään vanerikoivun veroista (esim. Salmi 1987a, Kuitunen suull., Koskinen suull.). Toisaalta sahatukki voi olla tuotantotekniikan ja tuotteiden dimensioiden perusteella ohuempaa ja lyhyempää kuin vaneritukki (Ekström 1987, Harinen suull.). Erityisesti oksikkuuslaadun tulee kuitenkin olla hyvää. Tärkeintä on välttää runsaasti kuolleita oksia sisältäviä rungon osia, kun taas oksaton pintapuu (Elowsson 1989) ja nykyisin myös terveoksinen, rungon sisäosista saatava puu (Harinen suull.) ovat haluttuja. Koivun sahausessa ei voida hyödyntää käyräsahausta lengoilla rungonosilla ainakaan siinä määrin kuin havupuulla, joskin sitä on tehty kehäsahauksessa. Täten muotoviivat ovat edelleen merkittävä puuhävikkä aiheuttava tekijä.

Kullakin koivusahatavaran paksuudella oli omat laatuvaatimuksensa jo 1930-luvulla, koska eri paksuuksia käytettiin eri tarkoituksiin (Jalava 1943). Korkeimmat laatuvaatimukset olivat yhden tuuman laudalla, jota käytettiin enimmäkseen vain huonekalujen näkyviin osiin. Laudan tuli olla suoraa ja kapeana siinä ei saanut olla sydänlahoa. Mikäli laudassa oli oksia, yksittäisten oksien tai oksaryhmien tuli olla niin harvassa, että niiden väliltä voitiin leikata kohtalaisen pitkiä oksattomia osia. Laudan ollessa tavallista leveämpää siinä sai olla sydänlahoakin, kunhan laudassa ei ollut syrjävääräyttä. Näiden vaatimusten vuoksi hyvien tyvitukkien pintaosat olisi aina pitänyt sahata yhden tuuman tavaraksi. Oksaisia ja mutkaisia latvatukkeja ei taas olisi saanut sahata tähän paksuuteen. Laatuvaatimukset eivät yleensä olleet kovin suuret 3/4 tuuman laudoilla, koska näitä käytettiin yleensä näkymättömiin jäävissä paikoissa ja ne leikattiin lyhyiksi kappaleiksi. Oksaiset latvatukit ja huonojen tyvitukkien pintaosat tuli sahata tähän paksuuteen.

Tuolien takajalat tehtiin tavallisimmin 1 1/4 tuuman laudoista, minkä vuoksi niissä sai olla syrjävääräyttä ja ne saivat sisältää helmioksia hajallaan. Laudan tuli kuitenkin olla leveää ja keskeltäkin lahotonta. Koivuisessa 1 1/2 tuuman laudassa sai olla sydänlahoa, kunhan pintalappeessa oli säteen suunnassa kolme tuumaa

tervettä puuta. Hajallaan sijatsevat oksat olivat tässä paksuudessa haitallisia, samoin syrjäväääryys.

Ehdottomasti tyvitukeista sahattuja tuli olla 1 3/4, 2 ja 2 1/4 tuuman lankkujen. Sydänlaho ei häirinnyt sanottavasti, jos lapepinnassa oli tervettä puuta vähintään kaksinkertaisen lankun paksuuden verran. Tämä johtui näiden paksuuksien käytöstä suurimmaksi osaksi poikkileikkaukseltaan neliön muotoisiin osiin. Syrjäväääryys oli hyvin haitallista näissä paksuuksissa. Paksut, 2 1/2 ja 3 tuuman lankut olivat laatuvaatimuksiltaan edellisten kaltaisia, joskaan syrjäväääryys ei ollut yhtä haitallista.

Koivusahatukkien kaupalliset laatuvaatimukset ovat myötäilleet vaneritukkien mitta- ja laatuvaatimuksia tai olleet hieman ankarammat 1960-luvulta lähtien (vrt. Heiskanen 1966, Schauman Wood Oy 1998). Sahakoivussa on oltu usein vaativampia läpimitan, suoruuden, lahottomuuden ja pintavikojen esiintymisen suhteen kuin vanerikoivussa, toisaalta myös pikkutukit ja paksuja terveitä oksia sisältävät tukit on saatettu hyväksyä sahaukseen (Harinen suull., Kuitunen suull.). Molemmissa käyttötarkoituksissa ylijäreys on ollut haitatekijä sahausteknisistä syistä.

Vilkon Oy on ollut usein edelläkävijänä erilaisten sahakoivua ja koivutuotteita koskevien mitta- ja laatumääritteiden laadinnassa Suomessa (Vilkonsaha... 1988, Vilkon jalostaa... 1997). Taulukossa 9 on esitetty tämän yrityksen vähimmäismitta- ja laatuvaatimukset sahatukeille ja huonekaluviulun sorvaukseen käytettäville erikoistukeille verrattuna vastaaviin, yleisesti sovellettaviin vanerikoivun vaatimuksiin.

Koivusahatukit lajitellaan Vilkon Oy:ssä kolmeen laatuluokkaan käyttötarkoituksen mukaan (Vilkon Oy 1998):

- | | |
|---------|--|
| A-tukki | Ulkopuolisesti oksaton, terve tyvi- tai välitukki, kuitenkin latvapäässä sallitaan tyvitukissa 1-2 kpl terveitä pienehköjä oksia. Latvaläpimita 18-50 cm. Käytetään ensisijaisesti huonekalu- ja puusepänsahatavaraan. |
| B-tukki | Oksainen tyvi-, väli- tai latvatukki. Latvaläpimita 18-50 cm. Käytetään ensisijaisesti liimalevysahatavaraan. |
| C-tukki | Järeä lahosydäminen tai pieni sahauskelvoton tukki. |

Vilkon Oy:n särmäämätön koivusahatavara jaetaan A- ja B-laatuihin ja niiden alaryhmiin; lisäksi tunnetaan laatuluokka sahatuottoinen (ST). A-laadussa sallitaan paremmassa lappeessa enintään yksi 30 mm:n terve oksa ja enintään yksi 15 mm:n kuiva oksa yhdellä metrillä. B-laadussa sallitaan paremmassa lappeessa ja syrjässä enintään kaksi 50 mm:n tervettä oksaa ja yksi 20 mm:n kuiva oksa yhdellä metrillä. Sekä A- että B-laaduissa sallitaan yksi oksaryhmä vähentämällä pituudesta 30 cm, jos kappale muuten täyttää ao. laatuluokan vaatimukset, ja kovaa sydänlahoa sallitaan, mikäli lahon molemmilla sivuilla on tervettä puuta vähintään 8 cm. Laatuluokkien muut määritteet ovat seuraavat (Vilkon Oy 1998):

- | | |
|----------------------|---|
| AS-laatu (sivulauta) | Paksuus 19-32 mm, sahattu A-tukeista, pääasiassa oksaton sivulauta, kuitenkin sallitaan muutamia helmioksia ja 1-2 kpl terveitä oksia latvapäässä, lahoa ei sallita. |
| A-laatu (sivulauta) | Paksuus 19-32 mm, sahattu A-tukeista, toisella lappeella sallitaan oksia ja muutamia läpioksia, lahoa ei sallita, sisältää AS-laadusta poisajiteltuja kappaleita, ei sisällä keskitavaraa, lajitellaan sahatavaran. |

Taulukko 9. Sahakoivun sekä huonekaluviulun sorvaukseen käytettävän erikoiskoivun (Vilkon Oy 1998) sekä vanerikoivun (Schauman Wood Oy 1998) vähimmäismitta- ja laatuvaatimukset.

	Sahakoivu ¹⁾	Erikoiskoivu ²⁾	Vanerikoivu ³⁾
Tukin pienin läpimitta kuorineen ohuimmalta puolelta	20 cm	24 cm	18 cm
Tukin suurin läpimitta kuorineen	65 cm	85 cm	65 cm
Tukin pituus	3,1-5,2 m	4,0-5,8 m (2,6 ja 2,8 m sallitaan, jos läpimitta vähintään 30 cm)	3,1-7,0 m
Oksien suurin paksuus ja lukumäärä - Terveet oksat - Kuivat ja lahot oksat, oksakyhmyt Poikaoksat Oksaryhmät Suurin lenkous	7 cm / Ei rajoituksia 4 cm / Ei rajoituksia Ei sallita Ei sallita 1,5 m:n matkalla puolet latvaläpimitasta	Ei sallita Ei sallita Ei sallita Ei sallita 1,5 m:n matkalla 2 cm	7 cm / Ei rajoituksia 3 cm / 5 kpl Ei sallita Ei sallita Läpimittaluokittain koko pituudella: 18-23 cm: 2 cm 24-35 cm: 4 cm 35+ cm: 5 cm
Lievät mutkat Äkkimutkat, monivääritys	Sallitaan Ei sallita	Ei sallita Ei sallita	Sallitaan Ei sallita
Pehmeä laho Kovan sydänlahon suurin läpimitta	Ei sallita 4 cm	Ei sallita Kolmannes läpimitasta	Ei sallita Kolmannes läpimitasta
Värvian suurin läpimitta, cm	4 cm	Kolmannes läpimitasta	Kolmannes läpimitasta
Pintahalkeamat Kaato- ja sydänhalkeamat	Ei sallita Ei sallita	Ei sallita Ei sallita	Ei sallita Kolmannes läpimitasta
Tuoheamat	Ei sallita	Ei sallita	0,3 m:n pituinen
Kovapohjaiset korot, umpihaavat	Ei sallita	Ei sallita	0,6 m:n pituinen yhdellä puolella, enimmäisyvyys 10 % läpimitasta
Lahopohjaiset korot Syväpoimuisuus (epäpyöreys)	Ei sallita ...	Ei sallita Ei sallita	Ei sallita ...
Vieraat esineet	Ei sallita	Ei sallita	Ei sallita

Täsmennyksiä:

- Alle 5 mm:n oksia ei lueta oksamäärään (1,2,3)
- Suureksi oksakyhmyksi luetaan sellainen, josta pinnanmyötäisesti veistettäessä paljastuu kuiva tai laho oksa (1,2,3)
- Oksien paksuus mitataan niiden tummasta osasta puun poikkisuuntaisesti (1,2,3)
- Umpihaavan tai tuoheamisviillon yhteydessä ei saa esiintyä selvää paisumaa (3)
- Oksaryhmäksi katsotaan vähintään kolme isoa oksakyhmyä ja/tai kolmen senttimetrin oksaa, jotka ovat enintään 20 cm:n pituisella rungonosalla (1,2,3)
- Kaksi maksimivikaa sisältävä rungonosa on tukiksi kelpaamaton (1,2,3)
- Tukissa sallitaan laatuvaatimukset alittavaa kohtaa enintään 1,5 m, jos laatuvaatimukset täyttävää puuta on vikakohdan molemmin puolin vähintään 1,5 m (välivähennys) (3)
- Metsurihakkuu ja normaali moottorisahakarsinta (1,2)
- Ei rasiinkaatoa eikä uittopuuta (2)

AS- ja A-laatu (sydäntavara)	Paksuus 32-75 mm, sahattu A-tukeista kahtena tai useampana kappaleena, toisella lappeella sallitaan oksia ja lahoa n. 2 cm, joka huomioidaan mittauksessa vähentämällä, sallitaan muutamia läpioksia, B- ja C-kappaleet lajitellaan pois sahatavarana.
B-laatu	Paksuus 19-75 mm, sahattu B-tukeista, sisältää myös A-laadusta poisajiteltuja kappaleita, C-kappaleet lajitellaan pois sahatavarana.
C-laatu	Paksuus 19-75 mm, lahot, kierot, värivikaiset, särkyneet ja muut kappaleet, jotka eivät täytä muiden laatuluokkien vaatimuksia.
ST-laatu	Paksuus 19-75 mm, sahattu A- ja B-tukeista, C-kappaleet lajitellaan pois sahatavarana.
Mittaus:	Paksuudet 19-32 mm mittaamalla kappaleen keskeltä kapeampi lape, paksuudet 38-75 mm ns. ristimitalla kappaleen keskeltä kapeamman ja leveämmän lappeen keskiarvona.

Luokittelua on myös täsmennetty ottamalla huomioon ulko- ja sisälape kokonaisuutena (Vilkon Oy 1998).

Sydäntavara	Yksi luokka
Pintalauta A/A	Pintalape virheetön, sydänlapeessa sallitaan vain yksittäisiä pieniä oksia ja muita vikoja
Pintalauta A/B	Pintalape virheetön, sydänlapeessa sallitaan oksia ja muita vikoja
Pintalauta B/B	Pinta- ja sydänlapeessa sallitaan oksia ja muita vikoja

Päähalkeamia sallitaan, jos ne eivät pilkottaessa pilaa kappaletta.

Vilkon Oy (1998) luokittelee koivusahatavaran myös toimituskosteuden mukaan:

- 1 Tuore
- 2 Tarhakuivattu, kosteussuhde alle 24 %
- 3 Ns. Taiwanin kosteus, kosteussuhde alle 16 %
- 4 Vientikuiva, kosteussuhde alle 12 %
- 5 Puusepätkuiva, kosteussuhde alle 8 %

Keinänen ja Tahvanainen (1995) ovat esittäneet omat suosituksensa koivutukkien ja särmäämättömän sahatavaran laatuluokituksiksi (taulukot 10 ja 11). Luokitus-ten yhteydessä ei kuitenkaan esitetä, mihin tietolähteisiin tai arvioihin ne perustuvat. Yrittäjät eivät ole pitäneet näitä luokituksia erityisen hyvin tuotteen ja raaka-aineen suhteita kuvaavina (Kärki 1997).

Lounan ja Valkosen (1995) kyselytutkimuksen mukaan teollisuussahoilla on lehtipuutukeille samankaltaisia laatuvaatimuksia kuin havutukeille. Pienyrittäjät kelpuuttavat sahattaviksi myös pienikokoisia ja huonolaatuisia tukkeja, joiden vähimmäispaksuus voi olla 14-20 cm ja vähimmäispituus 1,5-3 m.

Eräs erikoiskoivutukin käyttömahdollisuus on viulun leikkauksessa. Yritys Pohjois-Pohjanmaalla hyväksyy vähintään 18 cm paksut ja 2,0-3,4 m:n pituiset tukit, joissa on vähintään 1,5 m virheetöntä mitta- ja laatuvaatimukset täyttävää puuta (Oy Nordic... 1999). Tällä osuudella sallitaan värivikaa, kovaa lahoa tai

Taulukko 10. Koivutukin laatuluokitus Keinäsen ja Tahvanaisen (1995) mukaan.

Tukin mitat ja laatu	Laatuluokka		
	A	B	C
Tukkilaji	Oksaton tyvi- tai välitukki	Tyvi-, väli- tai latvatukki	Oksikas järeä tai pieniläpimittainen tukki
Vähimmäislatväläpimitta	25 cm	18 cm	15 cm
Pituus (0,3 m:n jaolla)	2,2-5,5 m	3,1-5,5 m	3,1-5,5 m
Katkaisutarkkuus	+3 cm	+3 cm	+3 cm
Kasvu (vuosiluston leveys)	Tasainen, saa olla nopeakasvuinen	Ei erityisvaatimuksia	Ei erityisvaatimuksia
Suurin lenkous (1,5 m:n matkalla)	2 cm	2 cm	Järeä tukki: 3 cm Pikkutukki: 2 cm
Korot	Ei sallita	Ei sallita	Ei rajoiteta
Mutkat	Ei sallita	Sallitaan lieviä	Ei rajoiteta
Oksien suurin määrä (1,5 m:n matkalla)	Ei sallita	5 kpl	6 kpl
Tuoreet oksat	Ei sallita	3 kpl / 7 cm	3 kpl / 10 cm
Kuivat oksat	Ei sallita	5 kpl / 3 cm	3 kpl / 5 cm
Lahot oksat	Ei sallita	Ei sallita	2 kpl / 5 cm
Halkeamat	Ei sallita	Ei sallita	Ei rajoiteta
Värivika	Ei sallita	Sallitaa lieviä	Sallitaan
Kovan sydänlahon suurin läpimitta	1 cm	5 cm	Puolet läpimitasta

Taulukko 11. Särämäättömän koivusahatavaran laatuluokitus Keinäsen ja Tahvanaisen (1995) mukaan.

Sahatavaran vika	Laatuluokka		
	A	B	C
Oksat			
- kokonaismäärä paremman lappeen huonoimalla metrillä	2 kpl/m	3 kpl/m	4 kpl/m
- suurin tuoreiden oksien määrä ja läpimitta	2 kpl / 7 mm	3 kpl / 50 mm	2 kpl / 80 mm
- suurin kuivien oksien määrä ja läpimitta	Ei sallita	3 kpl / 30 mm	2 kpl / 40 mm
- suurin kuoriokkien määrä ja läpimitta	Ei sallita	1 kpl / 30 mm	1 kpl / 40 mm
- suurin lahojen oksien määrä ja läpimitta	Ei sallita	Ei sallita	1 kpl / 40 mm
Muut ominaisuudet			
- Kasvu	Tasainen	Ei erityisvaatimuksia	Ei merkitystä
- Väriastian suurin pituus	Ei sallita	10 %	15 %
- Vetopuun tai syyhäiriön suurin pituus	Ei sallita	10 %	25 %
- Kovan sydänlahon suurin läpimitta	Ei sallita	2 cm	5 cm
- Hyönteisvauriot	Ei sallita	Ei sallita	Sallitaan lievästi
Huom!	Terve loimukoivu kuuluu aina A-luokkaan		
	C-luokan saheessa on oltava lahotonta aina vähimmäisleveyden verran		

halkeamia tukin sydämessä kolmannes latvaläpimitasta ja lenkoutta 4 cm, jos läpimita on vähintään 24 cm. Näitä ohuempien tukkien on oltava suorina ja kokonaan tervettä puuta. Kiellettyjä vikoja ovat kaikki oksat, korot ja umpihaavat, pintahalkeamat, äkkimutkat, monivääryys ja vieraat esineet. Kielletyt viat on tyvettävä rungoista ja kaksi maksimivikaa sisältävä runko tai rungon osa on viilupuuksi kelpaamaton.

Kärjen (1997) Savo-Karjalan erikoispuuyrittäjille tekemässä kyselytutkimuksessa laadukkaalle männylle, kuuselle ja koivulle asetetut mitta- ja laatuvaatimukset eivät poikenneet merkittävästi jo käytössä olevista teollisista vaatimuksista. Koivun osalta oltiin halukkaimpia ottamaan vastaan oksatonta tyvitukkaa (80 %), mutta myös normaalilaatuiselle sahatukille olisi ollut kysyntää (20 %). Lievää lenkoutta salli 60 % ja lahoa ja oksakyhmyjä 40 % yrityksistä. Visakoivulle ei asetettu vaatimuksia läpimitan eikä pituuden suhteen, vaan raaka-aine halettiin rankoina tai haarapölkkyinä.

Kataikon (1996) kyselytutkimuksen mukaan kaikki huonekaluissa käytettävä koivusahatavara hankitaan mahdollisimman leveinä läpisaheina. Paksuudet ovat Vilkon Oy:n tavoin 19, 25, 32, 38, 50, 55, 75 mm ja pituudet lankeavia, yhdellä valmistajalla kuitenkin 2,0-4,5 m. Lisäksi määritellään yleensä työstövarat paksuudessa ja leveydessä (noin 7 mm) ja pituudessa (noin 35 mm). Sahatavaran pitäisi olla oksatonta, koska koivun oksat ovat kyselyyn osallistuneiden yritysten mukaan lähes aina mustia. Yksi valmistaja salli 2-3 kuivaa, enintään 20 mm:n oksaa näkymättömiin jäävillä pinnoilla; oksakohdat oli tällöin kuitenkin paikattava. Toinen valmistaja salli määrittelemässään A-laadussa enintään 6 mm:n kuivia oksia 2-3 kpl/m ja E-laadussa yhden tällaisen kahden metrin matkalla. B-laadussa mustia oksia sallittiin; terveitä helmioksia sai yleensä olla, mutta käytännössä niitä on koivussa vähän. Yksi valmistaja määritteli suurimman sallitun terveen oksan (15 mm).

Huonekalusahatavara ostetaan Kataikon (1996) kyselytutkimuksen mukaan ulkokuivana tai tuoreena ja kuivataan itse kosteussuhteeseen 6-8 %, viimeistään taivutuksessa; yksi valmistaja kuivasi kosteussuhteeseen 4 %. Sormijatkoksia ei tuolloin vielä käytetty ja luston leveydellä tai syykuvioinnilla ei ollut merkitystä. Kuivauserä saattoi kuitenkin vaikuttaa koivun väriin. Muutamit valmistajat vaativat koivun välivarastoinnin ennen kuivausta tummumisen välttämiseksi. Yksi saksalainen ostaja oli halunnut samasta tukista valmistettuja koivutuotteita. Huonekalukoivun kesäaikainen saatavuus koettiin ongelmaksi. Haitallisimpia vikoja olivat kuivat oksat sekä väriviat, muotovirheet, tummunut ydinpuu, vetopuu ja käsittelystä aiheutuvat rikkoumat.

Lahden teknillisessä oppilaitoksessa on tehty ehdotukset huonekaluissa käytettävän koivumassiivipuun ja -viilun (Isomäki ja Leppänen 1992) ja koivusahatavaran (Jouhtinen 1994) laatuoluokituksiksi. Ehdotuksia perusteltiin erityisesti huonekalu- ja puusepänteollisuuden alihankintatoiminnan kehittämiseksi. Töissä tarkasteltiin ensin tuotteiden vaatimusten vaikutusta materiaalin laatuun ja selvitettiin Lahden seudun tehtailta käytössä olleet laatuoluokat ja -vaatimukset.

Koivumassiivipuun jaettiin viiteen laatuluokkaan seuraavasti:

Laatu- luokka	Vaativuudet
1	Sallitaan rajoitetusti lievää suonikkuutta ja syykuvioinnissa olevia epäsäännöllisyyksiä, jotka eivät saa vaikuttaa osan kokonaisvaikutelmaan ja jotka eivät ole häiritseviä.
2	Sallitaan rajoitetusti ympäröivässä puuaineessa kiinni pysyviä, ehjiä ja läpimitaltaan enintään 15 mm:n terveitä oksia, ehjiä läpimitaltaan enintään 6 mm:n kuolleita oksia ja lievää suonikkuutta.
3	Sallitaan ympäröivässä puuaineessa kiinni pysyviä, läpimitaltaan enintään 25 mm:n terveitä oksia, ei kuitenkaan suuria viiksioksia, enintään 15 mm:n kiinteitä kuolleita oksia, pieniä kitattavissa olevia oksanreikiä sekä hyvin lievää sinistymää ja muuta värivikaa.
4	Sallitaan ympäröivässä puuaineessa kiinni pysyviä terveitä oksia, enintään 20 mm:n kiinteitä kuolleita oksia, pieniä kitattavissa olevia oksanreikiä ja koloja, suonikkuutta, lievää sinistymää ja muuta värivikaa ja hyvin rajoitetusti kovaa lahoa. Mikään vika ei saa heikentää osan lujuutta.
5	Sallitaan ympäröivässä puuaineessa kiinni pysyviä terveitä oksia, kitattavissa olevia kuolleita oksia, kitattavissa olevia oksanreikiä ja koloja, suonikkuutta, sinistymää ja muuta värivikaa ja kovaa lahoa. Sallitaan lähes kaikkia ulkonäköön vaikuttavia vikoja, jos ne eivät heikennä osan lujuutta.

Koivuviilu jaettiin niinkään viiteen laatuluokkaan seuraavasti:

Laatu- luokka	Vaativuudet
1	Sallitaan hyvin lievää suonikkuutta ja siihen verrattavaa tummaa juovaa sekä vain peilaamalla näkyvää sorvikarkeutta.
2	Sallitaan yksittäisiä ympäröivässä puuaineessa kiinni pysyviä, läpimitaltaan enintään 2 mm:n terveitä oksia, hyvin lievää loimuisuutta ja vastaavaa poikkeamaa syykuvioinnissa, lievää suonikkuutta ja siihen verrattavaa tummaa juovaa sekä lievää sorvikarkeutta ja sorvaushalkeamaa.
3	Sallitaan yksittäisiä ympäröivässä puuaineessa kiinni pysyviä, läpimitaltaan enintään 6 mm:n terveitä oksia, yksittäisiä enintään 2 mm:n kuolleita oksia, enintään 6 mm:n kitattuja oksia, lievää loimuisuutta tai vastaavaa poikkeamaa syykuvioinnissa, suonina ja niihin verrattavaa tummaa juovaa, hyvin lievää sinistymää tai muuta värivikaa, -poikkeamaa tai -hapettumaa sekä lievää sorvikarkeutta ja sorvaushalkeamia.
4	Sallitaan yksittäisiä ympäröivässä puuaineessa kiinni pysyviä, läpimitaltaan enintään 20 mm:n terveitä oksia, yksittäisiä enintään 10 mm:n kuolleita oksia, kitattavissa olevia oksanreikiä ja koloja sekä halkeamia, loimuisuutta tai vastaavaa poikkeamaa syykuvioinnissa, suonina ja niihin verrattavaa tummaa juovaa, lievää sinistymää tai muuta värivikaa, -poikkeamaa tai -hapettumaa, vesijuovaa, sorvikarkeutta ja sorvaushalkeamia sekä rajoitetusti kovaa lahoa.
5	Sallitaan enintään 25 mm:n kuolleita oksia. Muita virheitä sallitaan rajattomasti, kunhan viilu on ehjää ja omaa tarvittavan lujuuden.

Jouhtisen (1994) ehdotuksessa koivusahatavaran laatuluokituksiksi ei pyritty ”ainoiaan oikeaan luokitukseen, jota ei kuitenkaan noudatettaisi, vaan yhdistettiin

eri sahojen laatuluokitusten parhaimpia puolia ja lisättiin mukaan uusia näkemyksiä". Työssä päädyttiin kolmiluokkaiseen asteikkoon:

Laatu-luokka	Vaatimukset
1	Oksaisuus: paremmalla lappeella ei sallita oksia, huonommalla lappeella sallitaan kaksi tervettä, enintään 10 mm:n oksaa tai yksi kuollut kiinteä, enintään 5 mm:n oksa; osittain mustuneet oksat luokitellaan kuolleiksi. Suonikkuus: paremmalla lappeella sallitaan lievästi, huonommalla lappeella ei ole rajoituksia ja häiritsevyys arvioidaan puuaineen värisävyen mukaan. Särmäämättömän laudan vähimmäisleveys: 100 mm.
2	Oksaisuus: paremmalla lappeella sallitaan kolme tervettä tai vaihtoehtoisesti kaksi tervettä ja yksi kuollut kiinteä oksa, enimmäisläpimitaltaan 10 mm, huonommalla lappeella ei ole rajoituksia; irtoksia tai oksien koloja ei sallita. Kova, musta laho: paremmalla lappeella ei sallita, huonommalla lappeella sallitaan suhteessa laudan leveyteen, esim. 100 mm:n laudalla 1 cm ja 200 mm:n laudalla 2 cm.
3	Oksaisuus: kiinteiden terveiden ja kuolleiden oksien kokoa tai määrää ei rajoiteta kummallakaan lappeella, irtoksia tai oksien koloja sallitaan rajoitetusti ottaen huomioon kappaleen paksuus ja leveys, esim. yksi irtoksa jokaista kolmea kiinteää oksaa kohden. Kova, musta laho: sallitaan molemmilla lappeilla ottaen huomioon kappaleen paksuus ja leveys, esim. 100 mm:n laudalla 2 cm ja 200 mm:n laudalla 4 cm; mikäli oksia on paljon, sallitaan rajoitetusti; pehmeää lahoa ei sallita.

4.2.2 Ruotsi, Norja, Saksa

Ruotsissa käytetään yhteisiä mittaus- ja laatuluokitusohjeita koivu-, tervaleppä- ja haapapuutavaralle, jotka sikäläinen metsähallitus (Skogstyrelsen) on hyväksynyt ja jotka maatalousministeriö on sisällyttänyt asetuskokelmaan vuonna 1987 (Virkesmättningsrådet 1987). Ohjeet perustuvat pääosin Ruotsin metsähallituksen aiempiin mittausohjeisiin mutta joiltakin osin myös puualan eri organisaatioiden toimitusmääräyksiin sekä puutavaranmittausyhdistysten asetuksiin, sopimusehtoihin ja kuormanpurku- ja työohjeisiin.

Koivu-, tervaleppä- tai haapapuutavaralla tarkoitetaan näitä puulajeja silloin, kun ne on tarkoitettu lankkujen, soirojen tai lautojen valmistukseen. Sahatavara jaetaan puutavalarajoihin puulajin mukaan. Sahatukkien tulee olla molemmista päistään kohtisuoraan katkaistuja, tyydyttävän suorita ja hyvin tai muutoin sopimuksen mukaan karsittuja. Jatkokäsittelyssä haitalliset tyvilaajentumat ym. epätasaiset kohdat tulee poistaa. Laadun arvioinnissa otetaan huomioon tekniset viat, oksat, mutkaisuus ja kapeneminen, jotka voivat vaikuttaa sahatavaran tilavuuteen tai laatuun.

Tukkien tilavuus määritetään kuorettomana sylinteritilavuutena latva- tai keskusläpimitan tai tyvi- ja latvaläpimitan keskiarvon perusteella. Sahatavaran tilavuutta pienentävä tekninen vika tai oksa tukin päässä johtaa vaikutusalueensa suuruiseen vähennykseen tukin pituudessa. Sahatavaran määrää pienentävä sisä-vika johtaa vastaavaan tukin läpimitan vähennykseen.

Tukin laatuluokitus koskee koko tukkia pituus- tai läpimittavähennyksen jälkeen. Tukin päähän merkitään keskelle laatuluokka (A, B, C, VR eli hylky-tukki) ja sivulle jokainen pituusvähennys, yhden ja viiden desimetrin pituudet erikseen, ja läpimittavähennys yhden senttimetrin tarkkuudella. Sahatavaran valmistukseen käytettävien tukkien pitää olla talvihakattuja ja sahatavaran ytimen suuntaisesti sahattua. Laatuluokittaiset vähimmäisvaatimukset on esitetty taulukossa 12.

Ruotsalaiset julkiset koivusahatavaran laatuluokitusohjeet ovat vuodelta 1943 (Statens priskontrollnämnd 1943). Sen jälkeen eri yhtiöt ovat julkaisseet useita omia ohjeitaan, mutta yleisesti hyväksytyt ohjeet puuttuvat edelleen. Julkiset ohjeet perustuvat kolmiluokkaiseen asteikkoon (priima, sekunda, tertia). Näiden luokkien vaatimukset on esitetty taulukossa 13. Vaihtoehtona on lajitteleman eli sahatuottoinen laatu (osorterat). Tästä ei saa lajitella erilleen parhaita laatuja, tertia-laatua saa olla enintään 50 % ja tätä huonompaa laatua ei lainkaan.

Jos tukissa on muita kuin taulukossa lueteltuja vikoja, kuten koroja tai kuoritaskuja, joiden arvioidaan vaikuttavan sahatavaran saantoon, tehdään tarpeelliset tukkivähennykset suhteessa näiden vaikutukseen. Taulukkoarvot ilmaisevat suurimmat sallitut viat pieniläpimittaisissa tukeissa. Mitä suurempi, ennenkaikkea paksumpi tukki, sitä enemmän ja suurempia vikoja voidaan sallia. Vikojen sijainnilla on myös merkitystä. Vain yhdellä tukin puoliskolla esiintyvät viat eivät heikennä tukin käyttökelpoisuutta samassa laajuudessa kuin viat tukin koko vaippapinnalla tai tukin sisässä.

Norjassa ollaan pohjoismaisittain varsin pitkällä lehtipuutukkien ja -sahatavaran, myös koivun laatuluokituksessa (Kucera 1983, 1986, Kucera ja Christiansen 1985), varsinkin kun otetaan huomioon suhteellisen vaatimattomat käyttömäärät. Luokitukset ovat yhteisiä kaikille Norjassa kasvaville lehtipuulaeille. Koivu on kuitenkin tärkein lehtisahapuu, joten luokitukset perustuvat paljolti koivuraaka-aineeseen.

Lehtipuutukkien täytyy olla talvella hakattuja, ellei muuta ole sovittu. Myyjä ja ostaja voivat sopia erikseen hakkuuajasta ja toimitusehdoista. Tukkien pitää olla hyvin karsittuja, päistään tasaisiksi katkottuja ja huolella käsiteltyjä. Tyvilaa-jentuma ja muut epätasaisuudet täytyy poistaa, jos ne ulottuvat vähintään 3 cm tukin latvaleikkauksen ulkopuolelle ja aiheuttavat hankaluuksia jatkokäsittelyssä. Laatuluokitus tehdään tukin huonomman puolikkaan perusteella ja vikojen lukumäärä ja koko arvioidaan yhden metrin pätkissä. Luokituksessa erotellaan erikois- eli viilutukit ja kolme sahatukkiluokkaa. Luokkien mitta- ja laatuvaatimukset on esitetty taulukossa 14.

Lehtipuusahatavaran luokituksessa määritellään erikseen vähimmäisvaatimukset särmäämättömälle ja särmätylle tavaralle (Kucera 1983). Kummallekin määritellään puulaji ja laatuluokka (I, II, III). Särmäämättömälle sahatavaralle määritellään vähimmäismitat eli paksuus (mm), leveys (mm) ja pituus (m) ja särmätylle nimellismittoina paksuus ja leveys sekä lisäksi vähimmäispituus. Saheen kuvaus voi olla esim. ”särmäämätön/särmätty koivu I 50*100*1,8”.

Taulukko 12. Ruotsalainen koivu-, tervaleppä- ja haapatukkien laatuluokitus (Virkesmättningsrådet 1987).

Vika	Laatuluokka		
	A	B	C
	Sallitaan enintään		
Tuoreet oksat	Kullakin metrillä korkeintaan yksi kappale, enimmäisläpimitta 3-5 cm tukin läpimitan mukaan.	Kullakin metrillä korkeintaan yksi kappale, enimmäisläpimitta 5-8 cm tukin läpimitan mukaan, tai korkeintaan kaksi kappaletta, jos kaikki oksat ovat pienempiä kuin 5 cm.	Kullakin metrillä korkeintaan yksi kappale, enimmäisläpimitta 8-10 cm tukin läpimitan mukaan, tai korkeintaan kaksi kappaletta, jos kaikki oksat ovat pienempiä kuin 8 cm. Muutoin tehdään tarpeellinen tukkivähennys.
Kuivat oksat	Ei sallita	Kullakin metrillä korkeintaan yksi kappale, enimmäisläpimitta 2,5 cm.	Kullakin metrillä korkeintaan yksi kappale, enimmäisläpimitta 2,5-4 cm tukin läpimitan mukaan, tai korkeintaan kaksi kappaletta, jos kaikki oksat ovat pienempiä kuin 2,5 cm. Muutoin tehdään tarpeellinen tukkivähennys.
Lahot oksat	Ei sallita	Ei sallita	Yksittäisiä pieniä sallitaan. Lahoa sisältävän tukin osa vähennetään tilavuudesta.
Vesaoksat	Vähäinen lukumäärä	Rajoituksetta	Rajoituksetta
Kova ja pehmeä laho, sydänlaho	Ei sallita	Ei sallita läpimenevää. Suurin sallittu keskiläpimitta 3 cm.	Suurin sallittu keskiläpimitta 5 cm. Muutoin tehdään tarpeellinen tukkivähennys.
Kuivumishalkeamat, muut halkeamat	Vain kuivumishalkeamia	Vain kuivumishalkeamia	Vain kuivumishalkeamia. Muutoin tehdään tarpeellinen tukkivähennys.
Mutkaa yhdessä suunnassa	Mutkan syvyys enintään 5 % tukin pituudesta	Mutkan syvyys enintään 10 % tukin pituudesta	Mutkan syvyys enintään 10 % tukin pituudesta. Muutoin tehdään tarpeellinen tukkivähennys.

Lehtipuusahatavara toimitetaan lankeavin pituuksin 1,8-6,0 m. Pituus mitataan alenevasti 0,1 m:n tarkkuudella lähimpään täyteen desimetriin pyöristäen siitä saheen osasta, jossa lappeen leveys on vähintään 38 mm. Säräämättömän saheen leveys mitataan pituuden puolivälistä ulkolappeen puolelta alenevasti lähimpään nimellisleveyteen. Jos keskeltä mitattu leveys on harhainen koko sahatta ajatellen, käytetään keskikohdasta 0,5 m kumpaankin suuntaan saatujen mittaus-ten keskiarvoa. Paksuus mitataan vähintään 0,15 m saheen päästä. Saheen laatu- luokan parantamiseksi voidaan sekä pituus että leveys katsoa todellista pienem- miksi, jolloin tästä on tehtävä erillinen merkintä saheeseen.

Taulukko 13. Ruotsalainen koivusahatavaran laatuluokitus (Statens priskontrollnämnd 1943).

Sahatavaran mitat ja viat	Laatuluokka		
	Priima	Sekunda	Tertia
Pienin leveys lappeen keskellä	Paksuus 4 + tuumaa : 7 tuumaa Paksuus 2 - 3 3/4 tuumaa: 6 tuumaa Paksuus - 2 tuumaa: 5 tuumaa	Paksuus 4 + tuumaa : 6 tuumaa Paksuus 2 - 3 3/4 tuumaa: 5 tuumaa Paksuus - 2 tuumaa: 4 tuumaa	Paksuus 4 + tuumaa : 5 tuumaa Paksuus 3 - 3 3/4 tuumaa: 4 tuumaa Paksuus - 3 tuumaa: 3 tuumaa
Laho	Lahoa, sydänlahoa ja kuoritaskuja sallitaan yhdellä lappeella pienessä määrin, mutta niistä tehdään saheeseen pituusvähennys.	Lahoa, sydänlahoa ja kuoritaskuja sallitaan molemmilla lappeilla jonkin verran enemmän kuin priima-laadussa, mutta niistä tehdään saheeseen pituusvähennys.	Lahoa, sydänlahoa ja kuoritaskuja sallitaan, mutta niistä tehdään saheeseen pituusvähennys.
Oksat	Sallitaan yksi kappale kullakin 2 jalan pituudella, enimmäisläpimitta 0,5 tuumaa. Yksittäisiä suurempia oksia sallitaan, mutta niistä tehdään saheeseen pituusvähennys.	Sallitaan kaksi kappaletta kullakin 3 jalan pituudella, joista toisen enimmäisläpimitta 0,5 tuumaa ja toisen 1 tuumaa. Yksittäisiä suurempia oksia sallitaan, mutta niistä tehdään saheeseen pituusvähennys.	Sallitaan yksi kappale kullakin 1,5 jalan pituudella, enimmäisläpimitta 1,5 tuumaa. Suurempia oksia sallitaan, mutta niistä tehdään saheeseen pituusvähennys.
Halkeamat	Alle 1 jalan yhteispituus sallitaan saheessa ilman pituusvähennystä. Yli 1 jalan yhteispituus johtaa saheessa pituusvähennykseen, joka on puolet halkeamien yhteispituudesta.	Alle 1 jalan yhteispituus sallitaan saheessa ilman pituusvähennystä. Yli 1 jalan yhteispituus johtaa saheessa pituusvähennykseen, joka on puolet halkeamien yhteispituudesta.	Alle 1 jalan yhteispituus sallitaan saheessa ilman pituusvähennystä. Yli 1 jalan yhteispituus johtaa saheessa pituusvähennykseen, joka on puolet halkeamien yhteispituudesta.
Mutkat	Ei sallita	Tasaista lenkoutta sallitaan	Tasaista lenkoutta ja mutkia sallitaan
Muut viat	Ei sallita	Ei sallita	Sallitaan, mutta niistä tehdään saheeseen pituusvähennys.

Lehtipuusahatavaran laatuluokitus on esitetty taulukossa 15. Saheen laatuluokka määritetään huonomman lapepinnan perusteella. Jos yksittäinen vika esiintyy saheessa suurimmassa sallitussa laajuudessaan, sallitaan vain vähäisiä muita vikoja. Toisessa lappeessa voidaan sallia vika, jonka periaatteessa pitäisi johtaa luokan alenemiseen, jos saheen laatu on muuten selvästi ao. luokan vähimmäisvaatimuksia korkeampi. Koko sahatavaraerän keskimääräisen laadun tulee olla selvästi ao. luokan vähimmäisvaatimuksia korkeampi.

Norjalaisessa luokituksessa yksittäisestä sahatavaraerästä tulee 95 % olla kosteussuhteeltaan alle 22 %. Ostaja ja myyjä voivat tehdä erityissopimuksia laadusta ja toimitusehdoista. Visa- ja loimukoivu mitataan ja luokitellaan aina erikseen.

Taulukko 14. Norjalainen lehtipuutukkien laatuluokitus (Kucera 1986). S on erikois- eli viilutukki- luokka, I-III ovat sahatukkiluokkia.

	Laatuluokka			
	S	I	II	III
Tukin pienin kuorellinen latvaläpimita (aleneva luokitus)	30 cm	25 m	20 cm	15 cm
Tukin lyhin pituus	1,5 m	3,0 m	3,0 m	3,0 m
Oksien suurin paksaus ja lukumäärä				
- Terveet oksat	Ei sallita	-1 cm / 1 kpl, 1-2 cm / 1 kpl	-2,5 cm / 3 kpl, 2,5-6 cm / 1 kpl	Suuria yksittäisiä oksia ja oksaryhmiä sallitaan, mutta ei pystyoksia.
- Kuivat oksat, oksakyhmyt	Ei sallita	-1 cm / 1 kpl	-2,5 cm / 2 kpl	Suuria yksittäisiä oksia ja pienehköjä oksaryhmiä sallitaan
- Laho-oksat	Ei sallita	Ei sallita	Ei sallita	Pienehköjä yksittäisiä oksia sallitaan
- Vesaoksat	Sallitaan rajoitetusti	Sallitaan rajoitetusti	Sallitaan	Sallitaan
Pakkashalkeamat	Ei sallita	Ei sallita	Pieni sallitaan yhdessä tasossa, jos ei ole merkkejä lahosta	Sallitaan yhdessä tasossa koko pituudella, jos ei ole merkkejä lahosta
Kuivumishalkeamat	Ei sallita	Sallitaan yksi pituudeltaan tukin latvaläpimita	Sallitaan yksi pituudeltaan kaksi kertaa tukin latvaläpimita	Sallitaan
Valesydänpuu	Sallitaan enintään 1/4 tukin latvaläpimitasta, jos ei ole merkkejä lahosta.	Sallitaan enintään 2/3 tukin latvaläpimitasta, jos ei ole merkkejä lahosta.	Sallitaan enintään 2/3 tukin latvaläpimitasta, jos ei ole merkkejä lahosta.	Sallitaan
Värivika	Sallitaan vain tammella pintapuussa	Sallitaan enintään 1/25 tukin latvaläpimitasta	Sallitaan enintään 1/10 tukin latvaläpimitasta	Sallitaan
Laho, hiiltynyt puu	Ei sallita	Ei sallita	Ei sallita	Kiinteää lahoa sallitaan enintään 1/10 tukin latvaläpimitasta, mutta ei läpimenevää
Hyönteisvauriot	Ei sallita	Ei sallita	Ei sallita	Alle 2 mm:n reikiä sallitaan, mutta vain 5 prosentilla tukin vaippapinnasta.

Taulukko 14. (jatkuu)

	Laatuluokka			
	S	I	II	III
Haavat ja korot	Ei sallita	Ei sallita	Sallitaan yksi kpl, enintään 1/20 tukin pituudesta, jos ei ole merkkejä lahosta.	Sallitaan yksi kpl, enintään 1/10 tukin pituudesta, jos ei ole merkkejä lahosta.
Lenkous	Sallitaan enintään 1 % tukin pituudesta	Sallitaan enintään 2 % tukin pituudesta	Sallitaan enintään 2 % tukin pituudesta	Sallitaan enintään 5 % tukin pituudesta
Mutkat	Ei sallita	Ei sallita	Ei sallita	Ei sallita
Käsittelyvauriot	Ei sallita	Ei sallita	Sallitaan, mutta alentuva sahaussaanto otetaan huomioon	Sallitaan, mutta alentuva sahaussaanto otetaan huomioon

Saksassa koivutukit luokitellaan samassa vaaleiden lehtipuiden ryhmässä pyökin, lepän ja haavan kanssa (Steuer 1979). Vaatimukset määräytyvät etupäässä pyökin perusteella (taulukko 16). Tämän mukaisesti huomiota kiinnitetään myös sellaisiin seikkoihin, jotka ovat pohjoismaisissa luokituksissa merkityksellään vähäisempiä, esim. kierteisyyden ja poikkileikkauksen muotoon.

4.3 Koivuaihiot, komponentit ja tuoteosat

Kuten edellä on esitetty, käyttö erilaisina aihioina ja komponentteina on nykyisin yhä keskeisempää koivusahatavaran jatkojalostuksessa. Kataikko (1996) määrittelee nämä puolivalmisteet seuraavasti:

- Aihio = asiakaskohtainen, sahapintainen, täysipuinen puolivalmiste, jota edelleen työstetään asiakkaan prosessissa
- Aihiotanko = asiakaskohtaisilla dimensioilla sahattu mutta määrämittaan katkomaton sahatavara
- Komponentti = asennusvalmis tuotteen osa

Aihiosahauksessa korostuu puun pilkkominen asiakaskohtaisesti. Ideana on tuottaa asiakkaalle perinteisen sahatavaran sijasta hänen materiaaliarpeeseensa suoraan soveltuvia, tietyn pituisia ja vahvuisia sahatavarakappaleita eli aihioita. Myös aihoiden laatu ja kosteus ovat asiakkaan toiveiden mukaisia. Aihioinnin etuja ovat raakapuun entistä tarkempi hyväksikäyttö, kuhunkin tarkoitukseen parhaiten soveltuvan puutavaran valikointi, huonekalutehtaan alkupään investointien pieneminen ja suhdannevaihteluiden aiheuttamien massatuotteiden ja raaka-aineen hinnan heilahtelujen pieneminen.

Taulukko 15. Norjalainen koivusahatavaran laatuluokitus (Kucera 1983).

Sahatavaran viat	Laatuluokka		
	I	II	III
Terveet oksat	Oksien suurin paksuus ja lukumäärä:		
	Leveys -150 mm: - 1 cm / 1 kpl/m 1-2 cm / 1 kpl/m Leveys 150+ mm: - 1 cm / 2 kpl/m 1-2 cm / 2 kpl/m	Leveys -150 mm: - 2,5 cm / 4 kpl/m 2,5-6 cm / 1 kpl/m Leveys 150+ mm: - 2,5 cm / 6 kpl/m 2,5-6 cm / 2 kpl/m	Suuria yksittäisiä oksia ja oksaryhmiä sallitaan
Halkeamat	Joitakin lyhyitä pinnallisia lape- ja syrjähalkeamia sallitaan, enimmäispituus 25 mm. Pää- ja rengashalkeamia ei sallita.	Joitakin lyhyitä pinnallisia lape- ja syrjähalkeamia sallitaan, enimmäispituus 100 mm. Yli 100 mm:n päähalkeamat mitataan puoleen pituuteensa. Rengshalkeamia ei sallita.	Kuivaushalkeamia sallitaan. Yli 100 mm:n pää- ja rengshalkeamat mitataan puoleen pituuteensa. Saheen täytyy pysyä kiinteästi koossa.
Vinosyisyys	Enintään 1:10	Enintään 1:7	Sallitaan rajoituksetta
Vetopuu	Ei sallita	Sallitaan rajoitetusti	Sallitaan rajoituksetta
Pystyoksan tai haaran jälki	Ei sallita	Sallitaan yksi kappale mutta ei läpimenevää, enintään 1/5 leveydestä, enimmäispituus 100 mm.	Sallitaan rajoituksetta
Haavat ja korot, sisäänkasvanut kuori	Ei sallita	Sallitaan yksi kappale mutta ei läpimenevää, enintään 1/20 leveydestä ja pituudesta.	Sallitaan mutta ei suuria läpimeneviä
Valesydänpuu	Sallitaan mutta ilman merkkejä lahosta	Sallitaan mutta ilman merkkejä lahosta	Sallitaan mutta ilman merkkejä lahosta
Väriavika	Sallitaan vain vähäistä, jonka voidaan olettaa katoavan jatkojalostuksessa (höyläys).	Sallitaan 15 % lappeen pinta-alasta	Sallitaan rajoituksetta
Laho, hiiltynyt puu	Ei sallita	Ei sallita	Kovaa lahoa sallitaan 1/2 lappeen pinta-alasta
Hyönteisvauriot	Ei sallita	Sallitaan yksi pieni reikä, enintään 5 %:ssa erän saheista.	Sallitaan kolme pientä reikää, enintään 5 %:ssa erän saheista.
Vajaasärmäisyys (särmätyllä sahatavaralla)	Ei sallita	Vähintään 3/4 paksuudesta ja leveydestä täyssärmäistä	Vähintään 1/2 paksuudesta ja leveydestä täyssärmäistä
Syrjävääritys	Enintään 3 mm/m	Enintään 3 mm/m	Sallitaan rajoituksetta
Lapevääritys	Enintään 5 mm/m	Enintään 5 mm/m	Sallitaan rajoituksetta
Kieroutuminen	Enintään 3 mm 100 mm:n leveydellä yhden metrin pituudelta mitattuna	Enintään 3 mm 100 mm:n leveydellä yhden metrin pituudelta mitattuna	Sallitaan rajoituksetta
Kuperuus	Enintään 3 mm 100 mm:n leveydellä	Enintään 3 mm 100 mm:n leveydellä	Sallitaan rajoituksetta
Käsittelyvauriot	Sallitaan vain vähäisiä, joiden voidaan olettaa katoavan jatkojalostuksessa (höyläys).	Sallitaan vain vähäisiä, joiden voidaan olettaa katoavan jatkojalostuksessa (höyläys).	Sallitaan 15 % lappeen pinta-alasta

Taulukko 16. Saksalainen vaaalien lehtipuiden eli pyökkiryhmän tukkien laatuoluokitus, jota käytetään pyökille, lepälle, haavalle ja koivulle (Steuer 1979).

Laa- tu- luok- ka	Vähim- mäis- pituus, m	Vähim- mäispak- suus kuo- rineen, cm	Poikkileik- kauksen muoto, cm ytimeistä	Lenkous (ilman tyvilaajen- tumaa), cm/m	Kierteisyys	Pitkittäinen halkeama	Sydänlaho	Sydän- halke- ma	Karsi- mis- aste, cm/m	Oksat
A	2,0	35	Enintään 3 luokkaan 5 asti. Enintään 4 luokasta 6 luokasta 6 eteenpäin.	- 2	1/4 kehästä 12 m:n pituu- della	Ei sallita	1/4 läpimi- tasta	Ei sallita	1	Sallitaan rajoituksetta oksanarpia, joiden korkeus: leveys on enintään 1:3, tai yksittäinen terve oksa, jos tukissa on muuten 2 m:n virheetön osa.
B	2,0	Ei rajoit- tusta	Ei rajoitusta	2-5	1/4 kehästä 4 m:n pituu- della	Sallitaan ilman si- säänkäs- vanutta kuorta	2/3 läpimi- tasta yhdellä tai kummal- lakin puolella	1/4 läpi- mitasta	3	Sallitaan muutamia terveitä oksia, enimmäisläpimittä 7 cm, sekä yksittäisiä pak- sumpia oksia, yksi laho-oksa, enimmäisläpimittä 4 cm, sekä muutamia oksanarpia, korkeus enintään 10 cm, ja vesaoksia.
C	2,0	Ei rajoit- tusta	Ei rajoitusta	5-10	1/2 kehästä 4 m:n pituu- della	Sallitaan sisäänkas- vaneen kuoren kanssa	Yli 2/3 lä- pimitasta yhdellä tai kummalla- kin puolella	1/2 läpi- mitasta	5	Sallitaan muutamia terveitä oksia, enimmäisläpimittä 15 cm, sekä yksittäisiä pak- sumpia oksia, yksittäisiä kui- via oksia, oksanarpia, korke- us enintään 15 cm, yksittäisiä paksumpia oksanarpia. Ve- saoksia rajoituksetta.
CgW	2,0	Ei rajoit- tusta	Ei rajoitusta	10-20	Yli 1/2 kehäs- ta 12 m:n pituudella	Sallitaan	Ei rajoitusta	3/4 läpi- mitasta	6	Sallitaan runsaasti terveitä oksia, läpimittä yli 15 cm.
D	0,5	Ei rajoit- tusta	Ei rajoitusta	20+	Yli 1/2 kehäs- ta 12 m:n pituudella	Sallitaan pirstoutu- neita kap- paleita	Ei rajoitusta	Ei sallita	6	Sallitaan mustia oksia, tikan- reikiä ja haaroja.

Huonekaluteollisuuden tuotemittojen vaihtelevuuden vuoksi ei juuri ole olemassa tyypillisiä ahiomitoituksia (Kataikko 1996). Koivua käytetään liimalevyinä, joilta vaaditaan oksattomuutta tai terveeksaisuutta ja tasavärisyyttä, sekä esim. kalusteiden jalka-aihiaina ja muina pieninä osina, joissa sallitaan lieviä värieroja. Joissakin huonekalutuotteissa, erityisesti terveeksaisuutta edellyttävissä, tietyissä rajoissa olevaa väri vaihtelua pidetään kuitenkin toivottavana (Jalonen suull.). Huonekaluaihioiden materiaalien laatuvaatimukset ovat ankarat; esim. kuivauksessa halkeilleet oksat on yleensä korjattava kittaamalla (Jalonen suull.).

Puun kulutus koivuhuonekaluja valmistettaessa oli Kataikon (1996) kyselytutkimuksessa sahatavaraa käytettäessä keskimäärin $1,8 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ja aihioita käytettäessä $1,4 \text{ m}^3/\text{m}^3$. Tehtaiden välinen vaihtelu oli kuitenkin suuri, sahatavaralla $1,4\text{-}2,0 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ja poikkeustapauksissa vielä suurempi, ja aihioilla $1,0\text{-}2,15 \text{ m}^3/\text{m}^3$. Puuhävikin minimoiminen olikin yrityksille yksi keskeisistä kilpailutekijöistä, koska muut kustannukset ovat kaikille valmistajille osapuulle samat.

Kataikon (1996) tutkimuksessa kuusi yritystä valmisti huonekalukoivun aihioita yhteensä 39 dimensiona. Tyypillisimmät paksuudet olivat 32 ja 38 mm, muita paksuuksia olivat 19, 25 ja 28 mm. Aihio kokoja olivat mm. noin $38*75*500 \text{ mm}$, $38*60*730 \text{ mm}$ ja $32*125*500 \text{ mm}$, ja myös $75*75$, $63*63$ ja $50*50 \text{ mm}$:n poikkileikkaukset. Ahiopituudet olivat 350-1080 mm, joista tyypillisimpiä olivat 920-980 mm (12 kpl), 450-550 mm (9 kpl), 750 mm (5 kpl) ja 1080 mm (4 kpl). Useimmiten käytettiin määräpituaisia standardipaksuuksia, mutta leveydet vaihtelivat. Myös muutosahattuja aihioita käytettiin. - Hotisen (1998) mukaan huonekaluteollisuuden liimalevyjen valmistukseen tarkoitettut koivu aihiot voisivat olla poikkileikkaukseltaan esim. $30*30 \text{ mm}$ tai $50*50 \text{ mm}$ ja pituudeltaan 500-2500 mm.

Kataikon (1996) tutkimuksessa koivuaihioissa sallittiin korkeintaan pieniä mustia oksia ja silloinkin vain piiloon jäävillä pinnoilla. Vajaasärmää voitiin sallia jonkin verran kappaleesta ja jatkojoustosta riippuen. Sormijatkoksia ei sallittu, ainakaan toistaiseksi. Aihiot ostettiin tuotantoon joko 6-8 prosentin kosteudessa tai ilmakeivana, mikäli ne taivutettiin jatkojoustossa. Aihiotangot kuivattiin itse. Työstövarat olivat paksuudessa ja leveydessä noin 6 mm ja pituudessa noin 20 mm. Yksi valmistaja määritteli suurimman sallitun vuosiluston leveyden (3 mm) ja yksi valmistaja otti huomioon luston suunnan lajittelussa. Samaan lopputuotteeseen tarkoitettujen aihioiden haluttiin olevan samasta kuivauserästä, jotta ne olisivat mahdollisimman tasavärisiä. Kuivausta edeltävää välivarastointia pidettiin oleellisena myös aihioilla kuivauksessa syntyvien väri vikojen ehkäisemiseksi.

Aihioiden laadun seuranta on Kataikon (1996) tutkimuksen mukaan tarkkaa: yritysten mukaan laatu joustoihin ei ole varaa. Kosteus ja sen vaihtelu toimistutilassa oli pulmallisin laatuongelma. Muita raaka-aineesta johtuvia vikoja olivat kuivat oksat, särmä- ja dimensi ovirheet, halkeamat ja jossain määrin muotoja väri viat. - Käytännössä näyttää kuitenkin siltä, että etenkin värin suhteen kirjavia aihioita valmistetaan yleisesti.

Lounan ja Valkosen (1995) mukaan rakennuspuusepänteollisuus ostaa koivua paitsi kuivattuna ja mitallistettuna sahatavarana myös aihioina. Puutavara

ostetaan lajitelmina, joista valitaan yleensä kolme laatuluokkaa: 1) virheetön, sävy sävyyn valikoitu, 2) virheetön, eri värisävyjä sisältävä, 3) oksatavara. Parketin pintapuu tehdään yleensä aihioista, joiden mitat ovat 27/28 mm * 75/80 mm * 250-500 mm. Joskus käytetään myös suurempia, 28*70*2500 mm:n aihioita. Puuaine käytetään tarkasti hyväksi, sillä lähes kaikki täyssärmäiset laatuluokat kelpuutetaan. Erona huonekaluteollisuuden oksien halkeilulla ei tässä käyttötarkoituksessa ole olennaista haittaa, niissä rajoissa kuin sitä käytännössä esiintyy (Jalonen suull.). Soittimien, aseiden, patruunoiden, veneiden ja urheiluvälineiden valmistajien puutavaralle asettamat vaatimukset ovat tuotekohtaisia ja yleensä hyvin korkeita. Esim. hyviä soitinpuita ovat vanhat ja suurikokoiset mutta hitaasti kasvaneet jättiläiskuuset, pihlajat, tervalepät, haavat, vaahterat ja koivut (Kärki 1997).

Lahden teknillisessä oppilaitoksessa on laadittu laatuluokitusohjeet myös huonekalujen ja niiden osien pinnoille, erikseen hiotuille, maalatuille ja lakatuille (taulukot 17-19, Isomäki ja Myllynen 1992). Pinnanlaadun tekijöinä ovat näissä mm. mekaaninen kestävyys, kemiallinen kestävyys, puhdistettavuus ja ulkonäkö. On huomattava, että vain osa näistä vaatimuksista on suoranaisesti sidoksissa raaka-aineeseen.

Luokitus perustuu VTT:ssä 1984 tehtyyn tutkimukseen huonekalutuotteiden pinnankarkeudesta ja sen mittaamisesta, eräiden valmistajien käytössä olleisiin menetelmiin sekä apuna käytetyn asiantuntijaraadin lausuntoihin (Isomäki ja Myllynen 1992). Itse luokitus on laadittu osittain kirjallisten määritysten, osittain lisäksi mallikappaleiden avulla. Näiden luokitusten heikkoutena on perustuminen pääasiassa sanallisiin ilmauksiin ja subjektiiviseen arviointiin.

Taulukko 17. Hioutun huonekalujen ja komponenttien pinnan laatuluokitus (Isomäki ja Myllynen 1992).

Laatutekijä	Laatuluokka				
	H1	H2	H3	H4	H5
Pinnan karheus	Hyvin sileä	Sileä	Lievää karheutta	Kohtalaista karheutta	Selvää karheutta
Naarmuisuus	Ei	Hyvin lievää	Lievää	Vähän erottuvaa	Selvästi havaittavaa
Aaltomainen, epätasainen pinta	Ei	Hyvin lievää	Hyvin lievää	Lievää	Selvästi havaittavaa
Poistamatonta pintaa	Ei	Ei	Ei	Lievää	Selvästi havaittavaa
Hionnan aiheuttamat naarmut	Ei	Hyvin lievää	Hyvin lievää	Lievää	Selvästi havaittavaa
Pinnan läpihionta	Ei	Ei	Hyvin lievää	Lievää	Selvästi havaittavaa
Kutterin isku, telan painuma, sahapinta, urat	Ei	Ei	Hyvin lievää	Lievää	Vähän erottuvaa
Karheat kohdat, epätasainen hionta	Ei	Hyvin lievää	Lievää	Vähän erottuvaa	Selvästi havaittavaa
Pysähtymisen aiheuttamat hiontaurat	Ei	Ei	Hyvin lievää	Lievää	Vähän erottuvaa
Kuumentumisen aiheuttama tummuminen	Ei	Ei	Hyvin lievää	Lievää	Vähän erottuvaa
Viimeinen hionta epätasainen	Ei	Ei	Hyvin lievää	Lievää	Vähän erottuvaa
Syiden kohoaminen	Ei	Ei	Hyvin lievää	Lievää	Vähän erottuvaa
Terävät reunat	Ei	Hyvin lievää	Hyvin lievää	Lievää	Selvästi havaittavaa
Lohkeilleet pinnat	Ei	Ei	Hyvin lievää	Lievää	Selvästi havaittavaa

Taulukko 18. Maalattun huonekalujen ja komponenttien pinnan laatu luokitus (Isomäki ja Myllynen 1992).

Laatutekijä	Laatuluokka				
	M1	M2	M3	M4	M5
Pieni täyttöaste, vajaa peittävyys	Ei	Hyvin lievä	Lievää	Vähän erottuvaa	Selvästi havaittavaa
Karkea pinta, syiden kohoaminen	Ei	Ei	Hyvin lievä	Lievää	Vähän erottuvaa
Valumat	Ei	Ei	Hyvin lievä	Lievää	Selvästi havaittavaa
Appelsiinipinta	Ei	Ei	Hyvin lievä	Lievää	Selvästi havaittavaa
Naarmut ja kolot pintakerroksessa	Ei	Ei	Lievää	Vähän erottuvaa	Selvästi havaittavaa
Sumupinta	Ei	Ei	Hyvin lievä	Vähän erottuvaa	Selvästi havaittavaa
Maalipinnan läpi näkyvä harva lastulevy pinta	Ei	Hyvin lievä	Lievää	Vähän erottuvaa	Selvästi havaittavaa
Kuplat, roskat	Ei	Ei	Ei	Hyvin lievä	Vähän erottuvaa
Tahrainen, tahmea pinta	Ei	Ei	Ei	Ei	Hyvin lievä
Paksuuserot maalikerroksessa	Ei	Hyvin lievä	Lievää	Vähän erottuvaa	Selvästi havaittavaa
Kiiltävä, pehmeä pinta	Ei	Hyvin lievä	Lievää	Vähän erottuvaa	Selvästi havaittavaa
Pinnan hilseily, halkeamat	Ei	Ei	Hyvin lievä	Lievää	Vähän erottuvaa
Osat eivät kokonaan peittyneet	Ei	Ei	Ei	Hyvin lievä	Lievää
Rosoinen särmä, rosaisuus, aukkoisuus	Ei	Ei	Ei	Hyvin lievä	Vähän erottuvaa
Pinnan läpi kuultavat työstövirheet	Ei	Ei	Hyvin lievä	Lievää	Selvästi havaittavaa
Pinnan läpi kuultavat raaka-aineen virheet	Ei	Ei	Hyvin lievä	Lievää	Selvästi havaittavaa
Välihiointa epätasainen	Ei	Ei	Hyvin lievä	Vähän erottuvaa	Selvästi havaittavaa
Laatuerot valmiiden tuotteen osien välillä	Ei	Ei	Hyvin lievä	Lievää	Vähän erottuvaa

Taulukko 19. Lakatun huonekalujen ja komponenttien pinnan laatuluokitus (Isomäki ja Myllynen 1992).

Laatutekijä	Laatuluokka				
	L1	L2	L3	L4	L5
Pieni täyttöaste, vajaa peittävyys	Ei	Hyvin lievää	Lievää	Vähän erottuvaa	Selvästi havaittavaa
Karkea pinta, syiden kohoaminen	Ei	Ei	Hyvin lievää	Lievää	Vähän erottuvaa
Valumat	Ei	Ei	Hyvin lievää	Lievää	Vähän erottuvaa
Appelsiinipinta	Ei	Ei	Hyvin lievää	Lievää	Selvästi havaittavaa
Naarmut ja kolot pintakerroksessa	Ei	Ei	Lievää	Vähän erottuvaa	Selvästi havaittavaa
Sumupinta	Ei	Ei	Hyvin lievää	Vähän erottuvaa	Selvästi havaittavaa
Pinnan puhkihionta lakan alla	Ei	Ei	Ei	Lievää	Selvästi havaittavaa
Kuplat, roskat	Ei	Ei	Ei	Hyvin lievää	Vähän erottuvaa
Tahrainen, tahmea pinta	Ei	Ei	Ei	Ei	Hyvin lievää
Paksuuserot lakkeroksessa	Hyvin lievää	Hyvin lievää	Lievää	Vähän erottuvaa	Selvästi havaittavaa
Kiiltoerot pintakerroksessa syysuunnassa	+7	+10	+15	+20	Ei merkitystä
Aaltomainen lakkapinta	Ei	Ei	Hyvin lievää	Vähän erottuvaa	Selvästi havaittavaa
Kiiltävä, pehmeä pinta (liikaa lakkaa)	Ei	Hyvin lievää	Lievää	Vähän erottuvaa	Selvästi havaittavaa
Kittiä	Ei	Hyvin lievää	Lievää	Vähän erottuvaa	Selvästi havaittavaa
Pinnan hilseily, halkeamat	Ei	Ei	Hyvin lievää	Lievää	Vähän erottuvaa
Osat eivät kokonaan peittyneet	Ei	Ei	Hyvin lievää	Lievää	Vähän erottuvaa
Viulun värivirheet	Ei	Ei	Lievää	Vähän erottuvaa	Selvästi havaittavaa
Pinnan läpi näkyvät työstövirheet puupinnassa	Ei	Ei	Hyvin lievää	Lievää	Vähän erottuvaa
Pinnan läpi näkyvät raaka-aineen virheet	Ei	Ei	Hyvin lievää	Lievää	Vähän erottuvaa
Rosoinen särmä, rosaisuus, aukkoisuus	Ei	Ei	Hyvin lievää	Lievää	Vähän erottuvaa
Epätasainen petsaus	Ei	Ei	Lievää	Vähän erottuvaa	Selvästi havaittavaa
Epätasainen välilihionta	Ei	Ei	Hyvin lievää	Vähän erottuvaa	Selvästi havaittavaa

5 Koivun puuaineen ominaisuudet ja niiden parantaminen

5.1 Puuaineen rakenne ja ominaisuudet

5.1.1 Rakenne

Taulukossa 20 on esitetty luettelona koivupuun keskimääräisiä anatomisia ja kemiallisia ominaisuuksia normaaleina pidettävien vaihtelurajoin. Vertailukohdista kuusi on tässä esimerkkinä tyypillisestä rakennuspuusta, pyökki koivun kaltaisissa tuotteissa käytettävästä vaneri-, puusepän-, huonekalu- ja lattiapäällysteapuusta ja tammi yleisesti arvokkaasta sisustuspuusta.

Koivupuun luontaiset edut sahapuuna johtuvat puuaineen homogeenisyydestä, jonka saavat aikaan hajaputkiloisuus ja kesäpuun pieni osuus; myös tiheysero kevät- ja kesäpuun välillä on suhteellisen pieni. Rauduskoivun puuaineen tilavuudesta on noin 18 % putkiloita, 7 % ydinsäteitä ja 75 % kuituja. Lisäksi solukko sisältää hieman pitkittäisparenkyymia (Jensen 1950). Hieskoivun poikkeikkauspinnalla on vähemmän putkiloita ja ydinsäteitä pinta-alayksikköä kohti kuin rauduskoivulla (Bhat ja Kärkkäinen 1980), mutta sen kuidut ovat jonkin verran, jopa 13 % (Bruun ja Slungaard 1959) rauduskoivun kuituja pitempiä ja n. 9 % (Bhat 1980b) tai jopa 29 % (Bruun ja Slungaard 1959) paksumpia (ks. myös Kujala 1946, Ollinmaa 1955, Bhat ja Kärkkäinen 1980, 1981b, Mali 1980, Salmi 1987a,b). Kevät- ja kesäpuusuiden pituudessa ei ole huomattavaa eroa (Ollinmaa 1958). Hies- ja rauduskoivujen puuaine voidaan anatomisesti erottaa toisistaan putkiloelementtien siivilälevyjen perusteella, joissa on eri määrä pienoja (Bhat ja Kärkkäinen 1980). Tämä rakenteellinen ero ei vaikuta puuaineen käyttölaatuun. Koivupuun anatomiaa ovat käsitelleet perusteellisesti mm. Wallden (1934), Jensen (1950), Bhat (1980a,b, 1983), Kucera (1980), Bhat ja Kärkkäinen (1981a,b), Vadla ym. (1982) ja Wagenführ (1996).

Sekä solutyypin osuudet että solujen koko vaihtelevat eri osissa runkoa. Kuitujen osuus alenee kun taas putkiloiden ja tylppy- eli parenkyymisolujen osuudet kasvavat rungossa rinnankorkeudelta latvukseen (Bhat ja Kärkkäinen 1981a). Säteen suunnassa kuitujen osuus kasvaa ytimestä pintaan päin (Wallden 1934, Bhat ja Kärkkäinen 1981a), mikä selittää kuiva-tuoretiheyden vastaavalaista kasvua (Bhat ja Kärkkäinen 1981a). Kuitujen pituus (Wallden 1934, Bhat 1980b, Bhat ja Kärkkäinen 1981b), niiden läpimitta ja seinämän paksuus (Bhat 1983) sekä putkiloelementtien pituus (Bhat ja Kärkkäinen 1981b) kasvavat selvästi ytimestä pintaan päin. Solut vastaavasti lyhenevät rungon tyveltä latvaan päin (Bhat ja Kärkkäinen 1981b). Kuidun pituus (Wallden 1934, Bhat 1980b, 1983), kuidun seinän paksuus, kuitujen ja putkiloiden osuudet (Bhat 1983) sekä ytimestä mitattu etäisyys (Bhat 1980b) korreloivat positiivisesti koivun puuaineksen tiheyden kanssa, ja tiheys korreloi negatiivisesti sijaintikorkeuden ja vuosilus-ton paksuuden kanssa (Bhat 1980b).

Koivuilla yleinen vetopuu on keskimääräistä painavampaa, sillä siinä on keskimääräistä vähemmän putkiloita, puusyyt ovat keskimääräistä ohuempia ja paksuseinäisempiä (tertiariseinä) ja niiden ontelo tavallista pienempi (Ollinmaa

1956). Vetopuusyiden suuri pituus liittyy pikemminkin sädekasvun erilaiseen voimakkuuteen puun eri puolilla kuin vetopuuhun sinänsä, sillä hieskoivulla sädekasvu ja syiden pituus korreloivat positiivisesti (Ollinmaa 1958). Vetopuussa ligniini- ja uteainepitoisuus ovat jonkin verran normaalia pienempiä, 16,2-19,7 % ja 1,3-2,5 % (vrt. normaali puuaines: ligniinipitoisuus 19,3-22,5 % ja uteainepitoisuus 2,7-3,1 %), mutta selluloosapitoisuus on vastaavasti huomattavasti normaalia suurempi, 55,6-60,4 % (vrt. normaali puuaines: 44,9-49,4 %) (Ollinmaa 1955).

Rungon tyviosassa ydinsäteissä saattaa esiintyä epämuodostumia, jotka ovat koivun ruskotäpläkärpäsen toukkien (*Phytobia betulae*) jälsikerrokseen kaivamia, parenkymisolukon täyttämiä ruskeina näkyviä käytäviä (Kangas 1935, Salmi 1987a,b, Bhat 1980a,b, Ylioja ym. 1995, Ylioja ym. 1998, Niemistö 1998). Hieskoivu oli Bhatin (1980a) aineistossa herkempi ruskotäpläkärpäselle kuin rauduskoivu. Verkasalon (1997b) aineistossa koivulajien ero oli samansuuntainen mutta pieni.

5.1.2 Fysikaaliset ja mekaaniset ominaisuudet

Taulukossa 20 on esitetty luettelona koivupuun keskimääräisiä fysikaalisia ja mekaanisia ominaisuuksia normaaleina pidettävien vaihtelurajoin kuuseen, pyökkiin ja tammeen vertailen.

Eurooppalaiset koivulajit ovat jotakuinkin yhtä laadukkaita puuaineittensa käyttöominaisuuksien suhteen (Sachsse 1988, 1989). Suomessa kasvavien kaupallisesti merkittävien koivulajien, hies- ja rauduskoivun, puuaineet ovat ominaisuuksiltaan, ulkonäöltään ja työstettävyydeltään lähes samanlaisia, eikä lajeja siten kaupallisesti erotella toisistaan. Poikkeuksen tekevät rauduskoivun muunnokset visakoivu ja loimukoivu (Salmi 1987a). Lisäksi Jensen (1953) erotteli loimukoivua muistuttavan jääkoivun. Visaisuuden puuhun aiheuttavat epänormaalisti laajentuneet ydinsäteet (esim. Salmi 1987a, Fagerstedt ym. 1996), kun taas loimukoivussa syiden suunta mutkittelee aaltomaisesti (esim. Salmi 1987a, Fagerstedt ym. 1996), ja jääkoivussa syiden suunta vaihtelee epämääräisesti, jolloin puun pintaan muodostuu lohkeamia sisältävää jäätä muistuttava heijastus (Jensen 1953). Koivun puuaine on yleensä tasaisen kellahtavan tai punertavan vaaleaa, joskus melkein valkeaa, ja himmeäkiiltoista. Rauduskoivun puuaine saattaa olla hieman tummempaa kuin hieskoivun (Salmi 1987a). Suomalaisilla koivuilla ei muodostu tummaa sydänpuuta toisin kuin amerikkalaisilla koivulajeilla (esim. Farmer 1981, Verkasalo 1990a, Kucera ja Myhra 1996, Wagenführ 1996), vaikka vanhoilla puilla ydin ja sitä ympäröivä puuaine muuttuvatkin yleisesti tummiksi. Tämä tummunut alue muuttuu ajan myötä pehmeäksi lahoamisen seurauksena.

Koivun puuaine on keskiraskasta, keveimmillään ytimen lähellä olevassa nuorpuussa ja raskaimmillaan puun pinnassa tai sen lähellä. Hieskoivun puuaineen tiheys (n. 480 kg/m³) on jonkin verran alhaisempi kuin rauduskoivun (n. 500 kg/m³) (Runqvist ja Thunell 1945, Kujala 1946, Ollinmaa 1960, Hakkila 1966, 1979, Velling 1979, Wagenführ 1996, Verkasalo 1998b), mutta puun tiheydessä ei ole eroa ohut- ja paksulustoisten puuyksilöiden välillä koivulajien

Taulukko 20. Koivun puuaineen keskimääräisiä anatomisia, kemiallisia, fysikaalisia ja mekaanisia ominaisuuksia kuuseen, pyökkiin ja tammeen verrattuna - keskimäinen arvo on puulajille tyypillinen keskiarvo ja vasemman- ja oikeanpuoleiset arvot käytännössä esiintyviä ääriarvoja (Wagenführ 1996).

Ominaisuus	Koivu <i>Betula pendula</i>	Kuusi <i>Picea abies</i>	Pyökki <i>Fagus sylvatica</i>	Tammi <i>Quercus robur</i>
Rakenne				
Kuidut				
Pituus, mm	0,34-1,0-1,7	1,3-2,8-4,3	0,6-1,3	1,2-1,5-1,7
Seinän paksuus (2W), mm	4,2-5,3-6,7	1,9-3,5-4,9 ¹ 9,3-10,7-11,6 ²	3,6-7,5-10,3	5,0-6,8-8,7
Ontelon läpimitta, mm	4,0-8,5-14,5	16,0-32,0-45,0 ¹ 6,4-17,4-22,0 ²	3,5-7,1-11,2	5,3-7,0-9,2
Tilavuusosuus, %	59,6-64,8-68,1	94,5-95,3-96,5	25,2-39,6-57,2	40,3-44,3-50,0 ³ 53,5-58,1-63,3 ⁴
Putkilot				
Läpimitta, mm	30-90-130		8-45-85	150-270-350 ¹ 30-70-140 ²
Esiintyminen, kpl/cm ²	40-60		80-125-160	5-8-13
Tilavuusosuus, %	20,8-24,7-29,6		24,6-39,5-52,5	23,5-39,4-43,7 ³ 3,9-7,7-13,0 ⁴
Pitkittäisparenkyymi				
Tilavuusosuus, %	2	0,0-1,4-5,8	3,5-5,2-7,0	2,8-4,9-8,1 ⁴
Ydinsäteet				
Korkeus, mm	130-240-400	100-150-190	60-500-1000 - 4000	6-38-80 mm ⁵ 80-160-240 mm ⁶
Leveys, mm	7-15-25	8-14	30-200	500-100 ⁵ 8-15-25 ⁶
Esiintyminen, kpl/mm	10-17-20	4-5-7	2-3-6-9	1 ⁵ 5-9-12 ⁶
Tilavuusosuus, %	9,7-10,5-11,1	4,4-4,7-5,5	11,2-15,7-21,2	14,4-16,2-17,9 ³ 18,1-29,3-33,0 ⁴
Fysikaaliset ominaisuudet				
Tiheys, kg/m ³				
-Kuiva-tuore (r _{dgr})	460-610-800	300-430-640	490-680-880	390-650-930
-Kuiva-ilmakuiva (r ₁₂₋₁₅)	510-650-830	330-470-680	540-720-910	430-690-960
-Tuore (r _{gr})	800-850-900	700-800-850	820-1070-1270	650-1000-1160
Kutistuminen, %				
-Pituussuuntainen (b _p)	0,6	0,3	0,3	0,4
-Säteen suuntainen (b _r)	5,3	3,5-3,7	5,8	4,0-4,6
-Tangentin suuntainen (b _t)	7,8	7,8-8,0	11,8	7,8-10,0
-Tilavuus (b _v)	13,7-14,2	11,6-12,0	14,0-17,9-21,0	12,6-15,6

Taulukko 20. (jatkuu)

Ominaisuus	Koivu <i>Betula pendula</i>	Kuusi <i>Picea abies</i>	Pyökki <i>Fagus sylvatica</i>	Tammi <i>Quercus robur</i>
Mekaaniset ominaisuudet				
Taivutuslujuus (s_{bB}), MPa	76-147-155	49-78-136	74-123-210	74-88-105
Puristuslujuus (s_{dB}), MPa	38-51-100	33-50-79	41-62-99	54-61-67
Vetolujuus (s_{zB} II), MPa	35-137-270	21-90-245	57-135-180	50-90-180
Leikkauslujuus (t_{aB}), MPa	12-4,5	4,0-6,7-12,1	6,5-8,0-19,0	6-11-13
Kimmokerroin (E_b II), GPa	14,5-16,5	7,3-11,0-21,4	10,0-16,0-18,0	10,0-11,7-13,2
Iskutaivutuslujuus (a), kJ/m ²	45-100-130	10-46-110	30-100-190	10-60-160
Brinell-kovuus (HB I), MPa	22-49	12	34	34
Kemialliset ominaisuudet				
Ligniiniipitoisuus, %	19,3-27,4	19,0-29,0	11,6-22,7	24,9-34,3
Selluloosapitoisuus, %	45,3-56,5	38,1-46,0	33,7-46,4	37,6-42,8
Pentosaanipitoisuus, %	23,6-27,1	6,8-12,0	17,8-25,5	19,0-25,5
pH-arvo	n. 4,8	4,0-5,3	5,1-5,4	n. 3,9
Kuusi ja tammi: ¹ kevätpuu, ² kesäpuu, ³ ohutlustoinen, ⁴ leveälustoinen, ⁵ isot ydinsäteet, ⁶ pienet ydinsäteet				

sisällä (Ollinmaa 1960). Tiheys on riittävän korkea takaamaan koivun puuaineelle puusepän- ja huonekaluteollisuuden hyvin soveltuvan lujuuden, kimmoisuuden, sitkeyden ja taipuisuuden (Salmi 1987a). Tiheyden ja lujuuden yhteydestä johtuen hieskoivu on sekä massiivipuissa että viilutuotteissa teoriassa hieman sitä painavampaa rauduskoivua heikompaa lujuudeltaan ja kimmoisuudeltaan (Jalava 1945, Kujala 1946, Ollinmaa 1960, Mali 1980; ks. myös Ollinmaa 1955), mutta vinosyisyys ja oksaisuus käytännössä peittävät tämän eron (Verkasalo 1987b).

Koivupuun vetolujuus on varsin alhainen painoon nähden (Jalava 1945; ks. myös Kucera 1984, Wagenführ 1996), mikä on yksi syy siihen, että sitä ei yleensä käytetä rakennuspuuna (Kärkkäinen 1984). Puuaine ei myöskään ole erityisen kovaa, mutta sitä voidaan parantaa lämpö- ja painekäsittelyllä (esim. Viitaniemi 1996). Näillä käsittelyillä voi kuitenkin olla heikentäviä vaikutuksia muihin käyttöominaisuuksiin, esim. taivutuslujuuteen (Viitaniemi ja Jämsä 1996). Tuoreena koivun puristuslujuus on heikempi kuin kuivana, etenkin vetopuussa (Ollinmaa 1955, 1956, Kärkkäinen ja Raivonen 1977). Sekä taivutuslujuus että kuitujen pituus ovat suurimmillaan rungossa n. 3 m:n korkeudella, jossa myös tiheys on korkeimmillaan (Wallden 1934). Lisäksi putkiloita on havaittu vähiten lujimmassa puussa (Wallden 1934).

Kuiva koivupuu kestää hyvin kuivissa oloissa, mutta sään vaihdellessa se on altis sieni- ja hyönteistuhoilille ja lahoaa nopeasti, minkä vuoksi se ei sovellu myöskään ulkokäyttöön (Farmer 1981, Wagenführ 1996; ks. Kucera ja Myhra 1996). Kylälämmityksen on todettu parantavan koivunkin säänkestoa selvästi (Borup ja Rennerfelt 1960, ks. Vadla ym. 1982). Koivupuu kutistuu ja paisuu (elää) kohtalaisen vähän ympäristön kosteuden muuttuessa (Salmi 1987a,b, Wagenführ 1996).

5.2. Kasvupaikan ja metsänhoidon merkitys

Kasvupaikka on ensisijaisen tärkeä koivun kasvunopeuden kuten myös koivupuutavaran laadun kannalta (Appelroth 1949, Heiskanen 1957, Verkasalo 1997a,b). Toisin kuin havupuilla, koivulla nopeakasvuisuus parantaa puun lujutta (Jalava 1945). Huonoilla metsätyypeillä kasvaneiden koivujen puuaineen lujutta heikentää keskimääräistä korkeampi ligniinipitoisuus (Liepins 1933). Lisäksi nopea kasvu vähentää ainakin rauduskoivulla poikittaissuuntaista ja tilavuuden kutistumista mutta lisää hieman nuorpuun osuutta ja pituussuuntaista kutistumista (Dunham 1996). Rauduskoivu kasvaa keskimäärin paremmilla kasvupaikoilla kuin hieskoivu (Heiskanen 1957), mikä on merkittävä syy siihen, että rauduskoivua pidetään näistä parempana sahapuuna. Tilavuuskasvunopeus riippuu koivulla paitsi kasvupaikan ravinteisuudesta myös valon määrästä, mutta toisaalta se vaihtelee huomattavasti eri osissa latvusta valosta riippumatta; tämä vaikuttaa rungon kapenemiseen (Denne ym. 1994).

Puhtaat koivikot ovat nykyisin kaskikoivikoiden ollessa loppumaisillaan melko harvinaisia: koivu kasvaa enimmäkseen sekametsissä. Puhtaissa koivikossa valtapuut ovat runkomuodoltaan parhaita, kun taas havusekametsissä tilanne saattaa olla päinvastainen; esim. Perä-Pohjolassa vallitut koivut muodostivat parhaan rungon (Tikka 1949). Appelrothin (1949) mukaan paras koivu kasvaa kuusikossa, jos koivu kasvaa kuusen kanssa tasaväkisenä. Männyn alikasvoksena koivun taimet kasvavat hitaasti rajoitetun valon saatavuuden vuoksi (Messier ja Puttonen 1995).

Kivennäismaiden koivut ovat keskimäärin parempia kuin suometsien, mihin vaikuttanee myös mutkaisempina ja varsinkin suolla kasvaessaan heikkolaatuisena pidetyn (Appelroth 1946) hieskoivun suurempi osuus suokoivikoissa (Heiskanen 1957, Verkasalo 1997a,b). Tosin parhaat ojitetut suotyypit, etenkin korvet, antavat kohtuullisen hyvät edellytykset arvokoivun kasvatukselle (Borg 1926, Lukkala 1931, Lappi-Seppälä 1933, Verkasalo 1997a,b). Soita metsittäessä hieskoivu saattaa olla hyvä vaihtoehto, vaikka sitä ei kivennäismailla juuri suositakaan (Saramäki 1977, 1981, 1994, Ferm 1989; ks. Kärkkäinen 1984). Usein kaskialueiden koivut, etenkin hieskoivut, ovat lahovikaisia (Heikinheimo 1915). Pelloille istutetut koivut ovat keskimäärin paksumpia kuin metsämaan koivut, mutta pituudessa ei ole eroa (Niemistö ym. 1997). Myös oksat ovat paksumpia ja niiden karsiutuminen lievästi hitaampaa pelto- kuin metsämailla. Runkomuotoviat sen sijaan ovat selvästi yleisempiä peltomailla.

Nuorina koivutaimikoiden pitää olla riittävän tiheitä, jotta puut kasvavat

suoriksi, alaoksat kuolevat ja karsiutuminen pääsee alkuun (Appelroth 1949, Niemistö 1995a). Karsinta on oikein suoritettuna sekä istutus- että luonnonmet-
sissä hyvä keino parantaa koivutukkipuun laatua, sillä sen jälkeen puu muodos-
taa oksatonta pintapuuta. Taimikoiden harvennus on myöhemmissä vaiheissa tar-
peen, jotta puiden kasvu ei heikkene eikä karsiutuminen vaikeudu kasvutilan
puutteen vuoksi (Appelroth 1949, Niemistö 1995a). Liian voimakas harvennus
kuitenkin johtaa oksien voimakkaaseen paksuuskasvuun (Cameron ym. 1995,
Niemistö 1995a, Dunham 1996) ja rungon voimakkaaseen kapenemiseen
(Cameron ym. 1995). Lisäksi esim. amerikkalaisella keltakoivulla harvennuksen
aikaansaama valon lisäys voi aiheuttaa epikormisten haarojen ja vesaoksien syn-
tymistä runkoon (Zobel ja van Buijtenen 1989). Suuri kasvutila johtaa myös ty-
vekkyyteen, lyhyeen oksattomaan osaan rungossa ja keskimääräistä pienempään
kokonaispituuteen, ainakin rauduskoivulla (Dunham 1996). Kasvutiheys siis vai-
kuttaa paksuuskasvuun (Cameron ym. 1995, Niemistö 1995b), mutta ei juurikaan
puuaineksen ominaisuuksiin (tiheys, syiden suunta, kutistuminen eri suunnissa)
(Cameron ym. 1995, Dunham 1996). Joillain lehtipuulajeilla, esim. pyökillä ja
eukalyptuksella, on todettu suuren kasvutilan vähentävän puuaineen kasvujänni-
tyksiä (Saurat ja Gueneau 1976, Waugh 1977, Polge 1981, Ferrand 1982). Esim.
amerikkalaisella jalavalla ja sokerivaahteralla taas on havaittu päärunгон lisään-
nyttä haarautumista harvennuksen jälkeen (Zobel ja van Buijtenen 1989).

Metsänhoidollisten toimenpiteiden vaarana on puiden vaurioituminen. Har-
vennettaessa on syytä välttää vioittamasta pystyyn jäävää puustoa, sillä koivu on
pystypuunakin altis laholle, ja vauriot alentavat puuston laatua ja arvoa ratkaise-
vasti (Ohman 1970, ks. Kärkkäinen 1984). Harvennetuissa sekametsissä koivu
onkin ollut vanhojen käsitysten mukaan keskimääräistä huonolaatuisempaa lähin-
nä lahovikojen vuoksi (Sarvas 1944). Karsintakin voi aiheuttaa lahovikoja. Siksi
se on tehtävä vioittamatta itse puuta ja mieluiten poistaen vain kuolleita oksia
(Appelroth 1949, Raulo 1981) tai korkeintaan läpimitaltaan 15 mm:n terveitä ok-
sia (Rintala 1995, Verkasalo ja Rintala 1998). Harsinnan seurauksena taas pys-
tyyn jäävä puusto voi kehittyä hyvinkin huonoksi (Sarvas 1944, Salo 1954).

Suon ojitus nopeuttaa myös koivun kasvua, jolloin puuaines muuttuu Ol-
linmaan (1960) mukaan vahvemmaksi kuin ennen ojitusta syntynyt puu. Lannoit-
tus taas voi vähentää hieman puuaineen tiheyttä samalla kun se lisää kasvua
(Saikku 1975). Istutuksen jälkeisenä kesänä tehdyn typpilannoituksen seuraukse-
na koivun taimien pituuskasvu voi lisääntyä lyhyellä aikavälillä jopa 80 % (Viro
1974), mutta eri typpilajien vaikutuserot taimien ensikehitykseen ovat merkityk-
settömät (Paavilainen ja Norlamo 1975). Lannoituksen kasvuaikutus on koivulla
merkityksetön vähintään varttuneessa taimikossa (Oikarinen ja Pyykkönen 1981,
Raulo 1981, Moilanen 1985). Tukkipuukokoa lähestyvien koivujen lannoittami-
nen saattaa sen sijaan olla mielekäästä (Raulo 1981).

5.3 Koivun jalostus ja uudistaminen koivulle

Koivun jalostus Suomessa on keskittynyt metsätaloudellisesti merkittävimpään rauduskoivuun, kun taas hieskoivun jalostus on ollut vähäistä (Lepistö 1970, Viherä-Aarnio 1989). Rungon kasvunopeutta (Lindqvist 1951, Raulo ja Koski 1977, Raulo 1979, 1981, Lepistö 1981, Hagqvist 1986, 1998), samoin järeytymistä, runkomuotoa sekä oksaisuutta (Raulo 1979, 1981, Hagqvist 1998) on mahdollista parantaa jalostamalla, mutta jalostustyötä vaikeuttaa se, että rungon hyvä kasvu, hyvä ulkoinen laatu ja puuaineen korkea tiheys esiintyvät vain harvoin samanaikaisesti (Velling 1979). Lisäksi melko voimakkaasti periytyvien puuaineen tiheyden ja kutistumisen välillä on havaittu puun käytön kannalta haitallinen, positiivinen korrelaatio, kun taas kasvu ja tiheys ovat olleet jalostuskokeissa toisistaan riippumattomia (Nepveu ja Velling 1983). Rauduskoivun saman alkuperän solukoviljellyt ja siementaimet ovat olleet taimitarhakokeissa kasvultaan samankaltaisia, mutta kloonattujen taimien kasvu on ollut yllättävän vaihtelevaa (Minkkinen 1992). Kuitenkin nopeakasvuisten ja hyvätuottoisten koivujälkeläistöjen valintaa pidetään parhaana keinona taloudellisesti tuottavien koivikoiden perustamiselle (Wang ja Tigerstedt 1996).

Koivulla tutkitaan myös mahdollisuuksia muuttaa sen perimää geenimanipulaation keinoin, mutta tutkimus on vielä alkuvaiheessa. Rauduskoivuun on jo onnistuttu siirtämään ns. kitinaasigeeni (Keinonen-Mettälä ja von Weissenberg 1998), jonka uskotaan sienten soluseiniä hajottavana parantavan koivun kykyä vastustaa sieni-infektioita (Tuominen suull.). Tätä kautta puun lahoalttius vähenisi. Tervekin puuaines sisältää huomattavia määriä sieniä ja bakteereita (Hallaksela ja Niemistö 1998). Myös etyleeniä tunnistavien geenien siirtoa tutkitaan koivulla, sillä etyleenillä voi olla merkitystä mm. otsoni- ja patogeenistressin sekä kylmän kestävyyydessä (Tuominen suull.). Tämä voisi parantaa puuaineen laatua vähentämällä mm. pakkashalkeamien kautta syntyviä sekä yleensäkin sienten ja bakteerien aiheuttamia väri- ja lahovikoja. Rauduskoivulla tutkitaan myös ligniinisynteesiä geneettisellä tasolla. Sitä tutkitaan siirtämällä mikrolisätyihin koivuihin ligniinisynteesiin vaikuttavia geenejä, esim. *O-metyylitransferaasigeeni*, jotta saataisiin selville ko. geenin vaikutus puuaineen ominaisuuksiin (Hägman 1998).

Koivikot uudistuvat helposti, sillä koivu siementää erittäin runsaasti, ja taimettuminen on nopeaa etenkin, jos maanpinta rikotaan ja lannoitetaan. Halutun alkuperän ja lajin viljely onkin kylvämällä suhteellisen helppoa, vaikka pintakasvillisuuden kilpailu voi joskus olla haitallisen kovaa (Raulo ja Lähde 1976, 1981). Metsitys koivulle on yleisintä istuttamalla (Mikkola 1997), mutta istutus-taimien vikaantumisriski on suurempi kuin kylvötaimien (Kurkela 1977). Oikea istutustekniikka on muutoinkin tärkeä, sillä epäsymmetrisesti kasvavat juuret voivat aiheuttaa puun kasvun vinoon ja siten suuren vetopuun määrän. Tällaiset puut ovat myös keskimääräistä herkempiä lumi- ja tuulituhoille (Zobel ja van Buijtenen 1989). Istutuskoivuilla on havaittu runsaasti tyvimutkia ja lenkoutta, jotka johtuvat rungon kallistumisesta (Niemistö ym. 1997). Lisäksi kannattaa istuttaa mahdollisimman kookkaita taimia, sillä pienten taimien kuolleisuus on suurin

(Raulo ym. 1998). Laatu puun kasvattamiseksi istutus onkin tehtävä huolella. Hyvän yhteenvedon tästä asiasta on tehnyt Raulo (1978).

Kuten luontaisissa myös istutetuissa taimikoissa pintakasvillisuuden torjunta on tärkeää, jopa isoja taimia käytettäessä (Leikola 1976) ja etenkin rehevillä kasvupaikoilla (Niemistö 1995b). Rikkakasvintorjunta herbisidillä rauduskoivun taimikossa onkin lisännyt selvästi taimien kasvua, kun taas peitekasvi- ja levyhakekate ovat lisänneet myyrätuhoja (Ferm ym. 1994).

Yleensäkin eläinten, sekä nisäkkäiden että hyönteisten, aiheuttamat tuhot ovat osoittautuneet rauduskoivun istutustaimikoissa merkittäväksi ongelmaksi (Juutinen ym. 1976, Lähde ja Raulo 1977, Raulo ja Lähde 1977, Annala 1979). Rauduskoivun istutustaimikoiden on mm. pelätty olevan hyvin alttiita ruskotäpläkärpäsen vioituksille johtuen istutusmetsiköiden väljyyden luomasta kärpästen kannalta hyvästä ilmastosta (Schulman 1989, Ylioja ym. 1995, 1998). Tosin vaikuttaa siltä, että vioitukset keskittyvät ytimen läheisyyteen, jolloin niiden merkitys on pelättyä pienempi (Niemistö 1994, 1998).

Koivikon uudistaminen vesottamalla on kyseenalainen vaihtoehto, mikäli tarkoitus on saada hyvää suorarunkoista ja vetopuutonta (Tikka 1949, Ollinmaa 1955, 1956, Verkasalo 1997b) ja vanhojen käsitysten mukaan myös lahotonta runkopuuta (Mikola 1942, Tikka 1949; vrt. Ferm 1990, Verkasalo 1997b). Se, että vesasyntyiset rungot ovat tyveltään lenkoja johtuu siitä, että koivu vesoo kannossa sijaitsevista tyvisilmuista (esim. Kauppi 1989), jolloin sivulle kasvaamaan lähtevät vesat joutuvat myöhemmin suoristumaan sen verran kuin on mahdollista viereisten vesojen viedessä oman tilansa.

Kuitupuuksi kasvatettaessa myös vesametsätalous voi olla varteenotettava vaihtoehto (Kärkkäinen 1984, Ferm 1989, 1990). Koivun vesojen kasvunopeus on alussa tavallista parempi (Kauppi 1989), vaikka se taantuukin muutamassa vuodessa siementaimien tasolle (Paukkonen ja Kauppi 1998). Lisäksi vesomispotentiaali kasvaa vesoja leikattaessa, sillä tyvellä olevat vesoja muodostavat tyvisilmut haarautuvat tällöin voimakkaasti (Kauppi 1989).

6 Koivupuutavaran hankinta, tukkien alkujalostus sekä puuaineen työstö ja pintakäsittely

6.1 Kaato, kuljetus ja varastointi

Puutavaralajeista viimeisenä on Suomessa ryhdytty koneellistamaan myös koivutukin hakkuuta. Pitkään epäiltiin koneellisen korjuun aiheuttavan koivutukkien haitallista kuoriutumista, karsinnassa puuaineen sisään syntyviä vuolemia tai rouhiutumia ja kaadossa tai katkonnassa syntyviä päälohkeamia, jotka alentavat viulun ja sahatavaran saantoa ja heikentävät laatua. Kuoriutumista ja lohkeamia syntyykin samoin kuin mittaepätarkkuutta alkukesällä koneellisesti hakattaessa, mutta muina aikoina ko. vikojen yleisyserot ovat pieniä kone- ja metsurihakuun välillä (Mäkelä 1993, 1994). Mittaepätarkkuus johtuu kuoren irtoamisesta, joka vaikeuttaa puun syöttöä (Mäkelä 1994). Tärkein lohkeamien syntyyn vaikuttava tekijä on hakkuukoneenkuljettajan työtekniikka, kokemus ja koulutus (Mäkelä 1993). Sen sijaan karsintavaurioita on havaittu syntyvän koneellisessa hakkuussa aina enemmän kuin metsurin tekemässä hakkuussa. Tukeissa, jotka tehdään metallirullasyöttöisillä hakkuukoneilla, karsintavauriot ovat suuremmat kuin tukeissa, jotka tehdään kumirullasyöttöisillä koneilla (Mäkelä 1993, 1994).

Yleensä koivurungot katkotaan välittömästi kaadon jälkeen. Tämän lisäksi koivulla on käytetty rasiinkaatoa (esim. Jalava 1938b, Hakkila 1963, Hakkila ym. 1970). Kaadettaessa rasiin puu jätetään kuivumaan kokonaisuksi oksineen ja lehlineen. Tällöin koivut karsitaan ja katkotaan, kun lehdet ovat kuivuneet pysyen kuitenkin vihreinä. Rasiinkaadon etuna on, että oikein suoritettuna se alentaa nopeasti rungon kosteutta: rungon massa voi laskea jopa 20 %-yksikköä 3-4 päivässä. Tämä on mahdollistanut koivun uittokuljetuksen, sillä raskaat paljon vettä sisältävät koivutukit uppoavat helposti (Jalava 1938b, Hakkila ym. 1970).

Uittokuljetus oli aikoinaan välttämätöntä vanerinvalmistuksen lisääntyessä, sillä siihen soveltuvaa koivua piti hankkia kaukaakin paikoista, joista muut kuljetusmenetelmät eivät olleet mahdollisia. Lisäksi uitto oli halpaa ja helppoa (Jalava 1938b). Samalla sekä maa- että uittokuljetuskustannukset kuten myös vaneriviulun kuivauskustannukset alenivat ja kuivaaminen nopeutui. Värivikojen ehkäisemiseksi koivut on kaadettava rasiin joko elokuun puolenvälin jälkeen, jolloin tukit uitetaan seuraavana kesänä (Jalava 1938b) tai alkukesästä, jolloin tukit on ehdottomasti uitettava jo saman kesän aikana (Hakkila ym. 1970) - Nykyisin koivutukitkin kuljetetaan pääasiassa kuorma-autoilla, osaksi junilla, jolloin kuljetuksen aikainen vikaantuminen on vähäistä.

Koivun puuaineen kosteus on korkeimmillaan rungon sisäosassa (Nagoda 1969), paitsi keväällä rungon alaosan pintapuussa (Peterson ja Winqvist 1960). Tyven kosteus voi olla etenkin kesällä selvästi alhaisempi kuin muussa osassa runkoa, jossa kosteuden vaihtelu sinänsä on suhteellisen pientä (Hakkila ym. 1970). Koivupuutavaran kosteuden vuodenaikaisvaihtelu voi olla jopa 40 % (Hakkila 1962, Marjomaa 1992, Paukkonen 1998).

Päiden kuivumisen sekä kasvujännitysten laukeamisen vuoksi tukkeihin saattaa syntyä nopeasti sydänhalkeamia kaadon ja katkongan jälkeen (Aro 1960).

Sen sijaan kuorimattomat puut, jotka on katkottu kaadon yhteydessä, eivät kuivu varastoitaessa siinä määrin, että niiden lahoalttius vähenisi (Heiskanen 1958). Varastoinnin aikana puusta poistuu vettä ja puu voi vikaantua riippuen varastointioista. Esim. Salmi (1964), Pekkala ja Uusvaara (1980) sekä Verkasalo (1993) havaitsivat lisäksi koivun puuaineen kuiva-tuoretiheyden alenevan tukkien metsävarastoinnissa, Verkasalon (1993) mukaan hieskoivulla vähemmän kuin rauduskoivulla. Värivikoja on ollut runsaasti varsinkin Venäjältä tuodussa koivupuussa; syynä tähän lienee ollut nimenomaan pitkä varastointi.

Koivulle suositellaan yleisesti talvikaatoa, sillä jäiset rungot eivät vikaannu varastoitaessa. Lämpimään aikaan koivutukki ei kestä pitkää varastointia, sillä koivupuutavara on altis väri-, laho- ja hyönteisvioille metsä- ja tehdasvarastoissa (Jalava 1938b, Henningson 1964, 1970, Salmi 1964, Hakkila ym. 1970, Pekkala ja Uusvaara 1980, Aantio 1987, Verkasalo 1993). Keskimäärin tukit säilyvät kohtuullisesti lahotta ja hyönteistuhotta yhden kesän varastoinnissa (Jalava 1938b, Heiskanen 1958, Hakkila 1963, Henningson 1964, 1970, Hakkila ym. 1970, Pekkala ja Uusvaara 1980, Aantio 1987, Verkasalo 1993). Tämä riippuu paljolti varastointikesän oloista, sillä sää- ja hyönteistilanne saattaa vaihdella runsaasti eri vuosina. Eräässä kokeessa talviaikaan kaadetut koivujen tyvitukit haudattiin lumeen ja peitettiin sitten sahanpurulla. Näin varaston lämpötila saatiin pysymään läpi kesän alle +2,5°C-asteessa ja syksyllä puut silmämääräisesti arvioituina näyttivät kaatotuoreiden veroisilta (Metsäliitto hankkii... 1997).

Jalavan (1938b) kokeissa heinä-elokuussa rasiinkaadetut koivut säilyivät vedessä ilman värivikoja kaatokesän ajan, mutta heti seuraavan kesän alussa värivikoja alkoi niihinkin ilmestyä. Heiskasen (1958) mukaan koivutukkeihin ei synny värivikoja vedessä tai jatkuvassa vesisuihkussa varastoitaessa, päinvastoin kuin kuivassa maavarastoinnissa. Vesivarastointi voi kuitenkin aiheuttaa muita vikoja, esim. vettymistä kohonneen permeabiliteetin seurauksena (Esping 1996).

6.2 Sahaus ja kuivaus

Sahaustekniikka on ratkaiseva lehtipuusahatavaran laadulle. Huomioon otettavia seikkoja sahaustapaa ja -suuntaa valittaessa ovat kutistuminen ja halkeilu puun kuivussa, muodonmuutokset ja sahatavaran mitat (Saimovaara 1994). Sahaukseen on suositeltu seuraavaa etenemistä (esim. Hoadley 1980, Louna ja Valkonen 1995): 1) tukin pinta sahataan pois ja sisäinen laatu tarkastetaan, 2) tukit sahataan pelkoiksi ja huonolaatuinen nuorpuu poistetaan, 3) pelkat esikuivataan ulkotapuleissa jännitysten vähentämiseksi (muutama kuukausi - 1-2 vuotta), 4) pelkat sahataan säteensuuntaisesti, 5) sahatavara kuivataan hitaasti ulko-oloissa (2-3 vuotta). Käytännössä useita vuosia kestävä sahatavaran valmistusprosessit ovat sahayrityksille liian kalliita: puu pitää saada sahattua, kuivattua ja toimitettua jatkojalostajille mahdollisimman nopeasti.

Säteen suuntainen sahaus yhtenäistää sahepinnan ulkonäköä, koska vuosilustojen tekstuuri on tasainen. Se myös vähentää elämisen aiheuttamia haittoja valmiissa tuotteissa, koska eri suuruiset säteen- ja tangentin suuntaiset kutistumi-

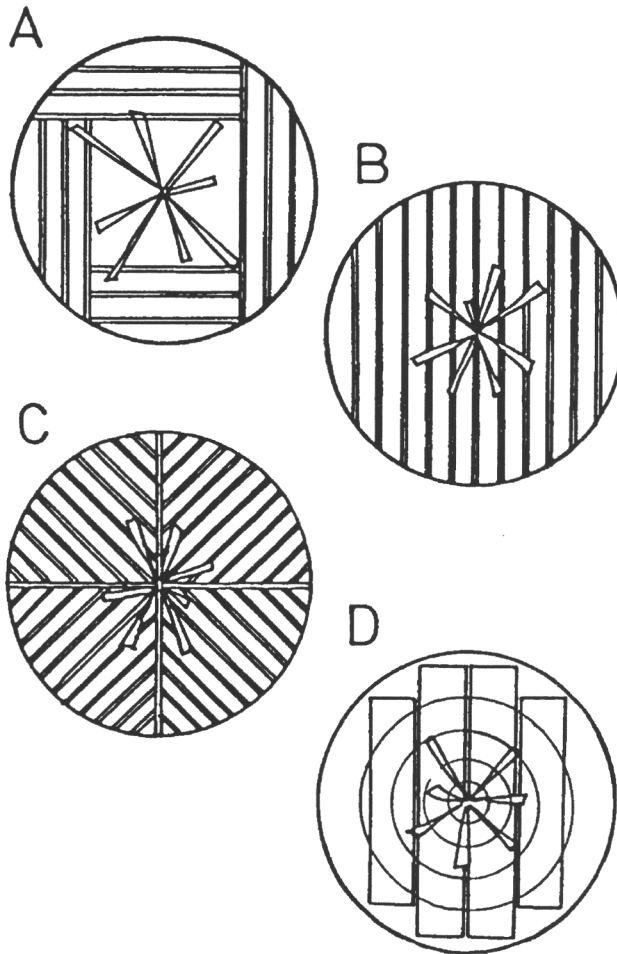
set ja paisumiset voidaan ohjata omiin suuntiinsa (Blomster suull.). Silti puusepän- ja huonekaluteollisuuden koivutukit läpisahataan yleisesti ytimen suuntaisesti ja sahatavara kuivataan sen jälkeen keinollisesti. Läpisahaaminen parantaa saantoa ja mahdollisuuksia käyttää hyvälaatuinen pintapuu mahdollisimman tarkoin hyväksi (esim. Kataikko 1996, Heräjärvi 1999). Joissakin tapauksissa koivutukit kuoritaan ennen läpisahausta, sillä kuori hidastaa kuivumista. Toinen peruste kuorinnalle on myyntihakkeen valmistus selluloosa-, lastulevy- tai kuitulevytehtaille.

Koivulla on verrattu ytimen ja pinnan myötäistä sahausta parkettiaihoiden raakalautojen sahauskessa (Paukkonen ym. 1999). Pinnanmyötäinen sahaus voi olla kannattavaa voimakkaasti kapenevilla tyvitukeilla, sillä tällöin sahatavaran syysuunta on suora, ja jännitysten, muodonmuutosten ja halkeilun voidaan siten olettaa vähenevän. Lisäksi virheettömän pintapuun saanto maksimoituu.

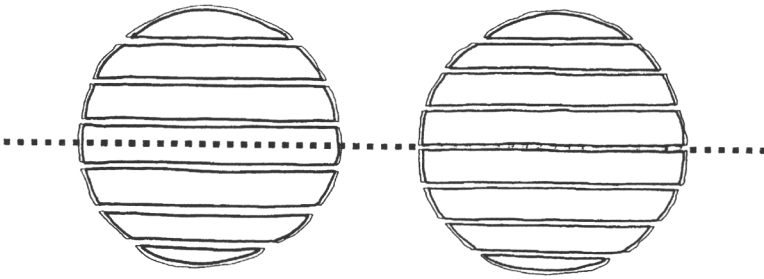
Myös koivulla on käytössä nelisahausmenetelmä, jota käytetään lähes yksinomaisesti havupuun sahauskessa Pohjoismaissa. Sen edut koivun sahauskessa ovat tuotantoprosessin nopeus ja automatisointimahdollisuudet verrattuna esim. läpisahaukseen (esim. Kataikko 1996, Heräjärvi 1999). Siten nelisahausta käytetään yhtäältä läpimitaltaan pienten ja toisaalta paksujen, vikaisten tukkien sahauskseen, jolloin tukkien laatusahauksesta ei saada oleellista lisäarvoa. Erikoissahaussasetteita lehtipuulle ovat esittäneet mm. Hoadley (1980, kuva 8) sekä Keinänen ja Tahvanainen (1995, kuva 9).

Etenkin paksun koivutavaran kuivaus on vaikeaa lämminilmakuivaamossa, kun lämpötila on alle 100°C, ja toimivaksikin todettu kaava voi aiheuttaa koivupuun tummumisen ilman selvää syytä (Verkasalo ja Paukkonen 1997, Yliopisto tutkii... 1998, Harinen suull.). Koivun puuainekellastuu, punertuu ja tummuu helposti kuivauksen aikana, jopa epätasaisesti, etenkin kappaleiden sisäosista. Pintaan jää usein muutaman millimetrin paksuinen hyvin vaalea kerros, minkä vuoksi esim. liimalevyissä voi esiintyä raidallisuutta. Myös rimat aiheuttavat kuivauksen aikana tummat, jopa usean millimetrin syvyiset jäljet koivusahatavaraan (esim. Peltoranta suull.). Rimajälkien minimoimiseksi puisten välirimojen olisi oltava mahdollisimman kuivia (Smith ja Herdman 1996). Rimajäljet pystyttäisiin välttämään käyttämällä uritettuja tai vaihtoehtoisesti muovisia rimoja, jotka ovat tällä hetkellä kuitenkin liian kalliita (Peltoranta suull.).

Paukkonen ym. (1999) havaitsivat koivun puuaineen säilyvän kuivauksessa huoneoloissa hyvin vaaleana, kun taas uunikuivaus tummensi puuta selvästi. Kyseessä voi olla joidenkin fenoliaineiden polymerisoituminen ja tummuminen kuivausprosessin aikana. Uuteaineet, mm. fenolit, jotka ovat todennäköisesti mukana värin tummumisreaktiossa, sijaitsevat pääasiassa ydinsäteissä sekä pitkittäisparrenkyymissä (Perilä 1954, Perilä ja Toivonen 1958, Paasonen 1967). Myös höyrytys aiheuttaa kelta- tai punavärjäytymistä (esim. Salmi 1987a,b). Erään koivusahatavaran käyttäjän mukaan sahatavara tarvitsee värimuutoksen estämiseksi välivarastoinnin ennen lopullista kuivaamista (Kataikko 1996), mutta lämpimään vuodenaikaan välivarastointikin voi aiheuttaa värivikaa (Paukkonen 1998). Yhdessä tapauksessa koivupuun käyttäjä haluaisi tukit sahattavan ennen maaliskuun

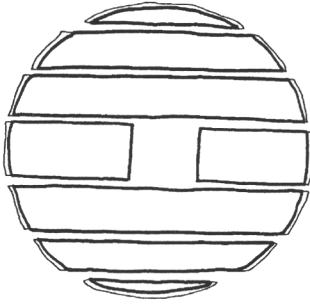


Kuva 8. Neljä tapaa sahata lehtipuuta: A = tukin ympärisahaus parhaalta puolelta aloittaen ja kääntäen tukkia 90 astetta kohdattaessa vika, B = tukin läpisahaus, C = kvartteri- eli neljännessahaus, D = veistosahaus (Hoadley 1980).

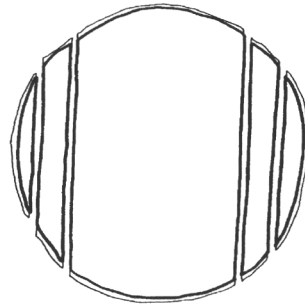


Lapisahaus

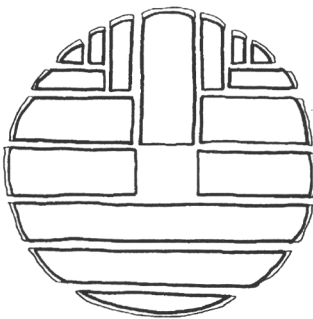
Sydänkeskeinen sahaus



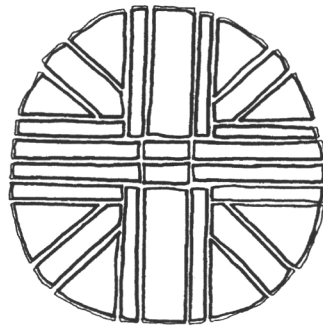
Sydänvapaalla sahausella puusiletti on puun ydin osassa olevat koirat.



Pelkkasahaus



Sydänvapaalla -/ kvartissahaus



Kvartissaauksella pyritään minimoimaan puun liikkuminen.

Kuva 9. Erikoissahaussasetteita (Keinänen ja Tahvanainen 1995)

loppua ja varastoitavan niitä ulkona pari kuukautta ennen lopullista kuivausta (Peltoranta suull.). Välivarastoinnin aikana tapahtuva veden väheneminen myös vähentää kuivauskustannuksia.

Ohuen koivusahatavaran kuivaus on onnistunut kohtuullisen hyvin ilman värinmuutoksia, kun lämpötila on ollut aluksi 30 °C ja nostettu vähitellen 70 asteeseen (Paukkonen ym.1999). Paksulle koivutavaralle hyviksi todetut kuivauslämpötilat ovat olleet eräässä toisessa tutkimuksessa samaa luokkaa, tosin alkulämpötilana on ollut 50 °C ja värin säilyminen ei ilmene tuloksista (Jørgensen ym. 1995). Alipainekuivaamot ovat kokeiluissa osoittautuneet hyviksi etenkin koivun vaalean värin säilyttämiseksi (Varis 1997, Lahtinen suull.). Niissä paine lasketaan jopa tasolle 100-200 mbar (vrt. normaali-ilmanpaine 1013 mbar), missä vesi kiehuu jo 45-60 asteessa. Tällöin koivupuu pystytään kuivaamaan muutamassa päivässä, kun kuivaus kestää normaali-ilmanpaineessa lämminilmakuivaamossa noin kaksi viikkoa dimensiosta riippuen.

Usein koivun vetopuu säilyy kuivauksen aikana normaalipuuta vaaleampana (Ollinmaa 1956), mikä lisää sahatavaran kirjavuutta. Vetopuu on myös herkkä halkeilemaan, eikä vääntymistä, kieroutumista ja halkeilua aiheuttavia jännitteitä pystytä siitä kunnolla poistamaan (esim. Ollinmaa 1956, Kärkkäinen 1984). Normaalillekin koivupuulle riittävän pitkä tasaannutus 50-70 °C lämpötilassa sekä jäädyttäminen kuivauksen jälkeen ovat tärkeitä kosteusgradientin, jännitysten ja halkeilun minimoimiseksi kuivassa sahatavarassa (Tronstad 1993, Jørgensen ym. 1995). Yhdessä koivun sahauskokeessa jännitykset osoittautuivat pahimmiksi puusta riippuviksi vioiksi, halkeilu ja kieroutuminen taas riippuivat kuivausoloista ja ne saatiin minimoitua lajittelemalla sahatavara pituuden mukaan kuivausta varten (Fjærtøft ja Bunkholt 1994). Lajittelu kuivausta varten saattaa olla tarpeen myös vuosilustojen orientaation mukaan, sillä eri suuntaisesti sahattujen kappaleiden on havaittu muuttavan eri tavoin muotoaan erilaisissa kuivausoloissa (Paukkonen ym. 1999). Kuivattaessa koivusahatavaruormaa ilman päälle asetettavia painoja ei ole havaittu varsinaisia eroja ylä- ja alaosan saheidän muodonmuutosvioissa (Peltoranta suull.).

Koivupuuhun voi ilmestyä sydänhalkeamia paitsi varastoinnin myös höyrytyksen ja kuivauksen aikana (Aro 1960, Juvonen ja Kariniemi 1984, Kärkkäinen 1984). Kuivaushalkeilun on todettu kuitenkin rajoittuvan pääasiassa ytimen sisältäviin kappaleisiin ja olevan niissäkin merkityksettömän pientä (Jørgensen ym. 1995). Myöskään toisinaan esiintyvä lankkujen päiden halkeilu ei ole suuri ongelma, sillä näin syntyvät halkeamat pystytään jatkojalostuksessa yleensä kiertämään melko hyvin (Peltoranta suull.). Oksien halkeilu kuivauksessa on olennainen häirittejä huonekalujen mutta ei parketin valmistuksessa; esim. terveoksaisten huonekalutuotteiden haljeneet oksat joudutaan höyrytyksen jälkeen yleisesti kittamaan (Jalonen suull.). Kuivauksessa tapahtuvaa halkeilua on Siimes (1967) tutkinut teoreettisin laskelmin.

6.3 Työstö ja pintakäsittely

Koivupuuta on helppo työstää sekä käsin että koneellisesti, erityisesti sorvata mutta myös sahata, viiluttaa ja vuolla (Salmi 1987a,b). Halkaisu on kuitenkin melko vaikeaa, samoin vetopuun työstö kaikin tavoin. Kuivaus saattaa aiheuttaa pintakovuutta, mistä johtuvat jännitykset vapautuvat ja aiheuttavat saheen muodonmuutoksen halkaisun tai toispuoleisen höyläyksen jälkeen. Tämä vaikeuttaa työstöä ja lisää hukkapuun määrää (esim. Kollman ja Côté 1984). Myös oksat sekä vaihteleva syiden suunta (esim. loimukoivu) aiheuttavat haittaa työstölle, etenkin höyläykselle (Kucera ja Myhra 1996). Sen sijaan oksattoman, suorasyisen koivupuun taivuttaminen on lämmitettynä helppoa (Farmer 1981, Kucera ja Myhra 1996). Tiheyserot vaikuttavat sorvaus- ja sahausvastuksiin, jolloin työstettävyyks on rauduskoivulla hieman parempi kuin sitä kevyemmällä hieskoivulla (Meriluoto 1965). Tämä saattaa olla syynä siihen, että hieskoivun viilu- ja sahepintoja pidetään joskus kauniimpina ja sileämpinä kuin rauduskoivun vastaavia pintoja (Appelroth 1946). Höylätyt koivupinnat ovat sileitä ja kauniskiiltoisia (Salmi 1987b). Kiilto aiheuttaa toisaalta raidallisuutta liimalevyihin ym. suuriin pintoihin, jos vierekkäisten kappaleiden syysuunnassa on eroa.

Koivun työstöön tarvittavat voimat ovat eri puulajeille keskimääräisiä (esim. Kivimaa 1952c, Kollman ja Côté 1984). Pääleikkuuvoiman tarve on sidoksissa puuaineen tiheyden lisäksi mm. lastun paksuuteen, teräkulmiin, terien materiaaliin ja kokoon, leikkaussyvytyteen, leikkaussuuntaan sekä puun lämpötilaan ja kosteuteen (mm. Kivimaa 1952a-d, Kollman ja Côté 1984). Koivulla tarvittava leikkuuvoima on suurimmillaan, kun kosteussuhde on n. 11 %. Eniten voimaa vaatii katkaisu (n. 9 kp/cm, lastun paksuus 0,1 mm, kosteussuhde n. 11 %), toiseksi eniten halkaisu pituussuuntaan (n. 3,5 kp/cm), vähiten halkaisu säteen ja tangentin suuntaan (n. 2 kp/cm) (Kivimaa 1952a-d). Teräkulmista tärkeimmän, rintakulman, pitäisi olla koivua katkaistaessa 45-53 ° ja halkaistaessa n. 60 °, jolloin teroituskulman olisi pienimmän leikkuuvoiman saavuttamiseksi oltava vastaavasti n. 30 ° ja n. 20 °; optimaalinen päästökulma on n. 10 ° (Kivimaa 1952c). Höylättäessä Kivimaa (1952d) suosittelee rintakulmaksi 10 astetta, sillä tätä suuremmilla kulmilla syillä on taipumus nousta pystyyn; tosin työstö vaatii näin pienellä kulmalla melko paljon voimaa. Leikkausnopeudeksi suositellaan 28-33 m/s (Wagenführ 1996), vaikka nopeus ei sinänsä vaikuta tarvittavaan leikkuuvoimaan (Kivimaa 1952d).

Koivupuun liima-, naula- ja ruuviliitokset ovat pitäviä, joskin metallikorroosiosinistymää saattaa esiintyä niiden yhteydessä (Salmi 1987a,b, Redner ja Rognerud 1991). Ruuveja käytettäessä suositellaan reiän esiporausta (Farmer 1981, Vadla ym. 1982). Koivupuun pintakäsiteltävyys (petsaus, lakkaus, vahaus) on myös hyvä (Salmi 1987a,b, Kucera ja Myhra 1996). Koivua on vaaleana puuna helppo värjätä jopa tummia jalopuita, esim. mahonkia jäljitellen (Redner ja Rognerud 1991, Kucera ja Myhra 1996). Polyesterilakkaus voi kuitenkin aiheuttaa pintakäsittelyvikoja (Wagenführ 1996).

7 Kolme esimerkkiä koivusahatavaralla ja jatkojalosteilla onnistumisesta

Vilkon Oy on eteläsavolainen koivusahatavaran, -aihioiden ja -viilun valmistaja. Koivun sahaaminen on erikoistaitoa vaativaa työtä, jossa ei kilpailla suurilla tuotantoluvuilla eikä huipputehoilla. Pääpaino on laadussa, lajittelussa ja erikoistuotteissa. Sahalla on 50-vuotiset perinteet koivun sahauksessa, sahaus aloitettiin 1940- ja 1950-lukujen vaihteessa nimellä Hirvensalmen Saha Oy. Viilun sorvaus aloitettiin vuonna 1985. Kahden omistajanvaihdoksen jälkeen yritys siirtyi Kuitusen perheen haltuun 1964, jolloin yhtiö sai nimen Vilkonsaha Oy. Joulukuussa 1983 osakekannasta myytiin 80 % Askon Oy:lle. Vuonna 1992 Vilkon Oy:stä muodostettiin Askon Oy:n tytäryhtiö. Vuonna 1996 omistus siirtyi mekaanista puunjalostusta monipuolisesti harjoittavaan Koskisen Oy- konserniin kuuluvalla Koskitukki Oy:lle, jonka tytäryhtiönä Vilkon Oy nykyisin toimii.

Vilkon Oy:n liikevaihto oli 52 milj. mk vuonna 1997. Tuotantokapasiteetti on yhdessä vuorossa noin 20 000 m³/a sahatavaraa ja 5 milj. m²/a viilua. Oma jatkojalostus käsittää 2500 m³/a koivuliimalevyä ja 1500 m³/a huonekaluaihioita. Vuotuinen puunkäyttö on nykyisin 25 000 m³ koivusahatukkia ja 10 000 m³ koivuviilutukkia sekä lisäksi 3 000 m³ haapatukkia. Aikaisemmin sahattiin kapasiteetin täysimääräiseksi hyödyntämiseksi myös havupuuta, lähinnä kuusta. Oma puunhankintaorganisaatio lopetettiin jo Vilkonsaha Oy:n aikana vuonna 1983. Ennen Koskitukki Oy:n omistukseen siirtymistä tukin toimittajina olivat ensin Tehdaspuu Oy ja sitten Osuuskunta Metsäliitto.

Syynä omasta puunhankinnasta luopumiseen oli kasvanut huoli koivutukkipulasta myös Etelä-Savossa. Parhaimmillaankin koivutukkeja oli ollut leimikon hakkuukertymästä 30 %, keskimäärin vain 15-20 %. Tuotantoon sopimattoman puun vaihtokaupat eivät olleet aina sujuneet kitkattomasti. Sahatukit tulevat noin 100 km:n säteeltä Puulaveden ympäristöstä Saimaan ja Päijänteen väliseltä alueelta. Viilutukkeja joudutaan hankkimaan koko Järvi-Suomen alueelta. Tukkia tuodaan nykyisin myös Venäjältä.

Noin puolet laitoksen tuotannosta menee kotimaiselle huonekaluteollisuudelle. Toinen puoli myydään muille kotimaisille ostajille, pääasiassa pienille huonekalujen valmistajille mutta myös puusepän-, parketti- ja vapaa-ajanvälineiteollisuudelle, sekä ulkomaille, lähinnä Keski-Eurooppaan, Englantiin ja Ruotsiin. Tehdas työllistää noin 110 henkilöä, joista 20 on viilun valmistuksessa.

Koivusahatavaraa koskevien valtakunnallisten laatu- ja dimensiostandardien puuttuminen on koettu Vilkon Oy:ssä suureksi ongelmaksi. Yhtiö onkin ollut usein itse määrittelemässä tuotetietoja valtakunnan tasolla. Tukit lajitellaan läpimitan mukaan 2 cm:n luokkiin ja käyttötarkoituksen mukaan lähinnä kolmeen laatuiluokkaan: E eli viilutukki, A eli huonekalusahatukki ja B eli liimalevytukki. Vilkon Oy:n erikoisuutena on mahdollisuus lajitella tukki myös lenkouden mukaan. Sahatavara lajitellaan erikseen ulkonäön ja toimituskosteuden mukaan.

Tukkien ja sahatavaran lajittelusäännöt on kuvattu edellä luvussa 4.2.1.

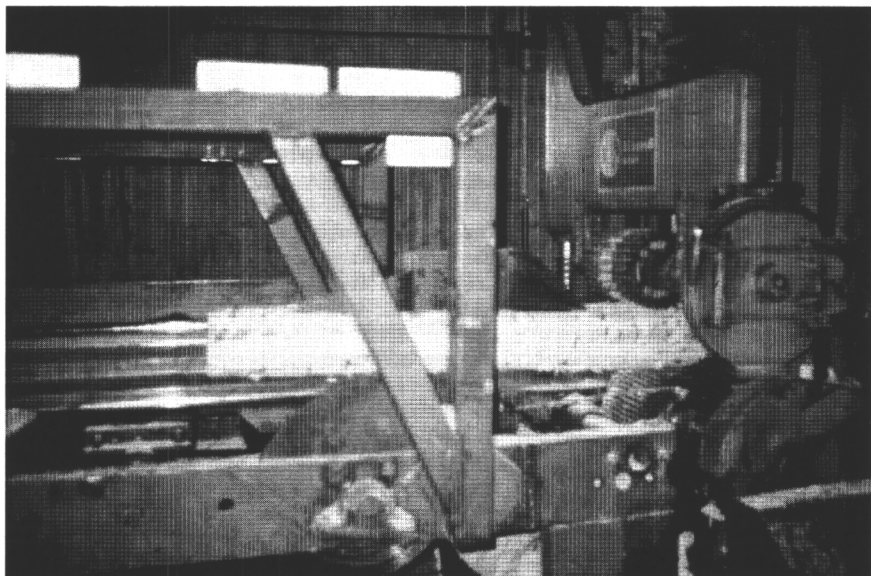
Sahan laitteet ovat vanhoja, pääosin vuosilta 1976-77. Laitoksessa oli aluksi yksi kehysaha ja vuonna 1984 asennettiin toinen. Vanhalla sahalla sahataan 60 % tuotannosta: kaikki paksut ja hyvälaatuiset koivutukit läpisahausena 19-75 mm:n saheiksi. Uudella sahalla sahataan 40 % tuotannosta: pienehköt ja muuten laadultaan vaatimattomat koivutukit sekä haapatukit nelisahausena 19-50 mm:n saheiksi. Tällä sahalla on harjoitettu säännöllisesti myös käyräsahausta, oletuksia pienemmin mitta- ja muotopysyvyysohjelmin. Särnätyä tavaraa sahataan vain dimensioihin 25*75 mm ja 25*100 mm. Kaikki sivulaudat myydään särnäämätöminä.

Kuivauskapasiteettia on 14 TEKMA-kamaria, joissa lämpötilaa ohjataan kuivausajan, ei kosteuden mukaan. Kuivausajat ovat useita viikkoja, esim. 32 mm:n tavaralla noin kaksi viikkoa. Alkulämpötilat ovat matalia, esim. märkä 35 °C ja kuiva 45 °C, jotka kohotetaan alle viikossa tasoille 65 °C ja 75 °C. Tämän jälkeen lämpötilat pidetään vakiotasolla tai niitä lasketaan lievästi.

Useimmista koivusaahoista poiketen kaikki tukit kuoritaan, koska läpisahaustu sahatavara kuivuu kuorittuna paremmin kuin kuorellisena, huonekalutehtailla kuoresta on haittaa ja myytävässä selluhakkeessa ei sallita kuorta. Kuorta ja öljyä käyttävä lämpövoimala on teholtaan 4 MW. Lämpöä tarvitaan erityisesti sorvipölliin haudutuksessa sekä viulun ja sahatavaran kuivauksessa. Purusta poltetaan puolet ja toinen puoli toimitetaan lastulevytehtaalle. Koivuhake myydään ksylytolin (koivusokerin) ja selluloosan valmistukseen.

Koivun todetuista kuivausongelmista ovat vaikeimmat puun tummuminen välirimojen alla ja punavärjäytyminen varsinkin paksujen saheiden sisäosissa. Ongelmat rimajäljissä ovat olleet vähäisimmät käytettäessä kuivia kuusirimoja ja suurimmat käytettäessä tuoreita haaparimoja. Kokeiltu on myös muovi- ja metallirimoja, parhaat kokemukset on saatu kaksiruorisista muovirimoista. Muodonmuutosviat ovat olleet suhteellisen vähäisiä. Yleisintä näistä on ollut lapevääryys, jota on syntynyt lähinnä aseteltaessa välirimat väärin. Kuivaushalkemat ovat olleet hyvin pieni ongelma. Päähalkeamia syntyy tosin usein, mutta ne ovat yleensä vain muutaman senttimetrin pituisia eivätkä haittaa jatkojalostusta pilkottaessa saheet kapeiksi aihioiksi.

Vilkon Oy:n päätuoteryhmät ovat: 1) huonekalusahatavara, 2) liimalevysahatavara, 3) kynnyslautasahatavara, 4) Taiwanin sahatavara leikkikaluihin yms., 5) ohut sahatavara jääkiekkomailojen varsi-aihioiden. Sahatavaran jatkojalostus tarkoittaa ensisijaisesti sahattuja ja höylättyjä koivu- ja pienessä määrin myös haapa-aihoita. Eräs merkittävä artikkeli ovat joustinpatjan rungot. Katkaisuautoomaatilla, joka tunnistaa merkityt viat ja poistaa ne ”optimaalisesti” leikaten, valmistetaan sahatavarasta parkettiaihioita. Muita jatkojalosteita ovat esim. ytimettömät koivuaihiot lelutehdaille, pintapuusta valmistettavat, mitallistetut kynnyslaudat, lekanvarsi-aihiot ja jääkiekko- ja kaukalopallomailojen varsi-aihiot. Omaa jatkojalostusta varten on rakennettu sormijatkoslinja ja koivuliimalevytehdas.



Kuva 10. Järeän koivun kehäsahaus Vilkon Oy:llä ja koivusahatavaran ja -viilun eräs tärkeä lopputuote, design-tuoli. Valokuvat: Erkki Verkasalo (yläkuva) ja Vilkon Oy, Hirvensalmi (alakuva).

Vilkon Oy:n viilutehtaalla sorvataan kahdella sorvilla pääasiassa 0,6 mm:n viiluja huonekalujen pinnoitukseen ja 1,5 mm:n viiluja taivutettaviin muotopuristeisiin. Jossain määrin tehdään myös 1,5 mm:n haapaviilua esim. lamellirakenteisiin jääkiekkomailanvarsiin. Tarvittaessa tehdään muitakin viilupaksuuksia, suurimmillaan 2,5 mm.

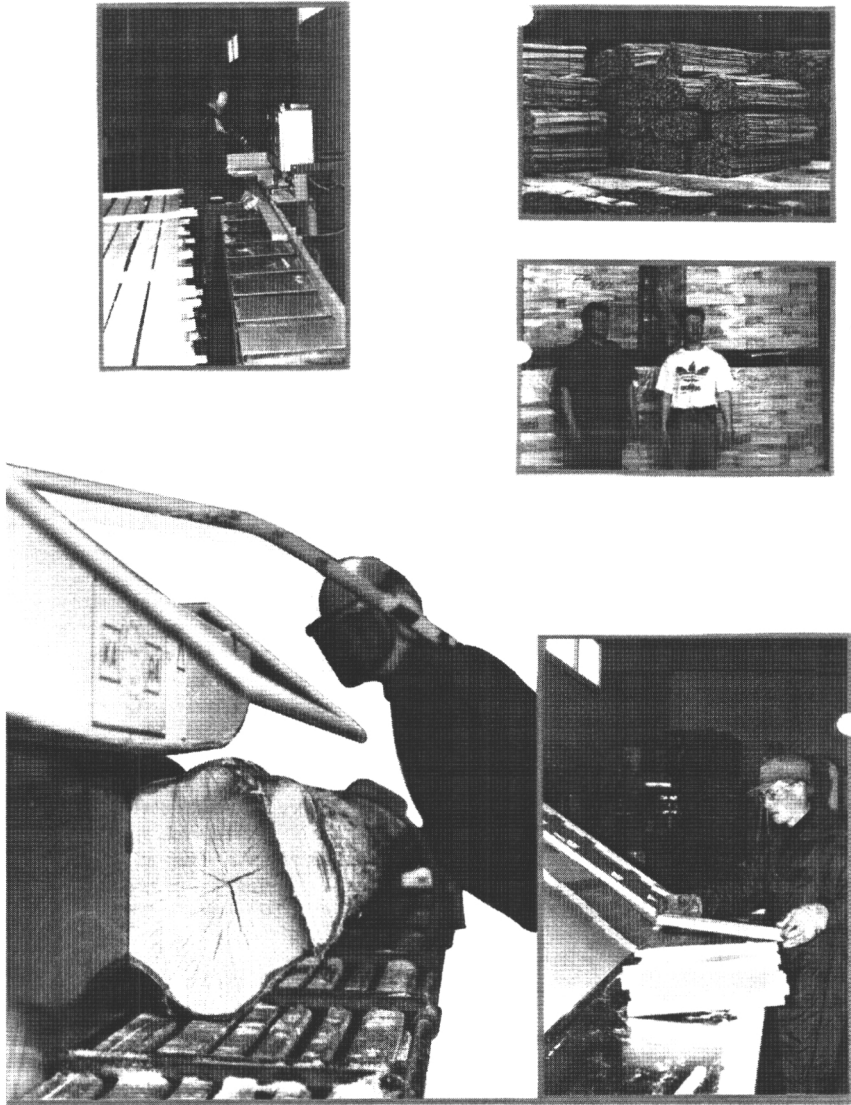
Viilutukat katkotaan pölkyiksi tukkikentällä, mistä ne siirretään tehtaalle haudontaan. Tukkien käsittelylaitteet ja kuljettimet ovat ”oma tuotantoa”. Kuorinnan jälkeen pölköt ohjataan Raute Oy:n toimittamille sorvaus-kuivauslinjoille. Sorveista vanhempi on leveydeltään 60-tuumainen ja varustettu manuaalisella pöllinkeskittimellä, uudempi on leveydeltään 100-tuumainen ja varustettu automaattisella, viilun saantoa optimoivalla XY-keskittimellä. Purilaan paksuus on 100 mm. Molemmat sorviliinjat on varustettu automaattileikkureilla ja imuhihna-pinkkaajilla. Viilut kuivataan verkkokuivaajilla.

Viilut lajitellaan kuivauksen jälkeen kolmeen laatuluokkaan. Ykköslatu on lähes virheetön ja kolmoslatu vastaa suunnilleen vaneritehtaiden väliviilulaatuja. Viiluja ei saumata tai jatketa mutta leikataan arkeiksi asiakkaan haluamiin mittoihin. Pienin arkkikoko on 3500 mm * 900 mm. Sorviliinjoista vanhemmalla viilun leikkausta ohjataan manuaalisesti. Uudemmalla linjalla lävistetään reiät pölkkyjen päihin, jolloin automaattileikkurilla voidaan leikata syykuvioinniltaan tasalaatuisia viiluarkkeja. Sorviliinjoista uudemmalla pystytään sorvaamaan myös pitkiä, jopa 2550 mm:n pölkkyjä.

Karjalan Puu Ky on Rääkkylässä toimiva perheyriety, jonka omistaa Reino J. Harinen. Yritys sai alkunsa maatalouden lopettamisen jälkeen vuonna 1989, jolloin ryhdyttiin sahaamaan havupuuta. Tästä oli kuitenkin luovuttava rakennusalan syvimmän laman aikana 1990-luvun alussa. Tavallaan pakkotilanteen aiheuttamaksi pelastukseksi muodostui koivun sahaus.

Toiminta-ajatuksena on nykyisin sahata koivua asiakkaan toivomusten mukaisesti. Asiakkaita ovat mm. parketti- ja massivikoivulattioiden valmistajat, liimalevyn valmistajat ja huonekaluteollisuus. Viennin osuus on noin puolet tuotannosta. Kesällä 1998 aloitettiin säännölliset sahatavaratoimitukset läheiselle liimalevytehtaalle, jossa omistaja on osakkaana. Yrityksen toiminta perustuu muutenkin verkottumiseen noin kymmenen oman osa-alueensa hallitsevan puualan yrityksen kanssa. Yritys työllistää toimitusjohtaja ja perheenjäsenensä mukaan lukien 5-10 henkilöä puunhankinnassa, sahausessa ja jatkojalostuksessa. Liikevaihto oli noin 4 milj. mk v. 1997.

Karjalan Puu Ky käyttää vuodessa 2000-3000 m³ koivutukkia ja jonkin verran ostosahatavaraa. Kotimaan koivua hankitaan lähiseuduilta pystykaupoilla, joissa hakkuun hoitaa yksi palkattu metsuri ja lähi- ja kaukokuljetuksen perheenjäsen omalla maataloustraktorilla (hydraulikuormain ja metsäperäkärri). Hankintakauppoja tehdään koko Pohjois-Karjalassa sekä omatoimisesti että paikallisten metsänhoitoyhdistysten välityksellä. Venäjän koivua ostetaan agentin välityksellä ja se tulee suoraan autopuuna. Myös junapuutoimituksia on ollut, mutta koivussa on tällöin ollut usein runsaasti varastovikoja. Venäläinen koivu on lisäksi kokemusten mukaan yleensä vanhaa ja sisältää paljon sisävikoja.



Kuva 11. Pieniläpimittaisen koivun pyörösahaus ja jatkojalostus parkettiaihioiksi ja sahauspintojen hyödyntäminen kotitalouksien polttopuiksi Karjalan Puu Ky:ssä. Valokuvat: Karjalan Puu Ky, Rääkkylä.

Koivutukkia hankitaan sekä pitkänä (6 m) että lyhyenä (2,5-3,3 m), pitkät katkotaan sahalla kolmemetriseksi. Normaaliäpimittaisen koivutukin, vähimmäis-äpimitaltaan 18 cm, lisäksi hankittiin aiemmin myös 14-18 cm:n pikkutukkia. Pikkutukin sahausesta on sittemmin luovuttu heikon kannattavuuden vuoksi. Sekä normaali- että pikkutukit lajitellaan kahteen laatuiluokkaan. Normaali-äpimitukin kanto- ja hankintahinta on useita kymmeniä markkoja, vähintään 20 mk/m³ korkeampi kuin vaneritukeilla, pikkutukista maksettiin noin 20 mk/m³ enemmän kuin kuitupuusta. Vain talvi- ja syyskaatonen koivu kelpaa, kaato alkaa normaalisti elokuun puolivälissä.

Koivutukkeja ei kuorita lainkaan. Sahausten hoitaa kaksi työntekijää KARA-pyörösahalla. Yhdestä tukista saattaa tulla jopa 16 erilaista tuotetta. Pienin sahauserä on noin 2-3 m³. Perussahausaseteessa on ensisijaisena ajatuksena saada molemmilta lappeiltaan terveksaisia tuotteita tukin sisäosista.

Päätuote on 19*75 mm:n parkettilauta, jota sahataan pelkasta jakosahaten - lukuunottamatta usein mustasydämistä 75*75 mm:n keskikappaletta, joka käytetään trukkikasojen aluspuiksi. Parkettilauta myydään enimmäkseen lautaparketti-aihioksi katkottuna. Pelkkasahaudesta jääneistä sivukappaleista sahataan läpisa-haten 32 ja 50 mm:n liimalevyylautaa, jota menee sekä läheiselle osakkuusliimalevytehtaalle että Lahden seudun huonekalutehtaiden alihankkijoille ja suoraan vientiin, esim. Itävaltaan ja Norjaan. Rimoja (75*75 mm) toimitetaan huonekalu-komponenteiksi, esim. tuolin- ja pöydänjalkojen tekoon. Massiivipuusta tehdään myös kynnyslautoja kolmesta osasta liimaten. Ytimen ympäriltä tummia sydänta-varalautoja voidaan liimata päällekkäin ydinpuolet vastakkain esim. sänkyjen runkopalkeiksi. Pintalauta, joka voi olla joko hyvä- tai huonolaatuista, on vai-keasti myytävä ongelmatuote. Sahauspinnat sidotaan teräsvanteilla polttopuupa-keteiksi ja parkettilautojen tasauspätkät säkitetään takka- ja saunapuina myytä-viksi. Sahanpuru myydään kuivikkeeksi mm. hevostalleille.

Sahatavara kuivataan neljässä kuivauskamarissa á 25-28 m³. Ohuella, 32 mm:n laudalla kuivaus on ollut suhteellisen ongelmatonta, kun taas 50 mm:n ta-varalla on esiintynyt runsaasti vääntyilyä ja kieroutumista, joskus halkeilua mutta myös värivikaantumista. Kuivauskuormassa käytetään vain neljää rimaa, mutta niiden on oltava tarkasti kohdakkain eri kerroksissa ja tasalla kuorman päissä. Kuivauksen alkulämpötila on vain +30°C, missä lämpötilassa kuorma menettää silti vettä 800 kg/vrk. Lämpötila nostetaan vähitellen +70 asteeseen ja tasaannu-tus tehdään +50 asteessa. Talvella sahatavara kuivataan alusta lähtien kamarissa, jolloin kuivaus kestää kolme viikkoa. Kesällä alkukuivaus tapahtuu ulkokuivaus-sena tapulissa; loppukuivaus kamarissa kestää 1,5 viikkoa.

Huonekalutehdas Korhonen Oy Kaarinassa on perustettu vuonna 1910. Nykyinen toimitusjohtaja Jukka Korhonen on johtaja puuseppäsuvun kolmannes-sa sukupolvessa. Tehtaan tuotteista yli 90 % on Alvar Aallon suunnittelemlia hu-onekaluja. Huonekalujen lisäksi valmistetaan erilaisia tasolevyjä. Tehtaan perusta- ja Otto Korhonen aloitti 1928 Aalto-huonekalujen toteuttamisen ja tehdas on ollut näiden yksinoikeusvalmistaja vuodesta 1929. Varsinaisesti Aalto-huonekalu syntyi Paimion parantolan huonekalujen suunnittelusta: epämiellyttäväksi koettu-jen metallikalusteiden tilalle kehitettiin kokonaan vanerista valmistettu nojatuoli.

On sanottu, että ”Aallon arkkitehtuurissa ja huonekaluissa yhtyvät muoto ja tarkoitus, tyyli ja materiaalin ominaisuudet nerokkaasti täydelliseksi ilmaisuvälineeksi”.

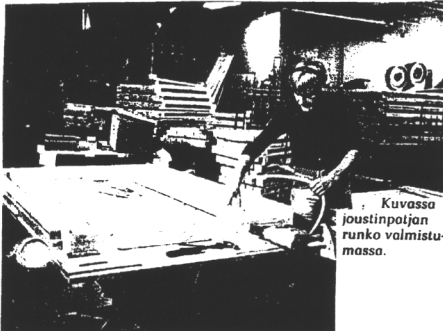
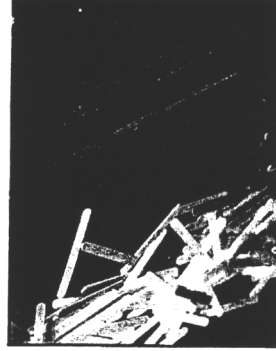
Korhonen Oy ostaa särmäämätöntä 25-75 mm:n koivulautaa, joka on yleensä tyvitukeista sahattua A-laatua. Tehtaalla on puolenkymmentä koivun toimittajaa, joista Vilkon Oy on suurin. Koivulaudan lisäksi ostetaan jonkin verran 1,2 mm:n viilua tuolien ja pöytien jalkaosien väliviiluksi ja 1,5 mm:n viilua muihin tarkoituksiin.

Korhonen Oy:n tuotteistoon kuuluu pikkutuoleja, nojatuoleja ja pöytiä, joita valmistuu yhteensä noin 100 000 yksikköä vuodessa. Valmistuksessa on noin 80 tuoteryhmää ja yli 700 tuotemallia. Suosituimpia ovat Aallon pikkutuolit, esim. jakkarat. Suurin osa tuotteista lakataan, jotta koivun luonnollinen vaaleus pääsisi oikeuksiinsa. Tuotteille on ominaista vaaleuden lisäksi taivutetut ja kaarevat osat sekä selkeä ja ilmava muoto. Valmistus on edelleen suurelta osin käsityötä. Tuotteet markkinoidaan Oy Artek Ab:n kautta. Viennin osuus on noin 30 %.

KOIVUISIA MERKKITUOTTEITA SUOMESTA



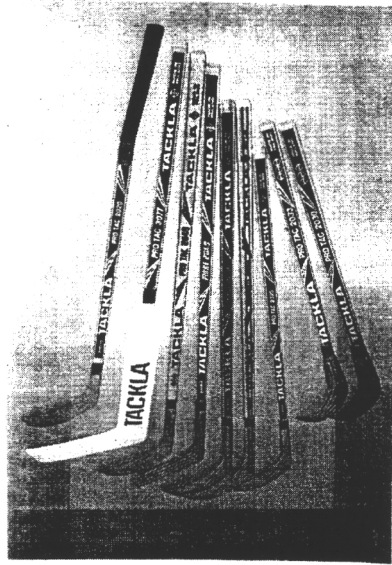
Kysytyimpiä Aalto-huonekaluja ovat pikkutuolit.



Kuvassa
joustinpotjon
runko valmistu-
massa.



Järeitä koivusa-
halavaraa.



Kuva 12. Suomalaisia saha-koivupohjaisia merkkituotteita ja jatkojalosteita.
Valokuvat: Puumies-lehti.

8 Koivun puuaineeseen ja mekaaniseen käyttöön liittyvä tutkimus

8.1 Meneillään oleva tutkimus

Koivun sahauksen ja jatkojalostuksen lisäämiselle on hyviä mahdollisuuksia erityisesti alueellisesti. Lisäksi suomalaisen koivun tulevaisuus vanerin raaka-aineena ei ole välttämättä taattu eikä pienikokoisella koivulla ole aina kysyntää, joten uudet käyttötarkoitukset ovat toivottavia. Tältä pohjalta useissa tutkimuslaitoksissa ja yliopistoissa kuten myös alueellisina ja paikallisina projekteina on aloitettu tutkimus- ja kehittämishankkeita koivun käytön lisäämiseksi ja tehostamiseksi.

Metsäntutkimuslaitoksen Joensuun tutkimusasemalla on aloitettu vuonna 1998 tutkimus Kotimaisen koivun ja harmaalepän ominaisuudet mekaanisessa puunjalostuksessa, niiden ennustaminen ja hallinta. Siinä tutkitaan luontaisesti syntyneen raudus- ja hieskoivun rungon ja puuaineen ominaisuuksien vaihtelua lopputuotelähtöisen mekaanisen puunjalostuksen näkökulmasta (pl. vaneriteollisuus). Keskeistä on näiden ominaisuuksien riippuvuus kasvuympäristöön (kasvupaikan viljavuus, kasvukauden lämpösumma, puuston tiheys, sekapuuvaiutus, kasvunopeus) sekä puunhankinnan (mm. apteraus ja lajittelu) ja alkujalostuksen (mm. sahaussuunta ja -asete) toteutukseen liittyvistä tekijöistä. Tältä pohjaltaan tutkitaan mahdollisuuksia ennustaa ja hallita puuaineen ja puutavaran keskeisiä ominaisuuksia pääasiassa sahauksessa ja jatkojalostuksessa. Näiden ominaisuuksien ja erilaisiin lopputuotteisiin soveltuvuuden arvioimiseksi laaditaan tilastotieteellisiä malleja ja päättelysääntöjä.

Päättehakuukoivua koskeva työ toteutetaan neljän osion muodostamana kokonaisuutena: 1) koivurunkojen ja -sahatukkien tekniset ominaisuudet ja laatu, niiden vaihtelu ja vaihtelun syyt, 2) koivuleimikon hakkuukertymät, kantorahatut ja raaka-aineen ohjaus, kun tukki käytetään vaihtoehtoisesti sahatavaraksi tai vaneriksi, 3) sahakoivun tuotelähtöiset leimikkovaatimukset ja apteraussäännöt sekä sisälaadun ennustaminen, 4) raudus- ja hieskoivun mekaanisten ja fysikaalisten ominaisuuksien vaihtelu rungon eri osissa. Erityiskysymyksinä käsitellään sekapuustoisuuden vaikutuksia sahakoivun ominaisuuksiin ja laatuun sekä vertaillaan sahatavaran saantoa, laatua ja arvoa sahattaessa koivu lyhyinä tai pitkinä tukkeina. Kokeelliset tutkimukset harvennuskoivusta aloitetaan talvella 2000.

Joensuun yliopiston metsätieteellisen tiedekunnan PUISEVA-projektissa on käynnissä koivun lämminilmakuivatun puuaineen ominaisuuksiin vaikuttavien tekijöiden tutkimus. Siinä keskitytään selvittämään kasvupaikan, kaatoajankohdan sekä tukkien varastointiajan pituuden ja varastoinnin ajankohdan vaikutuksia puuaineen säilyvyyteen sekä niiden vaikutuksia saheidn laatuun, ennenkaikkea väriin mutta myös muodonmuutoksiin kuivauksessa. Oletuksena on, että puun kasvuolosuhteilla ja kaatoajankohdalla on merkitystä koivun puuaineen varastoitavuudelle ja kuivauslaadulle esim. kasvunopeuden ja kemiallisen koostumuksen välityksellä. Koivupuun kemiaa värinmuutoksen suhteen tutkitaan tässä yhteydessä Joensuun yliopiston materiaalikemian laboratoriossa sekä Metsäntutkimuslai-

toksen Vantaan tutkimuskeskuksessa. Kemiaaliset analyysit tehdään sekä lämmilmakuivatuista (Joensuun yliopiston metsätieteellinen tiedekunta) että alipainekuivatuista (Ympäristötekniikan instituutti, Mikkeli) koivupuunäytteistä.

Joensuun yliopistossa on myös alkamassa istutusrauduskoivujen puuaineen kuivausominaisuuksia selvittävä tutkimus. Siinä tutkitaan sekä metsämaalle että pellolle istutettujen koivujen puuaineen kuivauslaatua samoilla menetelmillä kuin em. luonnonkoivuja koskevassa tutkimuksessa, kaatoajankohdan ja varastoinnin ollessa siten kasvupaikan ohella tutkittavina muuttujina.

Helsingin yliopiston metsävarojen käytön laitoksella on käynnissä tutkimus Kotimaisen koivun, haavan ja lepän mekaaninen jalostus, lopputuotteet ja niiden ominaisuudet. Siinä on tavoitteena selvittää koivun, haavan ja lepän mekaaniset jalostusmahdollisuudet ja tutkia/ratkaista eri jalostusvaiheisiin liittyviä ongelmia. Jalostuksen vaikutusta lopputuotteiden ominaisuuksiin ja sen riippuvuutta rungon ja kasvupaikan ominaisuuksista sekä puunhankintaan liittyvistä tekijöistä tarkastellaan. Kullekin puulajille määritellään sopivimmat lopputuotteet raaka-aine- ja jalostusominaisuuksien sekä valmistuksen kannattavuuden perusteella.

Koivun puuaineen laadun parantamiseen tähtääviä ja siihen vaikuttavia tutkimuksia tehdään myös geeniteknologian alalla, mm. Helsingin yliopiston bioteknologian instituutissa, Joensuun yliopiston biologian laitoksella ja Metsäntutkimuslaitoksen Punkaharjun tutkimusasemalla.

Myös koivun kasvatuksen tutkimuksissa on kiinnitetty viime aikoina huomiota puuaineen ominaisuuksiin. Erityishuomio on ollut istutuskoivujen väri- ja lahovioissa (mm. ruskotäpläkärpänen) sekä kasvupaikan ja kasvatustiheyden vaikutuksissa rungon ja puuaineen ominaisuuksiin. Näitä tutkimuksia on käynnissä Metsäntutkimuslaitoksen Punkaharjun, Muhoksen ja Parkanon tutkimusasemilla.

8.2 Johtopäätöksiä ja tutkimustarpeita

Vaikka koivuvarat ovat verrattain suuret käyttöön nähden, hyvälaatuisen järeän tukkipuun hankinnassa on ollut ja lienee jatkossakin ongelmia. Varat ovat hajallaan havu- ja sekametsissä tai erikoiskasvupaikoilla, jotka ovat samalla arvokkaita luonnonsuojelukohteita. Tavallisen koivun ja visakoivun kasvatusta voitaisiin kuitenkin helposti lisätä etenkin viljelemättömillä pelloilla. Nisäkäs- sekä sieni- ja bakteerituhot ovat täällä kivennäismaiden tavoin vakavin uhka koivutaimikoiden kehitykselle ja vaikuttavat oleellisesti myös puuaineen laatuun.

Hyvälaatuisen koivun menekki puutavarana kuten myöskään sahatavarana erilaisiin jatkojalostuksen tarpeisiin ei ole missään vaiheessa ollut eikä tule jatkossakaan olemaan ongelmallista siinä tuotannon laajuudessa, minkä koivuvaramme mahdollistavat. Sekä raudus- että hieskoivun ongelmana on hyvälaatuisen tukkipuun pieni osuus kiertoajan kokonaistuotoksesta vastaavilla kasvupaikoilla menestyviin havupuihin verrattuna. Siispä keskeisinä huolenaiheina ovat jatkossa yhtäältä koivun laadun vaaliminen ja parantaminen kaikissa metsänhoidon ja puunhankinnan vaiheissa, toisaalta kannattavien käyttömahdollisuuksien kehittäminen laadultaan keskinkertaiselle ja jopa heikolle koivulle.

Saha- ja huonekaluteollisuuden tarpeisiin sopivaa koivutukkia on koivuvarojen perusteella saatavissa päätehakkuiden lisäksi harvennuksista. Tämän mahdollisuuden hyödyntäminen on tärkeää yhtäältä tehtaiden koivupulan lievittämiseksi, toisaalta kuitupuun kokaisen koivun menekien varmistamiseksi. Koivusta valmistettavan lyhytkuitusellun ennustetaan menettävän jo lähivuosina asemiaan sitä paremman hinta-laatu-kilpailukykyyn akaasia- ja eukalyptusselluille, jolloin läpimitaltaan pienelle koivulle tarvitaan metsätalouden kannalta uusia käyttätapoja.

Koivutukki voitaisiin hankkia sahaukseen ja aihiovalmistukseen lyhyenäkin, esim. 2-3 metrin pituisena. Mainittakoon, että koivuhalkojen hakuissa kokeiltiin 1960-luvulla järeiden tyvipölkkyjen ottamista erilleen toimitettaviksi vaneritehtaille sorvipölkyn pituuksissa (1,3 ja 1,6 m). Sahakoivu voisi lisäksi olla läpimitaltaan varsin pientä, kun tuotantonopeus ja työn tuottavuus eivät ole välttämättä pääasioita kannattavuuden kannalta. Tärkeintä on sahakoivun hyvä laatu: pölkkyjen olisi oltava kohtuullisen suorina eikä niissä saisi esiintyä isoja kuivia oksia eikä lahoa. Pienpuulle (läpimitta 7-25 cm) tarkoitetun, saannoltaan hyvän ja kohtuullisen nopean automaattisahan (linjanopeus 50-70 m/min) kehittäminen olisi kuitenkin tarpeellista. Erään arvion mukaan sellutehtaille nykyisin menevästä koivukuitupuusta olisi 15-20 % runkomuodon ja puuaineen laadun perusteella sahauskelpoista (Kuusisto suull.).

Puun käytön optimoimiseksi aihiointia olisi syytä kehittää. Sen etuja ovat raakapuun entistä tarkempi hyväksikäyttö, kuhunkin tarkoitukseen parhaiten soveltuvan puutavaran valinta, huonekalutehtaan alkupään investointien pieneminen sekä suhdannevaihteluiden aiheuttamien massatuotteiden ja raaka-aineen hinnan heilahtelujen pieneminen. Aihioinnin ja lajittelun, sahausasetteiden ja runkojen apterauksen optimoimiseksi sekä kuivauksen ja mahdollisesti työstön ja pintakäsittelyn laadunhallinnan parantamiseksi olisi tutkittava koivupuun ominaisuuksien vaihtelua sekä niiden riippuvuuksia kasvupaikasta ja rungon osasta säteen ja piteuden suunnassa. Avainasemassa ovat kemialliset ja fysikaaliset ominaisuudet.

Koivun jalostusketju metsästä tuotteeksi kangertelee, sillä koivuraaka-ainetta ei lajitella kullekin erälle parhaiten soveltuviin jatkojalostuseriin, eikä raaka-aineen alkuperään liittyviä seikkoja oteta jatkojalostuksessa huomioon juuri lainkaan. Tämä johtuu myös siitä, että esim. raaka-aineen alkuperän ja ominaisuuksien (esim. kasvupaikka, tukkien käsittely, puun uuteainekoostumus) vaikutuksista kuivatun puutavaran ominaisuuksiin ei vielä tiedetä paljoakaan. Myös geenimanipulaation keinoin lienee tulevaisuudessa mahdollista saada aikaan koivuja, jotka tuottavat kuivauksessa vaaleana säilyvää puuta, ellei pelkkä tällaisten puiden valinta riitä. Tämä edellyttää kuitenkin tummumiseen vaikuttavien sisäisten, kemiallisten ja geneettisten, tekijöiden tuntemista.

Puusepän- ja huonekaluteollisuuden kehittämisessä ja sitä kautta metsäteollisuuden jalostusasteen nostamisessa lienevät avainasemassa tuotesuunnittelu, markkinointi, sahateollisuuden tekninen kehitys sekä puun käytön lisääminen ja teollisuuden materiaalin saannin turvaaminen sekä määrällisesti että laadullisesti. Koska puusepän- ja huonekaluteollisuuden kotimaan markkinat ovat varsin pienet, tulisi vientiä lisätä. Jotta vientimaissa kiinnostuttaisiin suomalaisista tuotteis-

ta, täytyisi panostaa niiden erilaistamiseen ja ainakin jonkinasteiseen uniikkisuuteen, jolloin laatu, suunnittelu ja muotoilu olisivat avainasemassa.

Lopuksi esitetään yhteenveto kerättyjen tietojen perusteella ilmenneistä ja päätellyistä tutkimustarpeista koivun käytön lisäämiseksi ja tehostamiseksi. Näitä voidaan tarkastella metsänkasvattajan, puunmyyjän, puunhankkijan, puunjalostajan, puutuotekaupan ja lopputuotteen käyttäjän kannalta. Keskeisiä kysymyksiä ovat:

- 1) koivun hakkuiden lisäämismahdollisuudet, mm. harvennuskoivu, istutuskoivu ja sekametsissä kasvava koivu,
- 2) hakkuukertymä- ja kantorahaodotukset,
- 3) koivurunkojen apteeraus, puutavaran lajittelu ja laatuvaatimukset sekä ohjaus eri käyttötarkoituksiin,
- 4) koivun luontaisten ominaisuuksien ja geneettisen perimän hyödyntäminen ja parantaminen,
- 5) koivun sahaukseen liittyvien ongelmien ratkaiseminen, mm. sahaussaanto ja -laatu, asetteet, tekniset ratkaisut, tuotantotalous,
- 6) koivusahatavaran käsittelyyn liittyvien ongelmien ratkaiseminen, erityisesti värin- ja muodonmuutokset ja oksien halkeilu kuivauksessa, aihiointi ja tuoteosavalmistus,
- 7) koivun puuaineen, puutavaran ja tuotteiden käyttömahdollisuudet ja -rajoitteet, ja
- 8) koivutuotteiden markkinanäkymät ja menestystekijät.

Lähdeluettelo

- Aalto edisti huonekalujen sarjatuotantoa. 1998. Puumies 43(7): 8-9.
- Aalto-huonekaluja tehdään Vilkon koivusta. 1988. Puumies 33(7-8): 16-17.
- Aantio, M. 1987. Koivutukin varastoinnin taloudellinen merkitys vanerin valmistuksessa. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu, puunjalostusosasto, puun mekaanisen teknologian laboratorio. 62 s. Otaniemi.
- Alanko, K. 1996. Huonekalujen valmistus, toimialaraportti. KTM Yrityspalvelu, Helsinki. 61 s.
- Annala, E. 1979. Lehtikärsäkkäiden (*Phyllobius*, Coleoptera: Curculioinidae) aiheuttamat tuhot pelloille istutetuissa koivuntaimistoissa. Commun. Inst. For. Fenn. 97(3): 1-20.
- Appelroth, E. 1946. Om björken och dess skötsel i Finland intill senaste världskrig. Norrl. SkogvFörb. Tidskr.: 331-336.
- 1949. Koivun kasvattamisesta. Metsätal. Aikakaust. 66(12): 14-15.
- , Eklund, H. & Forsbacka, M. 1971. Rapport över undersökning av glasbjörkens (*Betula pubescens*) förekomst och skogliga betydelse inom Vasa distriktskogsnämnds verksamhetsområde. Moniste. 152 s. + liitt. Vaasa.
- Aravuo, K. 1994. Huonekalujen valmistus. Toimialaraportti 1994. KTM Yrityspalvelu, Helsinki. 42 s.
- Aro, P. 1935. Tutkimuksia rinnankorkeus- ja katkaisuläpimitan vaikutuksesta käyttöpuun ja hakkuutähteiden määrään. Commun. Inst. For. Fenn. 20(4): 1-159.
- 1960. Koivuvaneritukkien ja sorvipölkkyjen halkeaminen. Commun. Inst. For. Fenn. 52(4): 1-41.
- Bhat, K.M. 1980a. Pith flecks and ray abnormalities in birch wood. Seloste: Koivun puuaineen ydinjuovat ja ydinsäteiden poikkeavuudet. Silva Fenn. 14(3): 277-285.
- 1980b. Variation in structure and selected properties of Finnish birch woods: I. Interrelationships of some structural features, basic density and shrinkage. Seloste: Suomalaisen koivupuun rakenteen ja eräiden ominaisuuksien vaihtelu: I. Eräiden rakenneominaisuuksien, tiheyden ja kutistumisen keskinäinen riippuvuus. Silva Fenn. 14(4): 384-396.
- 1983. A review of wood anatomy and selected properties of stems, branches and roots of birch species. IAWA Bull. 4(4): 70.
- & Kärkkäinen, M. 1980. Distinguishing between *Betula pendula* Roth. and *B. pubescens* Ehrh. on the basis of wood anatomy. Seloste: Raudus- ja hieskoivun erottaminen puuaineen anatomian perusteella. Silva Fenn. 14(3): 294-304.
- & - 1981a. Variation in structure and selected properties of Finnish birch woods: III. Proportion of wood elements in stems and branches in *Betula pendula* Roth. Seloste: Suomalaisen koivupuun rakenteen ja eräiden ominaisuuksien vaihtelu: III. Rauduskoivun rungon ja oksien solulajien runsaussuhteet. Silva Fenn. 15(1): 1-9.
- & - 1981b. Variation in structure and selected properties of Finnish birch woods: IV. Fibre and vessel length in branches, stems, and roots. Seloste: Suomalaisen koivupuun rakenteen ja eräiden ominaisuuksien vaihtelu: IV. Kuitujen ja putkilosolujen pituus oksissa. Silva Fenn. 15(1): 10-17.
- Björken blir glassticka. 1989. Skogsbruket 6: 24-25.
- Borg, A. 1926. Koivu ja sen merkitys nykyhetken metsätaloudessa. Konekirjoite. 5 s. Helsinki.

- Borup, L. & Rennerfelt, E. 1960. Undersökningar över möjligheten att impregnera björkvirke. Norrl. SkogsvForb. Tidskr. 97-120.
- Braastad, H. 1966. Volumproduktion av gran og bjørk i Salten. Norsk Skogbruk 12: 839-842.
- 1968. Volumproduktion av gran og bjørk i Troms. Norsk Skogbruk 14: 119-121.
- Bruun, H. H. & Slungaard, S. 1959. Investigation of porous wood as pulp raw material. 3. Fibre dimensions of several NW European wood species. Paperi ja Puu 41(2): 31-34.
- Cameron, A. D., Dunham, R. A. & Petty, J. A. 1995. The effects of heavy thinning on stem quality and timber properties of silver birch (*Betula pendula* Roth). Forestry 68: 275-285.
- Denne, M. P., Atkinson, C. J. & Dodd, R. S. 1994. Quantification of trends in wood production within trees of silver birch (*Betula pendula* Roth). Ann. Bot. 73: 655-664.
- Dunham, R. A. 1996. The influence of growth rate on the wood and stem properties of silver birch (*Betula pendula* Roth.). PhD thesis, University of Aberdeen, Scotland.
- Ekström, H. 1987. Lövvirke - Tillgångar och industriell användning. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för virkeslära. Rapport nr 197. 123 s. + liitt.
- Elowsson, T. 1989. Förutsättningar för tillverkning av björkkomponenter - en tillverksgrän med goda framtidsutsikter. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för virkeslära. Rapport nr 206. 69 s. + liitt.
- Enarvi, R. 1939. Vaneritehtaan sorvaushäviöiden suuruus. Suomen Puu 14(21): 396-399.
- Erickson, R., Petersen, H.D., Larson, T.D. & Maeglin, R.L. 1986. Producing studs from paper birch by saw-dry-rip. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory. Research Paper FPL-465. Madison, Wisconsin. 13 s.
- Erken, T. 1972. Planterad björk i mellersta och övre Norrland. Sveriges SkogsvFörb. Tidskr. 70: 435-465.
- Esping, B. 1996. Trätorkning. 1b. Praktisk torkning. Trätek. 59 s.
- Fagerstedt, K., Pellinen, K., Saranpää, P. & Timonen, T. 1996. Mikä puu - mistä puusta? Yliopistopaino, Helsinki. 180 s.
- Farmer, R. H. 1981 (ed.). Handbook of hardwoods. HMSO, Princes Risborough Laboratory, London. 243 s.
- Ferm, A. 1989. Hieskoivun kasvatus soilla. Julkaisussa: Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 1988. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 322: 40-51.
- 1990. Nuorten vesasyntyisten hieskoivikoiden lahoisuus turvemilla. Folia. For. 744. 17 s.
- , Hytönen, J., Lilja, S. & Jylhä, P. 1994. Effects of weed control on the early growth of *Betula pendula* seedlings established on an agricultural field. Scand. J. For. Res. 9: 347-359.
- Ferrand, J. Ch. 1982. Growth stresses and silviculture of Eucalypts. Aust. For. Res. 13: 75-81.
- Fjærtøft, F. & Bunkholt, A. 1994. Sorteringsreglement for tømmer og trelast av bjørk - resultater fra skurforsøk. Rapp. Norsk Inst. Skogsf. 18/94: 1-22.
- Fries, J. 1964. Vårtbjörkens produktion i Svealand och Södra Norrland. Studia For. Suec. 14: 1-303.

- Frivold, L. H. 1982. Bestandsstruktur og produksjon i blandingskog av bjørk (*Betula verrucosa* Ehrh., *B. pubescens* Ehrh.) og gran (*Picea abies* (L.) Karst.) i Sydost-Norge. Meld. Norg. Landbrøhøsk. 61(18): 1-108.
- Hagqvist, R. 1986. Esimerkkejä koivunjalostuksen parhaista tuloksista. Metsänjalostussäätiö, jalostusosasto. Moniste. 2 s.
- 1998. Jalostettu koivu kasvultaan ja laadultaan selvästi metsikköalkuperiä parempaa. Julkaisussa: Napola, J. (toim.). Metsänjalostussäätiö 1997, ss. 10-17, 28-29.
- Hakkila, P. 1962. Polttohakepuun kuivuminen metsässä. Commun. Inst. For. Fenn. 54(4): 1-82.
- 1963. Koivujen kuivuminen rasissa ja niistä tehtyjen pinotavarapölkkyjen vettyminen uitossa. Commun. Inst. For. Fenn. 57(3): 1-32.
- 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): 1-59.
- 1979. Wood density survey and dry weight tables for pine, spruce and birch stems in Finland. Seloste: Mänty-, kuusi- ja koivurunkojen puuaineen tiheys ja kuivapainotaulukot. Commun. Inst. For. Fenn. 96(3): 1-59.
- , Heikkilä, P. & Michelsen, P. 1970. Vanerikoivujen rasiinkaatoausi. Commun. Inst. For. Fenn. 70(2): 1-42.
- Hallaksela, A.-M. & Niemistö, P. 1998. Stem discoloration of planted Silver birch. Scand. J. For. Res. 13: 169-176.
- Heikinheimo, O. 1915. Kaskiviljelyn vaikutus Suomen metsiin. Acta For. Fenn. 4. 472 s.
- 1917. Metsien uudistaminen vesojen avulla. Tapio, ss. 33-38, 73-78.
- Heikurainen, L. 1959. Koivukysymys ojitetuilla soilla. Metsätal. Aikakaust. 26(9): 318-321.
- Heiskanen, V. 1957. Raudus- ja hieskoivun laatu eri kasvupaikoilla. Commun. Inst. For. Fenn. 48(6): 1-99.
- 1958. Koivupinotavaran kuivuminen ja säilyminen metsävarastoissa. Pienpuualan toimikunnan julkaisu no. 64. Helsinki.
- 1966. Tutkimuksia koivujen vikaisuuksista, niiden vaikutuksesta sorvaustulokseen sekä niiden huomioonottamisesta laatuluokituksessa. Acta For. Fenn. 80(1): 1-128.
- & Saikku, O. 1976. Koivuvaneritukin hinnan muodostuminen. Metsäntutkimuslaitos, metsäteknologian tutkimusosasto. Moniste. 120 s.
- & Salmi, J. 1976. Koivutukkien latvamuotoluvut ja yksikkökuutiot. Folia For. 287. 46 s.
- Henningson, B. 1964. Utbyte och kvalitet hos sulfatmassa framställd av rötskadad tall-, gran- och björkved. Rapp. Uppsats. Instn. Virkeslära Skogshögsk. Rapport R48: 1-18.
- 1970. Utbyte och egenskaper hos sulfatmassa framställd av skogslagrad björk- och aspmassaved. Rapp. Instn. Virkeslära Skogshögsk. Rapport R64: 1-64.
- Heräjärvi, H. 1999. Koivun sahaus kannattavammaksi. Puumies 44(4): 17-18.
- Hoadley, R. B. 1980. Understanding wood. A craftsman's guide to wood technology. A Time Woodworking Book. The Taunton Press, Inc. Newton, Connecticut. 256 s.
- Hotinen, O. 1998. Pienpuusta liimalevyä – Pienpuu-projektin tuotantovaihe vauhdittuu Miehikkälässä. Puumies 43(2): 22.
- Häggman, H. 1998. Geenitekniikkatutkimus pohjana metsäpuiden molekyylijalostukselle. Metsätiet. Aikakaust. – Folia For. 2/1998: 235-240.

- Hämet-Ahti, L., Palmén, A., Alanko, P. & Tigerstedt, P. M. A. 1989. Suomen puu- ja pensaskasvio. Dendrologian Seura – Dendrologiska Sällskapet r.y. Yliopistopaino, Helsinki. 290 s.
- Ilvessalo, Y. 1956. Suomen metsät vuosista 1921-24 vuosiin 1951-53. Kolmeen valtakunnan metsien inventointiin perustuva tutkimus. Commun. Inst. For. Fenn. 47(1): 1-227.
- Isomäki, O. & Leppänen, H. 1992. Koivu- ja koivuaihioiden laatuluokitus. Puumies 37(4): 24-25.
- & Myllynen, T. 1992. Huonekalujen ja komponenttien pintojen laatu. Puumies 37(4): 24-25.
- Jalava, M. 1938a. Vanerikoivujen arvosuhteista. Puuteknillinen tutkimuslaitos. Puun hankinta- ja kuljetusosasto. Tiedotus VT. 8. 67 s. Otaniemi.
- 1938b. Vanerikoivujen kaato ja uitto. Puutekniikan tutkimuksen kannatusyhdistyksen julkaisu 28. 50 s. Helsinki.
- 1943. Huonekaluteollisuuden käytettävän koivusahatavaran laatuvaatimuksista. Metsätal. Aikakaust. 60(12): 248-249.
- 1945. Suomalaisen männyn, kuusen, koivun ja haavan lujuusominaisuuksista. Commun. Inst. For. Fenn. 33(3): 1-66.
- 1949. Koivun ja koivuteollisuuden merkitys Suomessa. Metsätal. aikakaust. 66(12) (1): 3-6.
- 1957. Vaneriteollisuus. Julkaisussa: Metsäkäsikirja, 2. osa, ss. 877-888. Kustannus Oy Kivi. Helsinki.
- Jensen, W. 1950. Studium av björkens anatomi. Papperi ja Puu 32(B, erikoisnumero 4a): 7-10 + 23 kuvaa.
- 1953. Björk ur teknisk och kemisk synpunkt. Meddelande 143, Institutet för träkemi, Åbo Akademi. 7 s.
- Jouhtinen, T. 1994. Koivusahatavaran laatuluokitus. Insinööriyö. Lahden teknillinen oppilaitos. Julkaisusarja, raportti 6.
- Junckers Industrier - tanskalainen parkettijätti. 1992. Puumies 37(6): 12-14.
- Juutinen, P., Kurkela, T. & Lilja, S. 1976. Ruohokaskas, *Cicadella viridis* (L.), lehti-puun taimien vioittajana sekä vioitusten sienisaastunta. Folia For. 284. 12 s.
- Juva, A. & Ahtorinne, M. 1995. Suomen huonekaluteollisuuden kilpailukyky, mahdollisuudet ja keinot. Suomen Ulkomaankauppaliiton julkaisusarja 11. Suomen Ulkomaankauppaliitto, Markkinointipalvelut.
- Juvonen, R. & Kariniemi, J. 1984. Vaneriteollisuus. Mekaaninen metsäteollisuus 1. Ammattikasvatushallitus – Suomen puuteollisuusinsinöörien yhdistys ry. 189 s. Helsinki.
- Jørgensen, P. F., Tronstad, S. & Tengs, A. 1995. Tørring av bjørk. KanEnergi ja Norsk Treteknisk Institutt. Rapport 29. Oslo. 46 s + 10 liitettä.
- Kangas, E. 1935. Die Braunfleckigkeit des Birkenholzes und ihr Urheber *Dendromyza* (*Bizyomyza*) *betulae* N. sp. Suomenkielinen selostus: Koivun ruskotäpläisyys ja sen aiheuttaja *Dendromyza* (*Dizyomyza*) *Betulae* N. Sp. Commun. Inst. For. Fenn. 22(1): 1-31.
- Kataikko, M.-S. 1996. Huonekaluvalmistajien tarpeet sahaamisen lähtökohtana. Kuopion Käsi- ja Taideteollisuusakatemia, Taitemia 5. 126 s. + 41 liites.
- Kauppi, A. 1989. Sprouting in birches. A morphological and ecophysiological approach. Acta Univ. Ouluensis, Ser. A 209.

- Keinonen-Mettälä, K. & von Weissenberg, K. 1998. Improved method for *Agrobacterium*-mediated gene transfer in silver birch (*Betula pendula*). Plant Cell, Tissue and Culture. In press.
- Keinänen, E. & Tahvanainen, V. 1995. Pohjolan jalot puut. Erikoispuiden mitta-, laatu- ja käsittelyopas. Kuopion käsi- ja taideteollisuusakatemia, Taitemia-sarja. 160 s.
- Kellomäki, S. 1997. Metsien kasvu voi lisääntyä puolella - ilmastonmuutoksella huomattavia vaikutuksia. Karjalainen 24.5., s. 5.
- & Salmi, J. 1979. Koivuvaneritukkien kuoren määrä. Folia For. 413. 16 s.
- Kivimaa, E. 1952a. Leikkuuvoima puun työstössä. Paperi ja Puu 34(9): 253-262.
- 1952b. Leikkuuvoima puun työstössä. Paperi ja Puu 34(10): 307-313.
- 1952c. Leikkuuvoima puun työstössä. Paperi ja Puu 34(11): 332-341.
- 1952d. Leikkuuvoima puun työstössä. Paperi ja Puu 34(12): 382-389.
- Kohmo, I. 1984. Lehtipuuston runkolukusarjat Etelä-Suomen piirimetsälautakuntien alueilla 1977-1982. Folia For. 582. 19 s.
- Koivisto, P. 1958a. Koivikon kasvatuksesta ja tuotoksesta. Metsätal. Aikakausl. 75(6): 88-93.
- 1958b. Etelä-Suomen hoidettujen raudus- ja hieskoivikoiden kehityksestä. Helsingin yliopisto, metsänarvioimistieteen laitos. Konekirjoite. 158 s.
- 1959. Kasvu- ja tuottotaulukoita. Commun. Inst. For. Fenn. 51(8): 1-49.
- 1966. Itä- ja Pohjois-Hämeen koivuvarat. Folia For. 24. 11 s.
- 1968. Etelä- ja Pohjois-Karjalan, Itä-, Etelä- ja Pohjois-Savon sekä Keski-Suomen koivuvarat. Folia For. 45. 15 s.
- Koivua vientiin Viitasaarelta. 1988. Maaseudun Tulevaisuus 86: 27.
- Koivumäki, P. 1962. Koivuraaka-aineen viat valmistajan näkökannalta. Puumies 37(10): 296-300.
- Koivusta ekohuonekalupuu. 1994. Metsälehti 65(8): 7.
- Kollman, F.F.P. ja Côté, W.A. 1984. Principles of wood science and technology. Volume I: Solid wood. Springer-Verlag, Berlin. 502 s.
- Koponen, H. 1995. Puulevytuotanto. Kustannus Oy Gummerus, Saarijärvi. 212 s.
- Kucera, B. 1980. Fysiske og anatomiske egenskaper hos lavlandsbjørk. Norges landbruksvidenskapelige forskningsråd. Sluttrapport 343. 15 s. Oslo.
- 1983. Kvalitetskrav til skurlast av lauvtre. Norges landbrukshøgskole, Institutt for treteknologi, Ås-NLH. 19 s.
- 1984. Bjørkevirkets mekaniske, teknologiske og fysiske egenskaper. Norges landbruksvidenskapelige forskningsråd. Sluttrapport 500. 20 s. Oslo.
- 1986. Målerglement for tømmer av lauvtrær. Norges landbruksvidenskapelige forskningsråd. Sluttrapport Nr. 607. 15 s. Oslo.
- & Christiansen, T. 1985. Rapport fra kollokvium om kvalitetskrav til skurtømmer og spesialtømmer av lauvtrær. Norges landbrukshøgskole, Institutt for treteknologi, Ås-NLH. 22 s. + liitteet.
- & Myhra, H. H. 1996. Egenskaper hos de viktigste norske lauvtrær. Norsk Treteknisk Institutt. Rapport 33. 58 s. Oslo.
- Kujala, V. 1946. Koivututkimuksia. Commun. Inst. For. Fenn. 34(1): 1-34.
- Kurkela, T. 1977. Rauduskoivun viljelystä ja sitä haittaavista tuhoista. Metsä ja Puu 12: 11-13.
- Kuusela, K. & Salminen, S. 1991. Suomen metsävarat 1977-1984 ja niiden kehittyminen 1952-1980. Acta For. Fenn. 220. 84 s.

- Kärki, T. 1997. Sahauskelpoisen erikoispuun laatuvaatimukset ja käyttö Savo-Karjalan alueella. *Metsätiet. Aikakausk.-Folia For.* 1/1997: 37-48.
- Kärkkäinen, M. 1987a. Käytännön tuloksia koivuviulun saannosta. *Folia For.* 368. 16 s.
- 1978b. Viilusaannon teoreettinen malli. *Commun. Inst. For. Fenn.* 95(2): 1-42.
- 1979. Koivutukkien tarkistusmittauksia. *Folia For.* 377. 21 s.
- 1980. Havaintoja koivutukkien epäpyöreyydestä ja pituusmittaeroista. *Silva Fenn.* 14(3): 286-293.
- 1984. Miten koivuun tulisi suhtautua metsätaloudessa. *Silva Fenn.* 18(1): 71-100.
- 1986. Koivuvaneritukkien ja -runkojen arvosuhteet. *Silva Fenn.* 20(1): 45-57.
- 1991. Industriell användning av björk i Finland. Skogskonferensen 1989, Ultuna 5.12.-6.12. Björk och asp. Skogsfakta 15: 56-59.
- 1998. Koivu ennen ja nyt. Julkaisussa: Niemistö, P. & Väärä, T. (toim.). Rauduskoivu tänään – ja tulevaisuudessa. Tutkimuspäivä Tampereella 12.3.1997. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 668: 1-4.
- & Raivonen, M. 1977. Reaktioppuun mekaaninen lujuus. *Silva Fenn.* 11(2): 87-96.
- Laaksonen, M. & Rajala, A. 1987. Suomen huonekaluteollisuuden rakenne ja toimintatavat. Vaasan korkeakoulun julkaisuja No 128. Liiketaloustiede 40, Markkinointi. 178 s. + 2 liitettä.
- Lahti, A. 1991. Pohjoismaisen huonekaluteollisuuden kilpailuasetelma. Helsingin kaupakorkeakoulu, työpapereita F-289. 24 s.
- Langhammer, A. 1982. Vekststudier på hengebjørk (*Betula verrucosa* Ehrh.) i Norge. *Meld. Norges Landbrukshøgskole* 61(23): 1-43.
- Lappi-Seppälä, M. 1930. Untersuchungen über die Entwicklung gleichaltiger Mischbestände aus Kiefer und Birke. *Seloste: Tutkimuksia tasaikäisen mäntykoivusekametsikön kehityksestä.* *Commun. Inst. For. Fenn.* 15(1): 1-241.
- 1933. Faneeritukin käyttöarvoon vaikuttavista vikanaisuuksista ja virheettömän faneeripuun kasvatuksesta. Eripainos artikkelista julkaisussa Suomen Puu 6,7. 6 s.
- Larson, T.D., Erickson, R.W. & Boone, R.S. 1986. Comparison of drying methods for paper birch SDR flitches and studs. *Research Paper FPL-465.* Madison, Wisconsin. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 13 s.
- Lehonkoski, N.A. 1937. Koivu faneeriteollisuuden raaka-aineena. *Yksityismetsänhoitajayhdistyksen vuosikirja X*, ss. 75-84.
- 1949. Vanerikoivujemme nykyinen laatu. *Metsätal. Aikakausl.* 66(12) (1): 16-18.
- Leikola, M. 1976. Maanmuokkaus ja pintakasvillisuuden torjunta peltojen metsittämisessä. *Commun. Inst. For. Fenn.* 88(3): 1-101.
- Lepistö, M. 1970. "Märän maan koivujakin" jalostetaan. *Metsälehti* 41(50): 2.
- 1981. Koivunjalostuksen tulokset varmistuvat. *Metsänjalostussäätiö. Tiedote* 2. 8 s.
- Leppänen, H. 1992. Koivumateriaalien laatuluokitus. Lahden Teknillinen oppilaitos. *Julkaisu no. 2.*
- Levlin, J.-E. 1986. Koivu vai eukalyptus? *Paperi ja Puu* 68(11): 776-777.
- Liepins, R. 1933. Die Technischen Eigenschaften der Birke Lettlands. *Commentations Forestales* 6: 1-15. Helsinki.
- Liiri, O. 1960. Tutkimuksia lastulevyteollisuuden puuraaka-aineista I. Suomalaiset puulajit lastulevyn raaka-aineina. Valtion teknillinen tutkimuslaitos. *Tiedotus. Sarja I - Puu* 17. 41 s. Otaniemi.
- Lindqvist, B. 1951. The improvement of birch. *Quart. J. For.* 45(3): 156-160.
- Louna, T. & Valkonen, S. 1995. Kotimaisen raaka-aineen asema lehtipuiden teollisessa käytössä. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 553. 38 s.

- Lukkala, O. J. 1931. Metsäojituksen oppikirja. Keskusmetsäseura Tapio. Suomalaisen Kirjallisuuden Seuran Kirjapaino Oy. Helsinki. 258 s.
- Lähde, E. & Raulo, J. 1977. Eri kehitysvaiheessa istutettujen rauduskoivun taimien viljelyn onnistuminen auratuilla uudistusaloilla Pohjois-Suomessa. *Commun. Inst. For. Fenn.* 91(6): 1-30.
- Maila on merkkituote. 1990. *Puumies* 35(1): 3-4.
- Mali, J. 1980. Kotimaisten puulajien ja tuontipuulajien tekniset ominaisuudet ja käyttö. VTT. Puulaboratorio. Julkaisu 3. 43 s + liitt. Otaniemi.
- Marjomaa, J. 1992. Puutavaralajien tuoretiheyksien vaihtelu. *Metsätehon katsaus* 4. 8 s.
- Meriluoto, J. 1965. Raaka-ainetekijöiden vaikutus sorvatun koivuviilun määrään ja laatuun. *Acta For. Fenn.* 80(1): 1-55.
- Messier, C. & Puttonen, P. 1995. Growth, allocation, and morphological responses of *Betula pubescens* and *Betula pendula* to shade in developing Scots pine stands. *Can. J. For. Res.* 25: 629-637.
- Metsäliitto hankkii erikoiskoivua Tiwille. 1997. *Metsäliiton Viesti* 1: 21-22.
- Mielikäinen, K. 1980. Mänty-koivusekametsiköiden rakenne ja kehitys. *Commun. Inst. For. Fenn.* 99(3): 1-82.
- 1985. Koivusekoituksen vaikutus kuusikon rakenteeseen ja kehitykseen. *Commun. Inst. For. Fenn.* 133. 79 s.
- Mikkola, E. (toim.). 1997. Metsätalastollinen vuosikirja 1996. SVT, Maa- ja metsätalous 1996: 3. 352 s.
- & Kulju, I. (toim.). 1994. Raakapuun vienti ja tuonti maittain tammi-joulukuu 1993. Metsäntutkimuslaitos, metsien käytön tutkimusosasto. *Puumarkkinatiedote* 617. 6 s.
- Mikola, P. 1942. Koivujen vesomisesta ja sen metsänhoidollisesta merkityksestä. *Acta For. Fenn.* 50(3): 1-102.
- Minkkinen, T. 1992. Mikrolisätyjen rauduskoivun taimien alkukehitys taimitarhalla. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. Opinnäytetyö.
- Moilanen, M. 1985. Lannoituksen ja harvennuksen vaikutus hieskoivun kasvuun ohuturpeisilla ojitetuilla rämeillä. *Folia For.* 629. 29 s.
- Mäkelä, M. 1993. Vanerikoivun koneellinen hakkuu. *Metsätehon katsaus* 2. 6 s.
- 1994. Koivuvaneritukkien varastoinnin ja hakkuumenetelmän vaikutus raaka-aineen laatuun ja arvoon. *Metsätehon katsaus* 14. 8 s.
- Mäki, O. 1995. Yrittäjäyys ja strategisen suunnittelun informaatiotarpeet pienessä ja keskisuudessa teollisuudessa. *Puumarkkinatieteen pro gradu -työ* MMK-tutkintoa varten. Helsingin yliopisto, metsäekonomian laitos. 86 s.
- Nagoda, L. 1969. Vanningholdets variasjon i stammetversnittet av bjørk (*Betula verrucosa*) og svartor (*Alnus glutinosa*). *Tidskr. Skogbr.* 77(3): 383-396.
- Nepveu, G. & Velling, P. 1983. Rauduskoivun puuaineen laadun geneettinen vaihtelu. *Folia For.* 575. 21 s.
- Niemistö, P. 1994. Vuonna 1964 viljeltyjen rauduskoivujen värvioista. Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema. Käsikirjoitus. 5 s.
- 1995a. Influence of initial spacing and row-to-row distance on the crown and branch properties and taper of silver birch (*Betula pendula*). *Scand. J. For. Res.* 10: 235-244.
- 1995b. Influence of initial spacing and row-to-row distance on growth and yield of silver birch (*Betula pendula*). *Scand. J. For. Res.* 10: 245-255.
- 1998. Ruskotäplät istutettujen rauduskoivujen rungoissa. *Metsätiet. Aikakausk. - Folia For.* 2/1998: 133-149.

- , Hukki, P. & Verkasalo, E. 1997. Kasvupaikan ja puuston tiheyden vaikutus rauduskoivun ulkoiseen laatuun 30-vuotiaissa istutuskoivikoissa. *Metsätiet. Aikakausk. - Folia For.* 3/1997: 349-374.
- Ohman, J. H. 1970. Value loss from skidding wounds in sugar maple and yellow birch. *J. For.* 68: 226-230.
- Oikarinen, M. & Pyykkönen, J. 1981. Harvennuksen ja lannoituksen vaikutus turvekan-kaan hieskoivikon kehitykseen. *Folia For.* 486. 15 s.
- Oittinen, K. 1996. Mekaaninen puunjalostusteollisuus Lapissa. Toimiala-analyysi. KERA Oy, Rovaniemen aluekonttori. 93 s. + liitteet.
- Olavinen, O. (toim.). 1964. Vaneriteollisuus. Julkaisussa: Heikinheimo, O. (ed.). Mekaaninen puuteollisuus I, 3: 388-645. Suomen puuteollisuusinsinöörien yhdistys ry. Helsinki.
- Ollinmaa, P. 1955. Koivun vetopuun anatomisesta rakenteesta ja ominaisuuksista. *Acta For. Fenn.* 64(3): 1-263.
- 1956. Vetopuun rakenteesta ja ominaisuuksista. *Paperi ja Puu* 38(12): 603-611.
- 1958. Vertailevia tutkimuksia puusyiden pituudesta hieskoivun kevät- ja kesäpuussa. *Paperi ja Puu* 40(11): 599-601.
- 1960. Eräistä ojitetuilla soilla kasvavan puun fysikaalisista ominaisuuksista. *Acta For. Fenn.* 72(2): 1-24.
- Oy Nordic Veneers Ltd. 1999. Viilutukin laatuvaatimukset. 1 s. li.
- Paasonen, P. K. 1967. The location and behaviour of birch extractives in the cell system of the tree. *Paperi ja Puu* 49(8): 503-508.
- Paavilainen, E. & Norlamo, M. 1975. Effect of various nitrogen fertilizers on the initial development of birch, spruce and pine. *Seloste: Erilaisten typpilannoitteiden vaikutus koivun, kuusen ja männyn alkukehitykseen. Commun. Inst. For. Fenn.* 86(2): 1-43.
- Pajuoja, H. & Suihkonen, V. (toim.). 1994. Raakapuun käyttö Suomessa vuonna 1993. Metsäntutkimuslaitos, metsien käytön tutkimusosasto. *Metsätilastotiedote* 229. 7 s.
- Pakarinen, T. & Turunen, K. 1999. Puuhuonekalujen ja -huonekaluteollisuuden menestystekijät. Joensuun yliopiston metsätieteellisen tiedekunnan tiedonantoja 88. 65 s.
- Parketille on tungosta. 1997. *Tekniikka ja Talous* 21.8., s. 8.
- Paukkonen, K. 1998. Julkaisemattomia ennakkotuloksia koivun kuivaustutkimuksista. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta.
- & Kauppi, A. 1998. Effect of coppicing and root pruning on structural root growth and morphology and their significance for subsequent shoot regeneration of birches. *Can. J. For. Res.* 28: 1780-1787.
- , Luostarinen, J., Asp, J. & Asikainen, A. 1999. Koivusahatavaran muodon- ja värinmuutokset kuivauksessa. *Metsätiet. Aikakausk. - Folia For.* 2/1999: 228-237.
- Pekkala, O. & Uusvaara, O. 1980. Kuitupuun metsävarastoinnin vaikutus massan saantoon ja laatuun. *Commun. Inst. For. Fenn.* 96(4): 1-24.
- Perilä, O. 1954. Koivun (*Betula verrucosa*) runkosolujen hartsi-, rasva- ja vahamaisten aineiden sijainti. *Paperi ja Puu* 36(4): 213-216.
- & Toivonen, A. 1958. Investigations concerning the seasonal fluctuation in the composition of the diethylether extract of birch (*Betula verrucosa*). *Paperi ja Puu* 40(4a): 207-213.
- Peterson, O. & Winqvist, T. 1960. Vikt- och fuktighetsvariationer hos björk under olika årstider. *Rapp. Uppsats. Instn. Virkeslära Skogshögsk.* 28: 1-60.

- Polge, H. 1981. Influence des éclaircies sur les contraintes de croissance du hêtre. Ann. Sci. For. 38: 407-423.
- Puutekniikan tutkimuksen kannatusyhdistys. 1937. Vaneritutkimuksia I n:o 25.
- Raulo, J. 1978. Forestation chain for birch (*Betula pendula* Roth) in Finland. Seloste: Rauduskoivun (*Betula pendula* Roth.) viljelyketju Suomessa. Silva Fenn. 12(1): 17-24.
- 1979. Rauduskoivujälkeläistöjen rungon laatu Etelä- ja Keski-Suomessa. Commun. Inst. For. Fenn. 97(5): 1-21
- 1981. Koivukirja. Kustannus Oy Gummerus, Saarijärvi. 131 s.
- & Koski, V. 1977. Growth of *Betula pendula* roth. progenies in southern and central Finland. Seloste: Rauduskoivujälkeläistöjen kasvu Etelä- ja Keski-Suomessa. Commun. Inst. For. Fenn. 90(5): 1-39.
- & Lähde, E. 1976. Ennakkotuloksia rauduskoivun kylvökokeista Lapissa. Folia For. 279. 11 s.
- & - 1977. Rauduskoivun istutustuloksia Lapissa. Folia For. 325. 10 s.
- & - 1981. Rauduskoivun kylvökokeita Lapissa. Folia For. 461. 12 s.
- , - & Rokkonen, J. 1998. Koivun uudistamis- ja kasvatuskokeita ja niiden tuloksia. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 669. 69 s.
- Redner, R. & Rognerud, P. A. 1991. Bruk bjørk. Det Norske Skogselskap, Skogforsk, Treopplysningsrådet. 17 s. Oslo.
- Rintala, P. 1995. Rauduskoivun pystykarsintavikojen yhteys karsittavien oksien kokoon ja laatuun sekä karsintavuodenaikaan. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. Metsäteknologian syventävien opintojen tutkielma. 105 s.
- Ronkanen, A.J. 1968. Koivu ja sen teollinen käyttö 1900-luvulla. Puumies 13(6): 158-159.
- Rosendahl, K. 1995. Suupohjan huonekaluprojekti. Puutekniikka 1: 24-25.
- Runqvist, E. & Thunell, B. 1945. Undersökningar över några virkesegenskaper hos bjørk. Svenska Träforskningsinstitutet, Trätekniska avdelningen. Meddelande 7. 11 s. Stockholm.
- Sachsse, H. 1988. Holzqualität von Birken. Die Baumart Birke und ihre anatomischen Holzeigenschaften. Holz Roh- Werkstoff 46: 441-446.
- 1989. Holzqualität von Birken. Strukturelle und physikalisch-mechanische Eigenschaften von Birkenhölzern. Holz Roh- Werkstoff 47: 27-30.
- Saikka, O. 1975. Typpilannoituksen vaikutuksesta männyn, kuusen ja koivun puuaineen tiheyteen. Acta For. Fenn. 85(5):1-24.
- Saimovaara, J. 1994. Puusepänteollisuus. Tapion Taskukirja, 22. Painos, ss. 561-566. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti.
- Salakari, M. & Peltola, A. 1995. Pientalojen polttopuun käyttö lämmityskaudella 1992/93. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 566. 27 s. + liitt.
- Salmi, J. 1964. Lahovikaisuuden vaikutus koivupuun lämpöarvoon. Pienpuualan toimikunnan julkaisu 168. 26 s.
- 1987a. Koivun puuaineen ominaisuudet ja käyttö. Sorbifolia 18(3):123-132.
- 1987b. Suomalaisia ja ulkomaisia puulajeja. Osa II: Lehtipuut A-N. Helsingin yliopiston metsäteknologian laitos. Tiedonantoja no. 35. 282 s.
- Salo, E. 1954. Puiden teknillinen vikaisuus ja sen vaikutus puuston arvoon. Acta For. Fenn. 61(24): 1-57.
- 1955. Puuston teknillinen vikaisuus ja sen vaikutus puustosta saatavien eri puutavaramäärien määrään. Metsätal. Aikakausi. 72(18) (12): 412-414.

- Saramäki, J. 1977. Ojitettujen turvemaiden hiekoivikoiden kehitys Kainuussa ja Pohjanmaalla. *Commun. Inst. For. Fenn.* 91(2): 1-59.
- 1981. Hieskoivun kasvu ja kasvatustehot Pohjanmaalla ja Kainuussa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 3: 1-37.
- 1994. Onko hieskoivulla paikkaa metsätaloudessa? Julkaisussa: Hannelius, S. (toim). *Metsänkasvatuksen tutkimuspäivä 1993, Järvenpää, 16.11.1993. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 491: 19-23.
- Sarvas, R. 1944. Tukkipuun harsintojen vaikutus Etelä-Suomen yksityismetsiin. *Commun. Inst. For. Fenn.* 33(1): 1-255.
- 1949. Puumaiset koivulajimme. *Metsätal. Aikakausi.* 66(12) (1): 9-13.
- 1951. Raudusko vai hies vanerikoivuna parempi? *Metsätal. Aikakausi.* 68(14) (21-23): 51-53.
- Saurat, J. & Guéneau, P. 1976. Growth stresses in beech. *Wood Sci. Technol* 10: 111-123.
- Schauman Wood Oy. 1998. Vanerikoivun mitta- ja laatuvaatimukset. *Moniste.* 2 s. Savonlinna.
- Schulman, E. 1989. Koivun ruskotäpläkärpäsen (*Dendromyza betulae* E. Kang.) esiintymisestä koivuissa ja sen vaneriteollisuudelle aiheuttamista menetyksistä. *Moniste.* 5 s. Pietarsaari.
- Sevola, Y. (toim.) 1996. *Metsätaloustieteellinen vuosikirja 1995.* SVT Maa- ja metsätalous 1996: 3. 351 s.
- Siimes, F. E. 1967. The effect of specific gravity, moisture content, temperature and heating time on the tension and compression strength and elasticity properties perpendicular to the grain of Finnish pine, spruce and birch wood and the significance of these factors on checking of timber at kiln drying. *VTT:n julkaisu* 84: 1-86.
- Siitonen, M., Härkönen, K., Hirvelä, H., Jämsä, J., Kilpeläinen, H., Salminen, O. & Teuri, M. 1996. *MELA Handbook 1996 Edition.* Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 622. 452 s.
- Smith, W.B. & Herdman D.J. 1996. An investigation of board color and sticker stain in hard maple. Julkaisussa: Cloutier, A., Fortin, Y. & Gosselin, R. (toim.): 5th International IUFRO Wood Drying Conference Proceedings "Quality Wood Drying through Process Modelling and Novel Technologies" August 13-17, 1996, Quebec City, Canada. Forintek Canada Corp., Université Laval.
- Statens priskontrollnämnd 1943. Bestämmelser om normalpriser å sågade trävaror av björk. Prisregleringens omfattning, kvalitetsbestämmelser, prisbestämmelser, mättningsbestämmelser och ansvarsbestämmelser. Stockholm, den 22 december 1943. Meddelande nr 395. *Moniste.* 4 s. Stockholm.
- Steuer, R.W. 1979. Die Rohholzsortierung und die Güteklassen. *Holz-Zentralblatt* 105(86): 1261-1265.
- Teollisuustilasto 1998. Tilastokeskus, Helsinki.
- Tikka, P. S. 1949. Perä-Pohjolan koivikoiden laadusta. *Acta For. Fenn.* 57(4): 1-34.
- Tikka, S. 1997. Sahatavaran ja puupohjaisten tuotteiden maailmanmarkkinat. Joensuun yliopiston metsätieteellisen tiedekunnan tiedonantoja 54. 80 s.
- Tronstad, S. 1993. Torking - trekvalitet. *Norsk Treteknisk Institut, Rapport* 17.
- Tuomi, S. 1997. Polttopuukaupalla kasvun mahdollisuudet - pilkkeen mitta- ja laatuvaatimukset kehitteillä. *Teho* 52(4): 24-25.

- Tuompo, E. 1988a. Pöllinkeskittimien ominaisuuksien ja puuraaka-aineen muodon vaikutuksesta sorvatun viulun saantoon. Lisensiaattityö. Teknillinen korkeakoulu, puunjalostusosasto, puun mekaanisen teknologian laboratorio. Otaniemi.
- 1988b. Viulun sorvauksen simuloinnista. Teknillinen korkeakoulu, puun mekaanisen teknologian laboratorio. Julkaisu 50. 51 s. Otaniemi.
- UN-ECE. 1996. European timber trends and prospects: into the 21st century. Geneva timber and forest study papers, Nbo. 11. United Nations, Economic Commission for Europe. New York and Geneva. 103 s.
- Vadla, K., Berg, N. & Foslie, M. 1982. Bjørk som materiale og råstoff (en litteraturstudie). Rapp. Norsk Inst. Skogforsk. 6/82. 60 s.
- Varis, R. 1997. Puuteollisuusinsinöörien ensimmäiset opinnäytepalkinnot jaettu. Puumies 42(5): 36-37.
- Velling, P. 1979. Puuaineen tiheys kahdessa rauduskoivun jälkeläiskokeessa. Folia For. 416: 1-24.
- Verkasalo, E. 1987a. Hies- ja rauduskoivutukit vaneriteollisuuden raaka-aineena. Puumies 32(5): 36-39.
- 1987b. Hies- ja rauduskoivutukkien koesorvausten ennakkotulokset. Metsäntutkimuslaitos, metsäteknologian tutkimusosasto. Moniste. 12 s.
- 1990a. Koivu ja haapa mekaanisen metsäteollisuuden raaka-aineena Yhdysvalloissa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 367. 93 s.
- 1990b. Tuloksia hies- ja rauduskoivutukkien koesorvauksesta Metsä-Serla Oy:n Hämeen tehtailla. Metsäntutkimuslaitos, metsäteknologian tutkimusosasto. Moniste. 40 s.
- 1993. Koivupuutavaran vikaantuminen pitkittyneessä metsävarastoinnissa ja sen vaikutus viulun saantoon, laatuun ja arvoon. Folia For. 806. 31 s.
- 1997a. Evaluating the potential of European white birch (*Betula pubescens*) for veneer and plywood by timber and wood quality. In: Proceedings of the IUFRO Division 6 WP5.01.04 Biological Improvement of Wood Quality Workshop "Connection between Silviculture and Wood Quality through Modelling and Simulation Software", Kruger National Park, South Africa, 26-31 August, 1996, pp. 431-439. INRA-Nancy, France.
- 1997b. Hieskoivu on varteenotettava vaneri- ja sahapuu. Teho 52(4): 29-31.
- 1997c. Hieskoivun laatu vaneripuuna. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 632, Joensuu tutkimusasema. 483 s. + liitteet 59 s.
- 1998a. Koivu, haapa ja leppä mekaanisen puuteollisuuden raaka-aineena: käytön näkymiä ja tutkimuksen ongelmanasettelua. Metsätiet. Aikakausk. – Folia. For. 2/1998: 254-257.
- 1998b. Raudus- ja hieskoivun laatu puuaineen tiheyden perusteella arvioituna. Julkaisu: Niemistö, P. & Väärä, T. (toim.). Rauduskoivu tänään – ja tulevaisuudessa. Tutkimuspäivä Tampereella 12.3.1997. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 668: 127-140.
- & Paukkonen, K. 1997. Koivu sahapuuna. Puumies 42(1): 17-18.
- & Rintala, P. 1998. Rauduskoivun pystykarsintavikojen riippuvuus oksien paksuudesta, laadusta ja karsinnan ajankohdasta. Metsätiet. aikakausk. – Folia. For. 2/1998: 151-178.
- Vesterinen, E. 1956. Kelpaavatko koivu ja haapa rakennuspuuksi? Suomen Puutalous 2: 63.

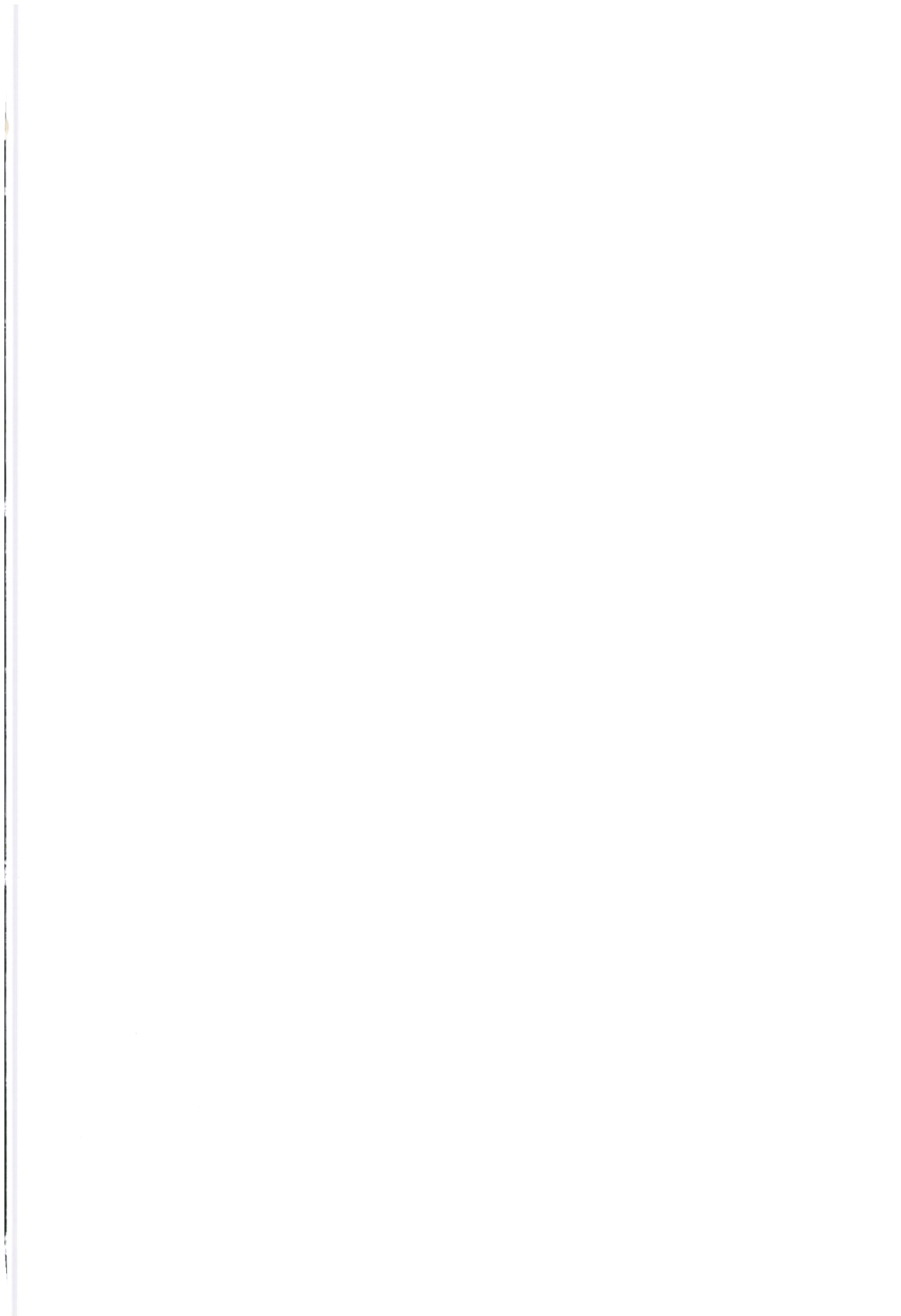
- Viherä-Aarnio, A. 1989. Raudus- ja hieskoivun jalostuksen nykytilanne Etelä-Suomessa. Julkaisussa: Metsäntutkimuspäivä Tuusulassa 1989. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 328: 38-53.
- Viitaniemi, P. 1996. Tekninen puu: mitä modifioinnilla voidaan saavuttaa? Esitelmä 11.10.1996, OTAWOOD 1996, VTT ja TKK, Espoo.
- & Jämsä, S. 1996. Puun modifiointi lämpökäsittelyllä. VTT julkaisuja 814. 57 s. Ota-niemi.
- Vilkon jalostaa Suomen kalleinta tukkia Hirvensalmella. 1997. Helsingin Sanomat 9.9., s. D1.
- Vilkon Oy. 1998. Sahakoivun ja erikoiskoivutukin laatuvaatimukset, koivutukin lajittelu ja särmäämättömän koivusahatavaran laadut. 4 s. Hirvensalmi.
- Vilkonsaha kutsui asiakkansa tutustumiskäynnille. 1988. Puumies 33(7-8): 14-15.
- Virkesmättningsrådet. 1987. Mättningsinstruktioner för sågtimmer av björk, klibbal eller asp. Julkaisussa: Mättningsinstruktioner rekommenderade av virkesmättningsrådet. Meddelande nr 1 - 87, ss. 26-29.
- Viro, P.J. 1974. Fertilization of birch. Seloste: Koivun lannoitus. Commun. Inst. For. Fenn. 81(4): 1-38.
- Vuokila, Y. 1980. Metsänkasvatuksen perusteet ja menetelmät. WSOY. 246 s.
- Wagenführ, R. 1996. Holzatlas. 4. Verlag. VEB Fachbuchverlag Leipzig. 688 s.
- Wallden, P. 1934. Tutkimuksia koivupuun anatomisen rakenteen ja teknillisten ominaisuuksien keskinäisestä riippuvaisuudesta solumittauksien perusteella. Acta For. Fenn. 40(14): 329-366.
- Wang, T. L. & Tigerstedt, P. M. A. 1996. Growth rates and phenology of fast- and slow-growing families over an entire growth period in *Betula pendula* Roth. Silvae Gen. 45: 124-129.
- Warjus, W. 1946. Koivu. Sen käyttö, kasvatusta ja tuoton lisääminen. Suomen metsäyhdistyksen metsätaloudellisen valistustoimiston julkaisuja n:o 2.
- Waugh, G. 1977. Reducing growth stresses in standing trees. Aust. For. Res. 7: 215-218.
- Ylioja, T., Saranpää, P., Roininen, H. & Rousi, M. 1998. Larval tunnels of *Phytobia betulae* (Diptera: Agromyzidae) in birch wood. J. Econ. Entomol. 91: 175-181.
- , Schulman, E., Rousi, M. & Velling, P. 1995. Susceptibility of white birch (*Betula* spp.) hybrids to *Phytobia* fly. Icel. Agr. Sci. 9: 125-133.
- Yliopisto tutkii koivun kuivauksen ongelmia. 1998. Karjalainen 28.2., s. 9.
- Yli-Vakkuri, P. 1961. Koivuvarat ja niiden kehitys metsänhoidon näkökulmasta. Metsä ja Puu 11: 444-446, 455.
- Yritys- ja toimipaikkarekisteri. 1999. Ennakkotietoja. Tilastokeskus, Helsinki. Julkaisematon.
- Zobel, B. J. & van Buijtenen, J. P. 1989. Wood variation - its causes and control. Springer Verlag, Berlin. 363 s.

Yhteensä 269 kpl

Suulliset tiedonannot:

Blomster, Pekka. Heinolan hienopuuseppäkoulu, Heinola.
Harinen, Reino J. Karjalan Puu Ky, Rääkkylä.

- Jalonen, Markku. TASSO 2002, Juva.
- Kautonen, Pekka. Schauman Wood Oy, Joensuun tehtaas.
- Koskinen, Kari. Koskisen Oy, levyteollisuus, Järvelä.
- Kucera, Bohumil. Norsk Institutt for Skogforskning, Seksjon Treteknologi. Ås, Norja.
- Kuitunen, Timo. Vilkonsaha Oy, Hirvensalmi.
- Kuusisto, Rainer. Kampin Puu Oy, Kurikka.
- Lahtinen, Timo. Ympäristötekniihan instituutti YTI, Mikkeli.
- MELA-ryhmä. Metsäntutkimuslaitos, Helsingin tutkimuskeskus ja Joensuun tutkimusasema.
- Peltoranta, Aulis. Vilkon Oy, Hirvensalmi.
- Pitkänen, Risto. Schauman Wood Oy, Kuopion tehtaas.
- Sihvonen, Matti. Metsäteollisuus ry, Helsinki.
- Tuominen, Hannele. Bioteknologian instituutti, Helsingin yliopisto, Helsinki.



Etukannen kuvat:

Ylh. vas.

Lämminilmakuivatun rauduskoivun puuaineen poikkileikkaus (20x). Näkyvissä on kaksi vuosilustoa, kuvassa erottuu puunsyysoluja, putkiloita ja ydinsäteitä.
Kuva: Katri Paukkonen

Kesk. vas.

Normaalilaatuisen koivutukin vastaanottoa tuotantoon. Schauman Wood Oy, Ristiina.
Kuva: Erkki Verkasalo

Alh. vas.

Koivuliimalevyn valmistusta: höyläys tasohiomakoneella. Joensuun vapaaopisto.
Kuva: Katri Paukkonen

Ylh. oik.

Läpisahtatun koivusahatavaran alkukuivausta. Vilkon Oy, Hirvensalmi.
Kuva: Erkki Verkasalo

Kesk. oik.

Koivun pk-sahausta lyhyinä tukkeina pyörö-sahaustekniikalla. Tuusula.
Kuva: Erkki Salo

Alh. oik.

Kaatotuoreesta terveestä ja sydänlahoisesta sekä yhden ja kahden kesän yli maavarastoinnissa säilytetystä koivutukista sorvattua viilua (ylhäältä alaspäin).
Kuva: Hannu Kalaja