



**PYSTYKARSITTU MÄNTY PUUN-
JALOSTUKSESSA JA -
HANKINNASSA**

Ilkka Koivisto

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2015
Metsätalous

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Metsätalouden koulutusohjelma

KOIVISTO, ILKKA:

Pystykarsittu mänty puunjalostuksessa ja -hankinnassa

Opinnäytetyö 80 sivua, joista liitteitä 3 sivua
Huhtikuu 2015

Tämän opinnäytetyön tilaajana toimi Lopen Rakennuspuu Oy. Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää pystykarsittuun mäntyyn liittyviä mahdollisuuksia ja uhkia suomalaisen metsätalouden ja metsäteollisuuden kannalta, hieman jopa kansantaloudenkin näkökulmasta. Työn konkreettisin osa koostui koesahauksesta, jossa sahattiin erä pystykarsittua mäntyttukia. Koesahauksessa mitattiin saantoa, arvosaantoa ja laatujaakamaa. Koesahausten tuloksia vertailtiin aiempiin aiheesta tehtyjen tutkimusten tuloksiin sekä erityisesti yleiseen korkeaan tuotantovolyymiin ja perinteiseen, pohjoismaiseen sahaustapaan perustuvaan sahaateollisuuteen. Lisäksi työssä haluttiin tuoda esille laatu puun hankintaan liittyviä haasteita piensahan näkökulmasta käytännön esimerkeinkin sekä jonkinlaisia ratkaisumahdollisuuksia haasteiden ratkomiseksi.

Opinnäytetyöhön liittyvässä koesahauksessa käytetyllä pinnansuuntaisella sahaustavalla saatiin arvokas, oksaton pintapuu hyödynnettyä niin hyvin, että siitä saatavan sahatavaran arvo muodostui jopa 1,5-kertaiseksi siihen verrattuna, että tukit olisi sahattu perinteisellä sahausasetteella. Lisäksi tutkimuksen yhteydessä tehdyissä laskelmissa kävi selvästi ilmi, että vain yhtä puutavaralajia käyttävän tuotantolaitoksen on vain harvoissa tapauksissa kannattavaa ostaa koko leimikko. Työ sisältää osittain luottamuksellisia tietoja, ja ne on poistettu tai piilotettu tämän opinnäytetyön julkisesta versiosta.

Tulevaisuudessa kansantalouden kannalta on tärkeää, että pystykarsitut tukit pystytään ohjaamaan sinne, missä ne parhaiten osataan hyödyntää. Jotta tämä on mahdollista, tulee nykyisestä tavaralajihinnoittelusta luopua ja siirtyä laatumaksutapaan, jossa puun jalostusarvo huomioidaan. Mikäli tavaralajihinnoittelusta ei kuitenkaan haluta luopua, tulee metsänhoitoyhdistysten korjuupalvelun roolia puumarkkinoilla kasvattaa, jotta myös yksittäisen puutavaralajin ostaminen puumarkkinoilla on mahdollista. Lisäksi laatumaksutapaan siirtyminen kannustaisi metsänomistajia panostamaan kasvatusmalliin, joka tuottaa laadukasta puuraaka-ainetta teollisuuden käyttöön. Laatumaksutapaan siirtyminen voisi myös tietyllä tapaa korvata huhtikuussa 2015 päättyvän valtion tuen pystykarsinnalle, kun laadukkaammasta tukkipuusta maksettaisiin reilusti keskimääräistä tai heikkolaatuista tukkia enemmän.

Asiasanat: männyn laatu kasvatus, pystykarsinta, koesahausta, laatu puun hankinta

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree programme in forestry

KOIVISTO, ILKKA:

Pruned pine in wood processing and wood supply

Bachelor's thesis 80 pages, appendices 3 pages

April 2015

This thesis was ordered by company called Lopen Rakennuspuu Oy. The function of this thesis was to examine the possibilities and threats concerning pruned Scots pine in Finnish forestry and timber industry. The most concrete part of this thesis consisted of a test sawing session where a consignment of pruned Scots pine was sawed. Based on the test sawing session, inter alia yield and timber value were measured and calculated, as well as quality distribution. Results found out in this test sawing session were compared to earlier, same theme researches and especially to the traditional, volume-based saw industry using the Scandinavian sawing method. On top of that, there was a desire to highlight challenges small enterprises have in the wood supply of a quality wood.

The North American sawing method used in this test sawing session made the value of the timber no less than one and a half times greater compared with the traditional Scandinavian sawing method. In addition, based on the calculations made in this research process, it was revealed that it is very seldom profitable to buy a whole stand marked for cutting if the production facility uses only one timber assortment. That is because the other production facilities do not want to pay very much for the less valuable timber assortments. Calculations include partly confidences, which have been deleted or hidden from this thesis' public version.

Economically speaking, it is important that the pruned logs can be directed towards those production facilities which can take the best advantage of them. Therefore, the present wood pricing method has to be abandoned. To replace the old wood pricing method, it would be valuable to lobby for a wood pricing method that takes the real value added to the logs into account. If abandoning the present wood pricing method is not wanted, forest associations' harvest service's role in wood market has to be boosted to make it possible to buy only one timber assortment from the stand marked for cutting. Wood pricing method that takes the real value added to the logs into account would also encourage forest owners to invest in a cultivation method that produces high quality wood. Wood pricing method that takes the value added to the logs into account could also replace the state support directed to pruning. The state support directed to pruning will end by the end of April 2015.

Key words: cultivation of high quality Scots pine, pruning, test sawing, wood supply of high quality wood

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	MÄNTYTUKKIEN LAATU JA SIIHEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT.....	9
2.1	Puun laadusta yleisesti	9
2.2	Männyn laatuksvatuksen menetelmät	10
2.2.1	Metsänjalostus.....	10
2.2.2	Kasvupaikan valinta	12
2.2.3	Perustamis- ja kasvatustiheys.....	13
2.2.4	Uudistamismenetelmän valinta	15
2.2.5	Taimikonhoito	16
2.2.6	Kasvatushakkuut ja kiertoajan pidentäminen.....	17
2.2.7	Lannoitus.....	20
2.3	Pystykarsinta	21
2.3.1	Taustat	21
2.3.2	Tavoitteet.....	22
2.3.3	Toimenpiteet	22
2.3.4	Vaikutukset	23
2.3.5	Pystykarsinnan tulevaisuus	24
3	YLEISTIETOA TUKKIEN SAHAUKSESTA JA LAATULUOKITTELUSTA.....	26
3.1	Sahaustavat	26
3.2	Sahatavaran laatuluokittelu.....	27
4	LOPEN RAKENNUSPUU OY.....	29
4.1	Yritysesittely	29
4.2	Yrityksen käyttämä raaka-aine	29
4.3	Puunhankinta Lopen Rakennuspuu Oy:ssä.....	31
5	AIEMMAT TUTKIMUKSET PYSTYKARSITUN MÄNNYN KOESAHAUKSISTA	34
6	TUTKIMUSAINEISTO JA –MENETELMÄT	38
6.1	Koemetsikön taustatiedot sekä hakkuun tuotantotiedot.....	38
6.2	Taustaa	43
6.3	Koesahauksen tulokset.....	45
7	TULOSTEN ANALYSOINTI JA VERTAILU.....	55
8	LAATUPUUN HANKINNAN ERITYISPIIRTEITÄ JA MAHDOLLISUUKSIA	62
8.1	Metsänhoitoyhdistysten korjuupalvelu puunhankintamuotona	62
8.2	Hinnoittelumenetelmien vaikutus puunhankintaan	63
8.3	Tietojen saatavuus pystykarsituista metsistä	66

9 POHDINTA.....	68
LÄHTEET.....	73
LIITTEET	78
Liite 1. Tyvitukin hinnan kehitys, kun leimikosta maksettava keskihinta X e/m ³	78
Liite 2. Tyvitukin hinnan kehitys, kun leimikosta maksettava keskihinta on Y e/m ³	79
Liite 3. Tyvitukin hinnan kehitys, kun leimikosta maksettava keskihinta Z e/m ³	80

LYHENTEET JA TERMIT

HVS	Höylävajaasärmä.
Kantteli	Sydänvapaata sahatavaraa, jonka koko on esimerkiksi 50 x 90, 50 x 100, 75 x 90 tai 75 x 100 mm. Kanteleita käytetään muun muassa ikkuna- ja puusepänteollisuuden raaka-aineena.
KL	Kotimaan laatu.
Laatukatkaisu	Katkaisu, jossa laatua selvästi heikentävät kohdat poistetaan sahatavarakappaleesta.
Lankku	Sahatavaraa, jonka paksuus on vähintään 38 mm ja leveys yli 75 mm.
Lauta	Sahatavaraa, jonka paksuus on alle 38 mm ja leveys yli 75 mm.
OKS	Oksaton.
PL	Pintalauta.
Rima	Sahatavaraa, jonka paksuus ja leveys ovat alle 75 mm.
Soiro	Sahatavaraa, jonka paksuus on 38 – 50 mm, ja leveys 75 – 150 mm.
VL	Vientilaatu.
VS	Vajaasärmä.

1 JOHDANTO

Vuonna 2011 Suomessa käytetyn raakapuun kokonaismäärä oli 71 miljoonaa m³, josta metsäteollisuus käytti 62 miljoonaa m³. Sahateollisuus käytti tuosta määrästä noin kolmanneksen eli noin 21 miljoonaa m³, josta mäntytukkien osuus oli vajaat 10 miljoonaa m³. (Aarne & Ylitalo 2012.) Piensahat, joiden vuosittainen puun käyttö ylsi enintään 10 000 m³, käyttivät noin 0,7 miljoonaa m³, josta männyn osuus oli noin 47 %. Piensahojen käyttämä puumäärä on noin 3 % sahateollisuuden käyttämästä kokonaispuumäärästä. Piensahojen käyttämä puumäärä on kuitenkin romahtanut noin kolmanneksen vuoden 1998 tilanteeseen verrattuna, ja sahojen määrä on vain noin 60 % siitä, mitä se oli vuonna 1998. Yrittäjien mukaan piensahojen toimintaedellytyksiä vaikeuttivat erityisesti sahatavaran käytön väheneminen, raakapuun korkea hinta, haasteet puunhankinnassa sekä sahatavaran vähittäismyynnin ankara hintakilpailu. (Torvelainen 2012.)

Laadukas puuraaka-aine on puutuotealan menestymisen ja metsänomistamisen kannattavuuden kannalta erittäin tärkeää. Puuntuottajalle, joka haluaa panostaa laadukkaaseen raaka-aineeseen kasvatukseen, on yhä tarjolla laatupuusta kiinnostuneita ostajia. (Verkasalo, 2012.) PuuSuomi-ohjelman päällikkö Pekka Salosen mukaan tukkipuun kysynnällä on olennainen merkitys metsänomistajien taloudenpidossa: Koko metsätalous ja -teollisuus ovat maakunnissa elintärkeitä työllistäjiä (Verkasalo 2012).

Suomen kasvuolosuhteet tarjoavat hyvän edellytyksen laatupuun kasvatukselle hitaan kasvun sekä laajojen ja monipuolisten metsien vuoksi. Huippulaatuisen raaka-aineen tuottamiseksi tarvitaan myös pystykarsintaa. Viimeisimpien tutkimusten mukaan laatukasvatus soveltuu myös nopeakasvuiselle männylle, kunhan lähtökohdat ovat sopivat ja metsänhoitotoimenpiteet tehdään oikein ja ajallaan. (Verkasalo 2012.)

Läpisahaustukseen ja läpisaheiden pinnanmyötäiseen sahaustukseen perustuvalla sahaustavalla pystytään maksimoimaan ulkonäöltään erinomaisten, oksattomien, suorasyisten pintaapuusta sahattavien sahatavarakappaleiden saanto. Tällä tavoin pystykarsinnalla aikaansaatu huippulaatuinen puu saadaan hyödynnettyä tehokkaimmin. Laatupuun jalostajien ja ostajien kannalta ensiarvoisen tärkeää olisi pystyä paikantamaan metsiköt, joissa on harjoitettu laatukasvatusta. Erikoispuurekistereitä onkin saatavilla jo joissain maakunnissa, ainakin valtion tuella pystykarsittujen metsien osalta. (Verkasalo 2012.)

On myös muistettava, että niin kutsutun bulkkituotannon volyymin kasvattaminen ei poissulje sitä, että erikoistuotannon volyymia voidaan samanaikaisesti kasvattaa. Kansantalouden kannalta raaka-aine tulisi ohjata sellaiseen tuotantoon, jossa sen arvo voidaan maksimoida. Kokonaisilla leimikoilla käytävässä puukaupassa tämä tavoite toteutuu edes jossain määrin vain monipuolisessa, integroidussa teollisuudessa. Suuren kokoluokan integroidulla organisaatiolla on parhaat mahdollisuudet hankkia raaka-ainetta myös erikoistuotantoon, koska se pystyy ostamaan kokonaisia leimikoita, ja sen jälkeen jakamaan leimikosta kertyneet puutavaralajit optimaalisesti eri tuotantolaitoksille. (Sikanen, Tolvanen-Sikanen & Harstela 1994, 24 – 25.)

Koska pk-yritykset perustavat toimintansa pitkälti erikoistuotantoon, niiden olisi järjestettävä puunhankintansa siten, että ne saavat vain tarvitsemansa raaka-aineen leimikoista. Erikoistuotantoa harjoittavan piensahan kilpailukyky puumarkkinoilla alkaa laskea selvästi, jos sen maksukyky laskee nykytasosta. Toisaalta sen ei kannata kilpailla puumarkkinoilla laadultaan keskinkertaisesta raaka-aineesta, koska korkeaan tuotantovolyyymiin perustuva bulkkituotanto on kannattamatonta varsin tehottomille pk-sahoille. (Sikanen ym. 1994, 25.)

Tämän työn tarkoituksena on tuoda esille laatumännyn jalostukseen ja hankintaan liittyviä uhkia ja mahdollisuuksia, käytännön esimerkkejä apuna käyttäen. Työn johdattelevana taustana toimii luku männyn laatuksivatuksesta. Varsinainen tutkimusaineisto liittyy tässä työssä pystykarsitusta metsiköstä saatujen tukkien koesahaukseen. Koesahauksen tuloksia vertaillaan muihin vastaaviin tutkimustuloksiin, sekä erityisesti yleiseen, volyymipohjaiseen, suomalaiseen sahatuotteeseen. Lisäksi tässä työssä käsitellään laatuun hankintaan liittyviä haasteita ja mahdollisia ratkaisukeinoja haasteiden voittamiseksi. Liitteissä 1, 2 ja 3 on havainnollistettu laatuun hankintaa kokonaisten leimikoiden ostamisen kannalta vain yhtä puutavaralajia käyttävän tuotantolaitoksen näkökulmasta.

2 MÄNTYTUKKIEN LAATU JA SIIHEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

2.1 Puun laadusta yleisesti

Puun laatu – termillä tarkoitetaan sekä itse rungon että puuaineksen soveltuvuutta erilaisiin käyttötarkoituksiin. Puuaineen soveltuvuus eri lopputuotteisiin riippuu puun runkojen rakenteesta sekä itse puuaineen ominaisuuksista. Raaka-aineen laatuvaatimukset vaihtelevat luonnollisesti käyttötarkoitusten mukaan. Raaka-aineesta jalostettavien lopputuotteiden ominaisuudet riippuvat kuitenkin loppujen lopuksi asiakkaiden tarpeista. Laatuvaatimukset muuttuvat koko ajan jalostusprosessien ja tuotteiden kehittyessä. Voidaankin todeta, että yleisten laatuvaatimusten merkitys on edelleen vähenemässä, koska yleisiä laatuvaatimuksia varten kehitelty laatuluokittelu eriytyy asiakkaiden tarpeista lähtevästä luokittelusta. (Mäkinen, Saranpää, Venäläinen & Tuimala 2005, 121.)

Tärkeimmät puun laatuun vaikuttavat tekijät mekaanisessa metsäteollisuudessa ovat oksien ominaisuudet, rungon koko, runkomuoto, lenkous, mutkat, haarat, puuaineen tiheys, kierteisyys sekä muut viat, kuten reaktiopuu tai laho. Tärkeimmät yksittäisen rungon kasvunopeuteen ja sitä kautta myös sen laatuun vaikuttavat tekijät ovat perimä, kasvatustiheys, metsikön rakenne sekä kasvupaikan viljavuus. Siis koska metsänkasvatusmenetelmät vaikuttavat raaka-aineen ominaisuuksiin, tulisi laatu ottaa huomioon sekä yksittäisten metsänhoitotoimien että koko kiertoajan pituisen metsänkasvatusohjelman suunnittelussa ja toteutuksessa. Päätöksenteko metsänhoidossa aiheuttaa kuitenkin päänvaivaa metsäomistajille, sillä metsikön taloudellinen tuotto määräytyy sekä puuston määrän että laadun yhteisvaikutuksesta. (Mäkinen ym. 2005, 121.)

Sahauksen kannalta laadukkaasta puun rungosta saadaan paljon laadukasta sahatavaraa. Sahattavan rungon laatu koostuu kahdesta eri tekijästä: sahatavaran saannosta ja sahatujen sahatavarakappaleiden taloudellisesta arvosta. Rungon koon lisäksi sahatavaran saantoon vaikuttavat muun muassa rungon suoruus ja sen kapeneminen. Tärkein sahatavaran laatuun vaikuttava tekijä on oksaisuus. Oksien koko, lukumäärä ja laatu määrittelevät pitkälti sahatavarakappaleen arvon. Oksapuu on kovaa, ja se aiheuttaa vaikeuksia sahauksessa, sorvauksessa ja höyläyksessä. Oksat lisäävät myös sahatavaran muodonmuutoksia: sahatavaran kuivauksessa syntyy yleensä halkeamia, jotka haittaavat tuotteen pintakäsittelyä. Lopputuotteen ulkonäössä terveet oksat saattavat olla haluttu omi-

naisuus, mutta kuivat ja lahot oksat alentavat lopputuotteiden arvoa. Muita sahatavaran arvoa heikentäviä ominaisuuksia ovat halkeamat, vajaasärmäisyys, korot, pihkataskut, kaarnarosot, reaktiopuu, vinosyisyys sekä laho. Laadullisesti parasta sahatavaraa saadaan ohutoksisista rungoista, jotka kasvavat tiheissä metsiköissä ja karuhkoilla kasvu-paikoilla. (Mäkinen ym. 2005, 121 – 123.)

2.2 Männyn laatukasvatuksen menetelmät

Puukaupassa pinnaltaan sileitä mäntyjen tyviä kutsutaan laatutyviksi. Laatutyvet ovat erinomaista ja arvokasta raaka-ainetta, josta saadaan parhaiten arvokkaimpia, oksatto-mia sahatavaralaatuja. Yksi parhaista männyn laatutyven tunnusmerkeistä on alimman kuolleen oksan paksuus ja sen etäisyys maasta, sekä lisäksi oksakulma. Alimman kuolleen oksan paksuus ja sen etäisyys maasta kertovat pitkälti sen, millainen on rungon sisäinen oksikkuus kyseisestä kohdasta alaspäin. Jos alimmat kuivat ovat läpimitaltaan paksuja, tällöin myös rungon sisällä on paksuja oksia. Paksuimmat oksat sijaitsevat kuitenkin heti elävän latvuksen alapuolella. (Tuimala 2002, 48.)

Mänty on valopuulaji, jonka menestys riippuu lähinnä saatavilla olevan valon määrästä. Mänty tulee toimeen hyvin tiheässäkin kasvatusasennossa vielä taimikkovaiheessa, kunhan valoa on saatavilla riittävästi. Vähitellen metsikön kasvaessa valon määrä vähe-nee. Pisimpien puuyksilöiden latvukset alkavat varjostaa yhä voimakkaammin lyhyem-pien puiden latvuksia, jolloin oksat alkavat kuolla näistä lyhyemmistä puista vähenty-neen valomäärän vuoksi. (Tuimala 2002, 45.)

2.2.1 Metsänjalostus

Metsänjalostus 2050 – ohjelman mukaan metsänjalostuksella tulee tavoitella parempaa kasvua ja puuntuotoskykyä, vaneri- ja sahapuun laatuominaisuuksien parantamista sekä luontaisesti parempaa viljelyvarmuutta. Lisäksi ohjelman tavoitteena on varmistaa pi-demälle jalostetun materiaalin saatavuus toisen polven siemenviljelyksiin. Metsänja-lostukseen kohdistuvana haasteena voidaan pitää sitä, että metsänviljelymateriaali tulisi pystyä sopeuttamaan yhä muuttuvaan ilmastoon. (Haapanen & Mikola 2008, 3.)

Metsänjalostuksella parannetaan puiden kasvua ja laatua. Metsänjalostuksen tulokset realisoituvat kuitenkin vasta, kun puut ovat saavuttaneet ainespuun mitat. Metsänjalostuksen tulos muodostuu perimän ja ympäristötekijöiden yhteisvaikutuksesta. Tästä syystä metsän käsittelyllä ja hoitotoimenpiteillä on vaikutusta kiertoajan eri vaiheissa myös jalostuksen aikaansaamaan tulokseen. (Kellomäki, Lämsä, Oker-Blom & Uusvaara 1992, 102 – 108.)

Metsänjalostuksen tuottovaikutuksia arvioitaessa oletetaan usein, että nykyinen, vallitseva metsänhoitokäytäntö sopii myös jalostettujen puiden uudistamiseen ja kasvatukseen. Asia ei kuitenkaan välttämättä ole näin, sillä metsänjalostus muokkaa puiden perintötekijöitä ja sitä kautta myös perimän ja ympäristötekijöiden yhteisvaikutusta. (Kellomäki ym. 1992, 102 – 108.)

Metsänjalostuskokeissa puun rungot arvioidaan yleisarvosanalla 1 – 10. Arvosanaan vaikuttavat puun koko, oksien läpimitta, oksakulma, yleinen elinvoimaisuus sekä runkomuoto. Tutkimuksissa on havaittu, että kolmeen parhaaseen arvosanalokkaan kuuluu lähinnä vain pluspuiden jälkeläisiä. Sen sijaan kolmeen huonoimpaan arvosanalokkaan kuuluu lähinnä vain metsikkösiemenellä perustettuja metsiköitä. Runkojen suhteellinen oksaläpimitta on siemenviljelysjälkeläisillä noin kymmenyksen pienempi kuin metsikkösiemenellä perustetuilla rungoilla. (Luonnonvarakeskus: Metsänjalostuksen tulokset – jalostushyödyt 2015.)

Vellingin (1978, 9 – 12; 1981, 208 – 211) tutkimusten mukaan puun runkomuoto, karstiutuminen sekä oksakulma ovat voimakkaasti periytyviä ominaisuuksia. Toisaalta taas rungon oksikkuutta indikoivat tekijät, kuten oksien paksuus, pituus ja lukumäärä kiehkuroissa, ovat heikommin periytyviä ominaisuuksia. Ympäristötekijöillä on suurempi vaikutus edellä mainittuihin ominaisuuksiin. (Velling 1978, 9 – 12; 1981, 208 – 211.) Vuokilan (1982, 19 – 20) suosituksen mukaan, laadukkaan sahapuun tuottamiseksi, on käytettävä parasta mahdollista siemen- ja taimimateriaalia.

Kellomäen ym. (1992) tutkimustuloksissa jalostetun metsikön lopputiheys muodostui 200 runkoa suuremmaksi hehtaaria kohden kuin jalostamattoman metsikön tiheys. Siitä huolimatta, jalostetun männikön keskiläpimitta rinnankorkeudelta oli 3 cm suurempi kuin jalostamattomassa männikössä. Tyvitukin alueella sijaitsevien oksien suurin paksuus oli jotakuinkin sama jalostetussa ja jalostamattomassa männikössä, mutta toisen ja

kolmannen tukin alueella oksien paksuus oli jalostetussa metsikössä noin 5 mm pienempi kuin jalostamattomassa. (Kellomäki ym. 1992, 102 – 108.) Jalostus vaikuttaa siis selvästi rungon laatuominaisuuksiin.

Lisäksi jalostetussa metsikössä tukkitilavuus oli noin 20 % suurempi kuin jalostamattomassa metsikössä. Jalostus paransi myös sahatavaran saantoa ja tilavuusyksikköä kohden laskettua sahatavaran hintaa. Näin ollen jalostetusta metsiköstä saatiin noin 100 m³ / ha enemmän sahatavaraa kuin jalostamattomasta, jolloin jalostetusta metsiköstä saadun sahatavaran kokonaishinta oli lähes kaksinkertainen jalostamattomaan metsikköön verrattuna. (Kellomäki ym. 1992, 102 – 108.) Edellä mainittua tulosta tukee se, että männyksen ensimmäisen polven siemenviljelysjälkeläisillä rungon tilavuus kasvu nuorilla männyillä on ollut noin 15 – 20 % parempi kuin metsikkösiemenellä perustetuilla männyillä. Lisäksi metsikkötasolla on kasvumallien avulla arvioitu, että puun nuorella iällä mitattu kasvunlisäys vastaa keskimäärin 10 – 15 % lisäystä vuotuisessa keski-tuotoksessa sekä kiertoajanlyhenemistä noin 5 – 10 vuodella riippuen kasvupaikan viljavuudesta ja viljelymenetelmästä. Toisaalta uusissa, niin sanotun 1,5-polven valiosiemenviljelysten tuloksissa on havaittu, että vuotuisena keskikasvuna mitattu jalostusparannus on jopa 25 – 30 %. (Luonnonvarakeskus: Metsänjalostuksen tulokset – jalostus-hyödyt 2015.)

Jalostettujen puiden nopea kasvu, sekä puiden välinen, pieni keskinäinen kilpailu parantavat tuntuvasti tukkipuun tuotosta ja sitä kautta myös kokonaissahaustulosta. Metsänkasvatuksen taloudellista kannattavuutta jalostetussa metsikössä voitaisiin parantaa kiertoaika lyhentämällä, sillä jalostetussa metsikössä uudistuskypsyys saavutettiin merkittävästi aikaisemmin kuin jalostamattomassa metsikössä. Jalostettujen puiden hyödyntäminen metsätaloudessa saattaisi lisätä tuntuvasti metsänomistajan vaihtoehtoja sopeuttaa tuotantoa taloudellisiin tavoitteisiinsa. (Kellomäki ym. 1992, 102 – 108.) On kuitenkin huomioitava, että kiertoajan lyhentäminen on ristiriidassa korkean puun laadun saavuttamisen kanssa.

2.2.2 Kasvupaikan valinta

Vaikka metsänjalostuksella pystytään tuottamaan entistä laadukkaampaa siemen- ja taimimateriaalia, jalostuksella ei kuitenkaan voida korjata kasvupaikan valinnassa tehty-

jä mahdollisia virheitä. Jos mäntyä viljellään liian viljavalle kasvupaikalle, myös perimältään laadukas taimi kehittyy oksikkaaksi. Toisin sanoen, metsikön ympäristötekijöiden vaikutus muodostuu puiden laatukehityksen kannalta perinnöllisiä tekijöitä tärkeämmäksi. (Kellomäki ym. 1992, 108 – 109.)

Monissa männyn varhaiskehitystä erilaisilla kasvupaikoilla koskevissa tutkimuksissa on huomattu, että männyn laatuerot eri kasvupaikkojen välillä eivät välttämättä ole niin suuret kuin on yleisesti oletettu. Silmämääräisten havaintojen perusteella on kuitenkin huomattu, että männyn teknistä laatua koskeva ongelma on sitä suurempi, mitä rehevämmästä kasvualustasta on kyse. (Kellomäki ym. 1992, 108 – 109.) Mänty kasvaa todennäköisimmin laadukkaaksi tukkirungoksi kuivahkoilla ja sitä karummilla kangasmailla sekä turvemaiden rämeillä ja karuimmissa korvissa. Näille kasvupaikoille valitaan kasvatettavaksi puulajiksi mänty. (Äijälä, Koistinen, Sved, Vanhatalo & Väisänen (toim.) 2014, 26.)

Tärkein männyn oksikkuuteen vaikuttava tekijä on kasvupaikan viljavuus, joka määrittää puiden oksikkuuden yleisen tason. Puuston kasvatustiheyden avulla voidaan vaikuttaa oksien läpimittaan sitä tehokkaammin, mitä vähäravinteisemmasta kasvupaikasta on kyse. Kasvatustiheyden nostamisella ei kuitenkaan voida täysin korjata kasvupaikan viljavuuden lisääntymisen aiheuttamaan laadun heikkenemistä. Selvää on, että nuorten mäntyjen oksikkuuslaatua pystytään parantamaan kaikkein tehokkaimmin välttämällä männyn viljelyä sellaisilla moreenimailla, joilla on saatavilla tyypeä reilusti puiden omaan tarpeeseen nähden. Männyn teknisen laadun kannalta paras kasvupaikka on sen luontainen kasvupaikka, jossa on karkea maalaji. (Kellomäki ym. 1992, 102 – 108.)

2.2.3 Perustamis- ja kasvatustiheys

Useat eri nuorten mäntyjen oksikkuutta koskevat tutkimukset ovat osoittaneet, että männyn teknisen laadun kannalta tärkeää on se, kuinka nopeasti taimikon latvusto sulkeutuu. Taimikon latvuston sulkeutuminen johtaa laadun kannalta positiivisiin vaikutuksiin, koska oksien paksuuskasvu hidastuu ja oksat alkavat kuolla valon vähäisestä määrästä johtuen. (Kellomäki ym. 1992, 109 – 110.)

Suurin oksien paksuuteen ja niiden kuolemiseen vaikuttava tekijä on metsikön perustamis- ja kasvatustiheys (Kellomäki ym. 1992, 109 – 110). Männyt ovat erityisen oksikkaita harvoissa, kasvupaikaltaan tuoreissa taimikoissa (Kärkkäinen & Uusvaara 1982, 10). Kellomäen (1981a, 130 – 139) mukaan hyvissä valo-olosuhteissa oksien paksuuskasvun oletetaan lisääntyvän. Oksien paksuuskasvunopeuden rajoittaminen laadun kannalta on tarpeellista vain metsikön taimikkovaiheessa. Tällöin taimikon perustamis- ja kasvatustiheyden on oltava mahdollisimman suuri. Vain erittäin suuri kasvatustiheys vähentää itsessään mäntyrunkojen oksaisuutta riittävästi korkealaatuisen tukin kasvusta ajatellen. (Kellomäki ym. 1992, 109 – 110.) Puolukkatyyppin istutetussa männikössä, Etelä-Suomen olosuhteissa, riittävä tiheys pitäisi olla jopa niinkin suuri kuin 10 000 runkoa hehtaarilla. Vasta 5000 – 6000 rungon hehtaaritiheys alkaa todella vaikuttaa puuston laatukehitykseen. (Huuri, Huuri & Lähde 1984, 20.) Myös tuoreimpien metsänhoitosuosituksen mukaan männyn taimikkoa tulisi kasvattaa alkuvaiheessa riittävän tiheänä oksien paksuuskasvun rajoittamiseksi. Tavoitteellisena kasvatustiheytenä voidaan pitää varhaisperkauksen jälkeen 4000 – 5000 männyn ja lehtipuun runkoa hehtaarilla. (Äijälä ym. (toim.) 2014, 53.)

Vaikka perustamis- ja kasvatustiheyden vaikutus oksien läpimittaan jäi Kellomäen ym. (1992) tutkimuksessa merkittävästi pienemmäksi kuin kasvupaikan viljavuuden vaikutus, puuston perustamis- ja kasvatustiheydellä todettiin olevan suuri vaikutus oksien kasvuun, erityisesti paksuimman elävän oksan läpimittaan tiheydellä on suurin piirtein yhtä paljon vaikutusta kuin kasvupaikan viljavuudella. (Kellomäki ym. 1992, 109 – 110.) Paksuimman elävän oksan läpimitta taasen indikoi luotettavasti sekä tukkien että niistä saatavan sahatavaran laatua, kuten myös rungon pisin oksa (Kantola & Pennanen 1999, 6). Kasvatustiheyden nostamisella voidaan vaikuttaa sahapuun laatuun, kunhan kasvupaikka ei ole liian rehevä (Kellomäki ym. 1992, 109 – 110).

Oksien läpimitan rajoittamiseksi tietyn kokoiseksi tarvitaan sitä suurempi perustamistiheys, mitä rehevämmästä kasvualustasta on kyse. Tällöin perustamis- ja kasvatustiheyksiä tulisi porrastaa metsätyypeittäin. Jos 20 mm oksaläpimittaa pidetään kriittisenä rajana laadun kannalta, sopivat perustamistiheydet olisivat kanervatyyppin metsiköissä 2000 runkoa hehtaarilla ja puolukka- sekä mustikkatyyppin metsiköissä noin 4000 runkoa hehtaarilla. Laatumännyn kasvatus lehtomaisilla kankailla tai sitä vastaavilla kasvupaikoilla on kannattamatonta, vaikkakin laatumäntyjä voi syntyä yksittäin rehevän kuusikon sekaan. (Kellomäki ym. 1992, 109 – 110.)

2.2.4 Uudistamismenetelmän valinta

Taimikon korkea alkutiheys luo oivan perustan hyvälaatuisten mäntyjen kasvattamiseksi. Korkea alkutiheys on helpoimmin ja edullisimmin saavutettavissa luontaisella uudistamisella, sillä perustamistiheyden kasvattaminen istutustiheyksiä lisäämällä ei ole taloudellisesti järkevää. (Kellomäki ym. 1992, 110 – 111.) Metsänhoitosuositusten mukaan, hyvälaatuisen männyn kasvattamiseksi istutustiheyden tulisi olla 2400 runkoa hehtaarilla (Äijälä ym. (toim.) 2014, 45). Pelkästään tuolla kasvatustiheydellä ei kuitenkaan pystytä tavoittelemaan aivan todellista huippulaatua, vaan 2400 istutetun mäntyrungon lisäksi tarvittaisiin lisäksi toista tuhatta siemensyntyistä lehtipuuta, jotta päästäisiin suositeltuun 4000 rungon hehtaaritiheyteen.

Luontainen uudistaminen onnistuu kaikista parhaiten karuimmilla kasvupaikoilla, jolloin myös kasvupaikan osalta on olemassa hyvät edellytykset laatupuun kasvattamiselle. Käytännössä tällaisia kasvupaikkoja ovat ohutkuntaiset, lajittuneiden maalajien karut ja karuhkot kankaat, joissa kasvaa hyvälaatuista ja siemennyskykyistä mäntyä. (Äijälä ym. (toim.) 2014, 45.)

Muun muassa Vuokila (1982, 16 – 18) pitää kylvöä parempana uudistamismenetelmänä kuin istutusta, kunhan kylvö tehdään sille sopivalle kasvupaikalle. Kylvössä on myös se etu, että siinä voidaan käyttää jalostettua siemenmateriaalia, jolloin lähtökohtaisesti saavutetaan paremmat kasvu- ja laatukehitysedellytykset. Lisäksi kylvö ja luontainen uudistaminen antavat hyvän mahdollisuuden korkean kasvatustiheyden hyödyntämiseen, jolla on todettu olevan selkeä vaikutus positiivisen laatukehityksen kannalta. (Kellomäki ym. 1992, 110 – 111.) Lisäksi korkea kasvatustiheys suojelee taimikkoa paremmin hirvituhoilta (Äijälä ym. (toim.) 2014, 45).

Korkea kasvatustiheys voi johtaa kasvutappioihin, jotka ilmenevät ensiharvennusvaiheessa, kun kuitu- ja tukkipuun tuotos on oletettua vähäisempi. Todennäköistä on, että korkeasta kasvatustiheydestä ei saada täyttä hyötyä puuston laatukehityksen kannalta ilman, että samanaikaisesti jouduttaisiin tyytymään heikompaan, määrälliseen puuntuotannon tulokseen. (Kellomäki ym. 1992, 110 – 111.) Tuoreemmassa tutkimuksessa on kuitenkin havaittu, että yhdistetty energia- ja laatu puunkasvatusmalli tuottaa suuremman alkutiheyden ansiosta tavallista ainespuunkasvatusmallia paremman keskikasvun ja kokonaiskuutiometrimäärän hehtaaria kohden koko kiertoajan aikana, sekä kuivahkolla

että tuoreella kasvupaikalla (Heikkilä, Sirén, Ahtikoski, Hynynen, Sauvula, & Lehtonen 2009).

On huomioitava, että korkean kasvatustiheyden käyttö on perustelua ainoastaan taimikon nuoruusvaiheessa, kun tiheydellä voidaan kaikkein parhaiten vaikuttaa oksien kasvunopeuteen. Laatuongelmia ei voida kuitenkaan poistaa käyttämällä uudistamismenetelmiä, jotka maksimoivat alkutiheyden. Huippulaatua tavoiteltaessa on turvauduttava muihin laatuksvatuksen toimenpiteisiin, kuten pystykarsintaan. (Kellomäki ym. 1992, 110 – 111.)

Uudistamistapaa ratkaisevampi tekijä oksikkuuden kannalta on puiden kasvunopeus. Kasvunopeuden hidastuessa puut kehittyvät luontaisestikin hyvälaatuisiksi, jolloin myös todellisen huippulaadun tavoittelu esimerkiksi pystykarsinnan avulla on realistista ja taloudellisesti kannattavaa. (Kellomäki ym. 1992, 110 – 111.)

2.2.5 Taimikonhoito

Taimikonhoito vaikuttaa ensiharvennuksen lisäksi eniten puuston laatukehitykseen. Mitä aikaisemmin ja voimakkaammin taimikonhoito suoritetaan, sitä heikommaksi muodostuu männyn tekninen laatu. Ylipäättään taimikonperkauksen tai -hoidon kanssa ei tule kiirehtiä laatuun kasvatusmallissa. (Kellomäki ym. 1992, 111 – 112.) Tavallisessa männyn kasvatuksessa taimikonhoidon viivästyminen voidaan kuitenkin nykyään pitää jonkinlaisena ongelmana.

Mikäli taimikonharvennus tehdään aikaisessa vaiheessa, korkeasta perustamistiheydestä ei saada täyttä hyötyä laadun kannalta. Jos metsikön perustamistiheys on alle 3000 runkoa hehtaarilla, taimikon käsittelyä ei tulisi tehdä lainkaan hyvän laadun turvaamiseksi. Jos taas metsikön perustamistiheys on 4000 – 5000 runkoa hehtaarilla, taimikon harvennus suositellaan tehtäväksi noin 5 metrin pituusvaiheessa. (Kellomäki ym. 1992, 111 – 112.)

Tuoreimpien metsänhoitosuosituksen mukaan, männyn taimikkoa tulisi siis kasvattaa siten, että varhaisperkauksen jälkeen taimikko kasvaisi noin 4000 – 5000 rungon hehtaari- tiheydessä. Varhaisperkauksen yhteydessä haavat tulisi poistaa männynversoruos-

teen ehkäisemiseksi. Lisäksi kylvötuppaita tulisi harventaa varhaisperkauksen yhteydessä, sillä kylvötuppaisissa rungot voivat muodostua lengoiksi, mikäli tuppaita ei harvenneta tarpeeksi ajoissa. Jokaiseen kylvökohtaan jätetään kasvamaan yksi päätaimi kuitenkin niin, että kasvatettavien taimien etäisyys toisistaan on vähintään puoli metriä. Toisaalta nykyään metsänviljelyssä käytettävä koneellinen kylvö ei synnytä kylvötuppaita, koska siemenet leviävät uudistusosalalla tasaisemmin kuin käsin tehtävässä kylvössä. (Äijälä ym. (toim.) 2014, 53, 56.) Vuonna 2007 metsän kylvöstä tehtiin 62 % koneellisesti yksityisten metsänomistajien metsissä, ja peräti 90 % kylvöstä tehtiin koneellisesti muiden metsänomistajien metsissä (Rummukainen, Tervo, Kautto & Pulkkinen, 2011).

Lisäksi uusissa metsänhoitosuosituksissa suositellaan, että männyn taimikoissa taimikonharvennus tehdään 5 – 7 metrin pituusvaiheessa 2000 – 2200 rungon hehtaari tiheyteen (Äijälä ym. (toim.) 2014, 56). Toisaalta yhdistetyssä energia- ja laatupuun kasvatustallissa taimikonhoito suositellaan tehtäväksi 3 – 5 metrin pituusvaiheessa 3000 – 4000 rungon hehtaari tiheyteen (Äijälä, Kuusinen & Koistinen (toim.) 2010, 10). Sen sijaan tilajärjestykseltään tasaisissa ja tiheissä kylvö- tai siemenpuusyntyisissä taimikoissa, joissa on yli 6000 rungon hehtaari tiheys, taimikonhoito suositellaan tehtäväksi 3 – 4 metrin pituusvaiheessa. Tuossa 3 – 4 metrin pituusvaiheessa taimet ovat jo ohittaneet pahimman hirvituhoriskin. Mikäli tässä tapauksessa taimikon harvennusta lykättäisiin, latvukset supistuisivat liikaa ja lumituhoriski kasvaisi olennaisesti. (Äijälä ym. (toim.) 2014, 56.)

2.2.6 Kasvatushakkuut ja kiertoajan pidentäminen

Ensiharvennus vaikuttaa yhdessä taimikonhoidon kanssa eniten puuston teknisen laadun kehitykseen. Myöhemmillä harvennuksilla sen sijaan puuston oksaisuuslaatuun ei voida juuri vaikuttaa, ainoastaan poistamalla heikkolaatuisimmat puut voidaan metsikön kokonaislaatua hieman parantaa. Laatu- ja kestävyysnäkökulman kannalta tärkeintä on ensiharvennuksen ajankohta, ei niinkään sen voimakkuus. (Kellomäki ym. 1992, 113.) Toki harvennustavalla ja harvennuskertojen määrällä on merkitystä puuston laatukehitykseen.

Männyn ensiharvennukseen on kaksi vaihtoehtoista tapaa. Valinta tehdään puuston tiheyden ja oksikkuuden perusteella. Sekä hyvä- että heikkolaatuisiin männiköihin alaharvennus on sopiva harvennustapa. Alaharvennus edistää puuston järeytymistä sekä

kasvattaa puuston hakkuukertymää. Alaharvennus suositellaan tehtäväksi Etelä-Suomessa 13 – 15 metrin pituusvaiheessa 900 – 1000 rungon hehtaari tiheyteen. Sen sijaan metsiköissä, joissa on tavoitteena hyvälaatuisen tukkipuuston kasvattaminen, laatuharvennusta voidaan pitää sopivana ensiharvennusmenetelmänä. Lisäksi laatuharvennus suositellaan tehtäväksi erittäin oksikkaissa ja taimikkovaiheessa ylitieheiksi jääneissä männiköissä. Laatuharvennuksessa poistetaan heikkolaatuisia päävaltapuita eli niin sanottuja susipuita ja toisaalta tehdään tilaa hyvälaatuisille ja kehityskelpoisille lisävaltapuille. Laatuharvennuksen tapauksessa ensiharvennus toteutetaan Etelä-Suomessa 11 – 13 metrin pituusvaiheessa 1100 – 1300 rungon hehtaari tiheyteen. Sen sijaan kauttaaltaan hyvälaatuisen männikköön laatuharvennusta ei tarvita. (Äijälä ym. (toim.) 2014, 60.) Yhdistetyn energia- ja laatu puun kasvatusmallissa ensiharvennus suositellaan sen sijaan tehtäväksi 10 – 12 metrin valtapituudessa 1000 – 1400 rungon hehtaari tiheyteen. Kasvamaan jätetään metsikön laadukkaimpia pää- ja lisävaltapuita. (Äijälä, Kuusinen & Koistinen (toim.) 2010, 10.)

Heikkolaatuista männikköä on taloudellisesti kannattavinta harventaa kahdesti ennen päätehakkuuta. Sen sijaan hyvälaatuisissa metsiköissä kolmaskin harvennuskerta on yleensä tarpeen, jotta arvokkaimpien tukkirunkojen järeyskehitys pystytään turvaamaan. Hoidetuissa, mäntyvaltaisissa metsissä toinen ja kolmas harvennus voidaan toteuttaa myös yläharvennuksena, jolloin itse harvennuksessa saavutetaan parempi taloudellinen tulos tukkikertymän kasvun ansiosta. (Äijälä ym. (toim.) 2014, 65.) Toisaalta yläharvennus kuitenkin lykkää päätehakkuuta.

Pentti Niemistö on tutkinut erilaisten harvennustapojen kannattavuutta männiköissä. Niemistön mukaan, 80 vuoden kiertoajalla laatu- ja yläharvennus pystykarsinnan kera ovat reilusti alaharvennusta kannattavampia menetelmiä. Lisäksi laatu- ja yläharvennus pystykarsinnan kanssa tuottavat laadukkaimpia A-tyvitukkeja selkeästi enemmän kuin alaharvennukset: Laatuharvennuksella A-tyviä muodostui 18 m³/ha ja yläharvennuksella sekä pystykarsinnalla peräti 63 m³/ha, jota voidaan pitää puunostajankin kannalta jo erittäin hyvänä määränä. Alaharvennus ja viivästetty harvennus eivät sen sijaan tuottaneet A-tyviä juuri lainkaan. (Niemistö 2013, 8, 15 – 17.)

Yläharvennus lisää myöhempien harvennuksien tuloja, kun taas laatuharvennus ja pystykarsinta sekä päätehakkuun että koko kiertoajan tuloja. Aikaisessa vaiheessa tehdyt yläharvennukset pystykarsinnan kera tuottivat runsaasti hyvälaatuisia tukkia. A-tyville

laskettu lisähinta, 10 e/m^3 (kantohinta 65 e/m^3), ei kuitenkaan riitä kattamaan pystykar-sinnasta aiheutuneita kustannuksia, vaan tyvistä tulisi saada selvästi parempaa hintaa. Laatu- ja yläharvennus eivät Niemistön tutkimuksessa varsinaisesti pidentäneet metsi-kön kiertoaikaa, mutta niiden vaikutus on kohti pidempää kiertoaikaa ja useampia har-vennuskertoja. A-tyvien määrän kasvu parantaa pidemmän kiertoajan asemaa taloudelli-nessa vertailussa, mutta merkittävämpi muutos edellyttäisi laatuhinnoitteluun siirtymis-tä. (Niemistö 2013, 15 – 17.)

Ensiharvennuksen lykkäämisestä on hyötyä ainoastaan siinä tapauksessa, että metsää on kasvatettu alusta pitäen niin tiheänä, että oksien kasvu on hidastunut ja oksien karsiutu-minen on päässyt alkamaan. Alkutiheyden ollessa alle 3000 runkoa hehtaarilla, ensihar-vennus tulisi tehdä jo noin 8-10 metrin pituusvaiheessa tiheyteen 900 – 1200 run-koa/hehtaari, jos taimikonhoitoa ei ole tehty. Mikäli alkutiheys on ollut korkea, noin 4000 – 5000 runkoa hehtaarilla, ensiharvennus suositellaan tehtäväksi noin 12 metrin pituusvaiheessa, kunhan taimikonhoito on tehty ajallaan noin 5 metrin pituusvaiheessa. Myöhemmissä harvennuksissa on erittäin tärkeää pitää huolta siitä, että harvennusten avulla ehkäistään latvusten liiallista supistumista. Lisäksi myöhempien harvennusten tehtävänä on pitää yllä laadullisesti hyvien puuyksilöiden kasvua mahdollisimman pit-kään. (Kellomäki ym. 1992, 113.)

Metsikön kiertoajan pidentäminen parantaa metsikön luonnonhoidon tasoa ja kasvattaa runkojen keskijäreyttä. Runkojen keskijäreyyden kasvaessa tukeista on mahdollisuus saada parempaa hintaa ja sitä kautta enemmän hakkuutuloja, koska järeämmät tukit ovat jalostusarvoltaan arvokkaampia kuin keskijäreydeltään pienemmät tukit. Toisaalta kier-toajan pidentäminen saattaa heikentää metsätalouden taloudellista kannattavuutta, koska sijoitetun pääoman tuottoaste laskee ja metsikön kasvu heikkenee. Kasvun hidastuessa, myös uudistushakkuiden välinen aika kasvaa. Lisäksi metsikön ikääntyessä tuhoriskit kasvavat. (Äijälä ym. (toim.) 2014, 40.)

Männikön eri kiertoaikojen kannattavuudesta on uusimmissa metsänhoitosuosituksissa tuotos- ja tulosvertailu. Esimerkin mukaan 90 vuotta pitkä kiertoaika kahden alaharven-nuksen kasvatusohjelmalla antaa paremman tuloksen kuin lyhyempi, 70 vuoden kierto-aika. 90 vuoden kiertoajan metsikössä kokonaistuotos olisi noin 30 % parempi ja tuki-tuotos jopa kaksinkertainen 70 vuoden kiertoajan männikköön verrattuna. (Äijälä ym. (toim.) 2014, 42.)

2.2.7 Lannoitus

Männyn laatukasvatuksen kannattavuutta voidaan parantaa metsänlannoituksella (Äijälä ym. (toim.) 2014, 107 – 110). Männyn laatukasvatuksen kannalta lannoituksen perusedellytys on, että metsikköä on kasvatettu riittävän tiheänä alusta pitäen. Harvan metsikön lannoitus vain pahentaa laatuongelmia, varsinkin jos lannoitus tehdään aikaisessa vaiheessa, kun puusto luokitellaan vielä taimikoksi. (Kellomäki ym. 1992, 115.) Lannoitus nimittäin suurentaa sekä paksuimman elävän että paksuimman kuivan oksan läpimittaa sekä heikentää myös hieman puun runkomuotoa (Uusvaara & Saukkonen 1997, 2). Tutkimustulokset osoittivat, että lieväkin lannoitus on haitallinen nuoren männikön laatukehityksen kannalta. Pystykarsinnan jälkeen tehtävä lannoitus nopeuttaa nuoren männikön oksien kyljestymistä. Sen sijaan lannoituksen vaikutus oksakulmaan on vähäinen. (Uusvaara & Saukkonen 1997, 3, 23.) Lisäksi lannoitus edesauttaa alimpien oksien karsiutumista, koska lannoitus tuuheuttaa puuston latvusta (Farmit: Vaikutus puun laatuun 2015).

Kasvatettava puusto reagoi lannoitukseen parhaiten kuivahkoilla ja tuoreilla kankailla tai niitä vastaavilla turvemaidilla. Etelä- ja Väli-Suomessa typpilannoituksen on todettu lisäävän puuston määrää keskimäärin 12 – 20 m³ hehtaarilla. Taloudellisesti kannattavimpia männyn lannoituskohteita ovat tuoreen ja kuivahkon kankaan männiköt, sekä tietenkin pystykarsitut männiköt. Kivennäismailla lannoitus voidaan tehdä 6 – 10 vuoden välein ja yhteensä 1 – 4 kertaa koko kiertoajan aikana. Harvennusten ja lannoitusten välille on kuitenkin syytä jättää muutaman vuoden väli, jotta tuuli- ja lumituhoriskit eivät kasvaisi kohtuuttomasti. (Äijälä ym. (toim.) 2014, 107 – 110.)

Lannoituksessa puuaineksen tiheys laskee noin 2 – 5 %, jota voidaan pitää varsin pieneenä muutoksena vaikkapa kasvupaikan tai runkojen eri osien välisessä vertailussa (Farmit: Vaikutus puun laatuun 2015). Kertaalleen tehty lannoitus lisää vuosiluston paksuutta noin 0,3 – 1,5 mm. Selvimmin vuosilustojen leveneminen näkyy nuorissa puustoissa. (Farmit: Vaikutus puun laatuun 2015.) Tukkipuustossa vuosiluston leveys ei kuitenkaan välttämättä lisäännä vaikka kuutiokasvu lisääntyy, sillä vuosilustot kasvavat yhä suurentuvan kehän ympärille. Lannoituksen aiheuttamat vaikutukset ovat verrattavissa maan luontaisesta viljavuudesta, kasvukauden säätilasta tai kasvutilasta aiheutuneisiin, kasvun kannalta positiivisiin muutoksiin. Säännöllisesti ja suunnitelmallisesti lannoitet-

tavat metsikkökuviot voidaan jättää harvennuksissa hieman normaalia tiheämmäksi. (Yara: Metsänlannoitusopas 2015, 19.)

Lannoituksen (ja kasvatustiheyden) vaikutus oksien paksuuteen ja siten myös puun laatuun on selvä. Niiden merkitys tulevaisuuden laatukehityksen kannalta ei välttämättä ole niin merkittävä kuin voitaisiin olettaa, sillä oksan paksuus riippuu pitkälti puun rinnankorkeusläpimitasta: mikäli ensiharvennuksessa puita poistetaan alaharvennusperiaatteella, metsään jää kasvamaan kaikkein suurimpia ja paksuoksaisimpia puita. Olisi siis ehdottoman tärkeää, että harvennuksissa poistettaisiin erityisesti oksaisia valtapuita, jotta jo mahdollisesti saavutettua, hyvää laatua ei tuhlattaisi. (Uusvaara & Saukkonen 1997, 24.)

2.3 Pystykarsinta

2.3.1 Taustat

Pystykarsintaa on tehty varsin vähän. Ennen vuotta 1983 pystykarsittuja aloja on arviolta 35 000 – 40 000 hehtaaria. (Hanneliuss ym. 1997, 127 – 135.) Vuosina 1985 – 2010 puustoa on pystykarsittu valtion tuella noin 141 000 hehtaaria, joista valtaosa on männiköitä (Verkasalo 2012). Uusvaaran (1993, 3) mukaan vuosina 1935 – 1965 karsittiin lähinnä männiköitä noin 7000 – 8000 hehtaaria, kun pelkästään vuonna 1988 karsittiin lähes 13 000 hehtaaria. Valtio on sijoittanut pystykarsintaan runsaasti varoja. Pelkästään vuosina 2005 – 2010 pystykarsintatukia maksettiin vajaan 9 miljoonan euron edestä (METLA Metinfo tilastopalvelu: Metsänhoito- ja metsänparannustöiden kokonaiskustannukset 2015). Eniten metsiä karsittiin vuosina, jolloin pystykarsintatyötä tuettiin työllistämisvaroin. Lisäksi työmuodon tulo metsänparannuslainsäädännön piiriin paransi pystykarsinnan suosiota. Pystykarsintaa on tehty myös melko paljon ilman tukitoimenpiteitä aktiivisten metsänomistajien toimesta. (Hanneliuss ym. 1997, 127 – 135.)

Pystykarsintaintoa on lisännyt huoli Suomen metsien puun laadun heikkenemisestä etenkin sahatteollisuuden raaka-aineena sekä yksityismetsätalouden organisaatioiden ansiokas valistus- ja tiedotustyö. Intoa on lisännyt myös se fakta, että parhailla sahataraladuilla on ollut kysyntää myös taloudellisesti heikkoina aikoina. Parhaita sahata-

varalaatuja syntyy käytännön metsätaloudessa vain niukasti ilman pystykarsintaa. (Uusvaara 1993, 3.)

2.3.2 Tavoitteet

Pystykarsinta on varsin tehokas keino huippulaatuisen männyn tuottamiseen. Pystykarsinnan tavoitteena on luonnollisesti lisätä metsiköstä saatavaa taloudellista tuottoa lisäämällä oksattoman tyvitukin määrää. Parhaat edellytykset pystykarsinnalle ovat Etelä- ja Väli-Suomen hyväkasvuisissa männiköissä, joissa laadukkaita tukkirunkoja pystytään tuottamaan pystykarsinnalla ja säännöllisillä, oikea-aikaisilla harvennuksilla, kuitenkin kohtuullisen lyhyellä kiertoajalla. (Äijälä ym. (toim.) 2014, 113 – 114.)

Pystykarsinnan kannattavuuteen asettavat haasteensa puiden luontaisesti hyvä karsiutuvuus sekä se, ettei karsittu tukki ole Suomessa ylivoimaisen kilpailukykyinen puumarkkinoilla (Hanneliuss ym. 1997, 127 – 135). Pystykarsinnan kannattavuus riippuu pitkälti siitä, kuinka hyvä kysyntä karsitulla tukilla tulevaisuudessa on, ja kuinka paljon siitä maksetaan (Äijälä ym. (toim.) 2014, 113 – 114). Pystykarsitun tukin lisäarvo on noin 30 – 40 %, jolloin investointi tuottaa keskimäärin 5-6 % reaalikoron Etelä- ja Keski-Suomen tuoreilla kankailla. Ruotsalaisissa tutkimuksissa pystykarsinta tuotti yli 10 % reaalisen tuoton, kun tukin arvo määriteltiin siitä saatavan sahatavaran todellisen arvon perusteella. (Hanneliuss ym. 1997, 127 – 135.)

Käytännössä siis parempiin reaalityottoihin voitaisiin päästä käsiksi siten, että nykyisestä puun hinnoittelumuodosta siirryttäisiin hinnoittelumuotoon, jossa puun laatutekijät ja jalostusarvo otettaisiin paremmin huomioon. Tällaisia hinnoitteluvaihtoehtoja voisivat olla runko- ja rungonosahinnoittelu, laatu- ja järeyshinnoittelu sekä matriisihinnoittelu. Hinnoittelumenetelmiä käsittelen tarkemmin luvussa 8.

2.3.3 Toimenpiteet

Pystykarsinnalla jo ennestään hyvälaatuinen puu muokataan erikoispuutavaraksi. Huonolaatuista runkoa pystykarsinnalla ei sen sijaan voi pelastaa. Havupuiden pystykarsinta on suositeltavaa aloittaa jo taimikonharvennuksen jälkeen, viljavien maiden männiköis-

sä se on välttämätöntä. Toisaalta taimikkovaiheessa karsitut metsät on karsittava toiseen kertaan, koska taimikon pituus ei salli pystykarsintaa koko tyvitukin matkalta. (Hannelius ym. 1997, 127 – 135.) On kuitenkin huomioitava, että metsikön kasvu taantuu sitä enemmän, mitä aikaisemmin ja voimakkaammin pystykarsinta tehdään. Toivotun karsintatuloksen varmistamiseksi tarvitaan voimakkaita, oikea-aikaisia harvennuksia, joilla puuston tiheys alennetaan harvennusmallien alarajalle. (Kellomäki ym. 1992, 113 – 114.)

Pystykarsinnalla puun rungosta poistetaan pääasiassa kuolleita ja kuolemassa olevia oksia, joiden paksuus on korkeintaan 25 mm (Äijälä ym. (toim.) 2014, 113 – 114). Pystykarsittavan alueen tulee olla vähintään 0,5 hehtaaria, jotta karsittuja tyviä kertyisi päätehakkuussa vähintään yhden puutavara-auton kuorman verran. Havupuita suositellaan karsittavan vähintään 300 – 350 kappaletta, mieluiten 450 – 550 kappaletta. Karsittaviksi puiksi valitaan terveitä, metsikön laadukkaimpia valtapuita. Männikköä voidaan pitää karsintakelpoisena, kun sen rinnankorkeusläpimitta on 7 – 13 cm ja keskipituus 6 – 12 metriä. (Hannelius ym. 1997, 127 – 135.) Parhaaseen tulokseen päästään, kun karsinta tehdään kahdessa vaiheessa: Ensimmäinen käsittely tehdään 5 – 7 metrin pituudessa, jolloin puut karsitaan 3 metrin korkeudelle asti. Karsintaa jatketaan 5,1 – 5,6 metrin korkeudelle 5 – 10 vuotta ensimmäisen karsinnan jälkeen. (Kellomäki ym. 1992, 113 – 114.) Lisäksi puuhun jätetään vähintään 40 % elävää latvusta (Vuokila 1982, 33). Paras vuodenaika karsinnan kannalta on kevättalvi ja kesä – heinäkuu. Karsintaa ei tule tehdä loppusyksystä, alkutalvesta tai nila-aikana. (Äijälä ym. (toim.) 2014, 113 – 114.)

2.3.4 Vaikutukset

Pystykarsinnan vaikutus sahatavaran laatuajakauman paranemiseen riippuu karsittavan puuston ominaisuuksista ja laadusta, kasvunopeudesta karsinnan jälkeen, karsintatyön laadusta sekä karsinnasta puiden lopulliseen käyttöön kuluneesta ajasta (Uusvaara 1993, 17). Onnistunut ja oikea-aikainen karsintatyö lisää oksattoman tyvitukin määrää. Tärkeintä on se, että puun annetaan kasvattaa riittävästi oksatonta puuvaippaa karsitun oksan ja siitä muodostuneen pihkatapin päälle.

Väärin tehty karsintatyö ja väärään aikaan tehty karsintatyö saattaa altistaa puun värivi-oille, laholle tai koroille. Loppusyksystä tai alkutalvesta tehty pystykarsinta saattaa al-

tistaa puun syyshaavakkasienelle. (Äijälä ym. (toim.) 2014, 113 – 114.) Elävänä karsitun oksan arpi tarjoaa avoimen tartuntareitin tuhosienille. Puu pyrkii suojaamaan haavan siten, että laho ei pääsisi leviämään pintapuuhun ja että nilaan ei syntyisi koroja. On mahdollista, että puiden lepoaikaan toteutetussa karsintatyössä vaurioitetaan puun nilaa oksahaavan ympäriltä tai oksakiehkuroiden väliseltä alueelta, ja näin puu ei pysty suojaamaan haavakohtaa pihkalla ennen kevättä. Tämä antaa mahdollisuuden tuhosienien leviämiselle. Syyshaavakka saattaa aiheuttaa sinistymistä myöhään syksyllä kaadettuun puuhun, etenkin kuorivaurioiden ja tukkien päiden läheisyyteen, jos tukit sahataan vasta keväällä. Syyshaavakka ei kuitenkaan leviä helposti pitkiä matkoja, koska tauti tarttuu vesipisaroiden välityksellä. (Uotila 1990, 31 – 33.)

On muistettava, että myös muut metsänhoidolliset toimet vaikuttavat reilusti puuston laatuun ja ominaisuuksiin. Pystykarsinta pelkästään ei tuota laatupuuta riittävällä tavalla. On siis tärkeää huolehtia metsän terveydentilasta ja kasvukunnosta pystykarsinnan jälkeenkin, esimerkiksi säännöllisten harvennusten ja lannoitusten avulla.

2.3.5 Pystykarsinnan tulevaisuus

Arvioitaessa suomalaisen sahatavaran kilpailuasemaa pitkälle tulevaisuuteen, on olemassa runsaasti tuntemattomia tekijöitä, sillä nyt karsittavien männiköiden hakkuu tapahtuu vasta aikaisintaan noin 50 vuoden kuluttua (Uusvaara 1999, 110 – 115). Toisaalta 1980 – luvulla männiköitä on karsittu runsaasti, joten kyseisten männiköiden hakkuu tapahtuu jo melko piakkoin, ehkä jo ensi vuosikymmeneltä alkaen.

Pitkän kasvatusajan vuoksi, karsitun, erikoislaatuisen tukin hintakehityksen arvioiminen on hankalaa. Perinteisesti korkealaatuisella tukilla on kuitenkin ollut hyvä kysyntä ja hinta. On myös otettava huomioon, että ohuet vuosilustot ovat yhdessä oksattomuuden kanssa laatutekijöitä, joita Suomea etelämpänä kasvaneet ja karsitut männyt eivät voi täyttää. (Uusvaara 1999, 110 – 115.)

Lyhyellä aikavälillä pystykarsinta ei ole erityisen suosittu metsänhoitomenetelmä. Karsitut alat tulevat olemaan pieniä. Pitkällä tähtäimellä voidaan kuitenkin ennustaa karsintainnon ja – arvostuksen nousevan, sillä laadukas puutavara tulee olemaan niukkuusartikkeli tulevaisuudessa. (Uusvaara 1999, 110 – 115.) Toisaalta pystykarsinnan yleisty-

misen esteenä on vielä tänäkin päivänä karsinnassa käytettävien työvälineiden alkeellisuus. Panostamalla välineiden koneellistamiseen, olisi mahdollista vähentää karsinnan aiheuttamia vaurioita ja toisaalta se voisi olla myös ratkaisu orastavaan työvoimapulaan. (Vuokila 1976, 12.) Toistaiseksi kustannustehokasta laitetta pystykarsintatyöhön ei ole pystytty vielä kehittämään (Honkasalo 2006, 83).

Yhteiskunnan kannattaisi sijoittaa neuvontatyöhön, karsinnan edistämiseen ja tukemiseen sekä erityisesti kaikkiin pitkäaikaisimpiin metsänhoitotöihin. Sijoitetut varat tulevat takaisin hitaasti, mutta varmasti lisääntyvinä vienti- ja verotuloina sekä työllisyyden paranemisena. (Uusvaara 1999, 110 – 115.)

3 YLEISTIETOA TUKKIEN SAHAUKSESTA JA LAATULUOKITTELUSTA

3.1 Sahaustavat

Tukkien sahauskassa voidaan käyttää kahta erilaista menetelmää: joko skandinaavista tai pohjoisamerikkalaista tapaa. Pohjoismainen eli keskilinjansuuntainen sahaustapa pitää sisällään kaksi erilaista sahaustapaa. Näitä sahaustapoja ovat normaali sahaustapa ja sydänvapaa sahaustapa. Pohjoismainen sahauskäytäntö on usein käytetty sahaustapa suomalaisessa sahausteollisuudessa. Pohjoismaisella sahauskäytännöllä sahatut kappaleet saadaan pysymään hyvin muodossaan, koska sahauskassa puun sisäiset jännitykset saadaan poistettua. Pohjoismaisessa sahaustavassa sahatavaran saanto on hyvä, mutta arvokkaimmasta, oksattomasta pintapuusta saadaan ainoastaan rimoja. (Puuproffa: Sahaustapoja 2015.) Lisäksi arvokasta pintapuuta menee hukkaan tukin kulkiessa pelkkahakkurin lävitse, joka hakettaa pelkan sivut tasaiseksi. Normaalisissa sahaustavassa jännitysten poistaminen tapahtuu sydänhalkaisun avulla, kun taas sydänvapaassa sahaustavassa jännitykset poistetaan poistamalla puun ydin varsinaisista päätuotteista (RT-ohjekortti 21-10978 2009, 3).

Pohjoisamerikkalaisessa eli niin kutsutussa pinnansuuntaisessa sahaustavassa tukki sahataan yhdensuuntaisesti tukin pinnan kanssa. Pinnansuuntaisessa sahauskassa arvokas, oksaton pintapuu saadaan hyödynnettyä tarkasti ja samalla hukkapuu siirtyy tukin ydinalueelle, joka on tukin huonoin osa. (Puuproffa: Sahaustapoja 2015.) Pinnansuuntaisia sahaustapoja ovat mm. kvarttisahaus ja läpisahaus. Kvarttisahauskalla saadaan kappaleille erittäin hyvä muotopysyvyys sekä haluttu syykuviointi. Esimerkiksi vinokvarttisahauskassa, toiselta nimeltään ristisahauskassa, tukista sahataan ensin erikseen lohko, joka taas sahataan edelleen tukin säteen suuntaisesti. (RT-ohjekortti 21-10978 2009, 3.) Ristiin sahatut tuotteet ovatkin erikoistuotteita, joita käytetään lähinnä puusepänteollisuudessa (Hämäläinen 2013, 8). Kvarttisahauskassa haittapuoli on se, että siinä puuta menee hukkaan normaalia enemmän. Läpisahaus on sen sijaan hyvä, vaihtoehtoinen sahaustapa silloin, kun tukit eivät ole riittävän järeitä muille sahaustavoille. Läpisahausta käytetään myös särmäämättömien puutavara-aihioiden sahauskassa. Läpisahauskassa tukki voidaan sahata joko keskilinjansuuntaisesti tai pinnansuuntaisesti. (Puuproffa: Sahaustapoja 2015.)

3.2 Sahatavaran laatuluokittelu

Sahatavaralla tarkoitetaan vähintään neljältä sivulta sahattua puutavaraa. Suomessa ja pohjoismaissa sahatavaran laatuluokitteluun käytetään niin kutsuttua ABC-luokittelua. Tämä pohjoismainen lajittelu on korvannut aiemmin käytössä olleen vientisahatavaran lajitteluohjeen. (RT-ohjekortti 21-10750 2001, 3.) Käytännön ammattikielessä A-laadulla tarkoitetaan U/S-laatua, B-laadulla kvinttaa ja C-laadulla sekstaa. Lisäksi A-laatu on jaettu vielä neljään alaluokkaan A1 – A4. (Arvio 2014.)

Alalaatuja lajitellaan harvemmin erikseen (Arvio 2014). Keskisuurella sahall ainoastaan vajasärmälaudoista erotellaan erikseen oksattomat ja HVS-laudat. Täyssärmäiset laudat lajitellaan sen sijaan laatuluokkiin A, B ja C. Parhaan A-laadun laatuja ei lajitella kuitenkaan sisäisiin laatuluokkiin A1 – A4. Tämä johtuu siitä, että kaikille sisäisille laatuluokille A1 – A4 ei löydy luontaisia markkinoita. Lisäksi suurin osa keskisuuren sahan asiakkaista haluaa tilaamansa tuotteet pituuspaketeissa. Jos A-laatu jaettaisiin sisäisiin laatuluokkiin, toimituserien koot pienenisivät niin rajusti että pituuspaketointi ei olisi mahdollista. (Kotivuori 2015.) Lopen Rakennuspuulla alalaadut kuitenkin huomioidaan, sillä alalaadut ovat tärkeä elementti yrityksen liiketoiminnassa. Asiakaslähtöisten erikoislaatuojen laatukriteerit määritellään ostajan ja myyjän välillä (TM Rakennusmaailma: Sahatavara poikki ja pinoon 2008).

Sahatavarakappaleen oksaisuus määrittelee hyvin pitkälti sen, mihin laatuluokkaan se määritellään kuuluvaksi. Muita laatua määritteleviä tekijöitä ovat halkeamat, vajasärmäisyys, pihkataskut, kaarnarosot, korot, latvamurtumat, vinosyisyys, reaktiopuu, pehmeä laho sekä erilaiset muotoviat. (Arvio 2014.) Sahatavarakappaleen laatuluokituksessa tarkastellaan kaikki kappaleen sivut erikseen. Sahatavarakappaleen laatu määräytyy pintalappeen sekä molempien syrjien perusteella. Sydänlape saa olla yhtä laatuluokkaa heikompi kuin muut lapheet. (RT-ohjekortti 21-10978 2009, 9.)

A-laadun alaluokissa A1 – A3 ei huomioida alle 7 mm paksuja terveitä ja kuivia oksia. Sen sijaan laatuluokissa A4 – C alle 10 mm paksuja terveitä ja kuivia oksia ei huomioida. On kuitenkin muistettava, että A- ja B-laaduissa oksien on oltava kiinteitä. C-laatuluokkaan kuuluvat sahatavarakappaleet, joissa on alle 15 mm paksuja irtoavia oksia tai oksan synnyttämiä reikiä. Sahatavarakappaleet, joista löytyy yli 15 mm paksuja ir-

toavia oksia tai oksan synnyttämiä reikiä, luokitellaan laatuluokkaan D. (Pohjoismainen sahatavara 1998, 26 – 32.)

Käytännössä männystä valmistetussa lopputuotteessa on neljä eri laatuyhdistelmää. Näitä laatuyhdistelmiä ovat EM (erikoislaatuinen, oksaton mänty), VM (vähäoksainen mänty), TM (terveoksainen mänty) sekä OM (kuivaoksainen mänty). Bulkkituotannosta saatavien laatuyhdistelmien lankeava osuus on karkeasti seuraava: EM 5 %, VM 15 %, TM 35 % ja OM 45 %. (RT-ohjekortti 21-10978 2009, 18.)

Eri sahatavaralaatujen välillä on suuria hintaeroja, joten ei ole samantekevää, kasvate- taanko laadukasta tukkipuuta vai juuri ja juuri tukin vaatimukset täyttävää puuta. Esi- merkiksi C-laadun arvo on arviolta vain noin 60 % siitä, mikä on A-laadun arvo. Puu- seppien arvostama ja käyttämä A1 – A2 – laatuluokan puutavara saattaa olla arvoltaan jopa kolmin- tai nelinkertainen C-laatuun verrattuna. (Arvio 2014);(Kotivuori 2015.)

4 LOPEN RAKENNUSPUU OY

4.1 Yritysesittely

Lopen Rakennuspuu Oy on vuonna 1974 perustettu perheyritys, joka on toiminut osakeyhtiömuotoisena vuodesta 1987. Toiminta juontaa juurensa kuitenkin jo 1940-luvulle, jolloin nykyisen omistajan isoisä pyöritti toimintaa kenttäsiirkelillä. Vuonna 2008 yrityksessä tehtiin sukupolvenvaihdos, kun pääosakkaina olleet Tuomenojan veljekset myivät yrityksen Tommi Kurjelle ja Mirja Tuomenojalle. Yritys työllistää 17 työntekijää mukaan lukien omistajat. (Lopen Rakennuspuu Oy: Yrityksestä 2015.) Yrityksen liikevaihto on ollut viimeisimpinä vuosina vajaan kahden miljoonan euron luokkaa (Taloussanomat: Lopen Rakennuspuu Oy 2015). Yrityksen toimipiste sijaitsee Lopen kunnassa, kantatie 54:n varressa. Toimipiste koostuu tontista, varastotiloista, lämpökattilasta, saha- ja jalostustiloista, myymälästä sekä toimisto- ja sosiaalityiloista. (Lopen Rakennuspuu Oy: Yrityksestä 2015.)

Yritys valmistaa, jalostaa ja myy asennusvalmiita massiivipuisia sisustusmateriaaleja sisustajille ja rakentajille. Yrityksen päätuotteita ovat korkealaatuiset, vähäoksiset ja oksattomat sisustuspaneelit, joita toimitetaan asiakkaille pintakäsittelynä ja tilakohtaisin pituusmitoin. Tuotteet jalostetaan tarkoin valikoiduista, kotimaisista männyn laatutyvistä, jotka hankitaan PEFC -sertifioiduista metsistä. Yrityksellä on käytössään rekisteröity tavaramerkki Lopella®. Tuotteita myydään sekä yrityksen toimipisteellä Lopella että muutamissa jälleenmyyntiliikkeissä. (Lopen Rakennuspuu Oy: Yrityksestä 2015.) Yrityksellä on myös vientikauppaa. Tärkein vientimaa on Italia, jossa arvostetaan puusepänteollisuutta sekä korkeaa laatua.

4.2 Yrityksen käyttämä raaka-aine

Yritys käyttää vuosittain 6000 m³ männyn tyvitukkaa, joka tarkoittaa käytännössä noin 11 000 tukkikappaletta. Puut hankitaan pääasiassa pysty- tai hankintakaupoilla metsänomistajilta, ja mahdollisuuksien mukaan kauppa tehdään yhteistyössä jonkin toisen puunhankintaorganisaation kanssa. Lisäksi yritys ostaa jonkin verran puuta toimituskauppana metsänhoitoyhdistyksiltä. Suurin osa yrityksen käyttämästä puusta on niin

sanottua luontopuuta, jonka luonto on kasvattanut hyvin laadukkaaksi. Yritys on kuitenkin erittäin kiinnostunut pystykarsituista tukeista, koska ne tarjoavat olennaisen lisän niukoille raaka-ainemarkkinoille.

Jokainen haluttu tyvi merkataan leimikosta erikseen spraymaalilla. Puun kylkeen merkataan rungon molemmin puolin haluttu tukin mitta. Mitasta merkitään halutun mitan jälkimmäinen numero desimetreissä (kuva 1.) Tukkien mitat juoksevat 3,1 metristä aina 5,5 metriin kolmen desimetrin välein. Käytännössä leimikosta pyritään ottamaan aina mahdollisimman pitkiä tukkeja. Halutuimpia pituuksia ovat 4,0 – 5,5 metriset tukit. Pie-nin sallittu latvaläpimitta on 26 cm (27 cm luokka), mutta myös 25 cm luokkaan kuuluvia, laadukkaita tukkeja sallitaan 5 % kokonaismäärästä.



KUVA 1. Maalimerkattuja tyviä, joista tehdään (vasemmalta oikealle) 3,7-, 4,3- ja 4,9-metrinen tukki. Jakoviiva osoittaa, että rungosta otetaan kaksi tukkia: Ylemmästä tukista tehdään 3,7-metrinen ja tyvitukista 4,3-metrinen tukki. (Kuva: Ilkka Koivisto 2014)

Puun on oltava oksaton, kyhmytön, lyllytön sekä olennaisen suora. Tukin pinnassa ei saa näkyä oksan kyljestymisen jälkiä. Lahoaa ei tietenkään sallita. Erikoistyvälle sallitaan vika, joka sijaitsee enintään yhdellä sivulla 90 cm tyvestä. Erikoistyyvi saadaan usein rungosta, jonka toinenkin tukki olisi lähes oksaton. Useimmiten puusepänlaadun tyvitukista pyritään saamaan mahdollisimman paljon A1 – A2 – laadun tavaraa.

Parhaimpia laatumännyn tunnusmerkkejä ovat alimman kuivan oksan läpimitta ja oksakulma. Mitä pienempi alimman kuivan oksan läpimitta on, ja mitä enemmän oksa on kohtisuorassa puun runkoon nähden, sitä todennäköisimmin männyn tyvi on laadukas. Toinen hyvä tuntomerkki ovat vuosilustot, joita ei tietenkään kasvavista puista pääse näkemään ennen kaatoa, mutta joita kyllä varmasti löytyy leimikolta aiempien harvennusten jäljiltä. Mitä hitaammin puu on kasvanut ensimmäisen noin 10 vuoden aikana, sen parempi se on laadultaan. Tämä siksi, että puu on taimivaiheessa joutunut kilpailemaan kovasti kasvutilasta, ja joutunut täten suuntaamaan kasvunsa ylöspäin eikä sivuille, ja tästä syystä puun oksat ovat jääneet pieniläpimittaisiksi. Vanhan laatupuun ostajien ohjeen mukaan parhaaseen A-laadun saantoon päästään, kun puu on kasvanut 12 cm paksuudella 0,5 – 2,0 mm paksuisia vuosilustoja (Arvio 2014). Tiheäisyys on arvostettu ominaisuus puuseppien keskuudessa.

4.3 Puunhankinta Lopen Rakennuspuu Oy:ssä

Lopen Rakennuspuu Oy hankkii vuosittain siis noin 6000 m³ erikoislaatuista mäntytukkia. Sahauskausi alkaa pääsääntöisesti elo-syyskuussa ja päättyy juhannuksen tienoilla. Puunhankinnan lähtökohtana toimivat luonnollisesti yrityksen tilauskanta, sahaustahti sekä edellisten tekijöiden perusteella johdettu puustamaksukyky. Parissa vuodessa yrityksen käyttämän mäntytukin tehdashinta on noussut noin 10 %. (Häkli, Hämäläinen, Koivisto, Kurki, & Tuomenoja 2015.)

Puuta hankitaan toimitus-, pysty-, ja hankintakaupoilla. Yrityksen hankinta-alue on suunnilleen akselin Vaasa – Jyväskylä – Lahti sisäpuolella. Tärkeimpiä kumppaneita puukaupoissa ovat metsänhoitoyhdistykset sekä tietysti yksityiset metsänomistajat. Myös välittäjät toimittavat tukkieriä, mutta niiden merkitys kokonaisuuden kannalta on melko vähäinen. Satunnaisesti puukauppoja tehdään myös muiden puunhankintaorganisaatioiden kanssa yhteistyössä. (Häkli ym. 2015.)

Yksityiset metsänomistajat ovat myös merkittävä hankintalähde Lopen Rakennuspuulle. Metsänomistajat ottavat yhteyttä joko suoraan yritykseen tai valtuuttavat metsänhoitoyhdistyksen kilpailuttamaan puukaupan heidän puolestaan. Koska laatumäntyjä kasvaa metsikoissa varsin vähän, ovat hankittavat erät varsin pieniä, usein vain yhden puutavara-ajoneuvoyhdistelmän kokoisia eriä, jos edes sitäkään. Tästä johtuen myös puukauppojen ja puunmyyjien määrä on varsin suuri hankittavaan puumäärään nähden. Haasteena on myös se, että tarjolle tulevien leimikoiden arvioiminen pelkän puunmyyjän kommenttien perusteella on erittäin haastavaa. Siksi leimikot on käytävä tarkistamassa paikan päällä. (Häkli ym. 2015.)

Muut puunhankintaorganisaatiot ovat pääsääntöisesti olleet melko nihkeitä yhteistyökaupoille, jossa Lopen Rakennuspuu ostaisi haluamansa tyvet leimikoista, ja yhteistyökumppani loput puutavaralajit. Tämän tapainen menettely on kuitenkin onnistunut hyvin metsänhoitoyhdistysten korjuupalvelun kautta. Yhteistyökauppa onnistuu todennäköisesti silloin, kun metsänomistaja pitää tiukan linjan siinä, että haluaa myydä erikoislaatuiset tukkinsa juuri Lopen Rakennuspuulle. Lisäksi Lopen Rakennuspuu on onnistunut hankkimaan suurilta puunhankintaorganisaatioilta ylijäreitä mäntytukkeja, jotka eivät mene heidän jalostusprosessistaan läpi. Kyse ei ole merkittävistä määristä, mutta kyseiset erät toimivat hyvin esimerkiksi syksyllä sahauskauden aloituksessa, jolloin raaka-aineesta on usein ollut pulaa. (Häkli ym. 2015.)

Piensahan kilpailuedut puukauppamarkkinoilla ovat melko vähissä, sillä suuremmat yritykset pystyvät tarjoamaan metsänomistajille puukauppapalveluiden lisäksi muun muassa erilaisia metsänhoitopalveluita, asiakkuussopimuksia sekä korkeatuottoisia puukauppatilejä. Piensahan kannalta on tärkeää, että vähäiset kilpailuedut ovat viimeisen päälle kunnossa, jotta puukauppakilpailuja pystytään voittamaan. (Häkli ym. 2015.)

Tärkein kilpailutekijä on se, että maksuvalmius ja -varmuus ovat kunnossa, sillä huhut maksuvaikeuksista liikkuvat nopeasti puskaradion kautta. Huhut voivat nopeasti johtaa siihen, että metsänomistajat eivät enää uskallakaan myydä puita piensahalle. Yleensä metsänomistajat odottavat myös, että erikoistuotantoon keskittynyt piensaha maksaa korkeampaa kantohintaa kuin suuret puunhankintaorganisaatiot. Puukauppaneuvotteiluissa on tärkeää piensahan kannalta vedota tunne ja -arvosyihin. Niihin vetoamalla on mahdollisuus voittaa metsänomistaja puolelleen. Toki siinä tapauksessa on tärkeää, että metsänomistaja pystyy samaistumaan kyseisiin arvoihin. Mikäli metsänomistajan su-

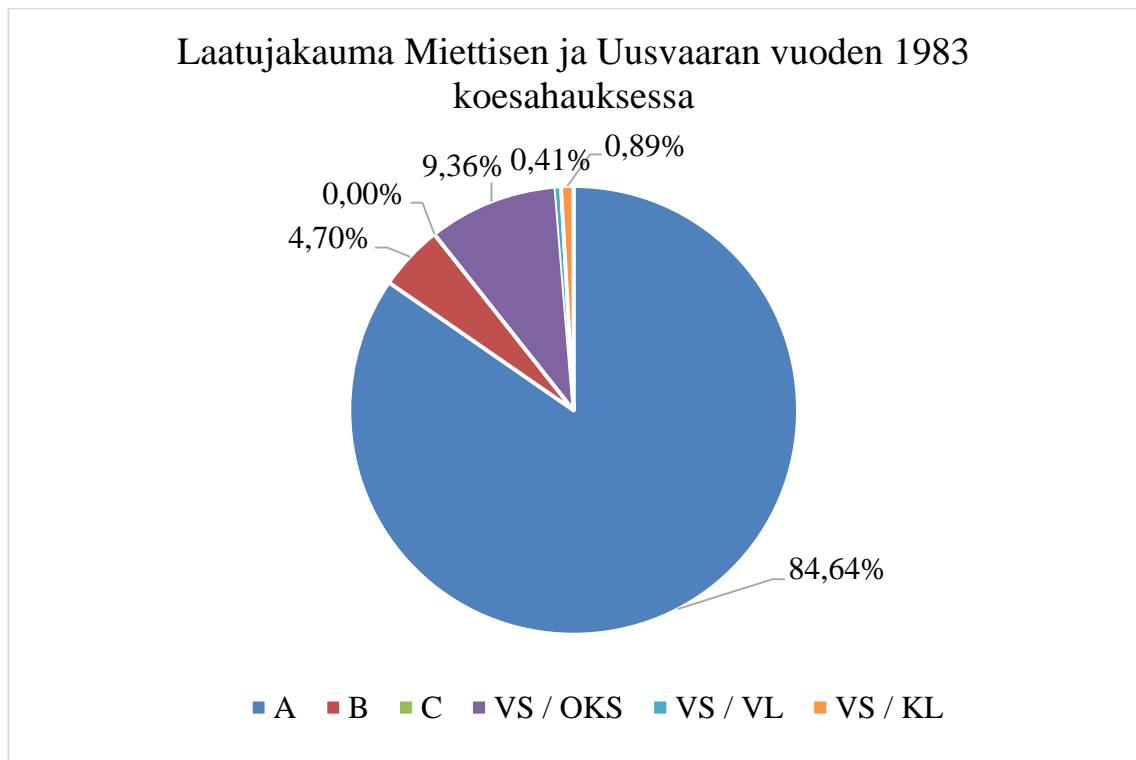
vussa on metsän hyväksi tehty esimerkiksi pystykarsintaa, on hyvä vedota siihen, että tehty työ ei valu hukkaan, kun arvokas pintapuu hyödynnetään mahdollisimman tarkasti. Jonkinlaisena piensahan etuna voidaan myös pitää sitä, että se pystyy ostamaan tukkieriä myös hankintakaupoilla, jos metsänomistaja itse hakkaa leimikon. Lisäksi erikoistuotantoon keskittynyt piensaha kiinnostuu suuria organisaatioita todennäköisimmin myös kuutiomääriltään pienistä leimikoista, kunhan vain raaka-aine on riittävän laadukasta. Näin ollen esimerkiksi ylispuuhakkuut voivat olla piensahan kannalta helpommin saatavilla olevia kohteita.

5 AIEMMAT TUTKIMUKSET PYSTYKARSITUN MÄNNYN KOESAHAUKSISTA

Pystykarsittujen männyn tyvitukkien koesahauksia on tehty aiemminkin, mm. Miettinen ja Uusvaara vuonna 1983 sekä Uusvaara vuonna 1993. Kyseisten tutkimusten tuloksia vertaillaan tässä tutkimuksessa saatuihin tuloksiin, vaikkakin tämän tutkimuksen koesahauksessa on käytetty erilaista sahaustapaa. Nämä mainitut, aiemmat tutkimukset toimivat hyvänä suunnittelu- ja vertailuapuna tämän tutkimuksen koesahaukseen.

Miettisen ja Uusvaaran tutkimus perustui myös vain yhdestä koemetsiköstä peräisin oleviin tukkeihin, niin kuin tämänkin tutkimuksen aineisto. Esimerkkimetsiköstä oli mitattu seuraavat tunnuksat: puun pituus, rinnankorkeusläpimitta, etäisyys paksuimpaan elävään oksaan, paksuimman elävän oksan läpimitta, latvusraja, tukin latvaläpimitta sekä tukin tilavuus kuutiodesimetreissä. Tukit sahattiin käyttäen normaaleja, yleisiä sahausasetteita, koska tutkimuksessa ei haluttu ylikorostaa karsituista puista saatujen sahatavarakappaleiden arvosaantoa. Saadut sahatavarakappaleet luokiteltiin sekä yleiseen U/S-luokkaan että sisäiseen U/S-luokkaan. (Miettinen & Uusvaara 1983, 2 – 5.)

Sydäntavarakappaleiden U/S-laadun osuus karsituissa tukeissa oli peräti 96,6 %, kun taas karsimattomissa U/S-laadun osuus jäi vain 46 prosenttiin. Täyssärmäisissä laudoissa vastaavat luvut olivat 100 (karsitut) ja 42,7 prosenttia (karsimattomat). Vajaasärmäisissä laudoissa luvut olivat puolestaan 87,8 % (karsitut) ja 37,9 % (karsimattomat). (Miettinen & Uusvaara 1983, 2 – 5.) Koko koe-erän laatujauma muodostui kuvion 1 mukaiseksi. Tutkimuksessa täyssärmäiset laudat ja soirot oli vielä luokiteltu A-laadun alaluokkiin 1 – 4, mutta koska kyseisiä laatuja ei käytännössä erotella suuren kokoluokan sahalaitoksilla, alalaadut yhdistettiin lankeavaksi A-laatuun. Karsituista tukeista saadun sahatavaran laatu ja sitä kautta yksikköhinta riippui puiden rinnankorkeusläpimitasta ja rungon paksuimman elävän oksan läpimitasta (Miettinen & Uusvaara 1983, 2).

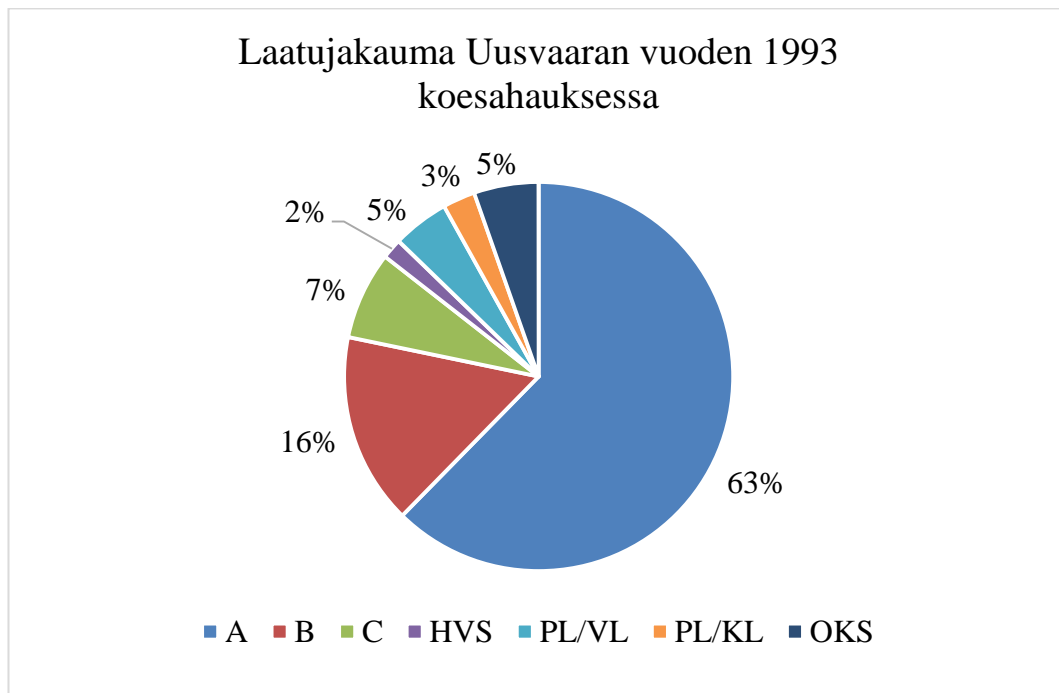


KUVIO 1. Uusvaaran ja Miettisen (1983) koehaukseen päätyneistä tukeista saatujen sahatavarakappaleiden laatujakauma.

Tuorempi, vuoden 1993 Uusvaaran tekemä koehaus perustui sen sijaan useasta eri koemetsiköstä peräisin oleviin karsittuihin tukkeihin. Tutkimuksessa selvitettiin koehausten perusteella ainoastaan 20 – 45 vuotta sahausta ennen pystykarsituista männyistä peräisin olevan sahatavaran laatua ja arvoa. Lisäksi tutkimuksessa vertailtiin karsitun ja karsimattoman puuston arvoeroja. Sahatavarakappaleet lajiteltiin vientisahatavaran lajitteluohjeiden mukaisesti. Useimmat metsiköistä olivat syntyneet luontaisesti, mutta joukkoon mahtui myös kylvämällä ja jopa muutama pellollekin perustettu männikkö. Noin viidennes koemetsiköistä oli lannoitettu. Tutkittaviksi pystykarsituiksi kohteiksi valittiin karsinnan jälkeen säännöllisin väliajoin hoidettuja metsiköitä, joista oli olemassa varmat alkuperä- ja metsänkäsittelytiedot. (Uusvaara 1993, 2 – 8.)

Metsiköistä oli mitattu seuraavat perustiedot: kasvupaikka, pohjapinta-ala, ikä, karsintavuosi, läpimitta sekä keskipituus. Koepuiksi valittiin 20 – 50 karsittua ja karsimatonta valtapuuta. Tyvitukeista selvitettiin myös ulkoiset, tekniset viat, kuten lenkous, mutkat poikaoksat ja korot. Aineistoon ei ollut hyväksytty sairaita puuyksilöitä. Karsintakorkeus metsiköissä oli usein yli 5 metriä, mutta jopa metsiköiden sisällä esiintyi huomattavaakin vaihtelua karsintakorkeudessa. (Uusvaara 1993, 2 – 6.)

Karsituista tukeista saatujen oksattomien ja U/S-laatuisten lautojen määrä oli noin 30 % suurempi kuin karsimattomista tukeista peräisin olevilla laudoilla. U/S-laatuisten soirojen määrä oli vastaavasti noin viidenneksen suurempi karsituista tukeista peräisin olevilla sahatavarakappaleilla. Erot kasvoivat jyrkästi karsinnasta sauhukseen kuluneen ajan kasvaessa. (Uusvaara 1993, 2.) Koesauhukseen päätyneiden karsittujen tukkeista saatujen sahatavarakappaleiden laatujauma muodostui kuvion 2 mukaiseksi. Tutkimuksessa täyssärmäiset laudat ja soivot oli vielä luokiteltu A-laadun alaluokkiin 1 – 4, mutta koska kyseisiä laatuja ei nykyajan käytännössä erotella suuren luokan sahalaitoksilla, ala-laadut yhdistettiin lankeavaksi A-laatuun.



KUVIO 2. Uusvaaran vuoden 1993 koesauhukseen päätyneiden karsituista tukeista saatujen sahatavarakappaleiden laatujauma.

Tutkimuksessa U/S-laatulokka oli jaettu vielä neljään eri alaluokkaan. Tästä johtuen todettiin, että karsittujen puiden laatujauma keskittyi kolmeen parhaaseen U/S-laatulokkaan. Saadun sahatavaran yksikköarvo karsituilla puilla oli noin 20 % suurempi kuin karsimattomilla puilla, kun pystykarsinnasta oli kulunut vähintään 35 vuotta. Lisäksi lautojen yksikköarvo nousi merkittävästi tukin järeyden kasvaessa, soiroilla sen sijaan riippuvuus oli tässä suhteessa heikko. (Uusvaara 1993, 8 – 13).

Tutkimuksessa saatiin selville myös, että tukin kuorellista tilavuutta kohti lasketun sahatavaran suhteellinen arvo riippui pystykarsinnan jälkeen syntyneen oksattoman puuvai-

pan paksuudesta sitä selvemmin, mitä enemmän aikaa oli kulunut itse pystykarsintatyöstä. (Uusvaara 1993, 2.)

Uusvaaran (1993, 8) tutkimuksessa tukit sahattiin normaalilla, pohjoismaisella sahaustavalla siten, että tukista koetettiin saada kaksi vähintään 50 mm, tai mieluummin kaksi 63 mm paksuista asetteen mukaista kappaleita. Käytetty sahausasete riippui tukin kuoretomasta latvaläpimitasta seuraavasti:

TAULUKKO 1. Uusvaaran (1993) tutkimuksessa käytetyt sahausasetteet.

Kuoreton latvaläpimita (mm)	Sahausasete (kpl x mm)
150 - 164	2 x 50 x 100
165 - 179	2 x 50 x 100
180 - 194	2 x 63 x 100
195 - 209	2 x 63 x 125
210 - 224	2 x 63 x 150
225 - 239	2 x 75 x 150
240 - 254	2 x 63 x 175
255 -	2 x 75 x 175

6 TUTKIMUSAINEISTO JA –MENETELMÄT

6.1 Koemetsikön taustatiedot sekä hakkuun tuotantotiedot

Koesahaukseen päätyi noin 120-vuotias männikkö Etelä-Suomesta, Mäntsälästä. Lopen Rakennuspuu osti kyseisestä leimikosta pelkät tyvitukit. Koemetsikkö päätyi Lopen Rakennuspuulle oikeastaan sattumalta. Toki kyseinen metsänomistaja oli myynyt laatu-tyviä samasta metsiköstä jo aiemminkin Lopen Rakennuspuulle. Metsänomistaja piti tärkeänä sitä, että pystykarsitut tukit hyödynnettäisiin mahdollisimman hyvin. Marras-kuussa 2014 koemetsikön puukaupan varmistuttua, mentiin metsikkö mittaamaan. Met-siköstä mitattiin ja selvitettiin metsikön yleiset tunnuksset, kuten keskipituus, keskiläpi-mitta rinnankorkeudelta ja kasvupaikka (taulukko 2). Mittaukset perustuivat viiteen eri koealamittaukseen. Myös kuolleet ja vaurioituneet puut havainnoitiin (kuva 3). Yrityk-selle kelpuutettavat ja koesahaukseen päätyvät laatutukit merkattiin spraymaalilla (kuva 2). Joukkoon sisällytettiin kuitenkin myös yksi laadultaan keskinkertainen runko (kar-simaton) edes pienen vertailuaineiston mahdollistamiseksi. Tukki merkattiin selkeästi muista eroavalla tavalla ja näin se saatiin pidettyä erillään koko prosessin ajan. Hakkuun jälkeen leimikosta saatiin tuotantotiedosto hakkuun suorittaneelta hakkuukoneelta (tau-lukko 3).



KUVA 2. Mäntsälän koemetsikkö marraskuussa 2014. (Kuva: Ilkka Koivisto 2014)



KUVA 3. Koemetsikössä esiintyi vaurioituneita tai pystyyn kuolleita puuyksilöitä. Sininen merkki ilmaisee, että puu säästetään hakkuussa. (Kuva: Ilkka Koivisto 2014)

TAULUKKO 2. Mäntsälän leimikon tietoja.

Koemetsikön tiedot	
Paikkakunta	Mäntsälä
Pinta-ala (ha)	1,3
Kasvupaikka	Kuivahko kangas
Runkoluku (männyt/ha)	156
Pohjapinta-ala (m ² /ha)	26
Rinnankorkeusläpimitta (cm)	36,5
Pituus (m)	25,2
m ³ /ha (taulukosta)	285
Karsinta-aika	v. 1937
Perustamisaika	1890-luku
Ikä vuosina	120
Kasvu m ³ /ha	4,0
Kasvuprosentti	1,4 %
Kuolleita tai kuolevia puita (% ppa:sta)	4,6 %
Lisätietoa:	Lannoitus 1960-l.

Metsikkötiedoista voidaan päätellä, että metsikkö hakattiin aivan viimeisillä hetkillä, sillä metsiköstä löytyi jo kuolleita ja kuolevia puuyksilöitä. Lisäksi puusto oli jo varsin iäkäästä, ja kasvu hyvin maltillista. Puusto oli ylittänyt läpimitaltaan jo reilusti metsänhoitosuosituksen minimirajat uudistushakkuulle: Etelä-Suomessa kasvavan puolukka-tyypin männikön uudistusläpimittasuositus on 25 – 30 cm (Äijälä ym. (toim.) 2014, 39). Leimikon viereisessä metsikössä oli havaittavissa selvästi enemmän kuolleita puuyksilöitä, joten olisi voinut olla vain ajan kysymys, koska tuhot olisivat levinneet suurem-
massa mittakaavassa myös tähän kyseiseen koemetsikköön. Metsikköä oli hoidettu varsin säännöllisesti, siitä kertovat esimerkiksi tiedot lannoituksesta ja aiemmista harvennuksista. Osassa tukeista oli havaittavissa selkeää pihkaisuutta. Lisäksi tukkien vuosilustoista voitiin päätellä, että metsikön kasvu oli oikeastaan vain kiihtynyt taimikkovaiheen jälkeen, joka jo itsessään kertoo hyvästä puun laadusta, koska oksan paksuus on pysynyt kurissa kovan kilpailun ansiosta (kuva 4).

Valitettavasti tarkat leimikon pystykarsintatiedot eivät olleet säilyneet tähän päivään saakka, ainoastaan karsintavuosi oli tiedossa. Tästä syystä myöskään karsittujen runkojen lukumäärää ei tiedetty. Tukkien merkkauksen yhteydessä havaittiin, että leimikossa

oli säilynyt päätehakkuuseen saakka myös karsimattomia runkoja. Karsimattomat rungot olivat selkeästi kyhmyisiä.



KUVA 4. Vuosilistorakenne pystykarsitussa tukissa. (Kuva: Ilkka Koivisto 2014)

Puunostajan kannalta olisi aina ehdottoman tärkeää tietää myös vuodenaika, jolloin karsinta on tehty, kuinka monta runkoa on karsittu ja kuinka korkealle oksat on karsittu, jotta suurimmilta, taloudellisilta riskeiltä voitaisiin välttyä. Männikkö oli kuitenkin karsittu oikeaan aikaan sikäli, että tukeissa ei havaittu sinistymiä tai muita vaurioita, jotka olisivat voineet olla peräisin syyshaavakkasienen tartunnasta. Ilmoitettu karsintavuosi oli varmasti oikea, koska näytekappaleesta pystyttiin varmistamaan laskemalla kyljestyneen oksan jälkeen syntyneet vuosilustot. Lisäksi vuosilustoista voitiin päätellä, että metsikössä oli tehty lannoitus 1960 – 1970-luvulla, niin kuin lähtötiedoissakin oli ilmoitettu (kuva 5).



KUVA 5. Karsinnan jälkeen muodostuneita vuosirenkaita on 77 kappaletta, joten karsintavuodeksi ilmoitettua vuotta 1937 voidaan pitää todenmukaisena. Noin 45 vuotta ennen päätehakkuuta tehty lannoitus näkyy leveämpinä vuosilustoina. (Kuva: Ilkka Koivisto 2015)

Leimikon E-tyvien prosenttiosuudeksi muodostui 38,8 % koko leimikon ainespuuker-
tymästä. Muiden tukkien prosenttiosuudeksi muodostui taas 60,7 %. E-tyvien keskijä-
reys muodostui varsin hyväksi, sillä tukkien keskikoko oli reilun 450 litran luokkaa
(taulukko 3). Toisaalta E-tyvien keskipituus jäi ehkä hieman alhaiseksi, koska pystykar-
sintakorkeudesta ei ollut tietoa, ja siksi metsiköstä ei uskallettu ottaa järjestäen yli 5
metriä pitkiä tukkeja.

TAULUKKO 3. Mäntsälän leimikon hakkuun tuotantotiedot. Sahauserä koostui siis pelkästään erikoistyvistä (taulukossa ylinnä.)

Hakkuukoneen tuotantolistan tietoja				
Mänty				
	Kappaleet	m ³	dm ³ /kpl	keskipituus (m)
E-tyvet	170	77,42	457	4,99
Hirret	132	60,22	456	6,26
MätKW	262	60,79	232	4,98
Kuitu	5	0,274	55	2,99
Yhteensä	569	198,70		

6.2 Taustaa

Koesahaukset suoritettiin aikavälillä 3.12 – 8.12.2014. Koesahauksessa mitattiin saantoa, arvosaantoa sekä laatujaakamaa. Koesahaukset suoritettiin siten, ettei muuta tuotantoa katkaistu tai hidastettu merkittävässä määrin, joten tukkierä ja sahatavarakappaleiden rimaniput oli merkittävä maalimerkein, jotta ne voitiin erottaa muista tukeista ja sahatavarakappaleista. Tukkien päihin merkittiin maalimerkki, jotta tukit pystyttiin erottamaan kuorinnan jälkeenkin muista sahattavista tukeista. Ennen sahauserän sahauksen aloittamista lajittelurobotin laskuri nollattiin, jotta erä pystyttäisiin erottamaan kirjanpidossa. Koesahauksen jälkeen laskurin ilmoittamat lukemat kirjattiin ylös. Sahatavarakappaleiden rimanippuihin merkittiin aloitus- ja lopetuskohta. Lisäksi täysistä rimanipuista saatiin kirjanpitoa varten tarpeelliset tiedot: dimensio ja rimanipun täyttymisajankohta. Näin saatiin laskettua automaattisesti se, kuinka paljon täysissä rimanipuissa oli sahatavaraa. Vajaista rimanipuista laskettiin kappaleet maalimerkkeihin saakka.

Saha on tyypiltään vannesaha, joka mahdollistaa järeidenkin tyvitukkien sahaamisen (kuva 6). Sahaus toimii kiertävällä systeemillä, eli kappaleet kiertävät prosessissa niin kauan, kunnes niistä saadaan sahattua haluttuja tuotteita. Sahauksen jälkeen kappale kulkee tarvittaessa särmääjän kautta lajittelupisteelle, jossa jokainen sahatavarakappale laatuokitellaan. Tarvittaessa kappaleelle tehdään tarvittaessa laatuatkaisu, joskus jopa koko kappale on työnnettävä hakkuriin, jollei siitä saa yrityksen tarpeisiin sopivaa tuotetta. Laatuokituksen jälkeen lajitteluroboti vie sahatavarakappaleen sille tarkoitettuun rimanippuun. Rimanipun täytyessä robotin nosturi kuljettaa rimanipun kuormaus-

alueelle, jossa siihen merkataan rimanipun tiedot. Tämän jälkeen nippu kuljetetaan trukilla joko kentälle katteen alle odottamaan kuivausta, tai suoraan kuivaamoon. Kuivauksen jälkeen nippu varastoidaan niin sanottuun kuivan tavaran halliin odottamaan jatkokäsittelyä ja jälleenmyyntiä.

Maalimerkkien perusteella suoritettiin siis manuaalinen kirjanpito: jokainen saatu valmis rimanippu ja sahatavarakappale laskettiin mahdollisimman tarkasti. Kirjanpitoa taasen verrattiin lajittelurobotin laskurin lukemaan. Sahan kirjanpidosta saatiin sahattujen tukkien määrä päivittäin, saatujen sahatavarakappaleiden määrä sekä juoksumetrimäärä yhteensä. Kappale- ja juoksumetrimääriä ei saatu siis dimensioittain, ainoastaan lista-aihioiden eli rimojen kappale- ja juoksumetrimäärät saatiin suoraan laskurista. Tämän johdosta muiden sahatavarakappaleiden keskipituus oli arvioitava silmämääräisesti rimanipuittain, ja sitä taasen verrattiin lajittelurobotin mittaamaan keskipituuteen. Arvioimalla keskipituudet silmämääräisesti, laskennassa käytettyjen keskipituuksien virhettä saatiin näin ollen pienennettyä. Keskipituus laskettiin robotin antaman lukeman perusteella, mutta keskipituus pyöristettiin vielä alaspäin seuraavaan metrin kymmenykseen, niin kuin alan vallitsevana tapana on. Lisäksi sahatavarakappaleiden keskipituutta voitiin verrata hakkuukoneen tuotantolistalta saatuun tukkien keskipituuteen.



KUVA 6. Tukit sahattiin kaksiteräisellä vannesahalla. (Kuva: Ilkka Koivisto 2014)

Koska tuotantoa ei pysäytetty tai edes hidastettu merkittävässä määrin, sahatavarakappaleiden ominaisuuksien yksityiskohtainen ja yksilökohtainen havainnointi ja mittaaminen ei ollut mahdollista. Toisaalta jatkuva, tehokas tuotanto mahdollisti suuremman tutkimusaineiston käsittelyn. Toki sahauksen aikana tehtiin silmämääräistä havainnointia sekä otettiin näytekappaleita sahatavarakappaleiden eri ominaisuuksien arvioimiseksi. Lisäksi sahaustaukojen jälkeen, sahauspöydän ja kuljettimen ollessa tyhjillään, mitattiin muutaman yksittäisen tukin saantoa koemielessä. Yksittäisten tukkien koesahauksessa jokaisen tukista saadun kappaleen pituus mitattiin ja kirjattiin ylös. Pituus merkittiin kirjanpitoon pyöristäen lähimpään alempaan kymmeneen senttimetriin.

6.3 Koesahauksen tulokset

Koesahatun erän käyttösuhteeksi muodostui 2,16, jota voidaan pitää hieman keskimääräistä heikompana käyttösuhteena Suomen sahateollisuudessa (taulukko 4). Toki Lopen Rakennuspuun pinnansuuntainen sahaustapa on erilainen sahaustapa verrattuna perinteisiin suursahoihin. Pinnanmyötäisessä sahaustavassa käyttösuhteessa ei päästä aivan huippulukemiin, mutta toisaalta kaikkein arvokkain osa rungosta, oksaton pintapuu saadaan hyödynnettyä mahdollisimman tarkasti.

Toisaalta yksittäisten tukkien koesahauksissa päästiin käyttösuhteessa alle 2,0:n. Tämä kertoo siitä, että sahauserästä saatiin laadultaan laadukkaiden sahatavarakappaleiden lisäksi niin heikkoja sahatavarakappaleita, että ne olivat ajettava hakkuriin. Myös pituushävikki verotti käyttösuhdetta, koska kaikkia tukkeja ei ollut karsittu 5,5 metrin korkeudelle saakka. Toki on huomioitava, että manuaalisen laskennan ja robotin laskurin tuloksessa oli reilu 2,5 prosentin ero. Eroa voidaan pitää kuitenkin melko maltillisena erän kokoon nähden, ja siten näitä tuloksia voidaan pitää myös varsin luotettavina. Periaatteessa siis käyttösuhde (ja sitä kautta myös arvosaanto) olisi voinut olla tuon reilut 2,5 % parempi, mutta tässä tutkimuksessa päätettiin esittää tulokset manuaalisen laskennan antamien tulosten perusteella, koska siten tiedettiin varmasti, mitä dimensioita oli kertynyt ja kuinka paljon.

Jalostusarvon lisäyksestä kertoo se, että tukin arvo saatiin noin 1,8-kertaiseksi pelkäämään sahausella. Sahatavaran keskimääräiseksi kuutiometrihinnaksi muodostui yli 400 euroa (taulukko 4). Muita jatkojalostusvaiheita (sekä niissä syntynyttä hävikkiä) ei otet-

tu huomioon tässä tutkimuksessa. Näytekappaleiden perusteella on kuitenkin selvää, että hävikkiä syntyi etenkin kantteiden jälkimmäisen laatukatkaisun yhteydessä (kuvat 8 & 9).

TAULUKKO 4. Sahaustulokset Mäntsälän tukkierästä.

Tukkierän koko, m ³	77,42
Sahavaraa, m ³	35,83
Käytösuhde	2,16
Tukkien keskipituus, m	4,99
Sahavarakappaleiden pyöristetty keskipituus, m	4,65
Pituushävikki, %	6,74
Tukkierän hinta, €	
Tukin tehdashinta, €/m ³	
Sahavararan arvo, €	
Sahavarakuutiometrin keskihinta, €/m ³	>400
Tukin arvo kertaantuu	
Tukin suhteellinen arvo, %	
Kappaleet lajitteurobotin laskurin mukaan	2382
Kappaleet manuaalisen laskennan mukaan	2319
Laskennallinen ero, %	2,64

Pituushävikki ei selity yksistään sillä, että runkojen karsintakorkeus ei ollut tiedossa, mutta toki sillä on jonkinlainen vaikutus asiaan. Kaikkia koemetsikön haluttuja tukkirunkoja ei merkattu tehtäväksi 5,5-metriseksi, vaan jokainen runko siis arvioitiin yksittäin optimaalisen katkontakohdan löytämiseksi, ja siltikin tukeista paljastui sahausajan aikana yllätyksellisen alhaalla olevia oksia (kuva 7).



KUVA 7. Sahauksen aikana huomattiin, että jokaista runkoa ei oltu karsittu aivan 5,5 metrin korkeudelle asti, vaan oksat olivat esillä esimerkiksi jo noin 4,0 – 4,5 metrin korkeudella, pintalaudoissakin. (Kuva: Ilkka Koivisto 2014)



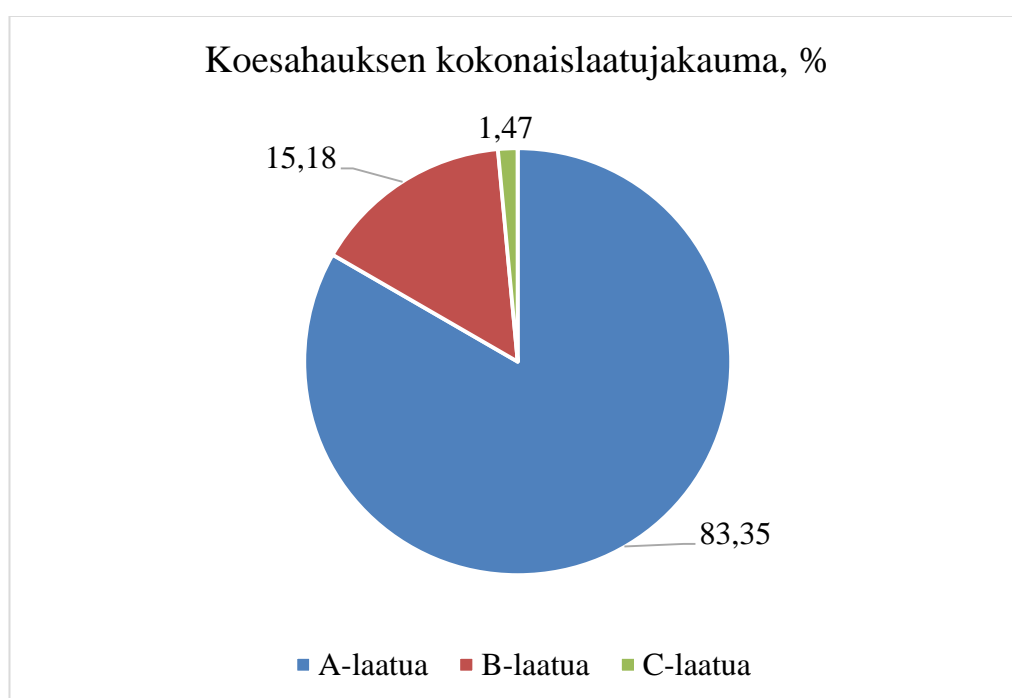
KUVA 8. Laatukatkaisun yhteydessä syntynyt kanttelin hävikkipätkä. Laatukatkaisun syynä kappaleessa esiintynyt pihkatasku sekä syrjäöksä. (Kuva: Ilkka Koivisto 2014)



KUVA 9. Laatukatkaisun yhteydessä syntynyt kanttelin hävikkipätkä. Laatukatkaisun syynä halkeama. (Kuva: Ilkka Koivisto 2014)

Tukkierästä sahatun sahatavaran saannosta 83,35 % oli A-laatua, kun A-laatuun kuuluvaksi luokitellaan kaikki muut tuotteet, paitsi tietenkin B- ja C-laadun tuotteet (kuvio 3). Lukemaa voidaan pitää hyvänä, toki parempaankin laatujaumaan pääsemiseen on mahdollisuuksia. Lopen Rakennuspuun koko sahauskauden saannosta nimittäin hieman reilut 84 % on ollut A-laatua. Tämä kertoo siitä, että myös laadukkaalla luontopuulla päästään korkeaan A-laadun osuuteen pinnansuuntaisella sahaustavalla.

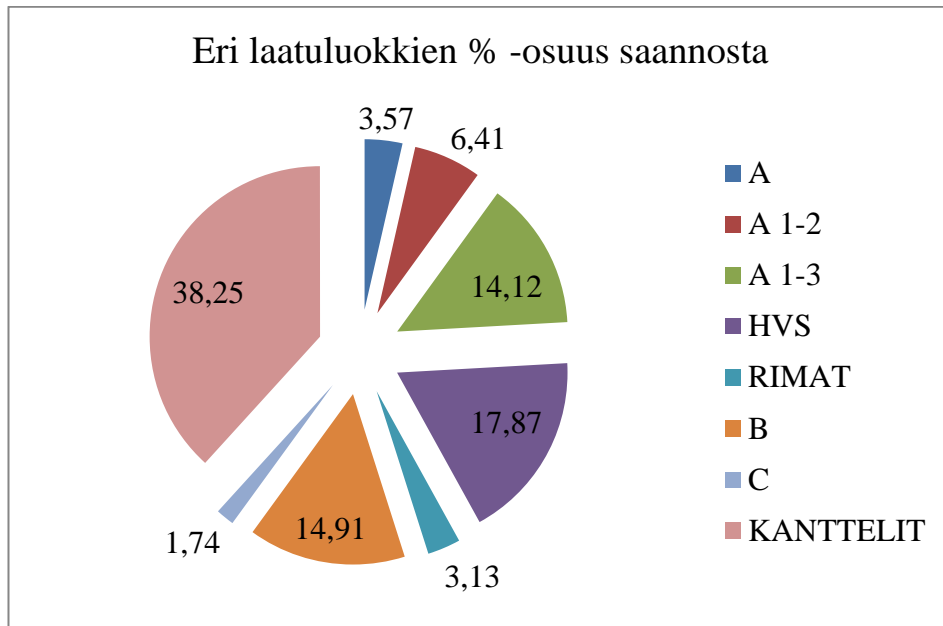
Toki on huomioitava, että suurin osa sahatuista tuotteista vaatii vielä muutakin jatkokäsittelyä kuin pelkän kuivauksen ja pakkauksen. Esimerkiksi HVS-laudat höylätään oksattomiksi tai vähäoksisiksi paneeleiksi ja sen jälkeen vielä usein myös pintakäsittelyä. Kantteleista päätetään asiakkaiden haluamia pituuksia jälkimmäisen laatuatkaisun yhteydessä. Jatkokäsittelyssä syntyvää hävikkiä ei ole tämän tutkimuksen tuloksissa otettu huomioon. C-laadun osuutta voidaan pitää poikkeuksellisen pienenä, sillä sen osuus jäi alle 2 prosenttiin. Toki C-laadun osuutta kokonaislaatujaumasta pienensi se, että laadultaan heikompia ja Lopen Rakennuspuun tuotepalettiin sopimattomia sahatavarakappaleita ajettiin hakkuriin.



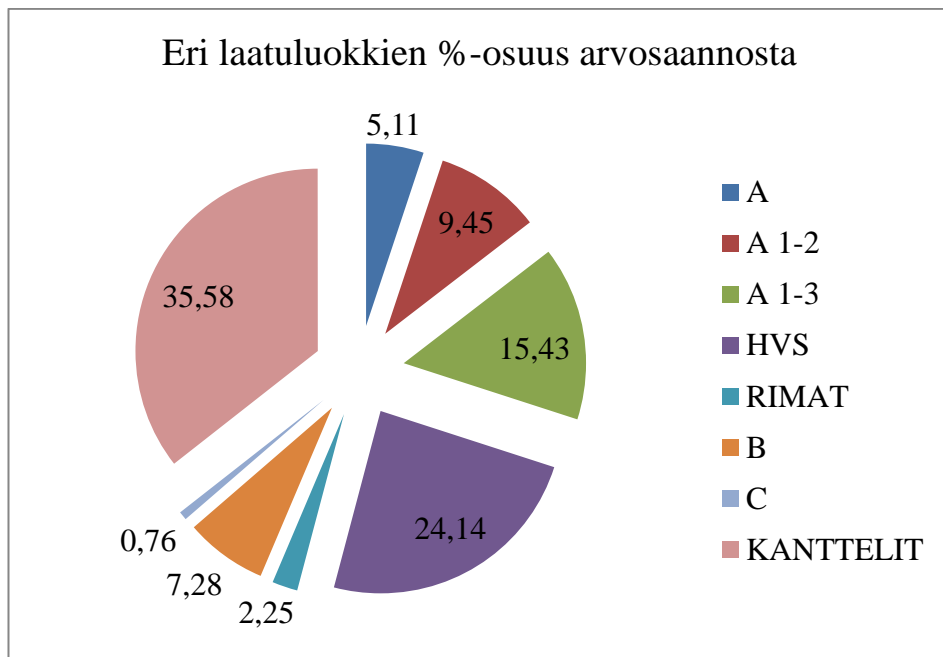
KUVIO 3. Koesahauksen prosentuaalinen kokonaislaatujauma.

Kuvio 5 kertoo eri tuotteiden suhteellisen osuuden sahausarvosuunnosta. Vertaamalla arvosuunnos- osuuksia kuvion 4 saanto-osuuksiin tuoteryhmittäin, voidaan päätellä, mitkä tuotteista ovat suhteessa kannattavimpia tuotteita. Esimerkiksi kantteleiden osuus

saannosta on reilut 38 %, mutta arvosaannosta ”vain” reilut 35 %, kun taas HVS-lautojen osuus saannosta on vain vajaat 18 %, mutta arvosaannosta peräti 24 %. Toisin sanoen, HVS-laudoit ovat erittäin kannattavia tuotteita suhteessa, verrattuna esimerkiksi kantteleihin. Toki yrityksessä pyritään sahaamaan tukkuraaka-aineen antamien mahdollisuuksien mukaan niitä tuotteita, joille on eniten kysyntää. Mahdollisesti tiedossa olevat suuremmat tilauserät pyritään ottamaan huomioon jo puunhankintavaiheessa.

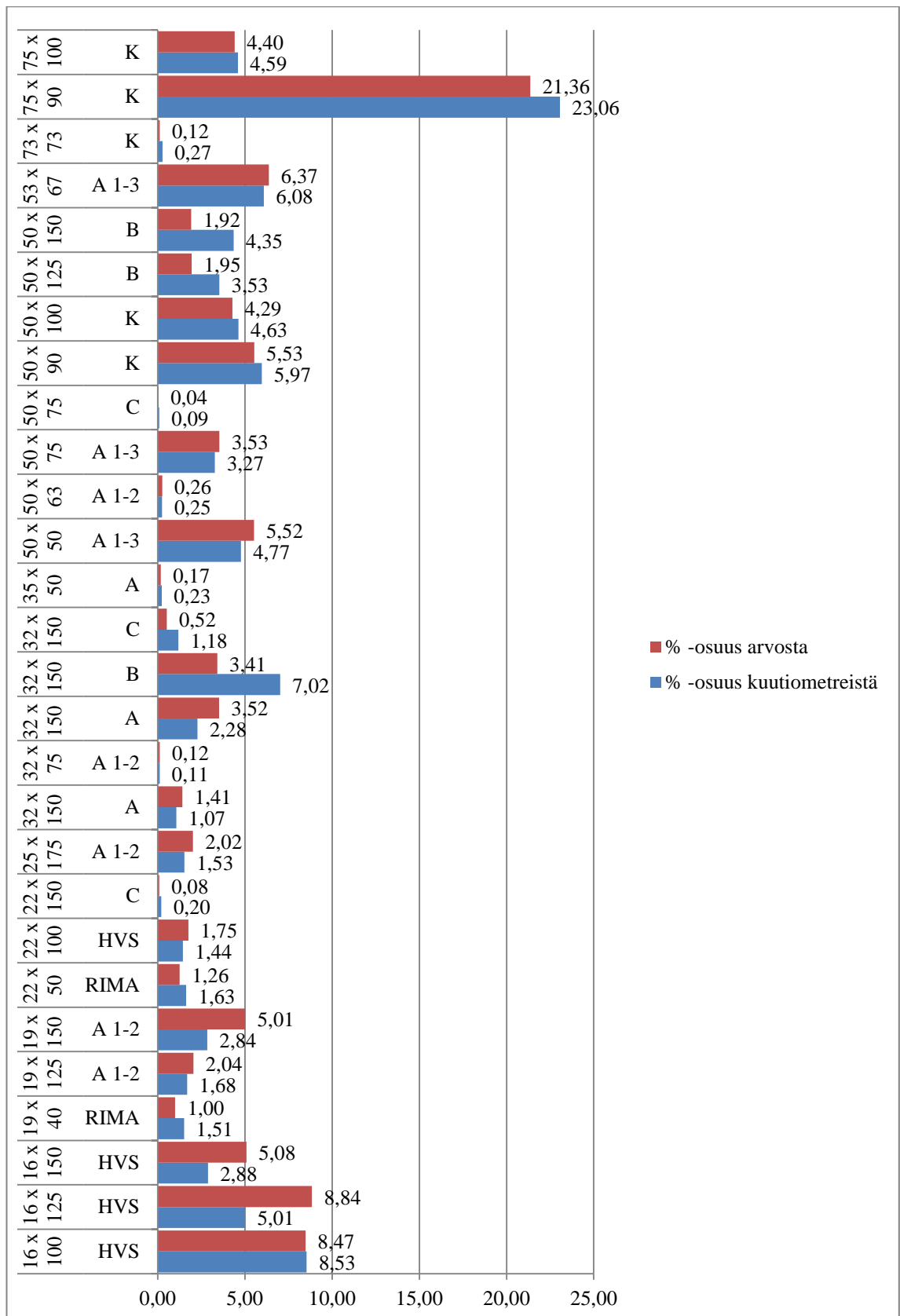


KUVIO 4. Eri laatuluokkien prosentuaalinen osuus saannosta.



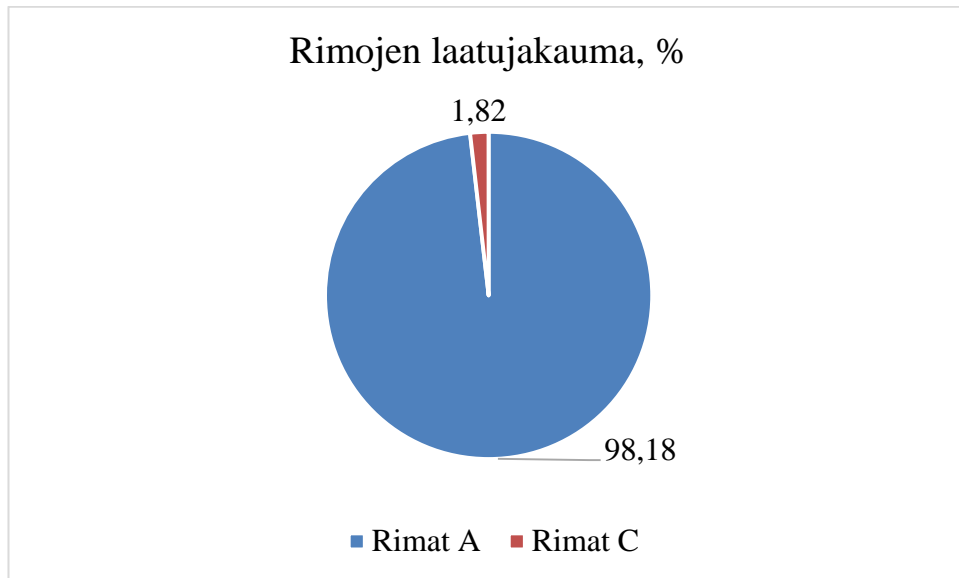
KUVIO 5. Eri laatuluokkien prosentuaalinen osuus sahatavaran arvosaannosta.

Kuviosta 6 löytyy kaikki sahauksessa syntyneet dimensiot, sekä niiden suhteelliset osuudet saannosta ja arvosaannosta. Kuviosta voidaan päätellä tuotekohtaisesti, mitkä tuotteet ovat suhteessa kannattavimpia tuotteita. Suhteessa kannattavimpia tuotteita ovat 16 x 125 HVS, 16 x 150 HVS sekä 19 x 150 A1-A2. Toisaalta edellä mainittujen tuotteiden saaminen edellyttää aivan huippulaatuista raaka-ainetta, josta saadaan sahattua noinkin leveitä, lähes oksattomia lautoja. Ei pidä myöskään vähätellä kantteleiden (75 x 90, 75 x 100, 50 x 90 ja 50 x 100) merkitystä, sillä ne muodostavat pitkälti tuotepaletin, jota yritys saa myytyä vientimarkkinoilla.

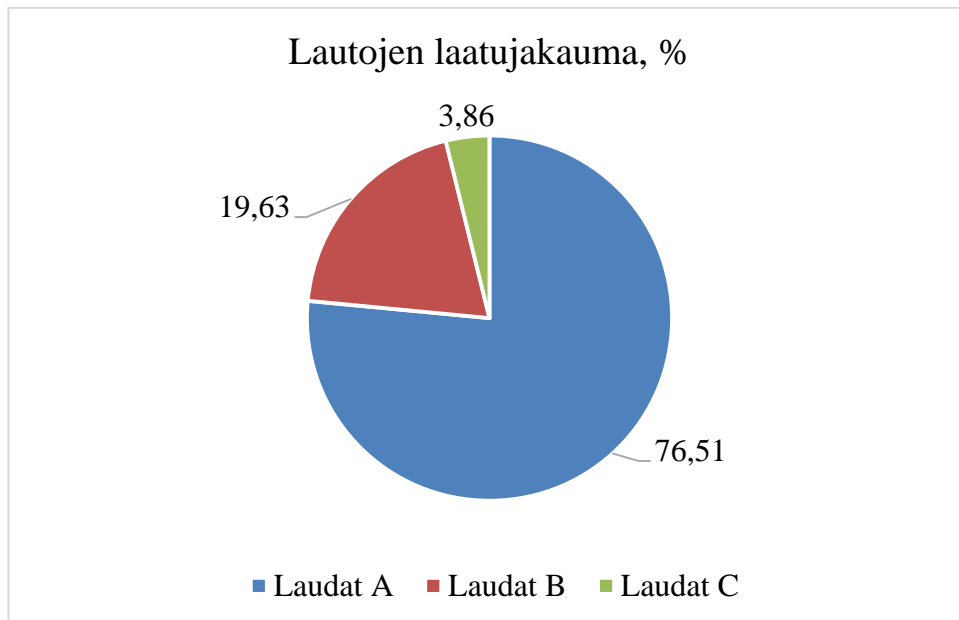


KUVIO 6. Sahauksesta saadut eri tuotteet sekä niiden prosentuaaliset osuudet saannosta ja arvosaannosta.

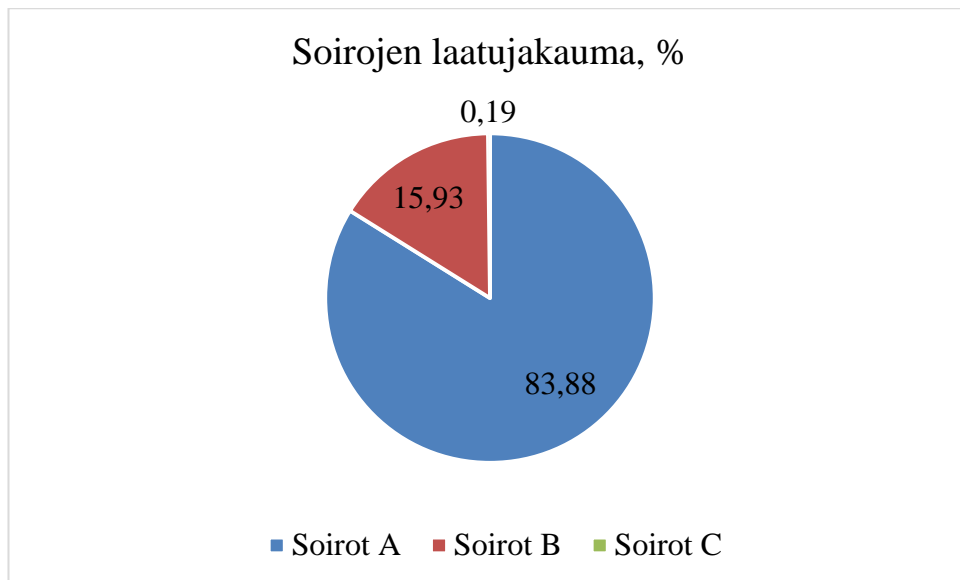
Kuviot 7, 8 ja 9 laadittiin siksi, että niiden avulla pystytään vertaamaan tämän koesahauksen tuloksia aiempiin, mm. Miettisen ja Uusvaaran (1983) tekemiin koesahauksiin. Kuviot ilmaisevat laatujauman sahatavarakappaleryhmittäin. Tulokset eivät sinänsä ole täysin vertailukelpoisia keskenään erilaisesta sahaustavasta johtuen, sillä Miettisen ja Uusvaaran koesahausta perustui keskilinjansuuntaiseen sahaustapaan. Tarkemmin tuloksia vertaillaan ja analysoidaan luvussa 7.



KUVIO 7. Rimojen prosentuaalinen laatujauma.

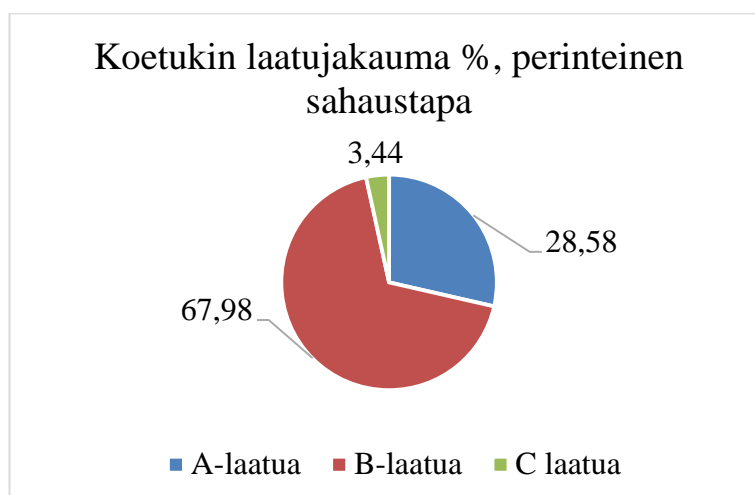


KUVIO 8. Lautojen prosentuaalinen laatujauma.



KUVIO 9. Soirojen prosentuaalinen laatujakauma.

Kuvio 10 ilmaisee kärjistetyksi sen, kuinka suuri merkitys on karsimattomalla ja karsitulla mäntytukilla laatujakaumaan ja toisaalta myös sitä, mikä merkitys sahaustavallakin on laatujakaumaan. Vaikka tämä kyseinen koetukki oli karsimaton, se oli kuitenkin varsin järeä. Tukin kuorellinen latvaläpimitta oli 39 cm ja pituus 4,9 metriä eli tilavuudeltaan tukki oli reilut 700 litraa. Käyttösuhteeksi tälle karsimattomalle koetukille muodostui 1,97. Koetukin sahausksen laatujakauma on hyvin samansuuntainen sahaussimulaattorin (ks. luku 7) antaman tuloksen kanssa, joten sikäli tämä tulos on myös ihan vertailukelpoinen.



KUVIO 10. Perinteisellä sahausasetteella sahatun, karsimattoman koetukin prosentuaalinen laatujakauma.

7 TULOSTEN ANALYSOINTI JA VERTAILU

Tässä osiossa verrataan tässä koesahauksessa saatuja tuloksia aiempiin aiheesta tehtyihin koesahauksiin, sekä erityisesti yleiseen, suomalaiseen sahateollisuuteen. Vertailuaineistona yleiseen sahateollisuuteen käytetään VTT:n kehittämän sahaussimulaattorin antamia tuloksia järeän männyn tyvitukin sahauksesta.

Miettisen ja Uusvaaran (1983, 8) koesahauksessa päästiin käyttösuhteessa karsittujen tukkien osalta tasan 2,0:aan, eli tukki saatiin hyödynnettyä heidän tutkimuksessaan reilut 7 % tarkemmin. Ero selittyy sillä, että vuoden 1983 tutkimuksessa käytettiin käyttösuhteen kannalta taloudellisempaa, normaalia, pohjoismaista sahaustapaa. Toki myös sillä saattoi olla vaikutusta asiaan, että tässä tutkimuksessa tuotepalettiin sopimattomia tuotteita, jotka olisi todennäköisesti pystytty ottamaan talteen muilla sahoilla, laitettiin hakkuriin. Lisäksi pinnansuuntainen sahaustapa ja laaja tuotepaletti vaativat useita sahauskertoja, ja näin ollen myös sahan terien aiheuttama hävikki kasvaa.

Miettisen ja Uusvaaran (1983, 2) sahauserä oli kooltaan reilusti pienempi kuin tässä tutkimuksessa käytetty erä, vain 20 karsittua tukkia, joten luonnollista vaihteluakin esiintyy tämän opinnäytetyön koesahauksessa enemmän. Tukkien keskimääräinen tilavuus oli Miettisen ja Uusvaaran (1983, 5) tutkimuksessa karsituilla tukeilla ainoastaan noin 250 litraa, kun taas tässä tutkimuksessa yli 450 litraa. Puut olivat keskimäärin lähes yhtä pitkiä molemmissa tutkimuksissa. Keskiläpimitassa oli siis jonkin verran eroa, kun Uusvaaran ja Miettisen tutkimuksessa puiden keskimääräinen rinnankorkeusläpimitta oli hieman reilut 30 cm, kun taas tässä tutkimuksessa reilut 36 cm. Puiden iässä oli myös merkittävä ero, Uusvaaran ja Miettisen erässä puuston ikä oli 80 vuotta, kun taas tämän tutkimuksen erän ikä oli 120 vuoden paikkeilla. (Miettinen & Uusvaara 1983, 4.)

Miettisen ja Uusvaaran tutkimuksessa sahaustulos piti sisällään 62 % soiroja ja 38 % lautoja. Sahaus oli heidän mukaansa hieman tavanomaisempaa lautavoittoisempi. Soirojen A-laatuosuus oli noin 92 % ja lautojen (sekä vajaa- että täyssärmäisten) reilut 96 %. (Miettinen & Uusvaara 1983, 5.) Tämän tutkimuksen koesahauksessa soirojen osuudeksi muodostui sen sijaan noin 50 % ja lautojen osuudeksi hieman vajaat 36 %. Loput 14 % sahaustuloksesta oli rimoja, joita ei Miettisen ja Uusvaaran sahauskessa syntynyt lainkaan erilaisesta sahaustavasta johtuen. Tässä tutkimuksessa soiroista oli A-laatua reilut 83 % ja laudoista reilut 76 % (kuviot 8 & 9). Lautojen A-laadun osuutta tämän

tutkimuksen koesahauksessa pienensi todennäköisesti se, että 32 mm paksut sahatavarakappaleet luokiteltiin kuuluvaksi lautoihin, eikä sydäntavaralankkuihin. Rimat olivat lähes 100 % A-laatua. Uusvaaran ja Miettisen koesahauksesta saadusta sahatavarasta A-laatua oli kokonaisuudessa hieman yli 84 %, kun taas tämän tutkimuksessa A-laatua reilut 83 % (kuviot 1 & 3). Vuoden 1983 koesahauksen laatujaakaa voidaan pitää jopa yllättävän hyvänä, sillä tukkien keskijäreys oli varsin alhainen, vain reilut 200 litraa tukkia kohti.

Uusvaaran vuoden 1993 tutkimus perustui siis useasta eri koemetsiköstä saatujen karsitujen ja karsimattomienkin tukkien koesahaukseen. Tutkimusaineisto oli varsin laaja, joten luonnollista vaihteluakin esiintyy varsin runsaasti verrattuna tämänkin tutkimuksen koesahauserään. Pystykarsinnasta oli tosin koemetsiköissä kulunut aikaa ainoastaan 20 – 45 vuotta. Uusvaaran vuoden 1993 tekemässä koesahauksessa saadusta sahatavarasta soirojen osuus oli noin 66 % ja lautojen osuus 34 %. Karsituista tukeista saadusta sahatavarasta A-laatua oli kokonaisuudessaan noin 63 %. Vajaasärmäisten oksattomien ja HVS-lautojenkin osuus jäi ainoastaan yhteensä noin 7 %. (Uusvaara 1993, 4, 11.) A-laadun osuus jäi siis varsin alhaiseksi vuoden 1983 ja tämän tutkimuksen koesahaukseen verrattuna. Tämä johtui osaltaan varmasti siitä, että vuoden 1993 koesahauserään sisältyi tukkeja, jotka eivät olleet ehtineet kasvaa vielä niin paljoa oksatonta puuvaippaa karsinnan jälkeen suhteellisen pian toteutetusta hakkuusta johtuen.

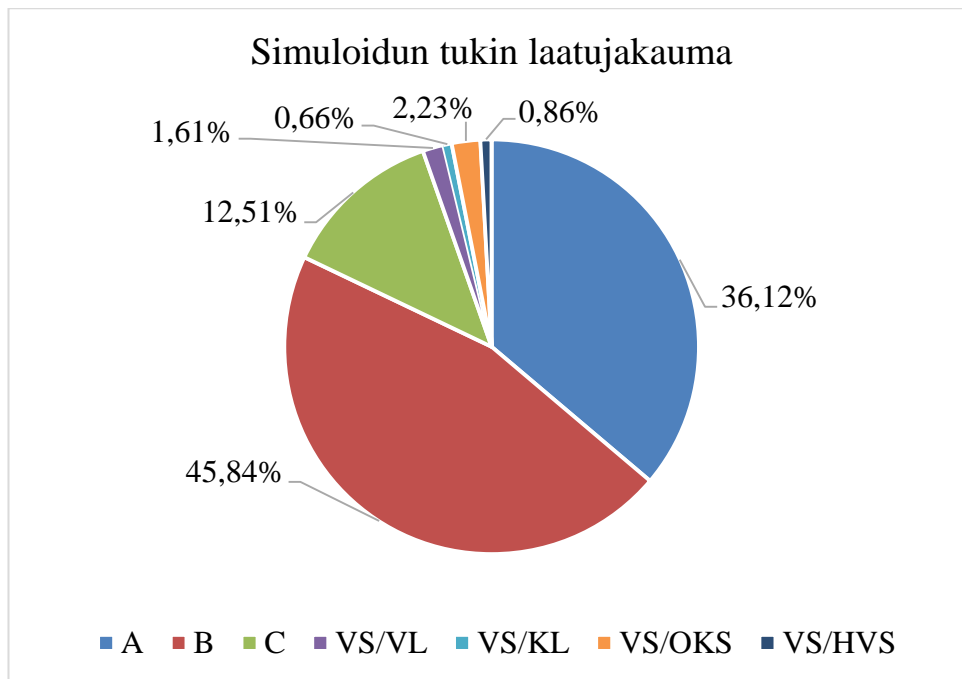
Lisäksi tähän opinnäytetyöhön hankittiin vertailuaineistoa VTT:n kehittämästä sahaussimulaattorista, jotta voitaisiin simuloida edes karkeasti sellainen tilanne, että mitä tapahtuisi, jos pystykarsittu tyvitukki sahattaisiin normaalilla asetteella keskisuurella mäntysahalla (taulukko 5). Simuloitavaksi A-laatuluokan tyvitukiksi valittiin latvaläpimitaltaan noin 29 – 31 cm oleva tukki, joka on siis tilavuudeltaan noin 500 litraa (kuva 10). Tuon kokoinen tukki toimii hyvänä vertailukohtana tämän tutkimuksen koesahaukseen, sillä tämän koesahauksen tyvitukkien keskijäreys oli noin 450 litraa. Tukin tehdashinta muodostettiin METLAN tarjoamien keskimääräisten päätehakkuumänniköiden kantohinnan sekä korjuu- ja kuljetuskustannusten perusteella (METLA Metinfo tilastopalvelu: Kantohinnat 10/2014 – 3/2015, Etelä-Suomi);(Metsäntutkimuslaitos: Puunkorjuu ja -kuljetus 2011). Sahatavaran hintoina simulaattorin laskelmissa käytettiin sahatavaran myyntitehtävissä jo pitkään toimineen myyntipäällikön markkinahinta-arvioita 75 x 225 – lankusta, HVS-laudoista sekä täyssärmäisistä, A-laatusista laudoista (Tschokkinen 2015). Näin ollen pystyttiin huomioimaan se, että pystykarsitun tukin sahausessa

syntyisi laudoista lähinnä vain parhaita pinta- ja sivulautalaatuja (OKS-, HVS- ja A-laatua). Edellä mainitusta syystä johtuen, tämän työn laskelmissa käytetyn, tukista saatavan sahatavaran keskimääräistä kuutiometrihintaa voi pitää kohtuullisen realistisena. Mikäli vajaasärmäisten lautojen (OKS- ja HVS-laatojen) hinnaksi olisi simulaattorin laskelmissa asetettu Lopen Rakennuspuun HVS-laatojen myyntihinta, olisi sahatavaran keskimääräinen hinta muodostunut likimain yhtä suureksi. Sen sijaan Lopen Rakennuspuun myyntihinnan käyttäminen täyssärmäisissä laudoissa ei olisi ollut laskelmien kannalta järkevää, koska suursahalla täyssärmäisiä lautoja ei erotella erikseen oksattomiin ja vähäoksaisiin alalaatuihin. Toisin sanoen, suursaha myy täyssärmäiset laudat pelkäämään A-laatuna, vaikka ne olisi kauttaaltaan oksattomia. Näin ollen se ei myöskään saa siitä korkeampaa hintaa.

TAULUKKO 5. Sahaussimulaattorin antamia tuloksia. Sahatavaran hinnat arvioitu markkinahintojen mukaiseksi.

Tukkierän koko, m ³	2,00
Sahatavaraa, m ³	1,00
Käyttösuhde	2,00
Tukin tehdashinta yht, €/ m ³	150,50
Tukin tehdashinta, €/ m ³	75,25
Sahatavaran arvo, €	278,82
Sahatavarakuutiometrin keskihinta, € / m ³	278,82
Tukin arvo kertaantuu	1,85
Tukin suhteellinen arvo, %	53,98

Simulaattori antoi käyttösuhteeksi aika tarkalleen 2,0, joka on lähes sama kuin Uusvaaran ja Miettisen koesahauksessa saama tulos. Myös sahausasete on sama kuin Uusvaaran ja Miettisen tutkimuksessa. Saadusta sahatavarasta sydäntavaraa (=lankkuja) oli noin 65 % ja lautoja loput 35 %, joista täyssärmäisiä noin 30 % ja vajaasärmäisiä loput noin 5 %. Sydäntavarasta A-laatua oli noin 31 %, B-laatua 60 % ja C-laatua loput noin 9 %. Laudoista A-laatua oli noin 45 %, B-laatua 20 %, C-laatua 20 %, vajaasärmäistä vientilaatua 4,5 %, vajaasärmäistä kotimaanlaatua vajaat 2 % ja vajaasärmäistä oksatonta tai HVS-laatua vajaat 10 %. Simuloidun tukin kokonaislaatujauma muodostui kuvion 11 mukaiseksi.

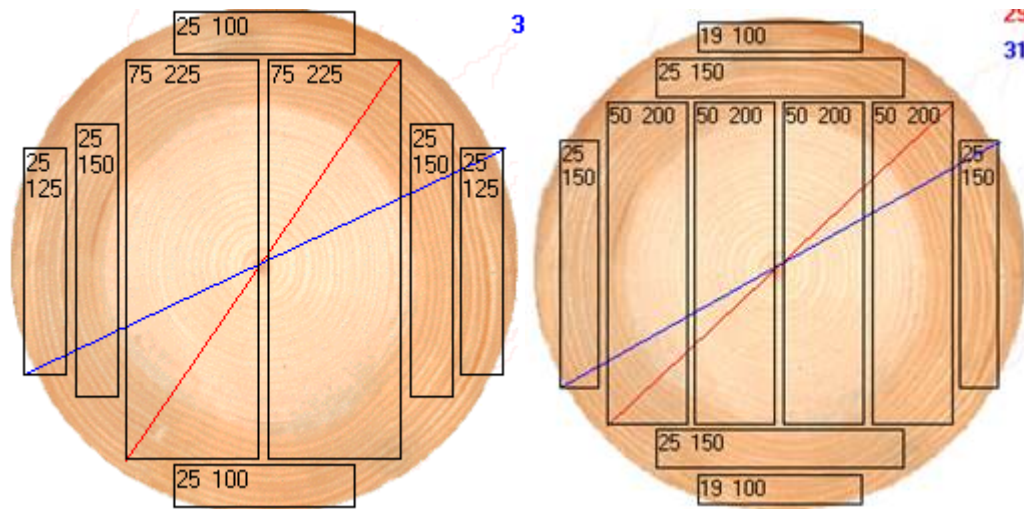


KUVIO 11. Normaalilla asetteella simuloidun tukin laatujauma.

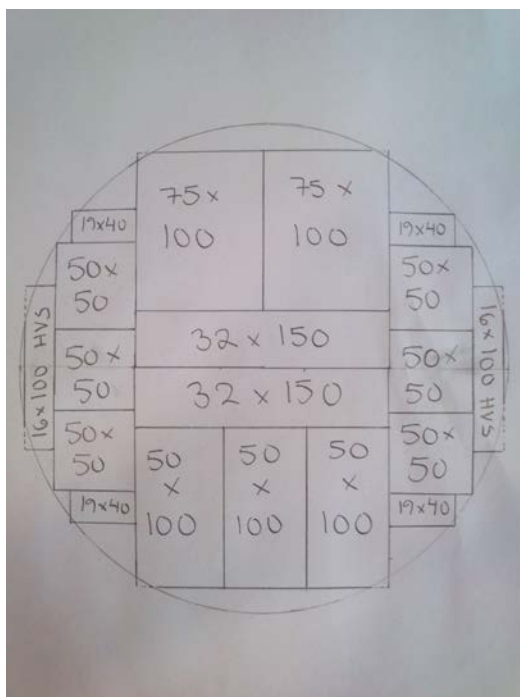
Mäntsälän leimikosta saatiin reilut 40 prosenttiyksikköä enemmän A-laadun sahatava-
raa kuin mitä normaali sahaustapa antoi simulaattorilla, jos A-laatuun lasketaan kuulu-
vaksi myös vajaasärmäiset oksattomat ja HVS-laudat. Erot laatujaumassa johtuvat
pitkästi erilaisesta sahaustavasta (kuvat 10 & 11). Lopen Rakennuspuu pyrkii myös
hyödyntämään sahausessaan laatuvaatimusten rajoissa vajaasärmää, joka ei aiheuta
merkittävää haittaa lopputuotteeseen (kuva 11).

Toki simulaattori ei pystynyt täysin huomioimaan sitä, että tukki olisi ollut pystykarsittu
ja näin ollen keskimääräistä, samankokoista A-laadun tyvitukkia laadukkaampi. Toi-
saalta sahateollisuudessa jo yleistyneillä röntgenlaitteilla pystytään mittamaan puun
sisäistä laatua, ja näin ollen myös sahausasete pystytään valitsemaan optimaalisesti.
Tukin jalostusarvo jäi jotakuinkin yhtä suureksi simulaattorin antamassa tuloksessa kuin
tämän opinnäytetyön koesahauksessa, sillä tukin hinta pystyttiin saamaan noin 1,8-
kertaiseksi, kun huomioon ei laskettu sivutuotteiden (kuori, puru, hake) antamia tuloja.
Vaikka tukin arvo kertaantui molemmissa tapauksissa yhtä paljon, on muistettava, että
tukeista maksettava hinta sekä sahatavaran arvo oli korkeampi Lopen Rakennuspuun
tukkierässä. Huomattavaa eroa syntyi sahatavarakuutiometrin keskihinnassa, sillä tässä
koesahauksessa saadun sahatavaran arvo oli jopa 1,5-kertainen verrattuna simulaattorin
antamaan tulokseen. Hintaero selittyy osittain muun muassa sillä, että suursahalla täys-
särmäiset laudat myydään A-laaduna jakamatta niitä A-laadun alaluokkiin. Aiemmat

tutkimukset (Miettinen & Uusvaara 1983, 4); (Uusvaara 1993, 2) pystykarsitun männyn koesahauksesta ovat osoittaneet, että pystykarsitun männyn sahausessa syntyy lähinnä vain A-laadun parhaita alalaatuja A1 – A3, joten sikäli pystykarsituista puista sahattujen sahatavarakappaleiden laatuluokittelu alalaatuihin on kannattavaa.



KUVA 10. Simulaattorin tarjoamat kaksi vaihtoehtoista, tavallista sahaustapaa latvaläpimitaltaan 29 – 31 cm olevalle tukille. Punainen viiva ilmaisee 29 cm:n läpimitan ja sininen 31 cm:n läpimitan. Simuloinnin tulokset perustuvat vasemman puoleiseen sahausasetteeseen. (Kuva: Sami Kotivuori 2015)



KUVA 11. Esimerkki Lopen Rakennuspuun sahausasetteesta 31 cm:n latvaläpimitan tukille. (Kuva: Ilkka Koivisto 2015)

Myös varsinaiset sahauksen prosessit ovat useimmiten varsin erilaiset suuremman kokoluokan sahalaitoksella kuin pienemmällä sahalaitoksella. Raaka-ainetta voidaan käsitellä eri tavoin, ja siten myös raaka-aineesta saatavat hyödyt eroavat. Otetaan esimerkiksi tilanne, jossa erä pystykarsittua tukkia saapuu molemmille sahoille.

Suuremmalle sahalle saapuu oletettavasti montaa eri puutavaralajia, ja jopa joissain tapauksissa kahta tai useampaakin puulajia. Pienemmälle sahalle ei sen sijaan saavu välttämättä kuin yhtä puutavaralajia, mikä johtaa siihen, ettei tukkia tarvitse välttämättä lajitella ollenkaan, koska tukit voidaan sahata yksilöllisesti siten, että jokaisesta tukista sahataan sitä dimensiota, mikä siitä on järkevimmin saatavilla. Näin ollen esimerkiksi yksittäinen pystykarsittu erä tukkia pystytään sahaamaan kerralla siten, ettei kyseisen erän sekaan joudu missään tapauksessa muita tukkeja. Toisaalta pinnanmyötäinen sahaustapa ja useat eri dimensiot vaativat useita eri sahauskertoja, mikä taas johtaa siihen, että sahaus vaatii suuremman työpanoksen suhteessa, ja toisaalta se myös verottaa käytösuhdetta. Piensahoilla tukin sisäistä laatua mittaavat röntgenlaitteet ovat vielä toistaiseksi varsin harvinaisia, ja näin ollen tukin sisäinen laatu paljastuu vasta sahauksen jälkeen. Tässä suhteessa voi syntyä yllätyksiä puun laadun suhteen, vaikka tukit olisivat valikoitu leimikosta tarkasti. Lisäksi pienemmällä sahalla sahatavaran laatuluokittelu perustuu usein vain ihmissilmän arvioon, joka voi aina johtaa virheellisiin arviointeihin.

Keskisuurella sahalla sen sijaan tukit lajitellaan jopa useisiin kymmeneen laatu- ja halkaisijaluokkiin. Sahaukseen syötetään aina yksi laatu- ja halkaisijaluokka kerrallaan tukkeja, jotka sahataan samalla sahausasetteella. (Kotivuori 2015.) Pystykarsitut tukit päätyvät siis mitä todennäköisimmin muiden erikois- tai A-tyvien joukkoon ja erilleen toisistaan. Vaikka erikois- ja A-tyvetkin ovat laadultaan erinomaisia, ei niissä kuitenkaan välttämättä ole niin paljoa oksatonta pintapuuta kuin pystykarsitussa tukissa. Näin ollen arvokasta, oksatonta pintapuuta saattaa tietyllä tapaa mennä hukkaan, vaikka tukit sahataankin optimaalisella sahausasetteella (ks. seuraava kappale).

Toki useimmilla suuremmilla sahoilla on käytössään röntgenlaitteet, joilla pystytään mittaamaan tukkien sisäistä laatua ja siten valitsemaan sellainen sahausasete, jolla pystytään maksimoimaan tukin arvosaanto. Toisaalta suurella sahalaitoksella sekä kustannus- että raaka-ainetehokkuus on hyvää luokkaa, joten siellä pystyttäisiin tarvittaessa sahaamaan varsin nopeasti suurikin erä pystykarsittua tukkia ilman pilaantumisen vaaraa. Kuitenkin todennäköisyys sille, että pystykarsittu erä olisi niin suuri, ettei sitä ehdit-

täisi sahaamaan tehottomammalla piensahalla ennen tukkien pilaantumista, on kuitenkin varsin pieni, sillä pystykarsitut alat ovat kooltaan usein varsin pieniä, noin hehtaarin kokoisia. Keskisuurella sahalla syntyneet sahatavarakappaleet pystytään lisäksi laatu-
luokittelemaan tarkasti kameratekniikan avulla, jolloin laatuluokittelussa ei synny niin paljoa vaihtelua kuin ihmissilmän tekemässä laatuluokittelussa.

8 LAATUPUUN HANKINNAN ERITYISPIIRTEITÄ JA MAHDOLLISUUKSIA

8.1 Metsänhoitoyhdistysten korjuupalvelu puunhankintamuotona

Yksi mahdollisuus laatupuun hankinnan kehittämiseksi olisi panostaa lisää metsänhoitoyhdistysten tarjoamaan korjuupalveluun. Korjuupalvelu voisi olla hyvä vaihtoehto perinteisten pysty- ja hankintakauppamuotojen tilalle, sillä se toisi aina yhden tarjouksen lisää puukauppaan. Korjuupalvelun toiminta-ajatuksena on, että leimikosta kertyvät puut myydään metsänomistajan lukuun, kuitenkin niin, että metsänhoitoyhdistyksen korjuupalvelu huolehtii puunkorjuusta sekä puutavaralajien välityksestä eri ostajille. (Metsänhoitoyhdistys: Puunkorjuupalvelu 2015.)

Korjuupalvelu sopii erityisen hyvin pieniin, haastaviin kohteisiin, joista on muuten vaikea saada puukaupparjouksia. Korjuupalvelun avulla metsänomistajan tuloja voidaan kasvattaa, kun puuta pystytään välittämään ostajille suurissa erissä samalla kun erikoispuutavaralajit hyödynnetään. Korjuupalvelu toimii siis ikään kuin puupörssinä. Koska korjuupalvelu tulkitaan puukaupassa hankintakauppatuloksi, metsänomistaja pystyy hyödyntämään metsävähennyksen täysmääräisenä. (Metsänhoitoyhdistys: Puunkorjuupalvelu 2015.)

Lahdensivun (2012, 2) tekemän kyselytutkimuksen mukaan metsänomistajat pitivät metsänhoitoyhdistyksen tarjoamaa korjuupalvelua helppona puukaupamuotona. Erityisesti metsätilastaan kauempana asuvat sekä iäkkäämmät metsänomistajat pitivät korjuupalvelua helppona keinona hankintakauppojen tekemiseen. Peräti 86 % metsänomistajista oli tyytyväisiä korjuupalveluun. Heidän mielestään korjuupalvelu toimi hyvin tai melko hyvin. Metsänomistajien mielestä eniten parannettavaa korjuupalvelussa oli kustannusrakenteen ja maksuaikataulun selvittämisessä. On kuitenkin selvää, että korjuupalvelua on kehitettävä parempaan suuntaan, sillä peräti viidennes metsänomistajista oli tutkimuksen mukaan sitä mieltä, että se toimii erittäin huonosti. (Lahdensivu 2012.) Metsänhoitoyhdistyskentän rakennemuutoksen vuoksi metsänhoitoyhdistysten on kyettävä tarjoamaan palveluita, joilla se kykenee rahoittamaan toimintansa. Korjuupalvelu olisi varmasti yksi erinomainen keino siihen.

8.2 Hinnoittelumenetelmien vaikutus puunhankintaan

Puun hinnoittelumenetelmillä on suuri vaikutus puumarkkinoiden toimivuuteen ja sitä kautta myös eri yritysten puunhankintaan. Puukaupan ja koko metsäsektorin kannattavuuden kehittämiseksi olisi kannattavaa siirtyä hinnoittelumenetelmään, jossa raaka-aineesta maksettaisiin sen teknisten ominaisuuksien ja lopullisen jalostusarvon perusteella. (Berg, Kilpeläinen & Malinen 2010, 5.)

Hinnoittelu tulisi saada vapautettua katkonnasta, sillä sahojen pitää sopeuttaa tuotantonsa mitta- ja laatuvaatimukset aina markkinatilanteen mukaan. Toisin sanoen, hinnoittelumenetelmän tulisi antaa puun ostajalle mahdollisuus käyttää markkinatilanteeseen parhaiten sopivaa katkontatapaa ilman, että se vähentäisi puun myyjän tuloja. Lisäksi käytettävän hinnoittelumenetelmän tulisi olla mahdollisimman läpinäkyvä ja helppo ymmärtää, sillä on kaikkien puukaupan osapuolten etu, että hinnoittelu on yksinkertaista ja selkeää. Monimutkaiset hinnoittelumenetelmät nimittäin saattavat vaikuttaa negatiivisesti puun myyjien aktiivisuuteen puumarkkinoilla. Hinnoittelumenetelmän tulisi lisäksi kannustaa puuntuottajaa järeän ja laadukkaan puuraaka-aineen kasvattamiseen: puun hinnan tulisi siis mukailla mahdollisimman tarkasti sen jalostusarvoa. Tällöin koko tuotantoketjuun saataisiin lisäarvoa ja samalla pystyttäisiin parantamaan koko metsäsektorin kannattavuutta. (Aarre-lehti: Etsintäkuulutus: ihannehinnoittelu 2013.) Uudet hinnoittelumenetelmät vaatisivat kuitenkin nykyistä tarkempaa ennakkotietoa leimikoista (Berg ym. 2010, 18).

Tänä päivänä käytettävän tavaralajihinnoittelun ongelmana on, että puun laadulla ei ole suurta vaikutusta puusta maksettavaan hintaan, vaan puun hinta määräytyy pelkästään puun kysynnän ja vallitsevan markkinatilanteen mukaan (Kiiliäinen 2015). Porkkanat korkealaatuisen ja järeän tukkiraaka-aineen tuottamiseksi ovat vähissä. Tavaralajihinnoittelu on myös omiaan lyhentämään metsiköiden kiertoaikaa, koska se motivoi realisoimaan puustoon sitoutuneen pääoman mahdollisimman aikaisin. Lisäksi uusi metsälaki antaa selkeän mahdollisuuden lyhentää kiertoaikoja entisestään. Lyhennetty kiertoaika laskee luonnollisesti puuston keskijäreyttä, ja sitä kautta myös heikentää metsätalouden kannattavuutta, sillä valtaosa metsänomistajan tuloista tulee nimenomaan päätehakkuun tukkisumasta. Tavaralajihinnoittelu on tiivistä sidottuna katkontaan, ja näin ollen katkontaa ei pystytä optimoimaan voimassa olevan markkinatilanteen mukaan. (Berg ym. 2010, 5, 18.)

Koska suurten metsäorganisaatioiden sahaus perustuu pitkälti korkeisiin tuotantovo-lyymeihin, tukkien korkeat hankintamäärät palvelevat samanaikaisesti myös kuidutta- van teollisuuden puunhankintaa. Siksi tavaralajihinnoittelu on suurten organisaatioiden kannalta merkittävästi helpompi hinnoittelumenetelmä kuin runkohinnoittelu. (Aarre- lehti: Etsintäkuulutus: ihannehinnoittelu 2013.)

Eri yritysten kiinnostus uusia, vaihtoehtoisia hinnoittelumenetelmiä kohtaan vaihtelee suuresti yritysten välillä, mutta kiinnostusta muun muassa runkohinnoittelua kohtaan on esiintynyt (Berg ym. 2010, 19). Esimerkiksi UPM:llä on käytössään puhtaita männiköitä varten laatumaksutapa, jossa runko jaetaan kolmeen eri tukkilaatuun (tyvi-, väli- ja lat- vatukki). Tukista maksettava hinta määräytyy luonnollisesti tukin laadun perusteella. Nykyinen kehitys ja kiinnostus laatumaksutavan yleistymistä kohtaan ovat positiivinen asia. (Kiiliäinen 2015.)

Lähitulevaisuuden tavoitteena on lisätä puun ostajien ja myyjien tietämystä raakapuun hinnoittelumenetelmien aikaansaamista vaikutuksista puukauppaan ja sahatavaran ar- vosaantoon. Tätä kautta olisi mahdollista lisätä laatupuun kasvatuksen kannattavuutta. (Berg ym. 2010, 19.) Seuraavassa esittelen joitakin vaihtoehtoisia hinnoittelumenetel- miä nykyiselle tavaralajihinnoittelulle sekä esimerkkejä tämän hetken puumarkkinoiden toimivuudesta piensahan kannalta.

Runkohinnoittelussa korjattavalle käyttöosalle, käytännössä siis yhdelle rungolle, määri- tellään yksi hinta (Berg ym. 2010, 6). Toisin sanoen, kullekin hakattavalle puulajille määritetään yksi, yhtenäinen kuutiometrihintä. Runkohinnoittelu on selkeä hinnoittelu- menetelmä. Se on helppo ymmärtää, joten myyjän on myös helppo vertailla runkohin- noittelumenetelmällä tehtyjä tarjouksia keskenään, sillä paras tarjous taloudellisesti on aina se, jonka kuutiometrihintä on korkein. (Aarre-lehti: Etsintäkuulutus: ihannehinnoit- telu 2013.) Lisäksi runkohinnoittelun etuna on se, ettei se ole sidoksissa katkontaan. Tästä syystä myöskään metsänomistajan puukauppatulot eivät ole riippuvaisia katkon- nasta. Siksi myös hakkuun valvonta helpottuu. (Berg ym. 2010, 6.)

Runkohinnoittelua ovat käyttäneet muutamat itsenäiset sahalaitokset jo 2000-luvun alussa (Berg ym. 2010, 6). Runkohinnoittelumenetelmän käyttö vaatii kuitenkin kaikista tarkimman ennakkotiedon leimikosta (Berg ym. 2010, 18). Riski puun jalostusarvon tarkasta arvioinnista jää siis runkohinnoittelumenetelmässä ostajan vastuulle. Haasteena

onkin löytää riittävän luotettavia ja käteviä työkaluja metsikön puun laadunarviointiin. Kehittämällä toimivat työkalut laadun arvioimiseksi, voisivat myös suuret puunhankintaorganisaatiot innostua runkohinnoittelumenetelmän laajamittaisemmasta käytöstä. (Aarre-lehti: Etsintäkuulutus: ihannehinnoittelu 2013.) Runkohinnoittelu olisi toimiva hinnoittelumenetelmä piensahankin kannalta, mutta se vaatisi sen, että väli- ja latvatuokkeille olisi löydettävä toimivat välitysmarkkinat.

Rungonosahinnoittelussa puun ostaja määrittää kokorajat, joiden pohjalta puusta maksettava hinta on riippumaton puun katkonnasta. Toisin sanoen rungonosahinnoittelussa runko jaetaan osiin niiden arvon perusteella. Tämä tarkoittaa sitä, että puusta maksetaan sen lopullisen käyttöarvon perusteella. Rungonosahinnoittelu voisi siis olla hyvä, vaihtoehtoinen hinnoittelumenetelmä nykyisen tavaralajihinnoittelun tilalle. Sen etuna on lisäksi se, ettei se vaadi niin tarkkaa ennakkotietoa leimikoista kuin runkohinnoittelu. (Berg ym. 2010, 6, 18.)

Tienvarsihinnoittelussa myös pystykauppoja tehtäessä määritetään ostettavalle puulle tienvarsihinta. Tukkien hinta määrittyy matriisihinnoittelun perusteella kuitenkin niin, että korjuusta aiheutuvat välittömät kustannukset vähennetään mittaustodistuksen perusteella puukaupanteon yhteydessä sovitun korjuutaksan perusteella. (Berg ym. 2010, 7.) Tienvarsihinnoittelu voisi toimia siis hyvänä menetelmänä erityisesti piensahan kannalta, kun pelkoa korjuukustannusten aiheuttamasta taloudellisesta tappiosta ei olisi. Toisaalta tienvarsihinnoittelu vaatisi myös sen, että tukkien matriisihinnat olisivat tiedossa etukäteen ennen puukauppasopimusta (siinä tapauksessa että piensaha ostaisi koko leimikon).

Matriisihinnoittelussa jokaiselle puulajille ja laadulle määritellään läpimitta- ja pituusluokittainen hinta. Matriisihinnoittelu käytetään raakapuun hinnoittelussa Ruotsissa ja Norjassa. Matriisihinnoittelulle ominaista on, että se mukailee hinnoittelumenetelmistä parhaiten leimikon realistista jalostusarvoa tuottoa keskimääräisesti paremmista, järeistä leimikoista. Toisaalta matriisihinnoittelu antaa heikon myyntitulon keskimääräistä heikommista leimikoista. (Berg ym. 2010, 6, 18.) Suomessa matriisihinnoittelua käytetään jonkin verran ainakin hankintakauppojen hinnoittelussa. Piensahan kannalta se on kuitenkin ongelmallinen hinnoittelutapa, jos saha ei pysty käyttämään kuin vain osan leimikon puutavaralajeista, sillä muista puutavaralajeista (lähinnä tukeista) ei matriisi- tai hankintakauppojen hinnoittelussa makseta läheskään niin paljoa kuin mitä leimikon

tukkien keskihinnaksi muodostuu. Vähintään korjuukustannukset menevät tässä esimerkkitapauksessa piensahan piikkiin. Toisin sanoen, kokonaisten leimikoiden ostaminen ei piensahan kannalta ole kovin järkevää.

Kokonaisten leimikoiden ostoja havainnollistavissa liitteissä 1, 2 ja 3 on oletettu, että edelleen välitettävistä tukeista saha saa keskihintaa pienemmän kuutiometrihinnan. Laskelmassa on käytetty kuljetus-, korjuu- ja yleiskustannuksena METLAn tilastollisen vuosikirjan keskimääräisiä kustannusarvoja vuodelta 2011. Liitteissä tukin tavoitteellinen tehdashinta on merkitty oranssilla. Liitteistä ilmenee, että kokonaisen leimikon ostaminen on kannattavaa piensahan kannalta vain hyvissä harvoissa tapauksissa. Oikeastaan voisi todeta, että kokonaisen leimikon ostaminen on kannattavaa ainoastaan silloin, kun tyvitukkien osuus koko leimikon tukkimäärästä on noin 40 – 50 %. Käytännössä tämä tarkoittaisi sitä, että tyvitukkien tulisi olla oksattomia mahdollisimman korkealle, jotta niiden osuus kasvaisi 40 – 50 % koko leimikon tukkimäärästä. Se voisi vaatia jopa sen, että toinen tukkikin olisi oksaton. Vaikka Mäntsälänkin koemetsikkö oli puustoltaan varsin laadukas, siinä tyvitukkien osuudeksi tukkien kokonaismäärästä jäi ainoastaan vajaat 39 %.

8.3 Tietojen saatavuus pystykarsituista metsistä

Ehdottoman tärkeässä roolissa pystykarsittujen metsien osalta on se, että pystykarsintatiedot on saatava kulkeutumaan metsänomistajille ja toisaalta myös puunostajien saattaville (ja sitä kautta myös metsänhoitotoimenpiteiden tekijöille) nykyistä paremmin. Tiedon katkeamaton kulku takaisi sen, että karsitut puut eivät valuisi hukkaan liian aikaisin esimerkiksi harvennusten yhteydessä. Lisäksi tieto pystykarsinnasta auttaisi suunnittelemaan myös tulevia metsänhoitotoimenpiteitä. Vaarana on ollut toistaiseksi se, että pystykarsintatiedot ovat saattaneet hävitä siinä vaiheessa, kun tilan omistaja on vaihtunut joko tilakaupan tai sukupolvenvaihdoksen yhteydessä. On myös mahdollista, että pystykarsinnasta ei välttämättä ole tehty minkäänlaista dokumenttia. Erityisesti karsintajakoa päivämäärineen, karsitun metsikön sijainti, karsitun metsikön keskiläpimitta sekä pystykarsintakorkeus tulisi aina dokumentoida.

Muun muassa 1980-luvulla valtion tuella pystykarsittujen metsien tiedot ovat metsäkeskuksen hallussa. Vuodesta 2001 alkaen Kemera-varoin tuetut metsänhoitotoimet on

dokumentoitu sähköisesti, mutta ilman paikkatietoa. Ainoastaan Etelä-Savon ja Keski-Pohjanmaan metsäkeskuksissa 1980-luvun karsintatieto on saatu digitaaliseen muotoon karttoineen. Toistaiseksi nämä digitoidut pystykarsintatiedot eivät kuitenkaan ole puun ostajien saatavilla, sillä tiedot lepäävät metsäkeskuksen sisäisessä tietojärjestelmässä. (Schäfer 2015.) Tulevaisuudessa olisikin ehdottoman tärkeää, että tiedot saataisiin siirrettyä esimerkiksi metsänomistajille ja puunostajille tarkoitettuun metsään.fi -verkkopalveluun, josta laatupuun tuotantoon erikoistuneet ostajat pääsisivät helposti käsiksi arvokkaisuun, ja toisaalta myös melko niukkoihin raaka-ainevaroihin. Tämä edellyttäisi kuitenkin määrätietoista ja kunnianhimoista työtä metsäkeskuksessa: Vennon mukaan yhden maakunnan pystykarsintatietojen digitointi vie aikaa noin puolitoista henkilötyövuotta. (Schäfer 2015.)

9 POHDINTA

Suomessa on varttumassa ja jo ehkä odottamassa päätehakkuuta melko runsaasti pystykarsittuja metsiköitä. Ennen vuotta 1983 karsittuja metsiä on arviolta 35 000 – 40 000 hehtaaria (Hanneliuss ym. 1997, 127 – 140). Se tarkoittaa arviolta noin 7 – 16 miljoonaa tyvitukkia, kun oletetaan että karsittuja puita on hehtaarilla 200 – 400 kappaletta. Toki osa näistä metsiköistä on voinut jo päätyä hakkuuseen, mutta osa karsituista metsistä on varmasti vielä tallella. Nämä metsät voisivat olla hakattavissa jo varsin pian.

Lisäksi vuosina 1985 – 2010 on karsittu pelkästään valtion tuella noin 141 000 hehtaaria metsää, josta valtaosa on männiköitä (Verkasalo 2012). Eli varttumassa on arviolta jopa 28 – 56 miljoonaa karsittua tyvitukkia. Jos oletetaan, että päätehakkuuseen saakka selviää noin 200 karsittua tukkia hehtaarilta (tämänkin tutkimuksen tulokset antavat viitteitä tuohon suuntaan), tukkikappaleita on varttumassa noin 28 miljoonaa. Nämä metsiköt ovat kuitenkin vasta tulossa päätehakkuuikään: Jos oletetaan, että puun pitäisi antaa kasvaa karsinnan jälkeen 50 vuotta riittävän oksattoman puuvaipan muodostumiseksi, tulevat nämä puut hakkuuseen vasta 2030-luvulta alkaen.

Suomen metsissä kasvaa laadukasta puuta, joissa on valtava, toistaiseksi vielä hyödynnetämätön ja toivottavasti myös tarkasti hyödynnettävä potentiaali. Nämä kyseiset raaka-ainevarat on vain osattava hyödyntää parhaalla mahdollisella tavalla siten, että niistä saadaan paras mahdollinen kansantaloudellinen hyöty. On tärkeä huolehtia siitä, että aikanaan pystykarsintaan sijoitetut varat ja työpanos eivät valuisi hukkaan.

Tämän tutkimuksen tulosten perusteella näyttää vahvasti siltä, että pystykarsitusta männyistä saadaan irti paras jalostusarvo erikoistuotantoon ja pinnansuuntaiseen sahaustapaan erikoistuneilla jalostuslaitoksilla. Kansantalouden kannalta parempi ratkaisu olisi se, että karsitut puut hyödynnettäisiin erikoistuotantoon erikoistuneilla jalostuslaitoksilla, jossa puusta maksetaan metsänomistajalle keskimääräistä parempaa hintaa ja jossa myös sahatavara saadaan myytyä eteenpäin arvokkaampana.

Otetaanpa pieni ajatusleikki: Jos pelkästään vuoden 1985 jälkeen valtion tuella karsitut, noin 28 miljoonaa tukkikappaletta muutetaan tukkikuutiometreiksi, tarkoittaa se noin 14 miljoonaa tukkikuutiometriä, kun oletetaan, että hehtaarilla on päätehakkuuvaiheessa

200 pystykarsittua tukkia, joiden keskijäreys on 500 litraa. 14 miljoonasta tukkikuutiometristä saadaan karkeasti noin 7 miljoonaa kuutiometriä sahatavaraa. Tämän tutkimuksen perusteella, pinnanmyötäisellä sahaustavalla sahatavarakuutiometrin arvo on jopa 100 – 150 euroa korkeampi kuin perinteisellä, keskilinjansuuntaisella menetelmällä sahatun sahatavarakuutiometrin arvo. Suoraviivaisesti ajateltuna tämä tarkoittaisi sitä, että jos vuoden 1985 jälkeen valtion tuella karsitut tukit päästäisiin sahaamaan pinnan-suuntaisella sahaustavalla ja myymään A-laadun parhaimpina alalaatuina, saataisiin sahatavaralle jopa niinkin suuri kuin 0,7 – 1 miljardin euron arvonlisäys verrattuna siihen, mitä keskilinjansuuntaisella sahaustavalla ja pelkästään A-laatuun lajittelulla saataisiin aikaiseksi. Toki on muistettava, että korkealaatuisen sahatavaran tarjonnan lisäys laskisi kyseisten tuotteiden markkinahintaa, eikä ero vakiosahatavaran ja erikoissahatavaran välillä olisi välttämättä niin suuri kuin tässä ajatusleikissä oletettu $100 - 150 \text{ e/m}^3$.

Asiaa voidaan ajatella myös työllisyyden ja maaseutujen elinvoimaisuuden kannalta. Jos nuo vuodesta 1985 eteenpäin pystykarsitut 28 miljoonaa tukkikappaletta ajatellaan hakattavaksi tasaista tahtia metsien kypsyessä päätehakkuuvaiheeseen vuodesta 2035 eteenpäin, tarkoittaa se, että 30 vuoden aikana voidaan sahata karkeasti noin miljoona kappaletta eli $500\,000 \text{ m}^3$ pystykarsittua tukkia vuodessa. Jos oletetaan, että erikoistuotantoon keskittyvä piensaha pystyy sahaamaan $10\,000 \text{ m}^3$ vuodessa, tarkoittaisi se sitä, että tällaisia pienen kokoluokan sahalaitoksia pitäisi olla jopa 50 kappaletta ympäri Suomen. Vaikka piensahat pystyisivät investoimaan tuotantoonsa siinä määrin, että ne pystyisivät tuplaamaan tuotantokapasiteettinsa $20\,000 \text{ m}^3$ vuositasonne, tarvittaisiin sahoja vielä niinkin paljon kuin 25 kappaletta. Jos yksi saha tarvitsisi esimerkiksi 10 – 15 työntekijää, tarkoittaisi se satoja uusia työpaikkoja ympäri Suomen. Oletetaan vielä, että yksittäisen piensahan liikevaihto olisi tuossa tapauksessa vaikkapa 3 miljoonaa euroa vuodessa. Se tarkoittaisi sitä, että nuo kymmenet sahat pyörittäisivät yhdessä vuositasonla kokonaisliikevaihdoltaan jo usean kymmenen miljoonan euron liiketoimintaa. Lisäksi nämä erikoistuotantoon keskittyneet sahalaitokset pystyisivät maksamaan puusta reilusti keskimääräistä parempaa kantohintaa sahatavaran korkeasta arvosta johtuen. Näin ollen myös metsänomistajien kantorahatulojen määrät voisivat nousta reilusti.

Vertailun vuoksi kuvitellaan vielä tilanne, että vuodesta 1985 eteenpäin pystykarsitut tukit sahattaisiin keskisuurella sahalla, keskilinjansuuntaisella sahaustavalla. Kuvitellaan, että keskisuuren sahan vuotuinen puunkäyttö olisi vaikkapa $500\,000 \text{ m}^3$, ja pystykarsittujen tukkien keskijäreys 500 litraa. Saha tarvitsisi siis noin miljoona tukkikappa-

letta vuodessa. Tämä tarkoittaisi sitä, että vuoden 1985 jälkeen pystykarsitut puut riittäisivät tässä tapauksessa vain yhdelle tuotantolaitokselle tuolle noin 30 vuoden ajanjaksolle. Eroa erikoistuotantoon keskittyvään sahalaitekseen ei siis syntyisi pelkästään sahatarakuutiometrin hinnassa ja sitä kautta liikevaihdossa, vaan myös työpaikkojen määrässä. Lisäksi keskisuuren sahan olisi kannattamatonta hankkia pieniä, pystykarsittuja tukkieriä erittäin laajalta hankintasäteeltä, koska puun tehdashinta kohoaisi korkeaksi. Näin ollen puusta ei pystyttäisi välttämättä maksamaan metsänomistajalle niin hyvin, kuin puun jalostusarvon antaisi myöden. Jos taas pystykarsitut puut jaettaisiin esimerkiksi 25 suursahan kesken, eivät pystykarsitut riittäisi kovalla tuotantotahdilla kuin kymmeneksi päiväksi, kun oletetaan, että vuodessa on työpäiviä 250 ja suursahojen puunkäyttö on 500 000 m³ vuodessa.

Jotta erikoistuotantoon keskittyneet tuotantolaitokset voisivat jatkaa toimintaansa myös vuosina 1985 – 2010 karsittujen puiden sahauksen jälkeen, tulisi pystykarsintatyötä ehdottomasti jatkaa. Käytännössä tämä tarkoittaisi sitä, että vuosittain tulisi karsia metsiä 5000 hehtaaria, jotta tuotantolaitosten puunsaanti olisi turvattu. Näin ollen yhden miljoonan tukin sahaustahdilla puut riittäisivät jatkossakin. Viime vuosina pystykarsintaa ei ole kuitenkaan tehty kovin paljoa: viimeksi yli 5000 hehtaaria on karsittu vuonna 2007 (METLA Metinfo tilastopalvelu: Metsänhoito- ja parannustöiden työmäärät 2015).

Pystykarsittu puu ja sen hyödyntäminen puunjalostuksessa liittyy vahvasti myös kansallisessa metsästrategiassa 2025 asetettuihin päämääriin. Metsästrategian 2025 tavoitteiksi on asetettu mm. metsäteollisuuden tuotteiden jalostusarvon lisääminen, tasapainoisten ja kilpailukykyisten puumarkkinoiden luominen sekä metsävaroihin liittyvän informaation avoimuus, ajantasaisuus ja saatavuus. (Ojala 2014.) Pystykarsitun puun jalostaminen siten, että puun pintaan kertynyt arvokas, oksaton puuaineesaadaan talteen mahdollisimman tarkasti, nostaa jalostusarvoa merkittävästi. Jalostusarvon ollessa korkealla, puusta on metsänomistajan kannalta ainakin mahdollisuus saada parempaa hintaa. Toisaalta, koska pystykarsintaan suunnattu valtion tuki on juuri poistumassa, edellyttäisi pystykarsinnan ja laatu puun kasvattamisen tulevaisuuden turvaaminen sitä, että laadukkaammasta puusta maksettaisiin reilusti keskikantohintaa korkeampaa hintaa. Siksi myös puunhinnoittelumenetelmiä tulisi kehittää. Toisaalta hinnoittelumenetelmien kehittäminen takaisi sen, että puumarkkinat pysyisivät tasapainoisena ja kilpailullisina, kun kaiken kokoisilla yrityksillä olisi tasavertainen mahdollisuus kilpailla leimikoista ja niiden puutavaralajeista. Ja mitä metsään.fi – palvelun kehittämiseen tulee, niin pysty-

karsitun puun hyödyntämisen kannalta olisi todella tärkeää, että kyseiseen tietojärjestelmään saataisiin syötettyä pystykarsituiden metsiköiden sijainnit, karsinta-ajankohdat, karsintaläpimitat sekä karsintakorkeudet.

Olisi ehdottoman tärkeää, että myös pienempien, erikoistuotantoon erikoistuneiden tuotantolaitosten toimintaedellytyksistä pidettäisiin huolta varmistamalla puumarkkinoiden toimivuus ja sitä kautta laadukkaan raaka-aineen saatavuus. Piensahojen toimintaedellytykset ovat kuitenkin koetuksella puukaupparakkinoiden haastavan tilanteen vuoksi. Toimintaedellytysten parantamiseksi, olisi tärkeää, että puukaupassa siirryttäisiin laatumaksutapaan, jossa puun todellinen jalostusarvo määrää puusta metsänomistajalle maksettavan hinnan, eikä nykyinen tavaralajihinnoittelumenetelmä, jossa hinta määräytyy pelkästään puun kysynnän mukaan. Mikäli nykyisestä tavaralajihinnoittelusta ei kuitenkaan suuressa mittakaavassa haluta luopua, tulee metsänhoitoyhdistysten tarjoaman korjuupalvelun roolia kasvattaa entisestään puumarkkinoilla, jotta yksittäistenkin puutavaralajien ostaminen leimikoista olisi mahdollista. Lisäksi metsänhoitoyhdistysten korjuupalvelun avulla olisi mahdollista jakaa laadukasta, tuotantolaitosten tarvitsemää raaka-ainetta tasapuolisesti eri tuotantolaitosten kesken.

Tämän opinnäytetyön tuloksia voidaan pitää luotettavina, joskaan ei missään nimessä absoluuttisina. Tutkimustuloksia voidaan pitää kuitenkin suuntaa antavina. Tuloksia vääristää hienoisesti sahatavaran kirjanpidossa havaitut erot. Tosin kirjanpidossa syntyneet erot eivät kärjistä syntyneitä eroja eri sahaustapojen välillä, koska tämän tukkierän laskennassa käytetyt arvot saannossa olivat hieman pienempiä kuin mitä todellisuudessa. Lisäksi tuloksia väärentää myös hieman kantteiden jälkimmäisessä laatukatkaisussa syntyvä hävikki, jota ei ole otettu huomioon tässä tutkimuksessa. Näytekappaleiden perusteella on kuitenkin selvää, että hävikkiä syntyi. Toisaalta kantteiden laatukatkaisussa syntyvä hävikki lienee varsin pieni tutkimustulosten kokonaisuuden kannalta. On myös huomioitava, että tutkimusaineisto perustui ainoastaan yhteen koemetsikköön, jonka pystykarsinnasta oli kulunut aikaa jo poikkeuksellisen paljon. Siten tämän opinnäytetyön tulokset saattavat olla hieman optimistisia.

Myöskään sahaussimulointi ei ollut absoluuttisen realistinen, koska siinä ei pystytty simuloimaan varsinaisesti pystykarsittua tukkia. Simuloinnin tulos on kuitenkin suuntaa antava. Tämän tutkimuksen tuloksiin vaikuttaa merkittävästi myös laskennoissa käytetyt, eri dimensioille annetut hinnat. Hintoja voidaan kuitenkin pitää varsin luotettavina

ja realistisina, koska ne pohjautuvat Lopen Rakennuspuu Oy:n perustumaan tieto- ja kokemuspohjaan sahatavaran myynnissä.

Mahdollisia jatkotutkimusaiheita voisi tähän aiheeseen löytyä useita hyviä. Yksi hyvä jatkotutkimusaihe voisi olla se, että pystykarsittu tukkierä sahattaisiin koemielessä suuremman luokan sahalaitoksella, ja mielellään eri sahausaseteilla: sekä perinteisellä, vakiosahatavaran asetteella että asiakaslähtoisemmällä erikoissahatavaran asetteella, joita esimerkiksi UPM:lläkin on käytössään. Näin saataisiin tarkemmat tulokset vertailtaviksi tämän tutkimuksen kanssa. Toinen mielenkiintoinen aihe voisi olla se, että miten tukkien hankinta- tai toimituskauppaa voisi kehittää siten, että tuotantolaitokset saisivat juuri haluamansa raaka-aineen, eikä mitään ”ylimääräistä”. Esimerkiksi eri organisaatioiden katkontatiedostojen hyödyntämistä toisen organisaation hallinnoimassa hakkuussa voisi selvittää. Ajankohtainen ja varsin tärkeä jatkotutkimusaihe olisi myös se, että miten metsänhoitoyhdistykset pystyisivät kehittämään korjuupalveluaan siten, että laadukasta raaka-ainetta pystyttäisiin jakamaan tasapuolisesti ja enenevässä määrin erilaisille tuotantolaitoksille. Ja tietysti olisi varsin ajankohtaista selvittää myös sitä, kuinka kannattavaa pystykarsinta on metsänomistajan kannalta, kun valtion tuki pystykarsintaan poistui huhtikuussa 2015. Erittäin aiheellista olisi myös selvittää, että olisiko Suomessa tilaa yrityksille, jotka jalostaisivat lähitulevaisuudessa hakkuuikään saapuvia, pystykarsittuja metsiköitä. Ennen kaikkea olisi tärkeää saada tietoa myös siitä, että olisiko näille oksattomille tuotteille kysyntää, etenkin vientimarkkinoilla.

LÄHTEET

Aarne, M., & Ylitalo, E. 30.5.2012. Metsätilastotiedote. 23/2012. Puun käyttö 2011. Metsätilastollinen tietopalvelu. Metsäntutkimuslaitos. Luettu 12.3.2015.
<http://www.metla.fi/tiedotteet/metsatilastotiedotteet/2012/kaytto11.htm>

Aarre-lehti. 2013. Etsintäkuulutus: ihannehinnoittelu. 27.3.2013. PDF-tiedosto. Luettu 18.3.2015. http://riihi.mtk.fi/epaper_AARRE/products/AR_-2013-03-27/pdfs/article_40_1.pdf

Arvio, M. 2014. Sahatavaran laatuluokittelun perusteita. Laatupuun kriteereistä – sahatavara. Ekometsätalouden liitto. Luettu 24.3.2015.
<http://www.ekometsataloudenliitto.fi/kriteerit/>

Berg, V., Kilpeläinen, H. & Malinen, J. 2010. Puuraaka-aineen hinnoittelumenetelmät. Männyn hankinta ja käyttö puutuotealalla –kehityshankkeen tiedonsiirto seminaari 21.1.2010 Pohjois-Karjalassa. Metsäntutkimuslaitos. Joensuu. PDF-tiedosto. Luettu 18.3.2015. 20 s. <http://www.metla.fi/tapahtumat/2010/mannyn-hankinta-kaytto/berg.pdf>

Farmit. 2015. Vaikutus puun laatuun. Farmit Website Oy. Luettu 24.3.2015.
<http://www.farmit.net/metsa/metsanlannoitus/vaikutus-puun-laatuun>

Haapanen, M. & Mikola, J. 2008. Metsänjalostus 2050 — pitkän aikavälin metsänjalostusohjelma. Metlan työraportteja / Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 71. 50 s. Luettu 18.3.2015.
<http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2008/mwp071.htm>

Hannelius, S., Sairanen, P. & Tuimala, A. 1997. Pystykarsinta. Teoksessa Mielikäinen, K. & Riikilä, M. (toim.) Kannattava puuntuotanto. Metsäntutkimuslaitos ja Tapio. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti. 127 – 135 s.

Heikkilä, J., Sirén, M., Ahtikoski, A., Hynynen, J., Sauvula, T. & Lehtonen, M. 2009. Energy wood thinning as a part of the stand management of Scots pine and Norway spruce. *Silva Fennica* 43. 129–146 s. PDF-tiedosto. Luettu 7.4.2015.
<http://www.metla.fi/silvafennica/full/sf43/sf431129.pdf>

Honkasalo, J. 2006. Puukiipijä-pystykarsintalaitteen toiminnan reunaehdot metsätaloudessa. Metsätalouden koulutusohjelma. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Häkli, P., Hämäläinen, P., Koivisto, I., Kurki, T. & Tuomenoja, M. Puunhankinnan prosessit Lopen Rakennuspuu Oy:ssa. Palaveri 25.2.2015. Loppi. Lopen Rakennuspuu Oy.

Hämäläinen, M. 2013. Johdatus sahatavaraan ja höylätyn puutavaran laatuluokkiin. 22.1.2013. Aalto-yliopisto. Rakennustieteiden laitos. PDF-tiedosto. Luettu 25.3.2015.
https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/rak-43.2300/materiaali/Rak-43_2300_johdatus_sahatavaran_laatuun..pdf

Huuri, O., Huuri, L. & Lähde, E. 1984. Tiheyden vaikutus istutusmännikön laatuun. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 167. Helsinki. 22 s.

Kantola, A. & Pennanen, O. 1999. Metsänhoidollisen ympäristön vaikutus mäntysaha-puun laatuun. Metsätehon raportti 69. Metsäteho Oy. Helsinki. 22 s. PDF-tiedosto. Luettu 7.4.2015. http://metsateh.asiakkaat.sigmatic.fi/wp-content/uploads/2015/02/metsatehon_raportti_069.pdf

Kellomäki, S. 1981a. Effect of the within-stand light conditions on stem, branch and needle growth in a twenty-year-old Scots pine stand. *Silva Fennica* 15. 130 – 139 s.

Kellomäki, S., Lämsä, P., Oker-Blom, P. & Uusvaara, O. 1992. Männyn laatukasvatus. *Silva Carelica* 23. Joensuun yliopisto, Joensuu. 133 s.

Kiiliäinen, J. Metsäasiakasvastaava. 2015. Haastattelu 30.3.2015. Haastattelija Koivisto, I. Tampere.

Kotiniemi, S. Johtaja. 2015. Haastattelu 27.3.2015. Haastattelija Koivisto, I. Juupajoki. UPM:n Korkeakosken saha.

Kärkkäinen, M. & Uusvaara, O. 1982. Nuorten mäntyjen laatuun vaikuttavia tekijöitä. *Folia Forestalia* 515. Metsäntutkimuslaitos. 28 s.

Lahdensivu, T. 2012. Metsänomistajien tyytyväisyys Metsänhoitoyhdistys Karhun korjuupalveluun. Metsätalouden koulutusohjelma. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opin näytetyö.

Lopen Rakennuspuu Oy. 2015. Yrityksestä. Luettu 13.3.2015. http://www.lopella.fi/lopen_rakennuspuu.php

Luonnonvarakeskus. 2015. Metsänjalostuksen hyödyt – jalostushyödyt. Mänty. Luettu 18.3.2015. <http://www.metla.fi/metinfo/jalostus/jalostus-tulokset.htm>

Metsänhoitoyhdistys. 2015. Puunkorjuupalvelu. Luettu 12.3.2015. <http://www.mhy.fi/puukauppa/puunkorjuupalvelu>

Metsäntutkimuslaitos. 2015. Kantohinnat 10/2014 – 3/2015, Etelä-Suomi. Metinfo tilastopalvelu. Luettu 27.4.2015.

http://www.metla.fi/metinfo/mo/kantohinnat.htm?1=is_clicked&2=is_clicked&3=is_clicked&4=is_clicked&5=is_clicked&6=is_clicked&7=is_clicked&8=is_clicked&luokitte luvalinta=1&submits=Taulukko

Metsäntutkimuslaitos. 2015. Metsänhoito- ja metsänparannustöiden kokonaiskustannukset. Metinfo tilastopalvelu. Luettu 26.4.2015.

http://tilastot.metla.fi/index.asp?bmark=../DATABASE/04*;METSIIEN*;HOITO/TILASTOT/4*;mhmp_kokonaiskustannukset&lang=FI&qv=Vuosi::last*;1%22Mets*228;keskus-alue::all%22Ty*246;laji::all%22Mets*228;nomistajaryhm*228;;Yksityiset*;ym.;Mets*228;teollisuusyritykset;Kaikki*;omistajaryhm*228;t&case=db

- Metsäntutkimuslaitos. 2015. Metsänhoito- ja metsänparannustöiden työmäärät. Metinfo tilastopalvelu. Luettu 23.4.2015.
http://tilastot.metla.fi/index.asp?bmark=../DATABASE/04*;METSIIEN*;HOITO/TILASTOT/1*;mhmp_tyomaarat&lang=FI&qr=Vuosi::last*;1%22Mets*228;keskusalue::all%22Ty*246;laji::all%22Mets*228;nomistajaryhm*228;:Yksityiset*;ym.:Mets*228;teollisuusyriykset;Kaikki*;omistajaryhm*228;t&case=db
- Metsäntutkimuslaitos. 2011. Puun korjuu ja kuljetus. Metsätilastollinen vuosikirja 2011. PDF-tiedosto. Luettu 18.3.2015.
http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/vsk/2011/vsk11_05.pdf
- Miettinen, R. & Uusvaara, O. 1983. Pystykarsitun männikön koesahaus. Folia Forestalia 566. Metsäntutkimuslaitos. Helsinki. 8 s.
- Mäkinen, H., Saranpää, P., Venäläinen, M. & Tuimala, A. 2005. Puun laatu ja siihen vaikuttavat tekijät. Teoksessa Hynynen, J., Valkonen, S. & Rantala, S. (toim.) Tuottava metsänkasvatus. Metsäntutkimuslaitos. Metsäkustannus. 121 – 135 s.
- Niemistö, P. 2013. Männikön harvennustapa ja -voimakkuus puntarissa – motteja ja euroja. Metsäntutkimuslaitos. PDF-tiedosto. Luettu 23.3.2015. http://fibic.fi/wp-content/uploads/2013/06/x7-1371636696-Harvennustavat_puntarissa_Niemisto.pdf
- Ojala, J. 2014. Kansallinen metsästrategia 2025. Maa- ja metsätalousministeriö. Luonnonvaraosasto. 17.10.2014. PDF-tiedosto. Luettu 25.3.2015.
http://www.tem.fi/files/41287/Kansallinen_metsastrategia_2025.pdf
- Pohjoismainen sahatavara. 1998. 2. painos. Suomen Sahateollisuusmiesten yhdistys. Jyväskylä. 64 s.
- Puuinfo. 2015. Puutavara – sanastoa ja käsitteitä. Luettu 18.3.2015.
<http://www.puuinfo.fi/puutieto/puu-materiaalina/puutavara-sanastoa-ja-k%C3%A4sitteit%C3%A4-0>
- Puuproffa. 2015. Sahaustapoja. Pro Puu ry. Luettu 25.3.2015.
http://www.puuproffa.fi/PuuProffa_2012/7/sahaus/sahaustapoja
- Rummukainen, A., Tervo, L., Kautto, K. & Pulkkinen, M. 2011. Maanmuokkaus- ja kylvölaiteyhdistelmien vertailuja männyn kylvössä Kainuussa ja Pohjois-Pohjanmaalla. Metsätieteen aikakauskirja 1/2011: 13–33. PDF-tiedosto. Luettu 20.4.2015.
<http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff11/ff1111013.pdf>
- RT-ohjekortti 21-10750. 2001. Sahattu ja höylätty puutavara. Rakennustietosäätiö. Kesäkuu 2001. 32 s. PDF-tiedosto. Luettu 24.3.2015.
http://www.oamk.fi/~pekkaki/puurakenteet_1/rt/10750.pdf
- RT-ohjekortti 21-10978. 2009. Puutavara. Sahattu, höylätty ja jatkojalosteet. Joulukuu 2009. 31 s. PDF-tiedosto. Luettu 24.3.2015.
<http://www.uswood.fi/PDF/RT%20kortti%202010.pdf>

Schäfer, H. 2015. Pystykarsinnan sato korjataan vuosikymmenten jälkeen. Maaseudun tulevaisuus 7.1.2015. PDF-tiedosto. Luettu 12.3.2015.
http://digi.viestilehdet.fi/epaper_MT/products/MT_-2015-01-07/pdfs/9.pdf

Sikanen, L., Tolvanen-Sikanen, T. & Harstela, P. (toim.) 1994. Puunhankinnan suunnittelumenetelmät – tutkimushankkeen loppuseminaari 24.11.1994. Puunhankinnan suunnittelun haasteet. Tiedonantoja 27. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. Joensuu. 84 s.

Taloussanommat. 2015. Lopen Rakennuspuu Oy. Luettu 27.4.2015.
<http://yritys.taloussanommat.fi/y/loopen-rakennuspuu-oy/loppi/9209758-2/>

TM-Rakennusmaailma. 2008. Sahatavara poikki ja pinoon. 26.2.2008. Numero 2/2008. Luettu 24.3.2015. <http://rakennusmaailma.fi/artikkelit/sahatavara-poikki-ja-pinoon>

Torvelainen, J. Metsätilastotiedote. 17/2012. 3.5.2012. Piensahat 2010. Metsätilastollinen tietopalvelu. Metsäntutkimuslaitos. Luettu 12.3.2015.
http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/mtt/2012/piensahat_2010.pdf

Tschokkinen, P. Myyntipäällikkö. Puhelinhaastattelu 28.4.2015. Haastattelija Koivisto, I.

Tuimala, A. 2002. Hoidetun ja hoitamattoman männyn laatu päätehakkuuvaiheessa. Teoksessa Nurmi, J., Verkasalo, E. & Kokko, A. (toim.) Pohjanmaan puunlaatu ja –käyttö. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 861. Metsäntutkimuslaitos. Vantaan tutkimuskeskus. 44 – 59 s.

Uusvaara, O. 1993. Pystykarsituista männiköistä valmistetun sahatavaran laatu ja arvo. Folia Forestalia 816. Metsäntutkimuslaitos, Helsinki. 26 s.

Uusvaara, O. & Saukkonen, T. 1997. Kasvatustiheyden ja lannoituksen vaikutus nuorten kylvömänniköiden ulkoiseen laatuun. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 656. Metsäntutkimuslaitos. Vantaan tutkimuskeskus. 25 s.

Uusvaara, O. 1999. Pystypuiden karsinta. Teoksessa Kanninen, K. (toim.) Metsäteknologia muuttuvassa metsätaloudessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 720. Metsäntutkimuslaitos. 110 – 115 s.

Velling, P. 1978. Puun laatu paremmaksi metsää jalostamalla. Metsä ja puu: metsätaloudellinen aikakauslehti. 9 – 12 s.

Velling, P. 1981. Skogsträdsförädlingen som en del i produktionen av kvalitetsvirke. Skogsbruket 9. 208 – 211 s.

Verkasalo, E. 12.10.2012. Laatukasvatus – puuntuottajan ja puunkäyttäjän yhteinen asia. Metsäntutkimuslaitos. Luettu 12.3.2015. <http://www.metla.fi/uutiskirje/puu/2012-03/uutinen-2.html>

Vuokila, Y. 1976. Karsimisen vaikutus männyn ja koivun terveystilaan. Folia Forestalia 281. Metsäntutkimuslaitos. Helsinki. 13 s.

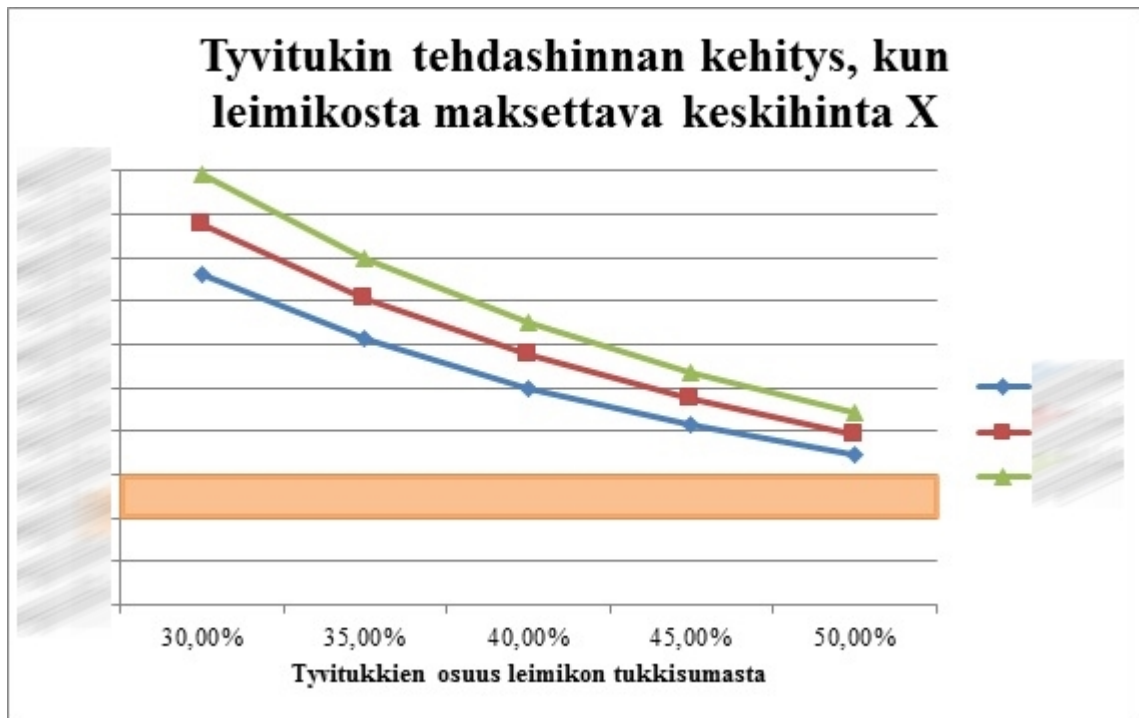
Vuokila, Y. 1982. Metsien teknisen laadun kehittäminen. Folia Forestalia 523. Metsäntutkimuslaitos. Helsinki. 55 s.

Yara. 2015. Metsänlannoitusopas. 27 s. Luettu 25.3.2015.
http://www.yara.fi/images/YARAMetsalannoitusopas2012LoRes_tcm431-119664.pdf

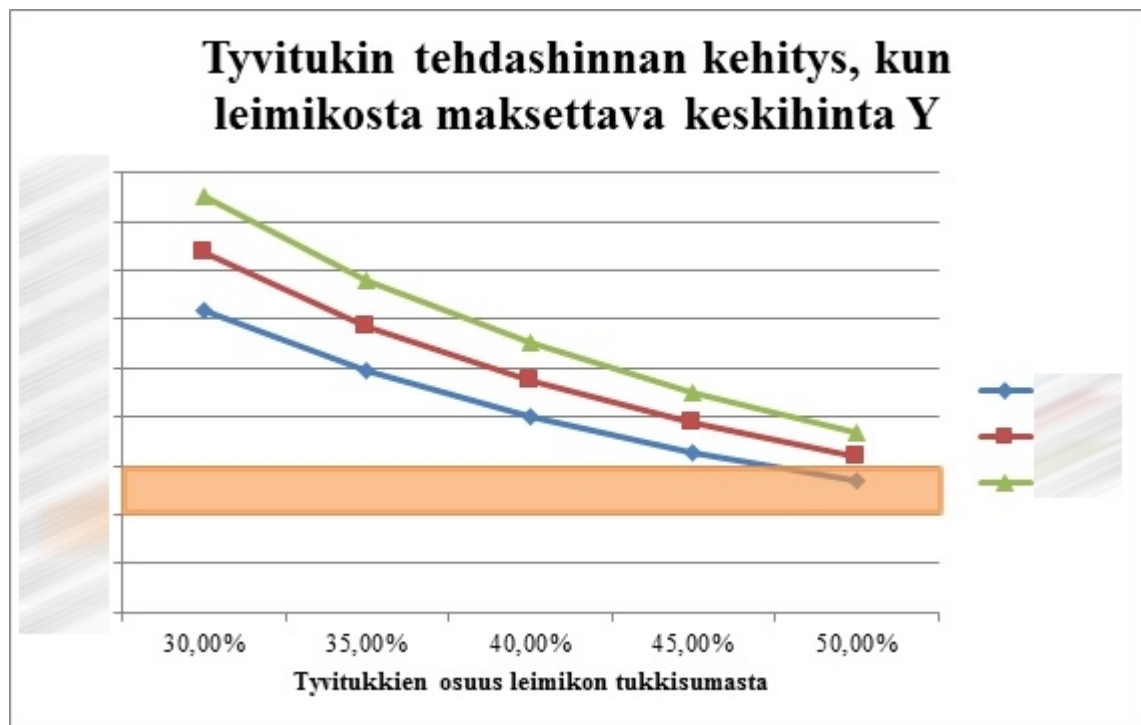
Äijälä, O. Kuusinen, M. & Koistinen, A. (toim.) 2010. Hyvän metsänhoidon suositukset energiapuun korjuuseen ja kasvatukseen. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja. 31 s.

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (toim.). 2014. Metsänhoidon suositukset. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja. Metsäkustannus Oy. 181 s.

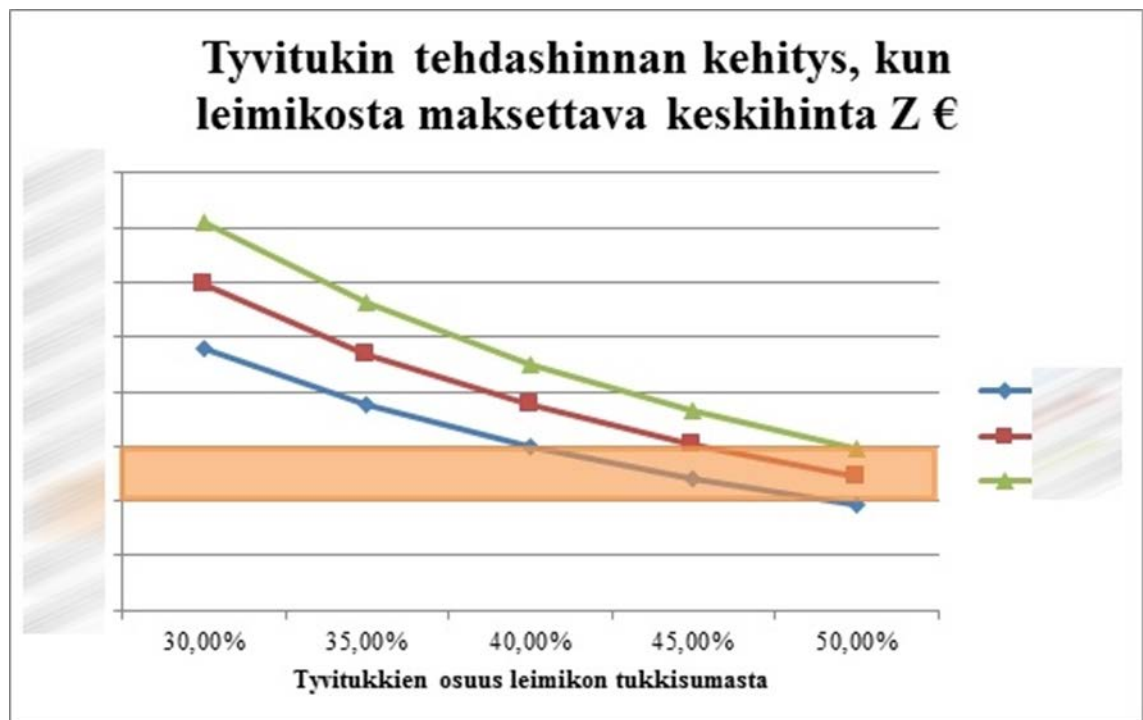
LIITTEET

Liite 1. Tyvitukin hinnan kehitys, kun leimikosta maksettava keskihinta X e/m³

Tyvitukin tehdashinnan kehitys, kun leimikosta maksetaan X euron suuruinen kantohinta. Oranssi alue ilmaisee tukin tavoitteellisen tehdashinnan. Eriväriset viivat indikoivat sitä, kuinka suureksi lankeaa tyvitukin hinta, kun leimikosta maksettavan keskihinnan erotus välitettäviin tukkeihin on tietty.

Liite 2. Tyvitukin hinnan kehitys, kun leimikosta maksettava keskihinta on $Y \text{ e/m}^3$ 

Tyvitukin tehdashinnan kehitys, kun leimikosta maksetaan Y euron suuruinen kantohinta. Oranssi alue ilmaisee tyvitukin tavoitteellisen tehdashinnan. Eriväriset viivat indikoivat sitä, kuinka suureksi lankeaa tyvitukin hinta, kun leimikosta maksettavan keskihinnan erotus välitettäviin tukkeihin on tietty.

Liite 3. Tyvitukin hinnan kehitys, kun leimikosta maksettava keskihinta $Z \text{ e/m}^3$ 

Tyvitukin tehdashinnan kehitys, kun leimikosta maksetaan Z euron suuruinen kantohinta. Oranssi alue ilmaisee tyvitukin tavoitteellisen tehdashinnan. Eriväriset viivat indikoivat sitä, kuinka suureksi lankeaa tyvitukin hinta, kun leimikosta maksettavan keskihinnan erotus välitettäviin tukkeihin on tietty.