

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Metsätalouden koulutusohjelma

Sanna Vornanen

APTEERAUKSEN TOTEUTUMINEN ETELÄ-SUOMEN METSÄNOMISTAJIEN
LIITON ALUEELLA

Opinnäytetyö 2012

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Metsätalous

VORNANEN, SANNA

Apteerauksen toteutuminen Etelä-Suomen Metsänomistajien liiton alueella

Opinnäytetyö

42 sivua + 3 liitesivua

Työn ohjaaja

Lehtori Jyri Mulari

Toimeksiantaja

Metsänomistajien liitto Etelä-Suomi

Maaliskuu 2012

Avainsanat

puukauppa, puunkorjuu, korjuun valvonta, katkonta, hakkuukonemittaus, metsänhakkuusopimus, tavaralajimennelmä

Metsänhoitoyhdistykset valvovat puukaupan yhteydessä puunkorjuuta. Tarkoituksena on valvoa, että puukauppa ja puunkorjuu suoritetaan sovitusti. Korjuun valvontaan kuuluu korjuun toteutuksen ja ympäristön suojelun seurannan lisäksi puutavaran mittauksen valvonta. Tällä hetkellä se rajoittuu mittalaitteen tarkkuuden tarkistukseen ja käytettyjen mittojen pääpiirteittäiseen arviointiin.

Opinnäytetyössä tutkitaan hakkuuoikeussopimuksissa määritellyn katkonnan toteutusta ja tukkisaantoa Metsänomistajien liitto Etelä-Suomen alueella vuosina 2009 - 2012. Työssä tarkastellaan puukaupan asiakirjoista metsänhakkuuoikeussopimuksia sekä korjuun jälkeen saatavia prd-muotoisia pitkiä mittalistoja. Mittalistoista johdetaan läpimitta- ja pituusjakaumat puulajeittain sekä tukkiprosentti.

Tutkimuksessa selvisi, että puunostajat enimmäkseen noudattivat hakkuuoikeussopimuksissa määriteltyjä katkontarajoja. Kuitenkaan katkonnot eivät olleet aina metsänomistajan kannalta optimaalisia, vaan puun korjuussa oli käytetty vain tiettyä mitta-luokkaa tai lyhyiden pituusluokkien osuus oli vähäinen.

Puukaupan osapuolet haluavat puukaupasta läpinäkyvämpää. Tutkimus osoitti, että katkonnan seurannan kehittäminen toisi puukauppaan tarvittua läpinäkyvyyttä ja näin luotettavuutta puukaupan sopijaosapuolien välille.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Forestry

VORNANEN, SANNA

Fulfillment of Bucking in Forest Owners' Union of Southern Finland Area

Bachelor's Thesis

42 pages + 3 pages of appendices

Supervisor

Jyri Mulari, MSc

Commissioned by

Forest Owners' Union of Southern Finland

March 2012

Keywords

wood trade, harvesting, supervision of harvesting, bucking, felling machine measurement, felling agreement, shortwood assortment method,

Forest Management Associations operate as supervisors in forest harvesting. The function of supervision is that standing sale and forest harvesting are fulfilled according to the felling agreement. Supervision of forest harvesting also includes monitoring harvesting implementation, environmental protection and measurements of timber. At present supervision of timber measurements is limited in inspection of measuring device and evaluation of used dimensions.

The purpose of this thesis is to research the fulfillment of bucking and acquisition of logs in the area of Forest Owners' Union of Southern Finland in 2009-2012. In this thesis the differences between agreed dimensions in felling agreement and dimension list in prd-form are researched. The distribution of diameter and length dimensions and percentage of logs are received from these lists.

The research showed out that on an average the purchaser of round wood obeys the bucking limits defined in a felling agreement. Nevertheless bucking was not always ideal for forest owners because only some dimensions were used there or the percentage of short length dimensions was minor.

The parties of wood sales proclaim transparency in sales. The research indicates that the development of more accurate controlling of bucking would bring transparency in sales and hence create reliability among parties.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	6
1.1	Työn tausta	6
1.2	Työn tavoitteet	6
2	METSÄNHOITOYHDISTYKSEN ROOLI PUUKAUPASSA	6
2.1	Metsänhoitoyhdistysten toiminta	6
2.2	Puukauppa valtakirjalla	7
2.3	Korjuun valvonta	7
3	PUUTAVARAN MITTAUS JA KATKONNAN OHJAUS	10
3.1	Hakkuukonemittaus	10
3.1.1	Mittalaitteen ominaisuudet ja asetetut vaatimukset	11
3.1.2	Mittausmenetelmä, perusmittauksen suoritus ja seuranta	12
3.1.3	Hakkuukonekontrolli ja mittauksen tarkkuus	13
3.2	Katkonta	15
3.2.1	Katkonnan periaatteita ja ongelmia	15
3.2.2	Hakkuukoneen kuljettajan merkitys apterauksessa	16
3.2.3	Katkonta hakkuuoikeussopimuksessa	17
3.2.4	Katkonnan ohjaus	17
3.2.5	Optimaalinen katkontavaihtoehto	19
3.2.6	Prd-tiedosto	21
4	AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT	22
4.1	Aineisto	22
4.2	Tutkimusmenetelmät	23
5	TUTKIMUSTULOKSET	25
5.1	Arvioitujen kuutiomäärien tarkkuus ja tukkiprosentit yhtiöittäin	25
5.2	Tukkijakaumat	27

5.2.1	Mäntytukkien jakaumat	27
5.2.2	Kuusitukkien jakaumat	28
5.2.3	Koivutukkien jakaumat	30
5.3	Minimiläpimittaan katkottujen pölkkyjen osuus teoreettisesta maksimista	31
5.3.1	Mäntytukkien kertoimet	31
5.3.2	Kuusitukkien kertoimet	32
6	TULOSTEN TARKASTELU	32
6.1	Arvioitujen kuutiomäärien tarkkuus ja tukkiprosentit	33
6.2	Katkonnan laatu	34
6.2.1	Mäntytukkien jakaumat	35
6.2.2	Kuusitukkien jakaumat	36
6.2.3	Koivutukkien jakaumat	36
6.2.4	Minimiläpimittaan katkottujen pölkkyjen osuus teoreettisesta maksimista	37
6.3	Virhelähteet	37
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	38
7.1	Katkonnan seurannan kehittäminen	38
7.2	Arvoasteikko	39
LIITTEET		
Liite 1. Puunkorjuun valvontaraportti		
Liite 2. Mäntytukkien läpimittajakauma		
Liite 3. Kuusitukkien läpimittajakauma		

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Opinnäytetyön aihe tuli metsäkoneita käsittelevältä kurssilta, jolloin kiinnostuin metsäkoneiden käyttämästä tekniikasta, apteerauksesta sekä katkonnan laadusta. Keskustelin aiheesta MTK:n tutkimuspäällikön Erno Järvisen kanssa ja hän neuvoi kääntymään Etelä-Suomen Metsänomistajien liittoon kattavan aineiston saamiseksi. Työn toimeksiantajana toimi Esko Laitinen Etelä-Suomen Metsänomistajien liitosta ja aineiston sain Metsänhoitoyhdistys Kymenlaaksosta ja Metsänhoitoyhdistys Päijät-Hämeestä. Suomen Metsäsäätiö on myöntänyt työn toteutukseen apurahan.

Työn teoriaosuudessa selvitän sekä metsänhoitoyhdistysten toimintaa valtakirjapuukaupoissa että metsänhoitoyhdistysten korjuun valvontaa ja hakkuukoneen puutavarannmittausta. Työn tutkimusosiossa käyn läpi käytettyä tutkimusmenetelmää, aineistoa ja siitä saatavia tunnuslukuja sekä tutkimuksen tuloksia ja johtopäätöksiä.

1.2 Työn tavoitteet

Metsänomistajalle on tärkeää, että myydyn metsän korjuu on suoritettu niin, että rahallinen saanto on siitä mahdollisimman suuri. Arvoapteerauksella on pyrittävä tekemään mahdollisimman suuri osa tukeiksi, jolloin tukeista saa mahdollisimman paljon arvokasta puutavaraa (Kiviniemi 2006, s. 283). Metsänomistaja ei aina itse pysty valvomaan korjuuta niin, että voisi varmistua saannon olevan optimaalinen. Metsänhoitoyhdistykset tarjoavatkin korjuunvalvontapalvelua valtakirjakauppojen yhteydessä. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, toteutuvatko hakkuusopimuksessa annetut katkontatiedot ja hakkuumäärät sekä millaiset ovat tukkisaannot.

2 METSÄNHOITUYHDISTYKSEN ROOLI PUUKAUPASSA

2.1 Metsänhoitoyhdistysten toiminta

Metsänhoitoyhdistysten tarkoitus on auttaa metsänomistajia hoitamaan metsäomaisuuttaan sekä saamaan siitä mahdollisimman suuren hyödyn. Metsänhoitoyhdistykset ovat metsänomistajien oma organisaatio ja yhdistyksen palveluihin on oikeutettu maksamalla veroluontoista metsänhoitomaksua. Toiminta kattaa koko Suomen. Vuoden

2012 alussa Suomessa oli 103 metsänhoitoyhdistystä, mutta määrä on pienenemässä koko ajan yhdistysten fuusioituessa (Metsänhoitoyhdistykset, www.mhy.fi.)

Yhdistykset tarjoavat mm. puunmyyntisuunnitelmien laadintaa, puun myyntiä toimeksiannolla eli valtakirjakaupalla, metsänhoitotöiden suunnittelua ja toteutusta sekä arviointipalveluita ja koulutusta sekä neuvontaa (Metsänhoitoyhdistykset, www.mhy.fi.)

2.2 Puukauppa valtakirjalla

Metsänomistaja voi myydä leimikkonsa metsänhoitoyhdistyksen kautta, jolloin hän allekirjoittaa valtakirjan oman metsäneuvojansa kanssa. Valtakirja voidaan määritellä kattamaan pelkästään puukaupparjousten kilpailutuksen ja vertailun, mutta useimmiten valtakirjaan sisällytetään myös puukaupan, korjuun ja mittauksen valvonta (Metsänhoitoyhdistykset, www.mhy.fi.)

Valtakirjalla tehtävät puukaupat ovat kasvattaneet suosiotaan metsänomistajien keskuudessa. Suurin syy tähän on metsänomistajarakenteen muutokset. Metsänomistajakunta on nuorentunut sukupolvenvaihdosten takia ja osaltaan myös kaupungistunut. Metsänomistajat eivät ole enää lähellä omaisuuttaan, eikä heillä välttämättä ole kokemusta metsien hoidosta tai puukaupasta. Tällöin valtakirjakauppa koetaan helpoksi tavaksi hallita metsäomaisuuttaan.

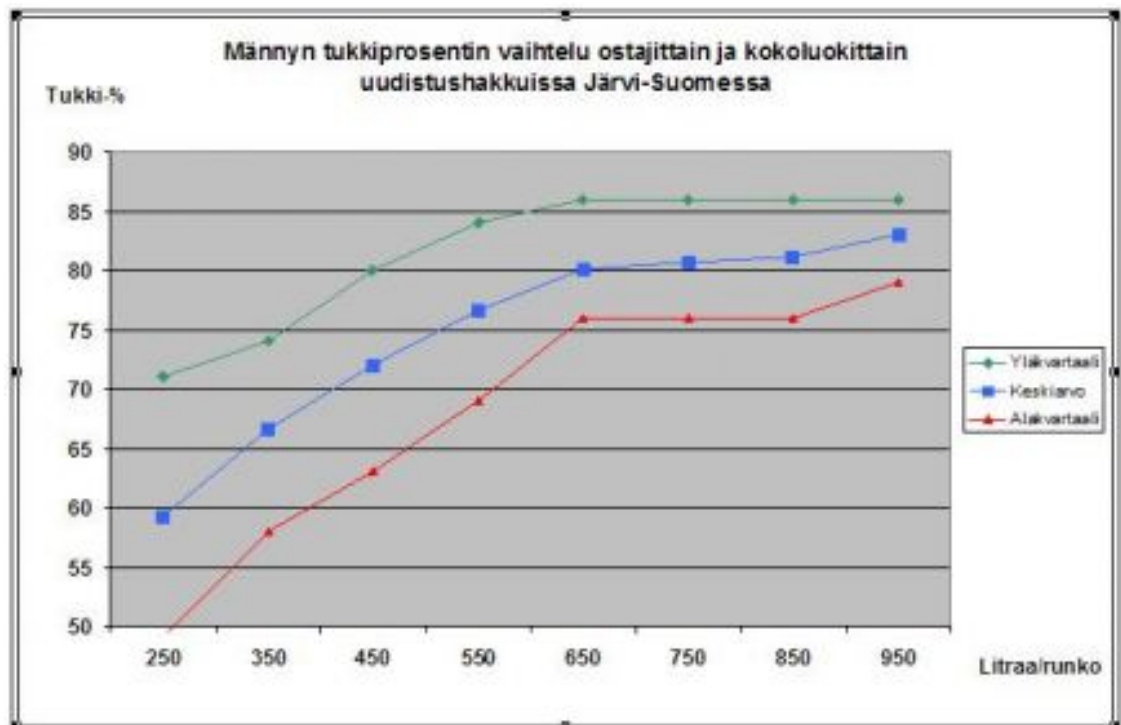
Metsänomistajista on myös tullut entistä markkinatietoisempia. Valtakirjapuukauppa koetaan helpoksi ja asiantuntevaksi tavaksi selvittää paras markkinahinta puunmyyntitilanteessa.

2.3 Korjuun valvonta

Korjuun valvonta on yksi metsänhoitoyhdistysten palveluista. Valvonnalla varmistetaan, että puunkorjuu tapahtuu sovittujen ehtojen mukaan metsänomistajan etuja silmällä pitäen. Korjuun valvonnassa kiinnitetään huomiota puutavaran mittaukseen, korjuun toteutukseen sekä ympäristöön. Hakkuunvalvonnassa käytetään Hyvän metsänhoidon suosituksia (2006). Jos metsänomistajalla on omat, suosituksista poikkeavat tavoitteet hakkuunjälkeiselle metsikölle, sovelletaan valvonnassa niitä pitäen kuitenkin mielessä metsälain asettamat raja-arvot. (Metsänhoitoyhdistysten Palvelu Oy, 2008.)

Valvottaessa puutavaran mittausta kiinnitetään huomiota hakkuukoneen mittalaitteen tarkkuuteen sekä käytettyihin mitta- ja laatuvaatimuksiin. Runkojen katkonnassa kiinnitetään huomiota erityisesti puutavaralajien jakautumiseen tukki- ja kuituosuuksiin sekä käytettyihin latvaläpimittoihin. Hakkuukoneelta saadaan myös puutavaralajien pituus- ja läpimittajakaumataulukot sekä niiden yhteenvedot (prd-tiedosto) ja tarkastusmittaustiedot (ktr-tiedosto). Työmaakäynnillä suoritetaan myös hakkuukonemittakontrolli. (Metsänhoitoyhdistysten Palvelu Oy, 2008.)

Tärkein tunnus, jota korjuun valvonnassa käytetään, on tukkiprosentti. Suuruus riippuu ensisijaisesti puuston järeydestä. Suuremmista järeysluokista saadaan helpommin hyvä tukkiprosentti kuin pienemmistä. Tukkiprosenttiin vaikuttaa myös katkonta, sillä samoilla mitta- ja laatuvaatimuksilla lopputulos voi olla hyvinkin erilainen. Oheisesta kuvasta näkyy männyn keskimääräiset tukkiprosentit päätehakkUILta rungon kokoluokittain sekä parhaan ja heikoimman ostajaneljänneksen tukkiprosenttien keskiarvot (kuva 1.) Tästä huomataan, että parhaimman ja huonoimman katkonnantoiteuttajan välillä on yli 10 % eroa.



Kuva 1. Männyn tukkiprosentin vaihtelu ostajittain ja kokoluokittain uudistushakkuissa Järvi-Suomessa. (Rintala 2008, s. 4.)

Työmaakäynnillä kiinnitetään huomiota myös korjuun laatuun. Harvennusleimikoilla tarkastetaan harvennusvoimakkuus ja ajouraväli sekä arvioidaan poistettavien puiden valintaa. Kaikilla leimikoilla tarkastetaan kantojen pituudet sekä mahdolliset korjuuvauriot jäljelle jääneestä puustosta. Jos hakkuu on suoritettu 1.5. – 31.9 ja leimikko on havupuuvaltainen kivennäismaa, tarkastetaan juurikäävän torjunta-aineen levitys. Puutavaran ajon jälkeen tarkastetaan myös, ettei leimikolle ole jäänyt ajamattomia puita. Nämä arvioidaan koko kuviolta kokonaismääränä.

Hakkuun suorittajan tulee myös ottaa huomioon luontokohteet sekä säästöpuut. Myös näihin asioihin korjuunvalvonta kiinnittää huomiota. Työmaan täytyy olla hakkuun jälkeen siisti ja luontokohteet on otettu huomioon.

Korjuujälki tarkastetaan yleensä silmävaraisesti, mutta tarvittaessa laatu voidaan määrittää systemaattisen mittauksen avulla. Silmävaraista tarkastelua varten työmaakäynnille otetaan mukaan puunmyyntisuunnitelma, metsänkäyttöilmoitus, kartta, puukauppasopimus liitteineen sekä Puunkorjuun valvonta –maastolomake (liite 1). Yleensä silmävarainen arviointi on riittävä, mutta joskus on suoritettava tarkempia mittauksia selvän tuloksen aikaansaamiseksi. (Metsänhoitoyhdistysten Palvelu Oy 2008.)

Korjuujälki tarkastetaan sijoittamalla kuviolle systemaattisesti 5 - 10 koealaa kuvion koosta riippuen. Kiinteäsäteisiltä puoliympyräkoeloilta määritetään runkoluku puulajeittain, runko- ja juurivauriot sekä kantojen korkeus ja läpimitta. Samasta keskipisteestä mitatulta kokonaiselta relaskooppikoealalta mitataan pohjapinta-ala (m²/ha), valtapituus (m) eli koealan sadan paksuimman puun aritmeettinen keskipituus sekä pohjapinta-alalla painotettu rinnankorkeuskeskiläpimitta. (Metsänhoitoyhdistysten Palvelu Oy 2008.)

Ajoura on puutavaran kuljetusta varten tehty ura, jota käyttää sekä ajo- että hakkuukone. Harvennusleimikon ajouraväliä tarkastettaessa ei kuitenkaan oteta huomioon hakkuu-uraa, joka on ajourien välissä oleva ura leimikolla liikkumista ja työskentelyä varten. Ajourista mitataan kahden uran välinen etäisyys, ajouran leveys sekä mahdolliset ajourapainumat. (Metsänhoitoyhdistysten Palvelu Oy 2008.)

Jos korjuun laadussa havaitaan puutteita, raportoidaan siitä välittömästi puun korjuusta vastaavalle henkilölle. Korjaustoimet olisi aloitettava välittömästi. Korjuun jälkeen

metsänomistaja saa raportin (liite 1), josta ilmenevät kaikki mahdolliset poikkeamat ja korjaukset. Vakavissa poikkeamissa metsänomistajaan ollaan yhteydessä heti, kun ne havaitaan ja sovitaan tarvittavista jatko-toimenpiteistä. (Metsänhoitoyhdistysten Palvelu Oy 2008.)

Metsänomistaja voi hakea hyvitystä, jos korjuussa on ilmennyt taloudellisesti haitallisia poikkeamia. Tällaisia ovat esimerkiksi liian voimakas hakkuu, korjuuvaurio tai pitkät kannot. Liian vähäinen hakkuu on yleensä korjattavissa lisähakkuilla, mutta voimakas hakkuu saattaa johtaa jopa vajaatuottoisuuteen ja metsänuudistamiseen. (Metsänhoitoyhdistysten Palvelu Oy, 2008.)

Korvausvaatimukset toteutetaan aina tapauskohtaisena harkintana. Vaatimusta laadittaessa on aina otettava huomioon myös puuston laatu ja määrä ennen hakkuuta, sillä vanhat vauriot ja puuston epätasaisuus vaikuttavat myös lopputulokseen. Ennen vaatimusta on myös tarkistettava, onko vahinko mahdollista korjata osin tai jopa kokonaan maastossa tehtävien toimenpiteiden avulla. Tämä tulee kysymykseen esimerkiksi metsäautotien rikkomisessa tai ajourapainauksissa. (Metsänhoitoyhdistysten Palvelu Oy, 2008.)

Korjuujäljen maastotarkastuslomakkeen ja laskentapohjan avulla pystytään määrittämään taloudellisten menetysten suuruusluokka, jota ei voida kuitenkaan käyttää suoraan korvausvaatimuksena vaan pelkästään perusteena, jolla sopijaosapuolet lähtevät neuvottelemaan hakkuussa syntyneiden taloudellisten vahinkojen korvaamisesta. Korvausesityksestä neuvotellaan aina metsänomistajan kanssa ja puunostajan kanssa pyritään poikkeuksetta molempia osapuolia tyydyttävään neuvotteluratkaisuun. (Metsänhoitoyhdistysten Palvelu Oy, 2008.)

3 PUUTAVARAN MITTAUS JA KATKONNAN OHJAUS

3.1 Hakkuukonemittaus

Hakkuukonemittaus on vakiintunut Suomessa käytetyimmäksi työ- ja luovutusmittaukseksi. Pystykaupoissa sen osuus on yli 95 % mitatusta puumäärästä. (Verkasalo, E., Lindbland, J. & Melkka, T. 2012.) Maa- ja metsätalousministeriön asetuksen nro 15/06 mukaan hakkuukonemittaus on määritelty seuraavasti:

Hakkuukonemittauksella tarkoitetaan hakkuukoneella valmistettavan puutavaran tilavuuden mittausta valmistuksen yhteydessä koneen mittalaitteella. Mittausta tulee edeltää toimet, joilla varmistetaan, että mittaus tehdään sovittujen mitta- ja laatuvaatimusten mukaisesti.

Maa- ja metsätalousministeriö asetti työryhmän valmistelemaan puutavaranmittauslainsäädännön uudistamista huhtikuussa 2011. Työryhmän tavoitteena on ajantasaistaa lainsäädäntö yhteensopivaksi mittauslaitelain kanssa sekä kytkeä energiapuunmittaus osaksi lainsäädäntöä. Mittausmenetelmille ja –laitteille asetettavia vaatimuksia on tarkoitus yhtenäistää. Tavoitteena on myös päästä eroon laitevalmistajakohtaisista menetelmäohjeista ja tarkkuusvaatimukset asetettaneen tulevaisuudessa mittausmenetelmäryhmittäin, jolloin ne vastaavat paremmin käytännön toiminnan vaatimuksia. (Puumies 1/2012.)

3.1.1 Mittalaitteen ominaisuudet ja asetetut vaatimukset

Maa- ja metsätalousministeriön asetuksessa nro 15/06 on määritelty seuraavat hakkuukoneen mittalaitteen ominaisuudet:

- *Valmistetun puutavaran tai rungon osanpituuden ja läpimitan mitta*
- *Tilavuuden laskenta pätkittäin ja tulosten rekisteröinti $0,001m^3:n$ tarkkuudella*
- *Tyvipölkyn tyviosan tilavuuden laskenta liitteen 2 tai liitteen 3 mukaisesti*
- *Pituuden ja läpimitan näyttö*
- *Tulostus myös paperille*
- *Säätöarvojen rekisteröinti ja tulostus*
- *Yksittäisten mitta-arvojen tarkastusmahdollisuus*

- *Mittalaitteen toimivuuden seurannassa tarvittavien näyterunkojen valinta satunnaisesti sekä näiden runkojen mittaustietojen ja tulosten rekisteröinti*

Asetus edellyttää mittalaitteelta teknistä luotettavuutta eli laitteen tulee toimia luotettavasti kaikissa korjuuolosuhteissa. Mittalaitteen mittausteknisten ominaisuuksien tulee olla tarkastettavissa ja säädettävissä sekä mittauserän mittauksen aikana käytettyjen pituuden ja läpimitan säätöarvojen ja –ajankohtien tulostettavissa. (Maa- ja metsätalousministeriö 2006.)

Mittalaitteen tulee rekisteröidä muistiinsa runkotiedot runkolajeittain, mittauserän tilavuus runko- ja puutavaralajeittain tai rungonosittain sekä pölkkyjen kappalemäärä puutavaralajeittain. Mittalaitteelta tulee saada tarkastusmittausta varten tuloste ilman, että se häiritsee kesken olevaa mittauserää. Tulosteen tietojen on oltava saatavilla vähintään viideltäkymmeneltä edelliseltä pölkyltä 0,001 m³:n tarkkuudella. Kaikkien erän tietojen on oltava säilytettyinä, kunnes koko mittaerä on saatu mitattua. (Maa- ja metsätalousministeriö 2006.)

3.1.2 Mittausmenetelmä, perusmittauksen suoritus ja seuranta

Asetus määrittelee, että tilavuus tulee mitata ja laskea lieriön tai katkaistun kartion kaavaa käyttäen kymmenen senttimetrin tai sitä lyhyemmin välein mitattujen pölkyn läpimittojen ja mittaussvälin perusteella. Läpimitta mitataan kuoren päältä yhden mm:n tasaavin luokin. Pituudet mitataan yhden cm:n tasaavin luokin. Tyvipölkyn tyviosa mitataan kuitenkin niin, että ensimmäinen läpimitan mittauskohda on 1,3 m:n päässä leikkauskohdasta. (Maa- ja metsätalousministeriö 2006.)

Käytännössä mittaus tapahtuu hakkuupään mitta-antureilla sekä mekaanisen syöttöruulan pituusmitta-anturilla. Kouran karsiessa runkoa latvaa kohti kouran pohjalla oleva mittarulla pyörii samalla mitaten pituutta ja rungon läpimitan mittaus tapahtuu kahden anturin ristimitauksella. Lopullinen, hakkuukoneen ohjaamon näytöllä näkyvä läpimitta on käynyt läpi suodatuksen, joka poistaa epäloogisuudet. Runkoa karsittaessa siis oletetaan läpimitan pienenevän latvaa kohti. (Uusitalo 2003a, s. 152 – 153.)

Kun uusi mittauserä aloitetaan, tulee työn suorittajan varmistaa, että laitteelle on tallennettu uuden mittauserän tunnistetiedot sekä puutavaralajikohtaiset mitta- ja laatuvaatimukset. Työn suorittajan on myös tarkistettava mittalaitteen toiminta mittauserän valmistusta aloitettaessa. Jos olosuhteissa on tapahtunut merkittäviä muutoksia (lämpötila, kuoren irtoaminen, puuston ominaisuudet ym.), on työn suorittajan tarkastettava ja tarvittaessa säädettävä mittalaite uudelleen mittalaitteesta saatavien tietojen perusteella. (Maa- ja metsätalousministeriö 2006.)

Asetus määrää, että mikäli mittauserän tekemisen aikana havaitaan mittaustulokseen vaikuttavia tekijöitä, on mittaus keskeytettävä välittömästi. Siihen asti valmistetun tavaran mittaustiedot säilytetään ja keskeytyskohta merkitään selvästi maastoon. Mikäli häiriö estää mittalaitteen käyttämisen jatkossa, mittauserässä tämän keskeytyksen jälkeen tehty puutavara mitataan ministeriön vahvistamalla muulla mittaustavalla. Työn suorittaja vastaa pölkkyjen kirjautumisesta oikeille puutavaralajeille tai rungonosille. (Maa- ja metsätalousministeriö 2006.)

Asetus velvoittaa työn suorittajan seuraamaan mittalaitteen toimintaa tasaisin väliajoin. Seurannassa hänen tulee verrata tehtyjen pölkkyjen pituuksia ja läpimittoja mittalaitteelle rekisteröityneisiin tietoihin. Näyterungot tulee valita satunnaisesti ja otantasuhde on asetettava niin, että arvonta osuu vähintään 2 - 3 työpäivän välein riippuen mittaustarkkuuden tuloksista. Rungot mitataan samalla periaatteella kuin tarkastusmittauksissa. (Maa- ja metsätalousministeriö 2006.)

3.1.3 Hakkuukonekontrolli ja mittauksen tarkkuus

Asetus edellyttää mittauksen sekä laskentatuloksen tarkastuksia tasaisin väliajoin. Tarkastuksella valvotaan mittauksen oikeellisuutta ja sitä, että työn suorittaja noudattaa annettuja mitta- ja laatuvaatimuksia. (Maa- ja metsätalousministeriö 2006.)

Kontrollin eli tarkastuksen suorittaa hakkuuoikeuden haltija, urakanantaja, työnantaja tai heidän valtuuttamansa henkilö. Kontrollimittauksessa voivat olla läsnä myös muut mittauksen osapuolet tai heidän edustajansa. Kontrolli tulee myös suorittaa, jos puunmyyjä, -ostaja, hakkuuoikeuden haltija, työnantaja, työnsuorittaja tai heidän edustajansa sitä vaatii. Tarkastus kohdistuu kaikkiin niihin koneisiin, joiden tulosta käy-

tään puiden luovutusmittana tai palkanmaksumääränä. (Maa- ja metsätalousministeriö 2006.)

Asetus määrittää, että hakkuukonekontrollissa pölkyt mitataan ristimitoituksella kuoren päältä 1mm:n tarkkuudella enintään 1 m:n välein niin, että tyvipölkyn mittauskohdat ovat 1,3 m, 1,5 m, 2,5 m, jne. ja viimeisen pölkynosan puoliväli. Muilla pölkyillä mittauskohdat ovat 0,5 m, 1,5 m, 2,5 m jne. ja viimeisen pölkynosan puoliväli. Pölkkyjen pituus mitataan 1 cm tarkkuudella. Pölkyn tilavuus lasketaan sylinterin kaavalla kuitoitujen pätkien summana. (Maa- ja metsätalousministeriö 2006.)

Hakkuukonekontrolli suoritetaan aina otantamittauksena. Otannassa täytyy olla vähintään kolmekymmentä pölkkyä pääpuutavaralajista, mutta kuitenkin niin, että kustakin puutavaralajista otetaan vähintään kymmenen pölkkyä. Jos hakatun puuston määrä on vähäinen, voidaan kymmenen pölkyn minimimäärää soveltaa puutavaralajiryhmälle. Jos tällöinkään puutavaralajiryhmään ei kerry kymmentä pölkkyä, voidaan ryhmä jättää huomiotta kontrollissa. (Maa- ja metsätalousministeriö 2006.)

Hakkuukoneen mittausta pidetään hyväksyttävänä, jos tukki- ja kuitupuutavaralajiryhmän tai rungonosaluokan ero perusmittaukseen verrattuna on enintään $\pm 4\%$. Jos tarkastustulos poikkeaa annetuista raja-arvoista, on tehtävä lisätarkastus, joka kohdistuu niihin puutavaralajeihin, joissa raja-arvot ovat ylittyneet. Jos lisätarkastus tuottaa saman tuloksen, on mittalaitetta säädettävä. Tarkastusmittauksen tuloksista on ilmoitettava kaikille mittausosapuolille. Mittaustulos oikaistaan puutavaralajiryhmän tai rungonosaluokan sisällä puutavaralajeittaisten tai rungonosaluokittaisten määräerojen mukaisesti. (Maa- ja metsätalousministeriö 2006.)

Asetus käsittelee erimielisyydet mittaustuloksista seuraavasti:

Perusmittaustulokseen tyytymätön osapuoli voi ilmoittaa tyytymättömyytensä perusmittauksesta vastaavalle osapuolelle ja pyytää virallista mittausta puutavaran mittaustuloksissa säädettyjen määräaikojen kuluessa. Mikäli virallista mittausta ei ole pyydetty puutavaran mittaustuloksissa säädettyjen määräaikojen kuluessa, katsotaan perusmittauksen tulos lopulliseksi.

Hakkuukonekontrollien lisäksi on suositeltavaa, että hakkuukoneen kuljettaja tarkistaa kerran työvuoronsa aikana mittapään pituusmitan tarkkuuden. Mikäli päivittäisissä tarkastuksissa huomataan systemaattista virhettä, on mittalaitetta hyvä kalibroida ja toistaa tarkastusmittaukset. Pituusmitan tarkkuuteen vaikuttavat erityisesti hakkuu- ja mittalaitteiden kunto sekä rungon kuoren irtoavuus. Mittauksessa tulee helposti virheitä, jos olosuhteet ovat erityisen vaihtelevia. Esimerkiksi nila-aikaan kuori irtoaa helposti ja saattaa estää mittapyörän sujuvan pyörimisen. Hakkuukoneen kuljettajalla on siis keskeinen rooli katkontatarkkuuden ylläpidossa, ja tämä on tärkeää ottaa huomioon uusia kuljettajia koulutettaessa. (Korpilahti, A., Hujo, S. & Poikela, A. 2006.)

Katkongan tarkkuuden valvontaan on myös kehitetty koko ajan uusia ja tarkempia menetelmiä. Ruotsalainen metsäteknologian tutkimus on tässäkin ollut edelläkävijä. Uusimpia tapoja mittaustarkkuuden kontrollointiin on kehittänyt ruotsalainen metsäntutkimuslaitos Skogforsk ruotsalaisen metsätietokeskuksen (SDC) sekä puutavaran mittauksen osapuolien (VMR/VMF) kanssa. (Arlinger, J. & Möller, M.J. 2006.)

3.2 Katkonta

3.2.1 Katkongan periaatteita ja ongelmia

Suomessa on vallitsevana käytäntönä puutavaralajiperusteinen hinnoittelu leimikon puustoa myytäessä. Puutavaralajihinnoittelu tarkoittaa, että leimikon yksittäiset rungot katkotaan hakkuussa puulajeittain tukkeihin ja kuituihin ja näillä kaikilla on eri hinta ostajasta riippuen. Ostaja voi määrittellä myös muita erilaisia puutavaralajeja kuten pikkutukki, pylväs tai sorvitukki.

Viime vuosikymmeninä puunhankinnassa on tapahtunut voimakkaita muutoksia, jotka ovat muuttaneet metsä- ja puuteollisuutta enemmän asiakas- ja tuotelähtöiseksi. Tämä on tuonut uusia vaatimuksia käytännön puunhankinnalle, sillä puunhankintaorganisaation on kyettävä reagoimaan tuotantolaitoksien määrällisiin, laadullisiin sekä aikataullisiin muutoksiin nopealla aikavälillä. Asiakas- ja tuotelähtöisyyden kasvaessa perinteiset puutavaralajimäärittelyt ovat myös muuttumassa. Nykyään kaikilla eri puunhankintaorganisaatioilla on omat puutavaralajinsa mitta- ja laatuvaatimuksineen, ja jopa alueelliset vaihtelut yhden organisaation sisällä ovat mahdollisia. (Piira, T., Kilpeläinen, H., Malinen, J., Wall, T. & Verkasalo, E. 2007, s. 20.)

Puukaupan kilpailuttaminen on kasvattanut suosiotaan, mutta sitä ovat vaikeuttaneet erilaiset puutavaralajien mittavaatimukset sekä niiden yhdistelmät. Suurin vaikutus leimikon myyntiarvoon eli kantorahatulon suuruuteen on erityisesti tukkien katkontavaatimuksilla ja sitä kautta tukkisaannolla, eli kuinka suuri leimikolta kertyneen puutavaran tukkiprosentti on. Rungas puutavaralajivalikoima, erikoispuutavaralajit sekä väljemmät mittavaatimukset pystyvät parhaimmillaan nostamaan kantorahatuloa merkittävästi, mutta ostotarjousten vertailu on entistä hankalampaa, kun ostajilla on käytössä hyvin erilaiset puutavaralajimäärittelyt. (Piira ym. 2007, s. 20.)

Suomessa käytössä oleva puutavaralajiperusteinen hinnoittelu korostaa leimikon puuston myyntiarvon ja teollisuuden käyttöarvon yhteensovittamisen ongelmaa. Metsänomistajan etuja ajava ja parhaat kantorahatulot tuottava katkonta on harvoin puuteollisuuden kannalta parhaan käyttöarvon tuottava ja vastaavasti käyttöarvon maksimoiva katkonta tuottaa harvoin maksimaalisen tukkisaannon. (Piira ym. 2007, s. 20.)

Katkongan optimointi on siis modernin metsäteknologian tutkimuksen tyypillinen ongelma. Hakkuukoneessa, joka katkoo rungon puutavaralajeihin, katkonganohjaus suoritetaan yleensä arvo- ja jakaumamatriisien avulla. Nämä tiedot ovat modernissa hakkuukoneessa sähköisessä tiedostomuodossa. Automaattisen katkonganohjauksen avulla säädetään rungon jakoa eri puutavaralajeiksi puulajeittain sekä ohjataan puutavaralajikohtaisesti niin, että pölkkyjen pituus-läpimittajakauma vastaa tuotantolaitoksen tavoitteita. (Uusitalo, 2003a, 155 – 156.)

3.2.2 Hakkuukoneen kuljettajan merkitys apterauksessa

Hakkuukoneen kuljettajalla on suuri merkitys apterauksen toteutumisessa. Hakkuukoneen automatiikka laskee optimoiden rungon arvon matriiseissa annettujen arvojen mukaan, mutta lopullisen katkongan päättää kuitenkin kuljettaja. Kun kuljettaja manuaalisesti poikkeaa koneen ehdottamasta pituudesta esimerkiksi mutkan tai liian suurien oksien takia, puhutaan pakkokatkaisusta. Esimerkiksi automatiikka ehdottaa seuraavaksi katkaistavaksi 61 dm:n pölkyn, mutta kuljettaja huomaa pölkkyssä laatua alentavan virheen. Silloin kuljettaja pystyy itse ohjaamaan katkaisukohdan, joka voisi tässä tilanteessa olla yhtä pituusluokkaa alempi 49 dm.

Koneen ehdottama katkonta ja todellinen katkonta ovat usein erilaisia, riippumatta leimikkotyypistä tai järeydestä. Myös kuljettajakohtaiset erot johtavat erilaiseen katkontaan, jopa yhden leimikon sisällä. Mikäli konetta käytetään kahdessa vuorossa, aamu- ja iltavuorolaisen katkonnot voivat erota toisistaan paljon. Toiselle tukkisaannon maksimoiminen voi olla tärkeämpää kuin laatu, kun taas toinen panostaa pienempään raakkiprosenttiin. Kuljettajalla on siis suuri merkitys katkonnan toteutumisessa.

3.2.3 Katkonta hakkuuoikeussopimuksessa

Katkonta määritellään yleensä hakkuuoikeussopimuksessa tai sen liitteissä. Tavallisesti katkonnalle on asetettu pelkästään rajat mainitsemalla puutavaralajin minimi- ja maksimimitat. Joskus puukaupan liitteenä tulee myös mukana tarkemmat mittavaatimukset suosituista ja vältettävistä pituusmitoista.

Metsäalan kauppatapana on, että rungon tukkiosa tulisi hyödyntää tukiksi niin pitkälle kuin rungon tekniset ominaisuudet antavat myöten. Ostajan sen hetkiset kaupalliset tarpeet eivät saisi määrätä apteeraustapaa, ellei asiasta ole erikseen sovittu. Mikäli kauppakirjassa on mainittu pelkästään tukkipituuksien vaihteluväli, epäselvässä tilanteessa se on tulkittava niin, että kaikkia pituuksia käytetään. (Kiviniemi 2006, s. 283).

3.2.4 Katkonnan ohjaus

Kun puunhankintayhtiö suunnittelee tietyn leimikon hakkuuta, kuuluu suunnitteluun olennaisena osana leimikkotietojen lähetyksen lisäksi apt-tiedoston suunnittelu, teko ja siirto hakkuukoneelle. Apt-tiedosto sisältää arvomatriisin eli hintalistan, joka on kaksiulotteinen taulukko, johon on määritelty kunkin tietynpituisen ja –läpimittaisen pölkyn arvo suhteessa muihin pituus-läpimittayhdistelmiin. Jokaiselle puutavaralajille määritellään oma arvomatriisinsa ja kullekin arvomatriisille määritellään ns. perushinta, jolla eri puutavaralajit puulajeittain suhteutetaan toisiinsa. Kahden eri puutavaralajin arvomatriisin arvot eivät saisi kuitenkaan olla päällekkäisiä. Käytännön esimerkkinä olkoon sahatukin perushinta 200 ja vaihteluväli olkoon 180 – 220. Arvokkaamman sorvitukin perushintana käytetään 300:aa ja vaihteluväli on 270 – 330. Tällä tavoin hakkuukone ohjataan tekemään aina arvokkaampaa puutavaralajia, mikäli mittavaatimukset sen mahdollistavat. (Uusitalo 2003, s. 156. – 157.)

Taulukko 1. Esimerkki hakkuukoneissa käytettävästä tukin arvomatriisista.

Lpm/Pituus	37	43	45	47	49	51	53	55
155	155	233	240	237	237	249	235	235
160	150	215	219	220	220	225	219	219
170	150	215	219	220	220	225	219	219
180	150	215	219	220	220	225	219	219
200		215	219	220	220	225	219	219
220		215	219	220	220	225	219	219
240		215	219	220	220	225	219	219
260		215	219	220	220	225	219	219
280		215	219	215	220	225	219	219
300		215	219	215	220	225	219	219
320		215	219	215	220	225	219	219
340		215	219	215	220	225	219	219
360		215	219	215	220	225	219	219
380		215	219	215	220	225	219	219
400								
420								

Apt-tiedostosta löytyy myös jakauma- eli tavoitematriisitaulukko, joka nimensä mukaan kertoo puutavaralajin sisällä pölkkyjen tavoiteosuuden jokaiselle käytettävälle pituus-läpimittayhdistelmälle. Jakaumatavoite voidaan antaa kaksiulotteisena, jolloin jokaisen solun arvolla on yhtä suuri painoarvo jakaumasta laskettuun kokonaissummaan. (Uusitalo 2003, s. 157.)

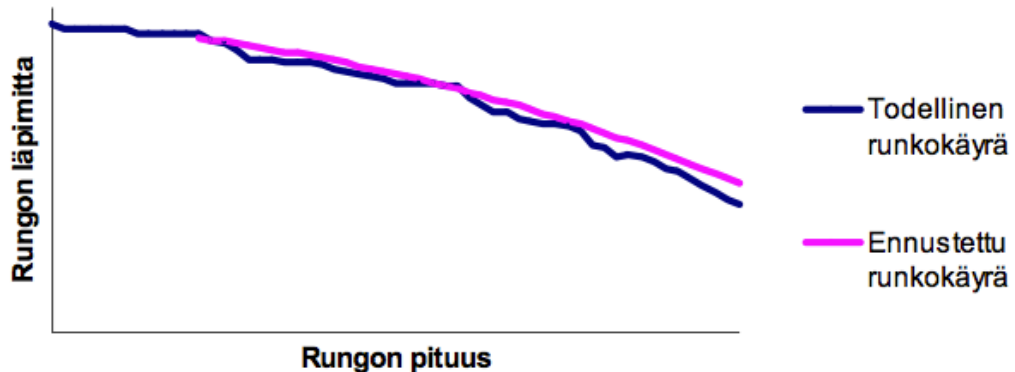
Taulukko 2. Esimerkki hakkuukoneissa käytettävistä tavoitematriiseista

Lpm/pit	37	43	46	49	52	55	58	61
155								
160	5	10	11	23	11	23	11	5
170	5	10	11	23	11	23	11	5
180	5	10	11	23	11	23	11	5
200	5	12	12	23	11	23	11	5
220		10	12	23	11	23	11	5
240		10	12	23	11	23	11	5
260		11	12	17	11	17	11	5
280		11	12	17	11	17	11	5
300		11	11	17	11	17	11	5
320		11	11	13	11	13	11	5
340		12	11	22	11	22	11	5
360		12	12	22	11	22	11	5
380		12	12	22	11	22	11	5
400		12	12	22	11	22	11	5
420								

Yhtiöillä saattaa olla käytössä jopa yli 30 erilaista puutavaralajia. Jos leimikolta hakattavien puutavaralajien valinta jätetään pelkästään työn suorittajalle, saattaa tuloksena olla jatkojalostajan kannalta ei-toivottu katkenta. Apt-tiedosto siis varmistaa, että leimikosta saadaan oikeassa suhteessa oikean mittaisia puutavaralajeja. Konevalmistajat ovat kehittäneet puunhankintayhtiöiden kanssa oman standardin, StandForD 1997,

hakkuukoneen ja puunhankintayhtiön väliseen tiedonsiirtoon. (Uusitalo 2003, s. 160 – 161.)

Katkongan ohjauksen peruseriaate on optimointilaskenta. Tämän edellytyksenä on, että optimoitavan rungon muoto tiedetään mahdollisimman tarkasti. Rungon muodosta puhuttaessa käytetään yleensä termiä runkokäyrä tai runkoprofiili, joka kertoo rungon kapenemisen pituuden funktiona. Runkokäyrä perustuu hakkuulaitteen mittauksiin sekä rungon kapenemisen ennustuksiin. Jotta runkoprofiilista saadaan luotettavaa tietoa, on hakkuukonemitan oltava toimiva. Kuljettaja voi edistää toimivuutta kalibroinneilla ja säädöillä. Mikäli hakkuukone mittaa virheellisesti, eivät virheet tasoitu runkoprofiilissa vaan päinvastoin kumuloituvat. Jos runkoprofiili on lähtökohtaisesti virheellinen, ei katkonta voi olla optimaalinen vaan johtaa helposti pölkkyjen liukumiseen väärin tukkiluokkiin. (Uusitalo 2003a, s. 158.) Runkomuodon ennustetta muutetaan käsitteilyn aikana, kun rungolta saadaan mitattua lisää läpimittakohtia, joita verrataan aikaisemmin ennustettuihin. (Korpilahti, A. ym. 2006.)



Kuva 2. Hakkuukoneen ennustama runkokäyrä ja todellinen runkokäyrä (Uusitalo 2003b).

3.2.5 Optimaalinen katkontavaihtoehto

Kun runkoprofiili on määritetty ja hintamatriisi on tiedossa, optimaalisen katkontavaihtoehdon löytäminen on periaatteessa yksinkertaista: hakkuukoneen tietokone listaa kaikki mahdolliset hakkuuvaihtoehdot runkoprofiilille ja samalla laskee jokaiselle katkontavaihtoehdolle arvon rungon ennustetun tilavuuden ja hintalistan perusteella ja

lopulta valitsee parhaimman arvon tuottavan katkontavaihtoehdon. Ydinajatusta, yksittäisen tukin maksimaalisen arvon saavuttamista, kutsutaan nimellä arvoapteeraus. Katkontavaihtoehdot nousevat helposti moniin tuhansiin, joten seulontaan käytetään tehokkaita algoritmeja. (Uusitalo 2003a, s. 159.)

Laskentaan voidaan käyttää myös muita vaihtoehtoja. Edellä esitetty kaikkien katkontavaihtoehtojen huomioon ottaminen on hidas tekniikka. Muita vaihtoehtoja ovat LP/IP mallinnus, liukulukutekniikka ja dynaaminen optimointi (Uusitalo 2003b). Yleisesti käytössä lähes kaikissa hakkuukoneissa on edellä mainitun dynaamisen optimoinnin ja verkkoteorian yhdistelmä, jonka mukaan ongelma selvitetään etsimällä pisintä polkua. (Näsberg 1985).

Arvoapteerauksessa hakkuukone ei ota huomioon tavoitematriisia vaan läpimittapituussolujen suhteet määräytyvät joka rungolla samoina pysyvien arvojen mukaan. Tämä johtaa helposti siihen, että tuotantolaitokset saavat ei-toivottuja tukkijakaumia. (Uusitalo 2003a, s. 159.) Metsänomistajan kannalta yksi kerrallaan optimoitu rungon katkonta kuulostaa kannattavimmalta. Kuitenkin pitkällä aikavälillä saajien puustamaksukyky saattaisi alentua puutavaran liian suuren hukkaprosentin takia, kun ei-toivotut mitat olisivat sopimattomia jatkojalostukseen.

Jotta leimikkokohtaisesti päästäisiin optimaaliseen tuotokseen sekä runkojen että puutavaralajien suhteen, tulee optimointimallia säätää katkonnan edetessä eli käytetään ns. jakauma-apteeraus –periaatetta. Adaptiivisen eli mukautuvan hintalistan menetelmässä ohjelmisto päivittää hintalistaa hakattujen puutavaralajien määrän perusteella. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että tukkiluokan arvoa alennetaan hintalistassa, jos siihen on lukeutunut liian suuri osuus tavoitejakaumaan nähden. Optimointi toteutetaan edelleen pelkästään hintalistan avulla. (Uusitalo 2003a, s. 161.)

Toinen tapa on käyttää lähioptimaalimenetelmää, jonka automatiikka valitsee sen pölkkyisyhdistelmän, joka toteuttaa parhaiten jakaumatavoitetta mutta jonka arvo samalla eroaa korkeintaan sallitun maksimimäärän arvoapteerauksen optimipölkkytyksen mukaisesta rungon arvosta. (Uusitalo 2003a, s. 161 – 162.)

Katkontaohjeita on kritisoitu metsänomistajien puolelta sen vuoksi, ettei ole puunmyyjän edun mukaista katkoa rungot pelkästään käyttämällä jatkojalostajan antamia

mittavaatimuksia. Käytännön esimerkkinä tästä voisi pitää pitkien tukkien katkontaa, joka kääntyy helposti metsänomistajalle epäedulliseksi. Tutkimuksessa (Hiltunen 2003) saatiin puulle lyhyillä tukkipituuksilla viidessä kuusikossa kuudesta parempi kuutiohinta kuin pidemmillä tukkipituuksilla. Käytettäessä lyhyitä tukkipituuksia, pysyttiin tukkiosuus hyödyntämään paremmin.

Kuitenkin vuonna 2007 tehty tutkimus (Piira ym.) osoittaa, että käytettäessä painotettuja arvomatriiseja, tukkisaanto alenee enimmillään 2,0 prosenttiyksikköä verrattuna tasahintamatriisilla simuloituun katkontaan. Tutkimuksen tuloksien pohjalta voidaan arvioida leimikon myyntiarvon muodostumisen osatekijöitä, mutta ei voida ennustaa puutavaralajikertymiä yksittäisissä leimikoissa. Jakauma-apteerauksen vaikutusta tukkisaantoon ja leimikon myyntiarvoon suhteessa arvoapteeraukseen tarvitsee lisätutkimuksia. (Piira ym. 2007.)

3.2.6 Prd-tiedosto

Prd-tiedosto on hakkuukoneen järjestelmän tuotantotiedosto, joka muodostuu koneelle, kun leimikon puita kaadetaan ja katkotaan. Prd-tiedosto sisältää tiedot urakoitsijasta, myyjästä, ostajasta, leimikkotyypistä, leimikon puutavaralajimääristä, juoksumetreistä, pölkkyjen kappalemääristä ja puutavaralajijakaumista sekä pituuksittain että läpimitoitettain ristiintaulukoinnilla.

Kun mittauserä tai osa siitä on saatu päätökseen, työn suorittaja lähettää tiedoston urakan antajalle. Tiedosto avautuu mm. SilvaDatan kehittämällä ohjelmalla SilvaPRD, Deeren SilviA- ja Ponsen Opti-ohjelmistoilla. Prd-tiedostosta voidaan tulostaa ns. pitkä mittalista, johon tulostuvat kaikki edellä mainitut tiedot.

Taulukko 3. Puutavaralajin pölkkyjen lukumäärätaulukko prd-tiedostosta.

Lpm/Pit	37	40	43	46	49	52	55	Yht	%
150	5	1	12	50	2	10	1	81	33
160	1	4	3	1	2	55	1	67	27
170	34	8	1	1	2	17	1	64	26
180	6		1	5			1	13	5
190	1	1	1	6			1	10	4
200			1	4			1	6	2
210			1				1	2	1
220							1	1	0
230				1				1	0
240								0	0
Yht.	47	14	20	68	6	82	8	245	100
%	19	6	8	28	2	33	3	100	

Hakkuun yhteydessä voidaan myös määrittää kone tekemään tarkemman runkotiedoston eli stm-tiedoston hakatuista rungoista. Stm-tiedosto sisältää yksityiskohtaista tietoa kaikista tehdyistä rungoista. Tiedostosta selviää läpimitta rungosta 10 mm:n välein sekä jokaisen katkotun pölkyn puutavaralaji, pituus ja tilavuus. Runkotiedostoa käytetään erityisesti apuna katkontaohjeiden testauksessa.

Stm-tiedostoon pystytään myös tallentamaan tarkkaa tietoa pölkkyjen laadusta. Tiedot voidaan tallentaa kahdella tavalla. Rekisteröimällä katkaisusyy voidaan tallentaa pakkokatkaisun aiheuttaneet ominaisuudet, kuten lenkous, laho, vaurio, kuitupuulaatu tai joku muu syy. Käytännössä tätä ei kuitenkaan tehdä, ja pakkokatkaisusyistä yleisin käytetty on muu syy. Rungossa olevan vian alkamis- ja päättymiskohta voidaan myös tallentaa. Standardissa syiksi on luettu mm. lenkous, laho ja mutka. (Räsänen, Aaltonen, Lindroos, Lukkarinen, & Vuorenpää, 1998.)

4 AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT

4.1 Aineisto

Tutkimuksen aineisto on peräisin Metsänhoitoyhdistys Kymenlaaksosta ja Metsänhoitoyhdistys Päijät-Hämeestä. Metsänhoitoyhdistysten toimihenkilöt kävivät läpi omat vuosina 2009 - 2012 päättyneet pystykauppansa. Aineistojen tuli olla päätehakkukohteilta eikä hakkuiden suorittaja saanut olla metsänhoitoyhdistyksen oma korjuupalvelu. Aineistoissa ei saanut olla pystykauppoja myrskytuhokohteilta eikä hinnoittelu saanut olla runkoperusteinen. Jokaisen pystykauppa-aineiston mukana tuli olla hak-

kuuoikeussopimus, prd-mittalistat paperilla, mitta- ja laatuvaatimukset sekä puukaupparjous, jos kauppasopimuksessa oli sellainen liitteenä.

Tavoitteena oli saada mahdollisimman kattava paketti aineistoja. MHY Kymenlaaksosta pystykauppoja kertyi yhteensä 20 kappaletta ja MHY Päijät-Hämeestä yhteensä 18 kappaletta. Saatujen pystykauppojen kokonaismäärä oli suurempi, mutta osa aineistosta jouduttiin hylkäämään puutteellisten asiakirjojen takia. Yleisin syy hylkäykseen oli puutteellinen mittatodistus, josta puuttui kokonaan lajittelu tai pystykaupasta ei ollut mukana hakkuuoikeussopimusta tai pystykaupparjousta. Runkohinnoitteluperusteisia pystykauppoja oli myös mukana, mutta niitä ei sallittu aineistossa.

Pystykaupat olivat kuuden eri yhtiön tekemiä, joista myöhemmin käytetään nimiä B, C, D, E, F, G. Työn tulokset haluttiin tällä tavoin pitää puunostajittain tunnistamattomina.

Tavoitteena oli saada prd-listat sähköisessä muodossa. Toimihenkilöiden kanssa käydyissä keskusteluissa selvisi, että yhtiöt eivät lähetä metsänhoitoyhdistyksille prd-muotoisia sähköisiä tiedostoja vaan suoraan joko tekstimuotoisen tai pdf-muotoisen tiedoston. Myös pitkien mittalistojen saatavuutta kritisoitiin, sillä muutamien puunostajien tapauksessa listan sai ainoastaan pyytämällä, vaikka lähetyksen täytyisi olla automaattista.

4.2 Tutkimusmenetelmät

Taulukko-ohjelmaan luotiin pohja, johon kirjattiin kaikki läpimittaluokat senttimetrin välein ja pituusluokat kolmen desimetrin välein. Taulukoihin otettiin käyttöön kaikki mitat tietyltä väliltä, koska puunostajien mittavaatimukset erosivat hieman toisistaan lähinnä tukkien katkonnassa käytettävän minimipituuden osalta. Ostajan sisäiset mitta- ja laatuvaatimukset olivat samat jokaisessa puukaupassa. Käytännössä tiedot kirjattiin samassa muodossa, kuin ne oli esitetty mittalistassa. Läpimittaluokkien annetut asteikkoarvot ovat kyseisen mittaluokan alamitta, eli mikäli sen mitan alle katkotaan, pölkky siirtyy automaattisesti alempaan luokkaan. Esimerkiksi 15,9 cm:n latvaläpimittainen pölkky lukeutuu automaattisesti mittaluokkaan 15 cm.

Taulukko 4. Esimerkkitaulukko käytetystä tallennusmuodosta. Solut sisältävät tiedon pölkkyjen kappalemäärästä tietyllä läpimitta-pituusyhdistelmällä.

MÄT													
LPM/PIT	34	37	40	43	46	49	52	55	58	61	64	Yht	%
14													
15			262	256	83	94	36	35	20	51	0	837	16,8 %
16			53	113	80	56	32	12	5	11	0	362	7,2 %
17			89	97	30	46	18	14	6	12	0	312	6,2 %
18			80	100	63	45	23	4	3	7	0	325	6,5 %
19			107	123	26	40	21	5	3	12	0	337	6,7 %
20			82	137	60	48	26	15	3	7	0	378	7,6 %
21			63	90	31	47	18	4	4	13	0	270	5,4 %
22			49	99	66	60	34	15	3	7	0	333	6,7 %
23			62	83	22	44	12	12	8	5	0	248	5,0 %
24			52	85	63	83	23	12	6	6	0	330	6,6 %
25			55	80	56	88	38	19	10	3	0	349	7,0 %
26			17	32	19	31	7	6	4	2	0	118	2,4 %
27			30	39	28	48	14	22	2	0	0	183	3,7 %
28			23	45	47	41	14	19	2	0	0	191	3,8 %
29			14	29	6	20	10	17	1	0	0	97	1,9 %
30			16	17	21	18	11	9	3	1	0	96	1,9 %
31			12	20	10	15	9	4	3	1	0	74	1,5 %
32			5	12	15	16	10	5	1	0	0	64	1,3 %
33			6	7	1	12	1	6	2	1	0	36	0,7 %
34			1	7	4	7	3	0	0	1	0	23	0,5 %
35			1	3	1	1	1	3	0	0	0	10	0,2 %
36			1	2	0	3	2	0	0	0	0	8	0,2 %
37			0	0	2	1	0	0	0	0	0	3	0,1 %
38			0	0	1	3	0	0	0	0	0	4	0,1 %
39			1	0	1	2	0	0	0	0	0	4	0,1 %
40			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0 %
41			1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0 %
42			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0 %
43			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0 %
44			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0 %
45			0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0 %
Yht.			1082	1477	736	869	363	238	89	140	0	4994	100,0 %
%			21,7 %	29,6 %	14,7 %	17,4 %	7,3 %	4,8 %	1,8 %	2,8 %	0,0 %	100,0 %	

Jos puukaupassa oli käytössä välimittoja, yhtenäistettiin ne kuulumaan seuraavaan suurempaan mittaluokkaan. Myös puutavaralajeja tukkien osalta yhtenäistettiin taulukon osoittamalla tavalla. (Taulukko 5.)

Taulukko 5. Erilaisten tukkinimitysten yhtenäistäminen saman nimekkeen alle.

	Mänty	Kuusi	Koivu
Tukki	Tyvitukki Mäntytukki Mäntypylväs	Tyvitukki Sorvitukki Kuusitukki	Koivuvaneritukki Koivusahatukki Erikoiskoivutukki Koivutukki

Aineistosta kirjattiin myös puukaupan perustiedot: arvioitu sekä toteutunut puumäärä puutavaralajeittain ja pituus- ja läpimittavaatimukset.

Jokaista puukauppaa käsiteltiin aluksi yksilönä metsänhoitoyhdistyksittäin, minkä jälkeen puukaupat koottiin samaan työkirjaan puunostajittain laskemalla yhteen puutava-

ralajeittain tietyn saman mittayhdistelmän pölkkyt. Näin saatiin luotua kokonaiskuva Etelä-Suomen Metsänomistajaliiton alueesta. Aineistot oli myös järkevää yhdistää, koska MHY Päijät-Hämeestä kertyi ainoastaan kolmen puunostajan tiedot kuudesta.

Katkongan onnistumisesta on aikaisemmin tehty tutkimusta käytettyjen pituusmittojen osalta, mutta läpimitan suhteen toteutunutta katkontaa ei ole laajemmin tutkittu. Siksi työn aineistosta haluttiin selvittää myös kertoimet, jotka ilmentäisivät, kuinka paljon kaikista teoreettisista minimilatvaläpimittaluokkaan sattuvista pölkkyistä on todellisuudessa katkottu alimpaan mittaluokkaan. Oletuksena pidetään sitä, että jokaisesta tukkirungosta on teoreettinen mahdollisuus katkaista yksi pölkky minimilatvaläpimittaan. Esimerkiksi tuhannen tukkirungon mittalistasta tulisi optimaalisen katkongan toteutuksessa löytyä tuhat minimilatvaläpimittaan katkottua pölkkyä. Tällä periaatteella aineistosta saatiin tuotettua kertoimet, jotka ilmentävät läpimittojen suhteen katkongan toteutumista.

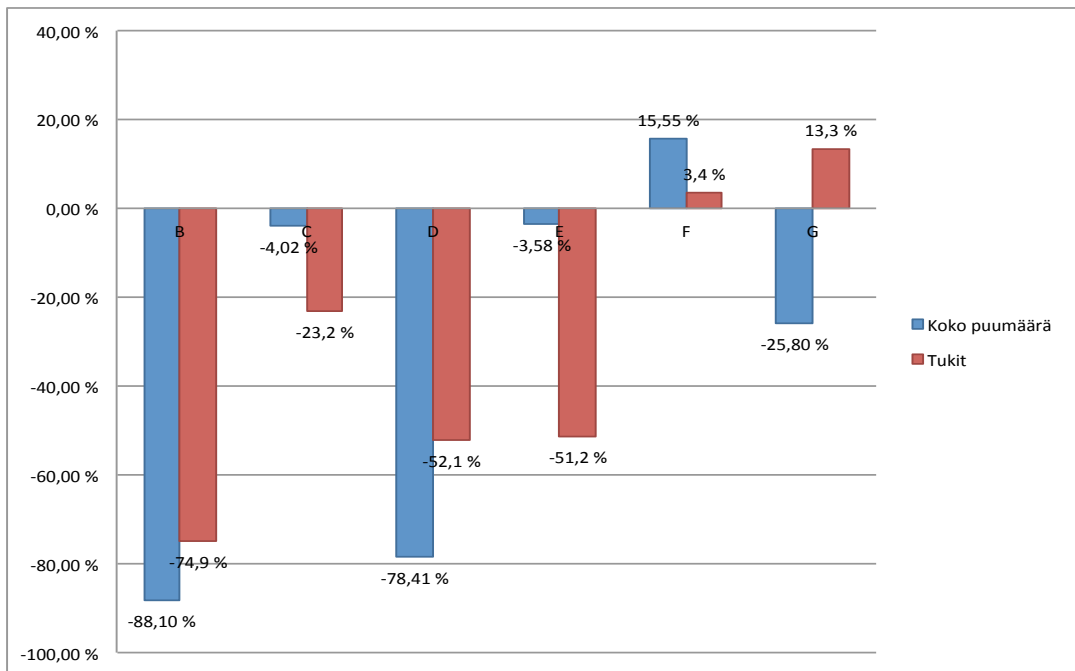
$$\text{Kerroin} = \frac{\text{minimilatvaläpimittaluokan pölkkyjen lkm}}{\text{tukkirunkojen lkm}}$$

5 TUTKIMUSTULOKSET

5.1 Arvioitujen kuutiomäärien tarkkuus ja tukkiprosentit yhtiöittäin

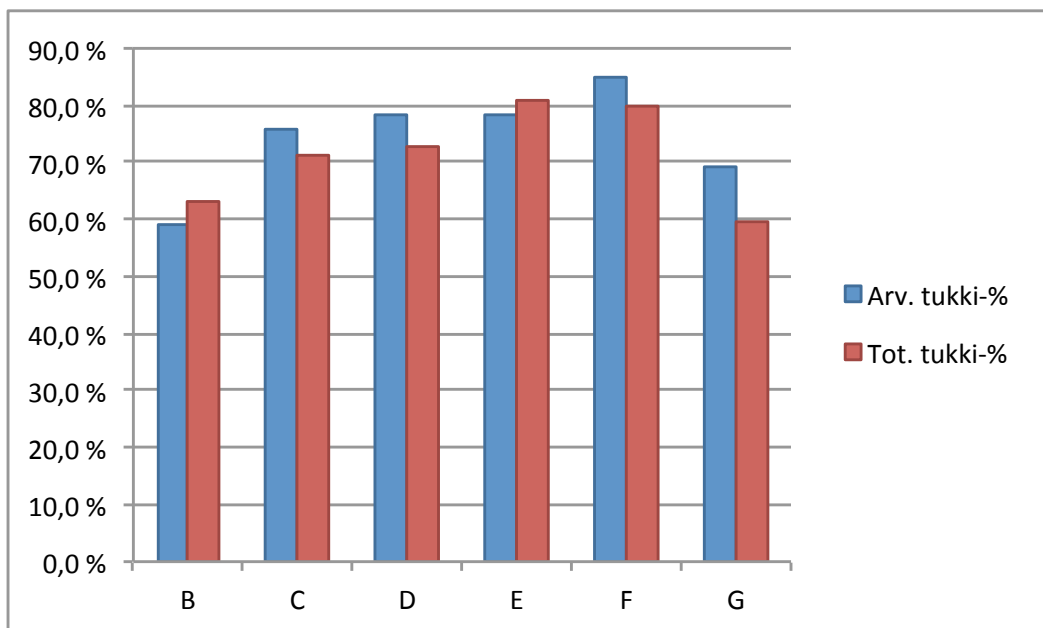
Työssä vertailtiin aluksi, kuinka arvioidut puumäärät erosivat toteutuneista puumääristä. Valtakirjakaupoissa hakkuuoikeussopimukseen merkitään yleensä puumäärät metsänhoitoyhdistyksen neuvojan tekemän puunmyyntisuunnitelman mukaan, ellei puunostaja ole ennen tarjouksen tekemistä käynyt itse arvioimassa leimikon puumäärää.

Arvioitujen määrien suhde toteutuneisiin vaihteli -79 % ... +21 %. Tukkimäärien arvioinnissa vaihteluväli oli -52 % ... +32 %. Kaikilla muilla yhtiöillä kokonaismäärän ja tukkien arviointien suhde toteutuneisiin oli samansuuntainen paitsi puunostajalla G. (Kuva 3.)



Kuva 3. Arvioitujen puumäärien suhde toteutuneisiin puumääriin puunostajittain.

Arvioitujen ja toteutuneiden tukkiprosenttien suhde oli pääosin sellainen, että tukkiprosentti oli arvioitu toteutunutta suuremmaksi. Ainoastaan yhdellä puunostajalla toteutunut tukkiprosentti oli suurempi kuin arvioitu. (Kuva 4.) Tämä johtunee siitä, että puutavaralajeissa oli käytössä mäntypylväs. Tukkiprosenttien välillä oli suurta vaihtelua. Pienin tukkiprosentti oli 62,9 % ja suurin 81 %. Keskimäärin koko aineiston tukkiprosentti oli 70,3 % (Kuva 4.)



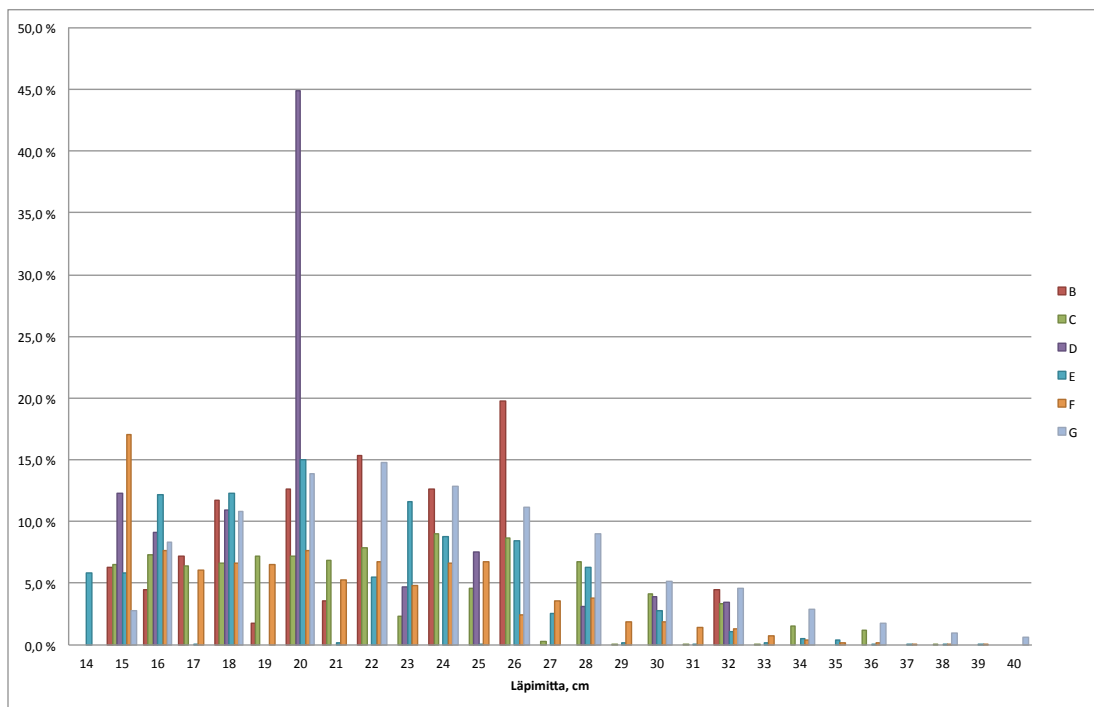
Kuva 4. Arvioidut ja toteutuneet tukkiprosentit puunostajittain.

5.2 Tukkijakaumat

Jakaumat esitellään työssä puulajeittain niin, että jokaisen puulajin katkontaa on verrattu eri alaluvuissa puunostajittain. Jokaisesta puulajista on tehty erikseen sekä läpimitta- että pituusjakaumakuvaajat.

5.2.1 Mäntytukkien jakaumat

Mäntytukkien läpimittavaatimuksissa ainoastaan puunostajalla E oli minimilatvaläpimittana käytettävissä 14 cm, kun muilla se oli 15 cm. Läpimitat vaihtelivat 14 – 41 cm. Eniten käytössä olivat läpimitat 20 cm ja 16 cm. Puunostajilla C ja F mäntytukkien läpimitat jakautuvat tasaisemmin kuin muilla. Etenkin D:llä läpimitta 20 cm erottuu selkeästi muusta joukosta. Eniten läpimittaluokkaa 15 cm olivat tehneet puunostajat D ja F. (Kuva 5.)

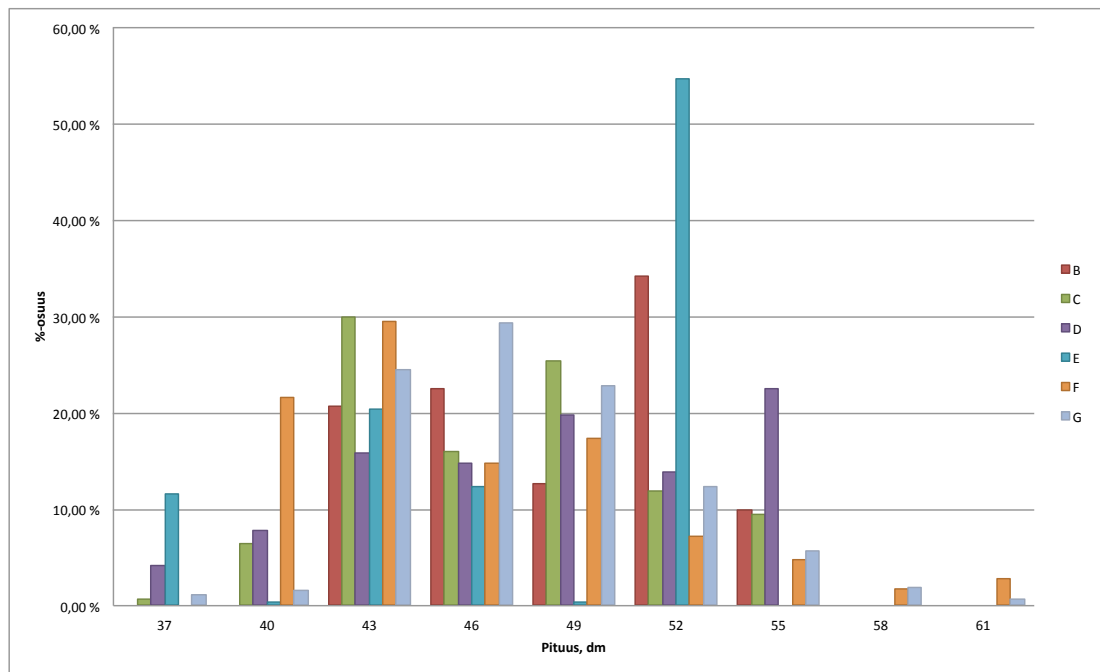


Kuva 5. Mäntytukkien latvaläpimittajakaumat puunostajittain

Mäntytukkien pituusjakaumat vaihtelivat 37 – 64 dm. E:llä ja G:llä oli käytössä lyhyin tukkipituusluokka 37 dm. Puunostaja F:llä oli käytössä pituusluokka 40 dm ja B, C sekä D käyttivät luokkaa 43 dm. Eniten oli käytetty pituusluokkia 43 dm ja 52 dm. Tasaisin pituusjakauma puunostajista oli D:llä ja epätasaisin E:llä. Myös B oli käyttänyt eniten pituusluokkaa 52 dm. Vaikka G:llä oli käytössään lyhyin pituusluokka, silti

katkontaa oli suoritettu siihen luokkaan erittäin vähän. E oli katkonut tähän luokkaan noin 12 % pölkystään. Koska luokka 43 dm oli yleisin minimipituus, sitä oli myös käytetty eniten. (Kuva 6.)

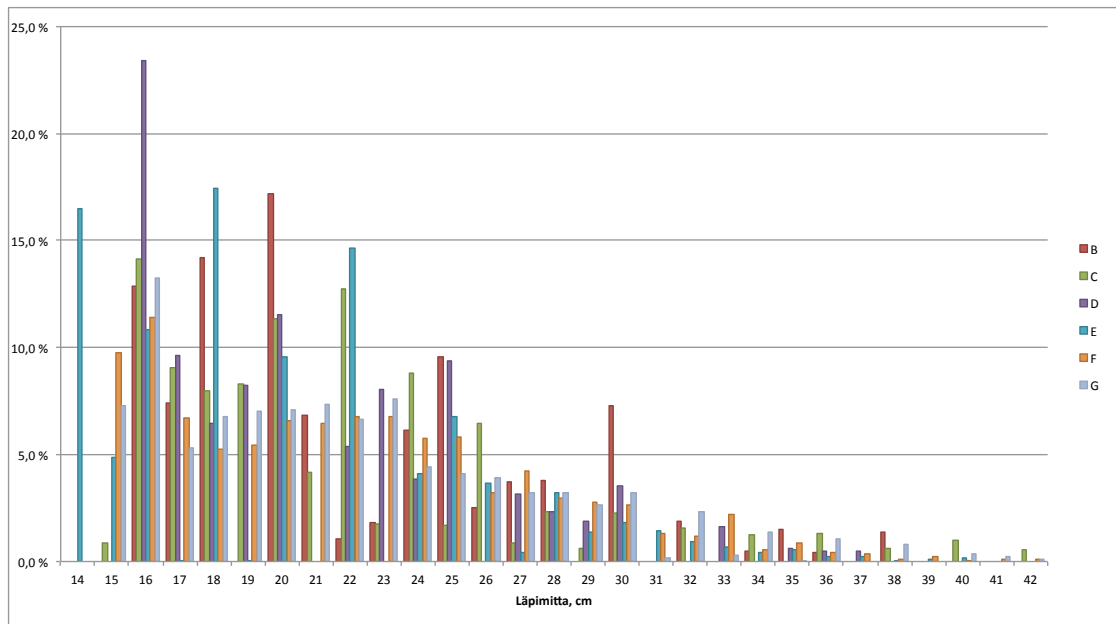
Huomionarvoista kuvaajassa lienee myös se, että vaikka C:llä ja D:llä oli käytössä minimipituusmitta 43 dm, olivat yhtiöt kuitenkin katkoneet myös sitä lyhyempiä pölkkyjä luokkiin 37 ja 40 dm. (Kuva 6.)



Kuva 6. Mäntytukkien pituusjakaumat puunostajittain

5.2.2 Kuusitukkien jakaumat

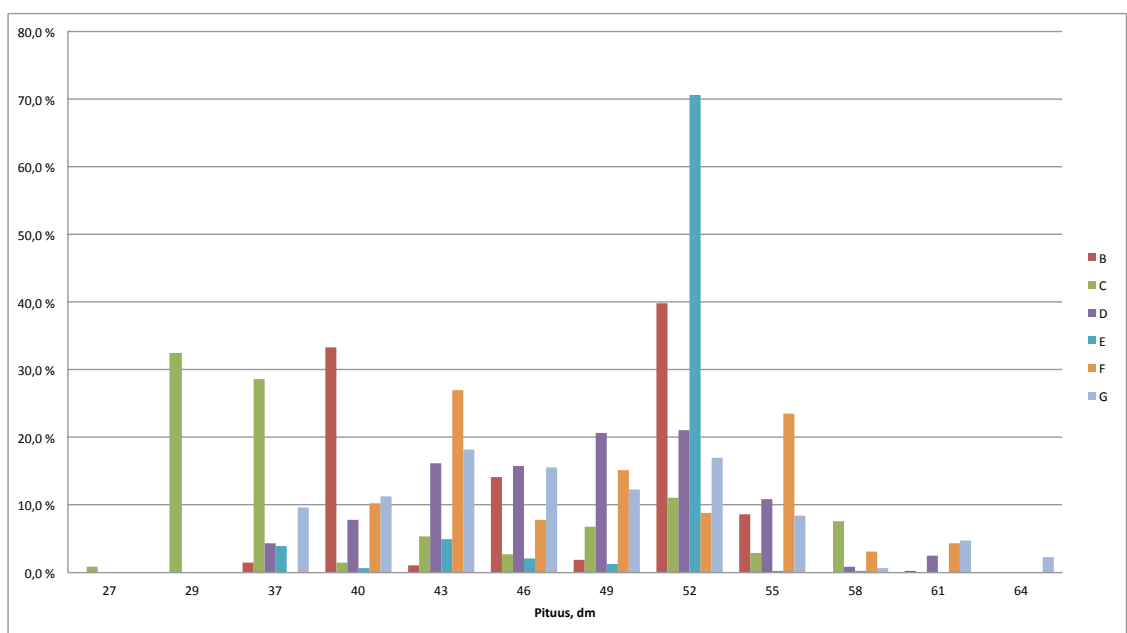
Kuusitukkien läpimittajakauma vaihteli 14 – 46 cm. E:llä oli käytössä minimilatvaläpimitta 14 cm, F:llä ja G:llä oli käytössä 15 cm:n minimilatvaläpimitta ja B:llä, C:llä ja D:llä 16 cm:n minimilatvaläpimitta. Tasaisin latvaläpimittajakauma oli F:llä. Eniten oli käytetty latvaläpimittaluokkaa 16 cm. Minilatvaläpimittarajansa alle olivat tehneet ainoastaan E ja C. C:llä läpimittaluokkaan 15 cm oli lukeutunut ainoastaan 0,9 % pölkystä, joten alitus ei ole merkittävä kokonaistuloksen kannalta. C:llä tähän läpimittaluokkaan oli lukeutunut 4,9 %. (Kuva 7.)



Kuva 7. Kuusitukkien latvaläpimittajakauma puunostajittain

Kuusitukkien pituusjakaumat vaihtelivat 27 – 64 dm. Kuusitukkien pituusjakaumavaihtelut olivat suurempia kuin mäntytukkien. Pienin minimipituusluokka, 27 dm, oli käytössä ainoastaan C:llä. E:llä ja G:llä oli käytössä 37 dm:n minimipituusluokka, D:llä ja F:llä 40 dm:n minimipituusluokka ja B:llä pisin minimipituusluokka 43 dm. Vaikka C:n vaatimuksissa oli lyhyin pituusluokka, oli siihen korjattu ainoastaan 0,9 % pölkyistä. Selkeästi eniten kaikkien puunostajien kesken oli käytetty pituusluokkaa 52 dm. Alle minimipituusrajansa menivät D ja B, niistäkin B:llä alitus oli vain 1,4 %.

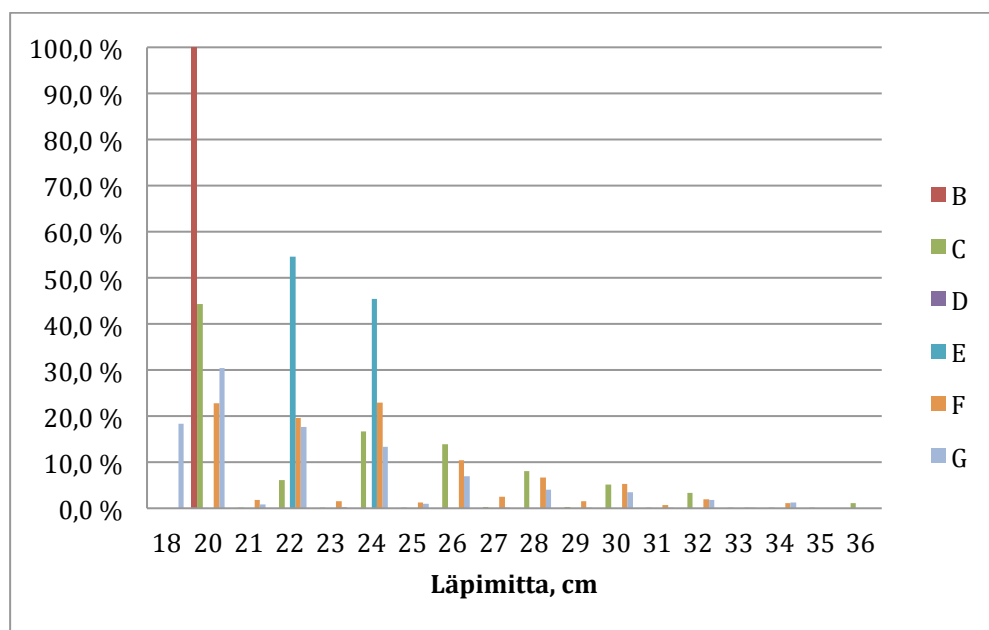
(Kuva 8.)



Kuva 8. Kuusitukkien pituusjakauma puunostajittain.

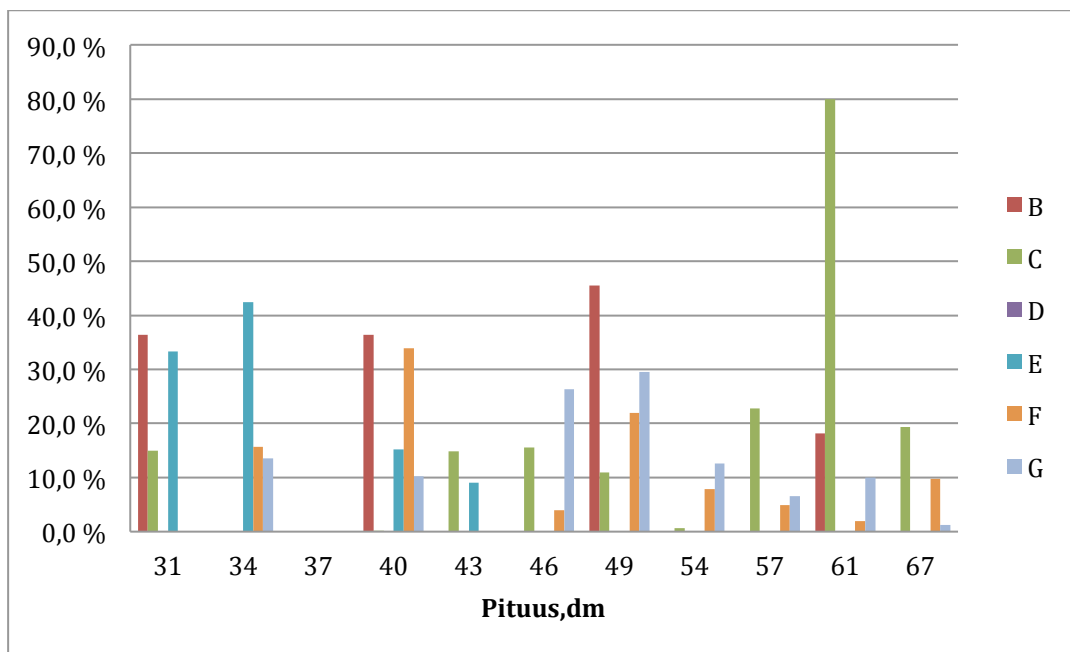
5.2.3 Koivutukkien jakaumat

Koivutukkien jakaumista ei voi tehdä tarkkoja päätelmiä aineiston vähyden takia, sillä kaikkien puunostajien kauppoihin ei kuulunut koivutukin korjuuta. Koivutukkia ei lukeutunut mukaan D:ltä. Ainoastaan G:llä minimilatvaläpimittana oli käytössä 18 cm, kun muilla se oli 20 cm. B oli korjannut kaikki koivutukkinsa latvaläpimittaluokkaan 20 cm ja E katkoi koivutukkinsa kahteen luokkaan, 22 ja 24 cm. F:llä oli tasaisin latvaläpimittajakauma. (Kuva 9.)



Kuva 9. Koivutukkien latvaläpimittajakauma puunostajittain

Koivutukkien pituusjakauma vaihteli 31 – 67 dm. G:llä oli käytössä lyhyin minimipituusluokka 31 dm. B:llä oli käytössä 34 dm, F:llä 40 dm ja C:llä jopa 50 dm:n pituusluokka. E:llä oli käytössä kahta minimipituusrajaa, 31 ja 34 dm. Vaikka C:llä oli pitkä minimipituusraja, oli pölkkyjä silti katkottu aina 31 dm:iin asti. Myös muut puunostajat olivat katkoneet pölkkyjä alle ilmoitetun minimipituusrajan. (Kuva 10.)



Kuva 10. Koivutukkien pituusjakauma puunostajittain

5.3 Minimiläpimittaan katkottujen pölkkyjen osuus teoreettisesta maksimista

5.3.1 Mäntytukkien kertoimet

Työssä selvitettiin puunostajittain kertoimet, jotka ilmaisevat, kuinka suuren osan teoreettisesta minimilatvaläpimittaisten pölkkyjen maksimimäärästä puunostaja katkoi tähän luokkaan. Kertoimet on ilmaistu yhden ja kahden senttimetrin tasaavin luokin. Kahden senttimetrin tasaavaan luokkaan on luettu mukaan kahden alimman läpimittaluokan pölkkyt. Mitä lähempänä kerroin on arvoa 1, sitä enemmän puunostaja on käyttänyt minimilatvaläpimittaa tai alimpia latvaläpimittoja hyödyksi.

Kertoimet vaihtelivat yhden senttimetrin tasaavassa luokassa 0,08:n ja 0,38:n välillä. Eniten minimilatvaläpimittaluokkaa oli käyttänyt hyödyksi D, kun taas vähiten G ja C. Kahden senttimetrin tasaavassa luokassa parhaiten kahta alinta läpimittaluokkaa oli käyttänyt hyödyksi D. D:n kertoimeksi muodostui 0,66. C, F ja G olivat tasaisia; kertoimet vaihtelivat 0,27 – 0,38 (Taulukko 6.)

Taulukko 6. Yhden ja kahden senttimetrin tasaaviin läpimittaluokkiin katkottujen mäntypölkkyjen osuus teoreettisesta minimilatvaläpimittaisten mäntypölkkyjen määrästä

Mänty							
	LPM-luokka/Puunostaja	B	C	D	E	F	G
1 cm	140 - 149	...	...	...	0,22	...	...
	150 - 159	0,26	0,13	0,38	...	0,26	0,08
2 cm	140 - 159	...	...	...	0,44	...	...
	150 - 169	0,44	0,27	0,66	...	0,38	0,31

5.3.2 Kuusitukkien kertoimet

Kuusitukkien kertoimet vaihtelivat yhden sentin tasaavissa luokissa 0,02 – 0,50 välillä. Vähiten minimiläpimittaluokkaa käytti hyödyksi C ja eniten E ja D. Kahden sentin tasaavissa luokissa kertoimien vaihteluväli oli 0,32 – 0,74. C sai heikoimman kertoimen 0,22 ja B suurimman kertoimen 0,74. (Taulukko 7.)

Taulukko 7. Yhden ja kahden senttimetrin tasaaviin läpimittaluokkiin katkottujen kuusipölkkyjen osuus teoreettisesta minimilatvaläpimittaisten kuusipölkkyjen määrästä

Kuusi							
	LPM-luokka/Puunostaja	B	C	D	E	F	G
1 cm	140 - 149	...	...	...	0,51	...	...
	150 - 159	...	...	...	...	...	0,15
	160 - 169	0,47	0,02	0,50	...	0,23	...
2 cm	140 - 159	...	...	...	0,67	...	...
	150 - 169	...	...	...	...	...	0,43
	160 - 179	0,74	0,32	0,71	...	0,49	...

6 TULOSTEN TARKASTELU

Työssä esitetyt tulokset eivät ole absoluuttisia totuuksia vaan keskittyvät tiettyyn ajankohtaan, tiettyihin puunostajiin ja tietynlaisiin leimikkotyyppeihin. Tuloksia ei tule yleistää, vaan ne tulee tulkita pienialaiseksi otannaksi tietyllä aikavälillä. Täydellisesti optimoitua katkontaa on lähes mahdoton toteuttaa käytännössä, ja sen takia tulokset ovat viitteellisiä arvioita puunostajien katkonnasta.

6.1 Arvioitujen kuutiomäärien tarkkuus ja tukkiprosentit

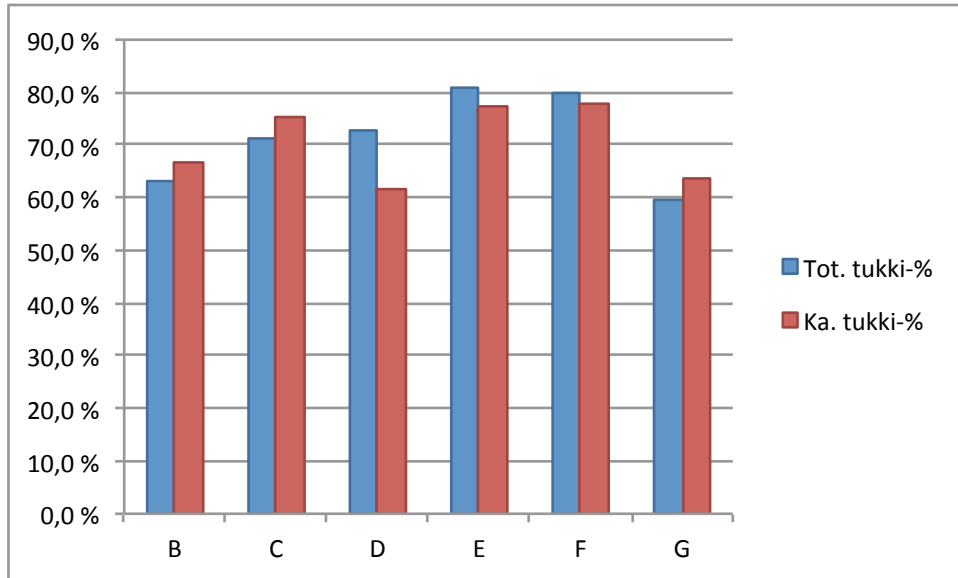
Arvioitujen ja todellisten kertymien väliset erot olivat suuria. Syy eroihin voi olla se, että korjattava kuvio on voinut suurentua tai pienentyä hakkuun aikana, jolloin vastaavasti kuutiomäärät muuttuvat. Joskus myös metsäsuunnitelmaa on käytetty puumäärien arvioimiseen puunmyyntisuunnitelmaan, ja jos suunnitelma on muutamia vuosia vanha, on myytävä puusto ehtinyt jo kasvaa monen vuoden kasvun verran.

Tukkimäärän arvioinnin tarkkuuteen vaikuttaa puuston laatu. Puusto saattaa näyttää hyvinkin laadukkaalta, mutta pienet, katkontaan vaikuttavat tekijät huomataan vasta, kun apteerausta suoritetaan. Tällaisia ovat esimerkiksi liian suuret oksat, halkeamat tai laho. Ylipäätään kuitu- ja tukkiosuuksien arviointi on erittäin hankalaa, koska jokaisen puuston kapeneminen on erilaista eikä välttämättä silmillä arvioitavissa kovin tarkasti. Myös hakkuukoneen kuljettajan rooli on merkittävä, kun arvioidaan tukkiprosenttia. Mikäli korjattava leimikko on vikainen tai lahoppuuta on runsaasti, joutuu kuljettaja käyttämään pakkokatkaisua ja poiketa tällöin hakkuukoneen ehdottamasta katkonnasta. Mitä enemmän leimikossa on arvioijan silmiin näkymättömiä, laatuun vaikuttavia vikoja, sitä enemmän tukkimäärä yleensä yliarvioidaan.

Kuutiomäärien arviointi mahdollisimman lähelle totuutta olisi tärkeää, sillä puukaupassa virhearvioinnit aiheuttavat ongelmia korjattavien leimikoiden hinta-arvioiden määrittämisessä sekä itse puukaupassa. Arvioidun määrän perusteella metsänomistajalle maksetaan mahdollinen puukaupan ennakkosumma. Mikäli puumäärä jää jostain syystä arvioitua puumäärää pienemmäksi, saattaa ennakkomaksun kanssa tulla ongelmia. Maksun suuruutta määriteltäessä täytyy juuri puumäärän muutoksien takia määritellä tarpeeksi suuri marginaali, jotta ongelmilta vältyttäisiin. Puunostajat tekevät myös tarjouksen puumäärien perusteella. Jos hakkuumäärä ylittää reilusti arvion, on se epäedullista metsänomistajalle. Mikäli arvio olisi ollut tarkempi, olisi metsänomistaja saattanut saada paremman tarjouksen.

Puumäärän arviointi saattaa aiheuttaa ongelmia myös korjuun ketjutuksessa. Mikäli puumäärät ns. ”turpoavat”, vie leimikon korjuu enemmän aikaa ja tällöin tulee poikkeamia korjuu-aikatauluissa. Hakattavien leimikoiden ketjutus siis vaikeutuu, jos puumäärät vaihtelevat voimakkaasti.

Vertailu metsänhoitoyhdistysten tukkiprosenttitilaston ja tutkimuksessa selvinneiden tukkiprosenttien kesken osoittaa puukauppojen olleen keskimääräistä tasoa. Keskimääräinen poikkeama tilaston ja tulosten välillä oli +0,8 %. (Kuva 11). Keskimääräiset tukkiprosentit on saatu metsänhoitoyhdistysten omasta tilastointiohjelmasta, jonne kirjataan kaikkien toteutuneiden puukauppojen puumäärät ja hinnat puunostajittain.



Kuva 11. Toteutuneet tukkiprosentit puunostajittain sekä keskimääräiset tukkiprosentit metsänhoitoyhdistysten alueella samassa järeysluokassa. Keskimääräiset tukkiprosentit ovat vuosilta 2009 - 2012.

6.2 Katkonnan laatu

Katkonnan laadun määrittämiselle ei ole vielä tehty arvoasteikkoa, jonka mukaan katkonta voitaisiin mieltää hyväksi tai huonoksi. Yksittäisistä puista on helppo tehdä optimaalinen katkontamalli, joka takaa maksimaalisen arvosaannon. Tämä onnistuu myös leimikkotasolla, mikäli puustosta on tarpeeksi yksityiskohtaisia havaintoja.

Työn tarkoitus oli selvittää, toteutuvatko metsänhakkuusopimuksessa annetut hakkuumäärät, tukkisaannot sekä katkontatiedot. Työn aineisto jäi odotettua pienemmäksi, joten työstä ei voida tehdä kauaskantoisia päätelmiä. Työn tuloksien tarkastelussa laadullinen arviointi on vaikeaa, koska taustatietoa puukauppojen korjatuista leimikoista ei ole. Työn tuloksista ei siis voida päätellä, onko leimikko korjattu optimaalisesti arvosaanto maksimoimalla. Työssä tuloksia kuitenkin tarkastellaan aikaisemmin mainittujen Piiran ym. (2007) sekä Hiltusen (2003) tutkimusten valossa.

Toteutunutta katkontaa voidaan tarkastella yksinkertaisesti vertaamalla katkottujen pölkkyjen jakautumista mittaluokkiin ja näiden mittaluokkien prosenttiosuuksia. Järeiden alentuessa lyhyiden pituusmittojen sekä latvaläpimitan merkitys korostuu nopeasti. Mikäli pölkkyjä on jakautunut tasaisesti enemmän alimpiin läpimittaluokkiin, voidaan katkontaa pitää metsänomistajan kannalta onnistuneena. Kun järeys alenee, tulee ison prosenttiosuuden sattua lyhyisiin pituusmittaluokkiin sekä minimiläpimittaluokkiin. Katkonnan merkitys korostuu huonolaatuisissa sekä järeydeltään pienikokoisissa leimikoissa. Aikaisempien tutkimusten valossa katkontaa voidaan pitää metsänomistajan kannalta onnistuneena, kun prosenttiosuudet minimimitoissa ovat suuremmat kuin seuraavassa mittaluokassa ja kaikkia mittoja on käytetty. (Yli-Talonen 2012.)

Tutkimustulosten mukaan puunostajien katkonta on ollut kokonaisuutta tarkasteltaessa keskimääräisesti hakkuusopimusten mukaista. Kuitenkin jokaisen puunostajan kohdalla on erilaisia painotuksia etenkin käytetyissä pituusmitoissa. Puunostajien katkontajakaumat vaihtelivat toimijan sisäisissä jakaumissa puolajettain. Katkonnan optimaalisuus metsänomistajan kannalta riippui siitä, oliko kyseessä mänty vai kuusitukki. Jakaumista oli myös selkeästi nähtävissä se, että puunostaja on arvottanut hintamatriisissaan jotain tiettyä läpimittaa tai pituutta.

6.2.1 Mäntytukkien jakaumat

Puunostaja F oli katkonut eniten mäntytukkia pienimpiin läpimittaluokkiin. Muilla puunostajilla jakaumien trendi oli nouseva aina luokkiin 20 – 24 cm asti. Huomiota herättävin katkonta oli D:llä, jonka katkonnassa oli 45 %:n piikki luokan 20 cm kohdalla. Piikin selittänee se, että puunostajan mittalistoissa läpimittaluokkiin 21 ja 22 cm ei ollut lukeutunut yhtään pölkkyä. Todellisuudessa näitä läpimittaluokkia on voinut esiintyä katkonnassa, mutta ne on luettu läpimittaluokkaan 20 cm. Vaikka E:llä oli käytössä 14 cm:n minimiläpimittaluokka, korkein prosenttiosuus oli silti 20 cm:n luokassa. Melkein kaikki läpimittaluokat olivat käytössä pelkästään B:llä, C:llä ja F:llä.

Mäntytukit olivat jakautuneet pituuden suhteen optimaalisesti melkein kaikilla puunostajilla. Huolimatta 43 dm:n minimipituudesta C oli katkonut pölkkyjä myös lyhyempään, 40 dm:n pituusluokkaan. Tämä luetaan kuitenkin katkonnan kannalta positiiviseksi asiaksi, sillä lyhyemmät tukkipituudet kartuttavat teoriassa enemmän tuk-

kisaantoa. Tämä huomataan myös C:n mäntytukkiprosentissa, joka kohosi 80,2 %:iin, kun heikoiten mäntypölkkyjen katkonnasta suoriutuneilla D:llä ja E:llä prosentit olivat 77,0 % ja 75,2 %. D:n prosenttijakauma oli päinvastainen suositellusta trendistä ja E:n pölkyistä yli 50 % oli lukeutunut 52 dm:n pituusluokkaan. E:llä oli käytössä ainoastaan neljä pituusmittaa. Männyn katkonnassa pitkien pituusmittojen käyttö saattaa johtaa kuusen katkontaa helpommin huonoon lopputulokseen, sillä männyn laatu alenee saattaa alentua liian suurten oksien takia.

6.2.2 Kuusitukkien jakaumat

Kuusitukkien läpimittajakaumien trendi oli yleisesti ottaen laskeva. Eniten minimiläpimittaluokkaan lukeutui pölkkyjä D:lla, mutta vaihteluväli luokkien välillä oli suurta. Tasaisimpaan katkontatulokseen pääsivät F ja G. Katkonta oli hieman epätasaisempaa kuusitukeilla kuin mäntyukeilla. Epätasaisin vaihtelu oli B:llä, jonka korkein prosenttiosuus löytyi läpimittaluokasta 20 cm. Myös läpimittaluokka 30 cm oli saanut korkean arvon, mikä johtuu korkeasta sorvitukin määrästä.

Kuusitukkien pituusjakaumassa on nähtävissä selkeät ääripäät. C:llä on ollut käytössä lyhyimmät tukkipituudet, joita se on myös käyttänyt aktiivisesti, kun taas puunostajalla B on ollut käytössä kaksi pidempää päämittaa. C:n kuusitukkiprosentti oli 80,3 % ja B:n 71,1 %. Pituuksien käyttö ei ole ollut siis kaikilla puunostajilla optimaalista. Tasaisin tukkijakauma on ollut G:llä ja D:llä, mutta niissäkin minimipituuksien osuus on jäänyt pieneksi. E:n pituusjakaumassa on selkeä piikki pituusluokassa 52 dm. Huolimatta tästä piikistä kuusitukkiprosentti kohosi 80,8 %:iin. Tämä johtunee E:n käyttämästä 14 cm:n minimiläpimitasta.

6.2.3 Koivutukkien jakaumat

Koivutukkien vähäisen määrän takia tuloksien tarkastelu jää puutteelliseksi. Näiden tuloksien perusteella koivutukkien katkonnassa ei ole suoraa yhteneväisyyttä havupuiden katkontaan. B oli käyttänyt 100-prosenttisesti minimiläpimittaluokkansa 20 cm. Hyvin minimiluokan oli käyttänyt myös C, sillä luokkaan oli kirjautunut yli 40 % katkotuista pölkyistä. E:n pölkyt olivat kirjautuneet ainoastaan kahteen luokkaan, 22 ja 24 cm, joten tätä ei voida pitää optimaalisena katkontana metsänomistajan kannalta.

Pituusluokkien osuudet vaihtelivat myös huomattavan eri tavalla kuin havupuiden jakaumat. Erityisesti C:n katkonta oli silmiinpistävä. C:n minimipituusluokka oli 50 dm, mutta pölkkyjä oli katkottu myös 31, 43 ja 46 dm:n luokkiin. Kuitenkin eniten pölkkyjä oli lukeutunut pitkään mittaan, 61 dm:iin. Myös B oli katkonut minimipituusluokkaa alhaisempaan luokkaan, mutta kokonaisuudessaan käytössä oli ollut vain neljä pituusmittaa.

6.2.4 Minimiläpimitaan katkottujen pölkkyjen osuus teoreettisesta maksimista

Keskimäärin aineistosta saadut kertoimet olivat odotettua alhaisempia. Parhaiten minimiläpimittaisia pölkkyjä kertoimien perusteella oli katkonut mäntyukeista D sekä kuusitukeista D ja E. Hälyttävän huonoja arvoja sai mäntyukilla G ja kuusitukilla C, joilla kummallakin kerroin oli alle 0,1. Kertoimet ilmentävät hyvin sitä, kuinka hyvin tarjolla oleva puuraaka-aine käytetään hyödyksi. Näiden kertoimien perusteella tukkirunkoa voitaisiin joidenkin ostajien kohdalla käyttää paremmin hyödyksi, sillä mitä pienemmän arvon minimiläpimitaluokka saa, sitä suuremmalla todennäköisyydellä tukkikokoista runkoa on katkottu kuiduksi alimmissa läpimitoissa.

6.3 Virhelähteet

Tutkimustuloksen luotettavuutta ja yleistettävyyttä alentaa eniten pieni aineisto. Keskimäärin kuusi pystykauppaa puunostajaa kohden on erittäin vähän tavoitteeseen nähden, joka oli toteutuneeseen verrattuna melkein viisinkertainen. Runkohinnoittelu on yleistymässä, ja se karsi merkittävästi puukauppojen määrää. Runkohinnoittelu sulki pois puunostajista kokonaan yhden toimijan. Aineiston tarkastelujaksoa olisi täytynyt pidentää, mikäli aineistoa olisi haluttu enemmän. Tarkastelujakson pidentäminen olisi kuitenkin vaikeuttanut vertailua, sillä puunostajien mitta- ja laatuvaatimukset olisivat vaihdelleet enemmän sisäisesti.

Katkongan laadun arvioimista hankaloitti työssä se, ettei ennakkotietoa leimikon rakenteesta ja vikaisuudesta ollut. Mikäli puusto on huonolaatuista esimerkiksi lenkouuden tai liian suurien oksien takia, ei katkonta voi onnistua kovin hyvin ja tukkisaanto jää pieneksi. Nämä asiat ovat puunostajasta riippumattomia. Toki korjuun suorittajalla on mahdollisuus tehdä huonolaatuisesta leimikosta niin hyvää kuin pystyy, mutta tilastotietoja se ei voi korjata. Työssä tuloksia tarkasteltiin pelkästään niiden tietojen va-

lossa, jotka olivat selvillä. Puuston teknisen laadun vaikutuksia tuloksiin ei huomioitu, sillä ilman ennakkotietoa se olisi ollut mahdotonta. Myös puulajikohtaiset erot täytyy ottaa huomioon, sillä yleensä mäntyä katkottaessa pyritään mahdollisimman hyvään laatuun, mutta kuitenkin niin, ettei se vaikuta lopulliseen tukkiprosenttiin.

Arvosaantoa arvioitaessa tulee muistaa puunostajien jatkojalostustarpeet ja hintamatriisit. Arvosaantoa on mahdoton kasvattaa, mikäli hintamatriisissa tietyt pituudet on arvotettu selkeästi muita mittoja suuremmiksi. Mitä suuremmat erot pituusläpimittayhdistelmien arvoilla on, sitä vähemmän hakkuukoneen automaatio tarjoaa vaihtelua käytettyihin mittoihin.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

7.1 Katkonnan seurannan kehittäminen

Katkonnan vaikutusta leimikon myyntiarvoon on tutkittu jo vuosikymmenen ajan. Näissä tutkimuksissa on selkeästi saatu viitteitä siitä, millaista katkontaa leimikossa tulisi käyttää, jotta metsänomistaja saisi parhaan arvon myymälleen puulle. Tämä tutkimus kuitenkin osoittaa, että puunostajilla on käytössä kirjava joukko käytäntöjä, joilla leimikko katkotaan, eivätkä ne aina johda metsänomistajaystävälliseen katkontaan.

Kaikilla puunostajilla oli hakkuusopimukseen kirjattu ainoastaan tukkipituuksien vaihteluväli, jolloin ennen aineiston analysointia voitiin olettaa kaikkien pituuksien olleen käytössä. Tutkimuksessa selvisi, että oletus pitää paikkansa, sillä yhtä puunostajaa lukuun ottamatta kaikilla oli enemmän tai vähemmän käytössä kaikki hakkuusopimuksessa mainitun vaihteluvälin mitat. Muutama puunostaja oli jopa katkonut ns. alamittaa hakkuusopimuksen ilmoitettuun minimipituuteen nähden. Kuitenkin vertailu puulajeittaisen tukkiprosentin ja katkonnan välillä osoitti, ettei kaikkien mittojen käyttö johda välttämättä hyvään tukkiprosenttiin. Suurempi merkitys on katkonnan painotumisella lyhyisiin pituusmittoihin.

Sekä metsänomistajien että metsäteollisuuden edunvalvojat ovat kuuluttaneet läpinäkyvän ja luotettavan puukaupan perään. Tämä edellyttäisi puunostajilta muutoksia puukauppakäytäntöihin. Puunostajia on muun muassa kritisoitu siitä, ettei prd-

tiedoston lähetys ole automaattista, vaan sen saa pyytämällä, ja silloinkin mittalista tulee pdf- tai paperiversiona. Mikäli tämän tutkimuksen kaltaista analysointia haluttaisiin tuoda jokapäiväiseen korjuun valvontaan, tulisi prd-tiedoston olla automaattisesti sähköisesti käytössä metsänhoitoyhdistyksissä. Metsänhoitoyhdistyksen ohjelmistoa tulisi kehittää eteenpäin niin, että sillä olisi valmiudet analysoida laajempaa tietokantaa. Näin jokaisesta puukaupasta saataisiin kattavaa ja tarkkaa tietoa puunostajan apteerauksesta.

Läpinäkyvyyttä lisäisi myös laadun huomioon ottaminen katkonnan rekisteröinnissä hakkuukoneelle. Aiemmin tässä työssä on todettu, että hakkuukone pystyy tallentamaan runkotiedostoon tietoja mahdollisista pakkokatkaisuun johtaneista syistä, mutta käytännössä sitä ei Suomessa kovinkaan paljon käytetä. Mikäli tätä ominaisuutta tuotaisiin enemmän esille tulevaisuudessa ja tiedot tuotaisiin esiin myös lähetettävään prd-tiedostoon, mahdollistaisi se entistä läpinäkyvämmän puukaupan.

7.2 Arvoasteikko

Aineiston perusteella pystyttiin luomaan kerroin, jonka avulla ostajien katkonnan suhteuttaminen toisiinsa on helpompaa. Edellä esitettyjen kertoimien tyyppisiä lukuarvoja voitaisiin käyttää tulevaisuudessa arvoasteikon kehittämiseen. Arvoasteikko ottaisi kantaa sekä pituusmittojen käyttöön että tukkirungon tarkkaan hyödyntämiseen. Minimiläpimittaluokan hyödyntämistä kuvaava kerroin voisi esimerkiksi tuottaa suoraan arvottavan asteikon.

Taulukko 8. Katkonnan laatua ilmaiseva esimerkkitaulukko yhden senttimetrin tasaa- vista minimiläpimittaluokista johdettujen kertoimien avulla.

Kerroin	Laatu
0,00 - 0,24	Huono
0,25 - 0,49	Välttävä
0,50 - 0,74	Tyydyttävä
0,75 -	Hyvä

Katkonnan laatua ilmaisevan arvoasteikon määrittäminen edellä kuvattua taulukkoa tarkemmin on tämän tutkimuksen pohjalta mahdotonta tehdä, sillä se tarvitsisi erikseen optimoinnin jokaiselle leimikkorakenteelle. Arvoasteikon määrittäminen vaatisi

sekä laajemman aineiston rakenne- ja laatu tiedot ennen korjuuta että kattavamman tilastollisen analysoinnin leimikon laadun ja katkonnan suhteesta toisiinsa.

Ennen määrittämistä arvoasteikkoa tulisi testata simulaattorilla, jonka avulla voitaisiin hakea minimilämpimittaisten pölkkyjen maksimimäärä ilman pakkokatkaisua. Simulointia tukemaan olisi hyvä saada myös koeleimikko, jossa hakkuussa tehtyjen pakkokatkaisujen syyt olisi lueteltu stm-tiedostossa.

LÄHTEET

Arlinger, J. & Möller M.J. 2006. Kvalitetssäkring av skördarnas mätning. Skogforsk. Resultat no. 20/2006.

Hiltunen 2003. Lyhyillä pituuksilla enemmän tukkia. Metsälehti 22.5.2003. Metsäkustannus Oy.

Kiviniemi, M. 2006. Puukauppa. Hämeenlinna: Metsäkustannus Oy.

Korpilahti, A., Hujo, S. & Poikela, A. 2006. Katkontatarkkuuden ylläpito hakkuukoneilla. Metsätehon raportti 28.9.2006. Helsinki. Saatavissa:

http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Raportti/Raportti_195.pdf. [Viitattu: 12.1.2012]

Maa- ja metsätalousministeriö 2006. Asetus nro 15/06, dnro 926/01/2006. Internet-sivu.

www.finlex.fi. [Viitattu: 13.1.2012]

Metsänhoitoyhdistykset. Internetsivu. www.mhy.fi [Viitattu: 13.1.2012]

Metsänhoitoyhdistysten Palvelu Oy. Rintala, P. (toim.). Metsänhoitoyhdistysten sisäinen korjuunvalvontaohje. 2008.

Metsäteho Oy. Korjuun suunnittelu. Saatavissa:

http://www.metsateho.fi/files/metsateho/korjuun_suunnittelu/start.html [Viitattu 31.1.2012]

Näsberg, M. 1985. Dissertation no. 132. Mathematical Programmin Models for Optimal Log Bucking. Department of Mathematics. Linköping University. S-581 83. Linköping. Sweden.

Piira, T., Kilpeläinen, H., Malinen, J., Wall, T. & Verkasalo, E. 2007. Leimikon puutavaralajiker-tymän ja myyntiarvon vaihtelu erilaisilla katkontaohjeilla. Metsätieteen aikakauskirja 1/2007: 19-37. Metla. Joensuun toimintayksikkö.

Puumies 1/2012. Puutavaran mittauslain uudistus käynnissä. S. 36. Puumiesten Liitto ry.

Rintala, P. 2008. Metsänomistajalla ja ostajalla eri intressit runkojen katkonnassa. Metsä Vinkki 1/2008. Järvi-Suomen metsänhoitoyhdistysten ja metsänomistajien liiton jäsenlehti.

Räsänen, T., Aaltonen, A., Lindroos, J., Lukkarinen, E., Vuorenpää, T. 1998. Puustotiedon hankinta hakkuukoneella. Metsätehon raportti 44. 12.2.1998. Saatavissa:

http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Raportti/Raportti_044.pdf. [Viitattu: 25.1.2012.]

Uusitalo, J. 2003a. Metsäteknologian perusteet. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti. Hämeenlinna: Karisto Oy.

Uusitalo, J. 2003b. Voidaanko laatu huomioida männyn katkonnassa. Seminaariesitys. Saatavissa:

http://www.uta.fi/laitokset/mattiet/tilasto/uusiprojekti/seminar03/Jori_Uusitalo.pdf. [Viitattu: 13.1.2012]

Verkasalo, E., Lindbland, J. & Melkka, T. (toim.). 2012. Puumieskalenteri 2012. 50. vuosikerta.

Yli-Talonen, Jari. Sähköpostihaastattelu 28.2.2012. Metsänhoitoyhdistys Päijät-Häme.


metsänhoitoyhdistys
Puunkorjuun valvontaraportti
Nro 1

Sopimus- / työmaanumero

29.07.11 1(1)

Metsänomistaja	Ostaja
Tarkastuspvm 29.7.2011	Urakoitsija

Työmaa	Uudistushakkuu	Kasvatushakkuu	Ei eritelty
Ala, ha	0,4	0	
Arvio, m ³	0	0	
Toteutunut, m ³	0	0	0
Tukki -%, mä	0	0	0
Tukki -%, ku	0	0	0

Puutavaran mittaus

Mittaustapa	Motomitta
Mittalaitteen tarkistuspvm	1.1.2011
Mittalaitteen tarkkuus	Kunnossa
Käytetyt mitta- ja laatuvaatimukset	Kunnossa

Korjuun toteutus

Harvennusvoimakkuus	Kunnossa
Poistettavien puiden valinta	Kunnossa
Katkonta	Kunnossa
Kantojen pituus	Kunnossa
Korjuuvauriot puustossa/maastossa	Kunnossa
Juurikäävän torjunta	Kunnossa
Varastopaikan ja teiden kunto	Kunnossa
Ojien ja polkujen aukipito	Kunnossa
Ajamaton puutavara	Kunnossa

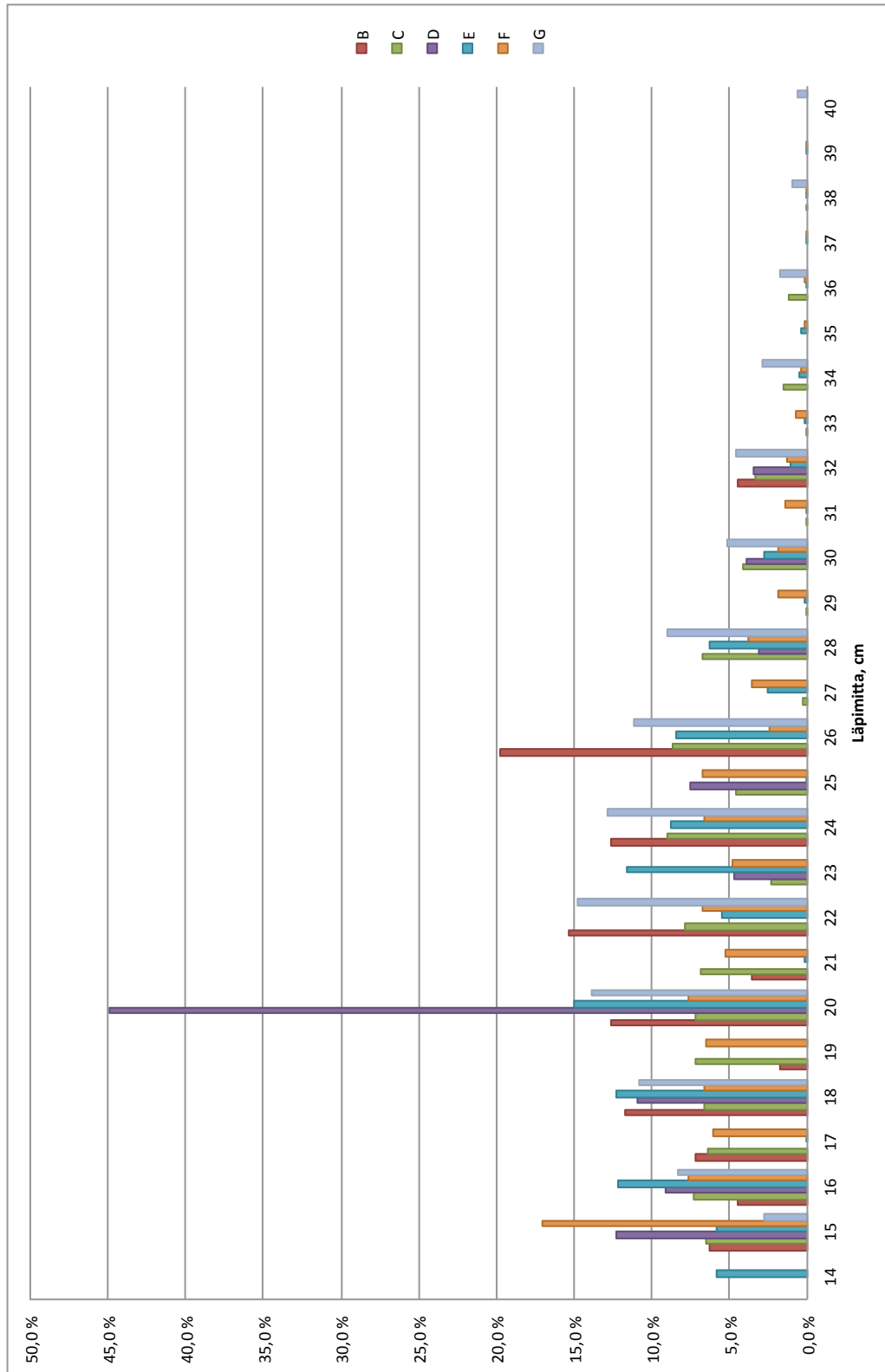
Ympäristö

Työmaan siisteys	Kunnossa
Luontokohteet	Kunnossa
Säästöpuut	Kunnossa

Kouvola 29.07.2011

Allekirjoitus

Liite 2. Mäntytukkien läpimittajakauma



Liite 3. Kuusitukkien läpimittajakauma

