

**HAKKUUKONE- JA TEHDASMITTAUKSEN VÄLISET MITTAEROT  
KUUSITUKKITOIMITUSTEN TILAVUUDESSA**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Evo, Metsätalous

Syksy, 2018

Risto Pasonen

Metsätalous

Evo

---

<b>Tekijä</b>	Risto Pasonen	<b>Vuosi</b> 2018
<b>Työn nimi</b>	Hakkuukone- ja tehdasmittauksen väliset mittaerot kuusitukkitoimitusten tilavuudessa	
<b>Työn ohjaaja</b>	Pekka Vuori	

---

## TIIVISTELMÄ

Päijänteen metsänhoitoyhdistys toimittaa vuosittain noin 110 000 kuutiota kuusitukkaa kotimaan mekaaniselle metsäteollisuudelle, lähinnä keski-suomalaisille sahoille. Kuusitukin määrää todennetaan tässä toimintaketjussa kahdella eri mittaumenetelmällä, hakkuukone- sekä tehdasmittauksella. Kuutiomäärät vaikuttavat tuotantoketjussa mukana olevien toimijoiden korvauksiin sekä metsänomistajien kantorahatuloihin. Samasta puutavaraerästä eri menetelmillä saatu mittaustulos vaihtelee yleensä jonkin verran. Mittaeron ollessa aina samaan suuntaan, voi taloudelliset vaikutukset olla merkittäviä.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli todeta hakkuukone- ja tehdasmittauksen erojen suuruutta kesäaikaisten kuusitukkitoimitusten tilavuudessa. Tuloksia vertailemalla voidaan arvioida erojen vaikutuksia toimitusvolyymien määrään ja arvoon sekä pyrkiä tulevaisuudessa mahdollisimman oikeudenmukaiseen ja tarkkaan puunmittaukseen.

Tutkimus suoritettiin mittaamalla kaksikymmentäkaksi puutavara-auton kuormallista kuusitukkaa (n. 1 400 m<sup>3</sup>) kahdella eri mittaumenetelmällä. Puut mitattiin ensin hakkuukonemittauksella metsässä, sen jälkeen ne toimitettiin tehdasmittaukseen sahan tukkimittarille.

Tutkimuksen tuloksista voitiin todeta tukkimittarin mittaavan pääsääntöisesti puutavaraa vähemmän kuin hakkuukoneen mittalaitteen. Tilavuuksien erot sijoittuvat + 5,58 % ja - 0,95 % välille. Keskimääräinen ero tuloksissa on 2,06 %. Näin ollen mittaustulokset pysyvät kuitenkin lain määrittämän  $\pm 4$  % suurimman sallitun poikkeaman sisällä.

Työ toteutettiin yhteistyössä Päijänteen metsänhoitoyhdistyksen korjuupalvelun ja kolmen eri kuusitukkaa vastaanottavan sahan kanssa.

**Avainsanat** Puutavaranmittaus, hakkuukonemittaus, tehdasmittaus, kuusitukki

**Sivut** 37 sivua, joista liitteitä 9 sivua

Forestry  
Evo

---

<b>Author</b>	Risto Pasonen	<b>Year</b> 2018
<b>Subject</b>	The differences in spruce log volume between harvester and sawmill measuring	
<b>Supervisor</b>	Pekka Vuori	

---

ABSTRACT

The forestry management association of Päijänne delivers about 110 000 cubic metres of spruce log annually to Finland's mechanical forest industry, mainly to sawmills in Central Finland. The amount of spruce log is being verified through two different measuring systems, harvester measurement and sawmill measurement. The cubic volumes have an effect on the payment of operators and on the stumpage price income of the forest owners. The measurement results of the same parcel of timber show some variation between the two different measuring systems. The measured difference to the same direction can be financially very significant.

The purpose of this thesis was to point out the volume difference between harvester and sawmill measuring by using summer spruce log deliveries as a subject. Comparing the results, the influence on the amount and value of volumes delivered can be evaluated, and also in the future, as fair and precise wood measuring as possible can be aimed at.

The study was carried out measuring 22 timber truck loads of spruce log (about 1 400 cubic metres) using two measuring systems. First the log was measured in forest using the harvester measurement, then it was delivered to the sawmill to be measured again.

The results of the study show that the sawmill measurer mainly measures less timber than the harvester. The difference of the volume is between + 5.58 % and - 0.95 %. The average difference in results is 2.06 %. The measurement results stay within the  $\pm 4$  %, the biggest anomaly set by law.

The thesis was done in co-operation with the forestry management association of Päijänne's harvesting service and with three different spruce log receiving sawmills.

**Keywords** Timber measurement, harvester measurement, sawmill measurement, spruce log

**Pages** 37 pages including appendices 9 pages

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	PUUTAVARANMITTAUS.....	1
3	PUUTAVARAN MITTAUSTA KOSKEVIA SÄÄDÖKSIÄ.....	2
3.1	Historiaa ja säädöksiä.....	2
3.2	Mittausmenetelmäryhmät.....	3
3.2.1	Fyysisten ominaisuuksien mittaukseen perustuvat menetelmät.....	3
3.2.2	Otantaan perustuvat mittausmenetelmät.....	4
3.2.3	Muuntolukuihin perustuvat mittausmenetelmät.....	4
4	MITTAUSMENETELMÄT.....	4
5	HAKKUUKONEMITTAUS.....	8
5.1	Hakkuukonemittauksen tekniikka.....	10
5.1.1	Pituus.....	10
5.1.2	Läpimitta.....	10
5.1.3	Suodatus.....	11
5.1.4	Tilavuuden muodostuminen.....	11
5.1.5	Tyviosan tilavuudenlaskenta.....	13
6	TEHDASMITTAUS.....	13
6.1	Tukkien mittaus sahalla.....	13
6.1.1	Mittausperiaate.....	14
6.1.2	Kuorilisäys.....	14
7	MITTAUKSEN VALVONTA.....	15
8	SAMANKALTAISET TUTKIMUKSET.....	15
8.1	Minkkinen 2013.....	15
8.2	Pylkkänen 2017.....	16
9	AINEISTO JA MENETELMÄT.....	17
9.1	Menetelmä.....	17
9.2	Aineisto.....	18
9.3	Aineiston vertailu.....	18
9.4	Toimijat.....	19
9.4.1	Päijänteen metsänhoitoyhdistys ry.....	19
9.4.2	Saha 1.....	20
9.4.3	Saha 2.....	21
9.4.4	Saha 3.....	22
10	TULOKSET.....	23
11	POHDINTA.....	26
	LÄHTEET.....	27

Liitteet

- Liite 1 Tiedoksianto/ohjeistus hankintaesimiehelle
- Liite 2 Tiedoksianto/ohjeistus korjuuyrittäjille
- Liite 3 Hylätyt toimituserät
- Liite 4 Eräkohtaiset tulokset
- Liite 5 Sahakohtaiset tulokset koe-erittäin
- Liite 6 T-testin tulokset
- Liite 7 Normaalisuuden testaustulokset

## 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käsitellään puutavaranmittausta. Opinnäytetyön aiheena on todeta hakkuukone- ja tehdasmittauksen erojen suuruutta kuusitukkitoimitusten tilavuudessa kesäaikaisessa puunkorjuussa. Opinnäytetyön aihe on Päijänteen metsänhoitoyhdistyksen tilaama. Metsänhoitoyhdistys on tehnyt havaintoja tukkitoimitustensa tilavuuksien muutoksissa hakkuukoneen ja tukkimittarin välillä. Toimituksissa on havaittu tehtaan mittausten olevan yleensä vähemmän kuin mitä metsässä hakkukoneella on saatu. Eroja on huomattu varsinkin kesäaikaisissa toimituksissa. Työn päättämiseksi on todeta kuusitukkien tilavuudenmuutosten eroja ja niiden suuruutta metsänhoitoyhdistyksen kesäaikaisissa kuusitukkitoimituksissa. Tutkimuksen avulla Päijänteen metsänhoitoyhdistys pystyy arvioimaan tulosten vaikutuksia toimintaansa, sekä tarvittaessa kehittämään sitä. Tässä opinnäytetyössä käsitellään yleisellä tasolla puutavaranmittausta, sen lainsäädäntöä sekä käsitellään tarkemmin hakkuukone- ja tehdasmittauksen periaatteita ja niiden eroja. Työn loppuosassa esitellään tutkimuksen keskeisimmät tulokset ja pohditaan niihin vaikuttavia tekijöitä.

Opinnäytetyö toteutettiin yhteistyössä Päijänteen metsänhoitoyhdistyksen ja sen yhteistyökumppaneiden kanssa. Tutkimuksessa tehtiin puutavara-alle ensimmäisenä hakkuukonemittaus. Tämän jälkeen sama mitattu puutavaraerä toimitettiin sahalle tehdasmittaukseen. Mittausten jälkeen tuloksia pystyttiin vertailemaan keskenään. Tulosten avulla voitiin todeta puutavaraerien mitoissa ja tilavuuksissa tapahtuvia muutoksia prosessin aikana metsästä tehtaalle.

Tutkimuksessa saatiin kerättyä yhteensä kaksikymmentäkaksi vertailukelpoista koe-erää. Kuusitukkieriä oli mittaamassa yhteensä kolme eri hakkuukonetta sekä sahan tukkimittaria. Toimituseriä oli lisäksi kuljettamassa ja käsittelemässä monet muutkin toimijat. Kaikkien toimijoiden merkitys tutkimuksen onnistumisessa on ollut erittäin suuri.

## 2 PUUTAVARANMITTAUS

Puutavaranmittauksella tarkoitetaan jalostamattoman puutavaran määrän ja laadun mittaamista kauppahinnan, palkan tai urakointimaksujen määrittämistä varten. (Laki puutavaran mittauksesta 414/2013) Jalostamaton puutavara käsittää puun kaikkia osia eli runkoa, kuorta, kantoa, juuria, oksia sekä puun sivutuotteita haketta ja purua. Puutavaranmittaus ei ole riippuvainen, siitä mihin käyttötarkoitukseen puutavaraa jalostetaan. Puutavaran eli puuraaka-aineen määrää voidaan kuvata normaalisti

tilavuudella (kiintokuutiometri, m<sup>3</sup>) tai massalla (kg, tn). Puuraaka-aineen laadulla voidaan tarkoittaa tavaran soveltuvuutta tiettyyn käyttötarkoitukseen. Laadun mittausta perustuu tavallisesti puulajiin, sen kokoon sekä vaa-dittaviin laatuominaisuuksiin. Eri puutavaratuotteiden kokoa ja laatuomi-naisuuksia voidaan kuvata eri tavoilla. Pyöreää puutavaran kokoa kuvataan yleensä sen läpimitalla ja pituudella. Laatua voidaan kuvata puun ominai-suuksilla, kuten rungon muodolla, oksaisuudella ja puuaineen tiheydellä. (Sipi, 2009, s. 12)

### 3 PUUTAVARAN MITTAUSTA KOSKEVIA SÄÄDÖKSIÄ

Suomessa puutavaran mittauksessa käytettävät menetelmät ja laitteet pe-rustuvat lakiin puutavaran mittauksesta. Puutavaranmittaus Suomessa pe-rustuu myös maa- ja metsätalousministeriön asetukseen sekä Metsäntut-kimusalaitoksen määräykseen puutavaran mittaukseen liittyvistä yleisistä muuntoluvuista.

#### 3.1 Historiaa ja säädöksiä

Puutavaran mittausta on ohjattu Suomessa lainsäädännöllä vuodesta 1939 lähtien. Lainsäädäntö puutavaran mittauksesta (337/1938) koski silloin luovutusmittausta. Lakia laajennettiin koskemaan myös työmittausta (laki 1166/1945) vuonna 1945. Vuonna 1969 käyttöön otettu laki (puutavaran-mittauslaki (161/1969) mahdollisti sopimus pohjaisten mittausmenetelmien käytön. Sopimus pohjaisella mittausmenetelmällä tarkoitetaan en-nen korjuuta pystypuihin tehtäviä mittauksia eli pystymittausta. Sopimus-pohjaisten menetelmien kehittämistä ja soveltamista varten perustettiin vuonna 1971 mittausneuvosto, joka antoi suosituksia puiden pystymit-tausta varten. Vuonna 1991 astui voimaan puutavaranmittauslaki (364/1991) ja -asetus (365/1991). Näillä lainsäädännöllä vahvistettiin la-kiin perustuvia mittausmenetelmiä. Lain uudistuksen myötä perustettiin myös puutavaranmittauksen neuvottelukunta. Neuvottelulautakunta an-taa lausuntoja, tekee ehdotuksia puutavaran mittauksen kehittämiseksi sekä edistää ja ylläpitää hyviä mittauskäytäntöjä. Neuvottelukunta voi esit-tää Luonnonvarakeskukselle tiettyjen muuntolukujen tarkistamista. (Lind-blad & Wall, 2013a) Vuoden 1991 jälkeen tuli uusiin ja tällä hetkellä voi-massa oleva lainsäädäntö eli laki puutavaran mittauksesta (414/2013). Tä-män hetkinen puutavaranmittauslaki on ollut voimassa 1.7.2013 alkaen. Merkittävin muutos uudessa laissa verrattuna vanhaan on, että se koskee myös jalostamatonta puutavaraa, johon luetaan energiapuutavaralajit sekä puun sivutuotteet hake ja puru. Puutavaranmittauksen lainsäädäntöä pyrittiin uudistamaan niin, että se mahdollistaa mittausmenetelmien jous-tavamman uudistamisen. (Koistinen 2016)

Lain tarkoituksena on turvata jalostamattoman puutavaran mittauksessa käytettävien menetelmien, laitteiden toiminnan ja mittaustulosten luotettavuus. (Laki puutavaran mittauksesta 414/2013) Lainsäädäntö luo mittauksen virallisen organisaation ja menettelyt mittauksen kehittämiseksi ja uusien menetelmien käyttöönotolle. Laki tuo luottamusta sekä turvaa mittausosapuolten välille. Laki luo myös menettelytavat erimielisyyksien ratkaisuun ja muutoksenhakuun epäselvissä mittaustapauksissa. (Lindblad & Wall, 2013a)

Asetuksessa tarkennetaan laissa asetettuja puutavaran mittauksen mittausmenetelmäryhmien ja mittausmenetelmien sisältöä sekä mittauslaitteiden käyttöä. Asetus on tullut voimaan 1. päivä heinäkuuta 2013. (Lindblad & Wall, 2013a)

Metsäntutkimuslaitos on antanut määräyksen puutavaran mittaukseen liittyvistä yleisistä muuntoluvuista. Eri mittausmenetelmiin sisältyy taulukoituja tai funktioon perustuvia muuntolukuja. Muuntoluvulla lasketaan mittaustulokselle toisen suureen arvo. Näin ollen mittaustuloksen mittayksikkö muuttuu ja niissä noudatetaan määräyksessä annettuja muuntolukuja. (Maa- ja Metsätalousministeriö 12/2013) Luonnonvarakeskus on antanut myöhemmin määräyksen puutavaran mittaukseen liittyvistä yleisistä muuntoluvuista. Tällä hetkellä noudatetaan 1.7.2013 voimaan tullutta metsäntutkimuslaitoksen määräystä ja 1.1.2014, 1.1.2016 sekä 1.1.2018 voimaan tulleita luonnonvarakeskuksen määräyksiä Metsäntutkimuslaitoksen määräyksen liitteen muuttamisesta.

## 3.2 Mittausmenetelmäryhmät

Laki puutavaran mittauksesta määrittää Suomessa käytettävät mittausmenetelmät. Lain mukaan mittausmenetelmillä ei ole vahvistamisprosessia, kunhan ne kuuluvat määritettyihin kolmeen eri mittausmenetelmäryhmään, sekä mittausmenetelmäryhmälle asetetut vaatimukset täyttyvät. (Laki puutavaran mittauksesta 414/2013)

### 3.2.1 Fyysisten ominaisuuksien mittaukseen perustuvat menetelmät

Fyysisten ominaisuuksien mittaukseen perustuvien menetelmien tulokset perustuvat puutavaran fyysisten ominaisuuksien tai painon mittauksiin. Puutavarakappaleiden tai puutavaramuodostelmien fyysisiä mittoja sekä ominaisuuksia ovat pituus, läpimitta, korkeus, leveys ja epäpyöreys tai vastaavat. Mittatulos saadaan määritettyihin mittoihin perustuvalla laskentamenetelmällä. Nämä menetelmät eivät perustu otantaan tai muuntolukuihin. Nykyisin käytetyistä mittausmenetelmistä tähän ryhmään kuuluvat muun muassa hakkuukonemittaus, tehdasmittaus, punnitseminen ja kehyskuvamittausmenetelmät. (Maa- ja metsätalousministeriö 12/2013)

### 3.2.2 Otantaan perustuvat mittausmenetelmät

Otantaan perustuvissa mittausmenetelmissä koko mittauserästä määritetään ensimmäisen menetelmäryhmän tavalla mittatulos, joka muunnetaan lopulliseksi mittatulokseksi otantaerien mittaukseen perustuvalla muuntoluvulla. Toisin sanoen mitattavasta puutavarasta otetaan satunnaisesti määritelty erä (kuorma, nippu, runko, pölkky tai vastaava), jonka mittatulosten perusteella voidaan määrittää koko joukon lopullinen mittatulos. Nykyisin käytetyistä mittausmenetelmistä otantaan perustuvia mittausmenetelmiä ovat esimerkiksi paino-otanta-, kappaleotanta, nippukuotanta-, kuivapaino-otanta, kosteusotanta- ja laatuotantamittaus. (Maa- ja metsätalousministeriö 12/2013)

### 3.2.3 Muuntolukuihin perustuvat mittausmenetelmät

Muuntolukuihin perustuvissa mittausmenetelmissä määritetään ensimmäisen mittausmenetelmäryhmän mukaisesti puutavaraerän mittatulokset. Lopullisten mittatulosten saamiseksi mittatulokset muunnetaan vielä toisen suureen arvoksi yleisellä muuntoluvulla. Yleiset muuntoluvut on esitetty Metsäntutkimuslaitoksen määräyksessä. Tämän ryhmän mittausmenetelmiä ovat pino- ja kuormainvaakamittaus. (Maa- ja metsätalousministeriö 12/2013)

## 4 MITTAUSMENETELMÄT

Puukauppaan liittyvä jalostamattoman puutavaran mittaus kohdistuu yleensä puutavaran mittaukseen joko palstalla, tienvarressa tai tehtaalla. (Sipi, 2009, s. 59)

Tässä on esimerkkejä puuston tai pyöreänpuutavaran hyväksytyistä mittausmenetelmistä Suomessa:

Mittausmenetelmät palstalla:

- Pystymittaus
- Pystymittaus 2, metsurimittaus
- Hakkuukonemittaus

Mittausmenetelmät palstalla tai tienvarressa:

- Kuormainvaakamittaus
- Puutavarapölkkyjenmittaus
- Pinomittaus
- Kehämittaus

Mittausmenetelmät tehtaalla:

- Tukin mittaus tukkimittarilla
- Kehyskuvamittaus
- Kehyskuvamenetelmään ja tiiviiden määritykseen perustuva mittaus
  - Laserskannaukseen perustuva kehyskuvamittaus
  - Upotusmittaus
- Otantamittaukset
  - paino-otantamittaus
  - kehysotantamittaus
  - kappaleotantamittaus
  - kuivamassan otantamittaus
- Laatuositemenetelmä
- Pinomittaus ajoneuvossa

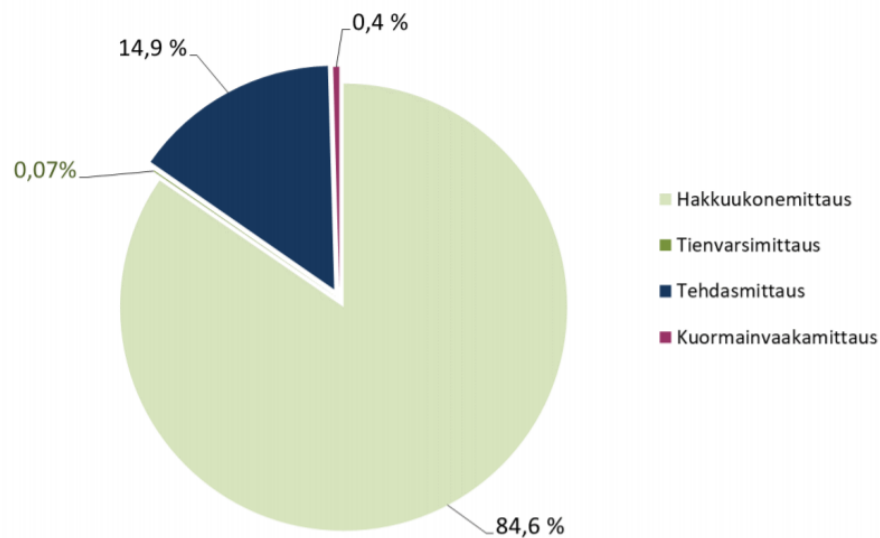
Mittauksessa on saavutettava tarkoituksenmukainen ja riittävä mittaus-tarkkuus. Laissa säädetään maa- ja metsätalousministeriön asteuksella eri mittausmenetelmille suurimmat sallitut poikkeamat (taulukko 1). Mittauksen poikkeamalla tarkoitetaan mittautuloksen ja oikeana pidettävän vertailuarvon erotusta. Mittautuloksen suhteellinen ero vertailuarvoon nähden ei saa ylittää tai alittaa asetuksen mukaista suurinta sallittua poikkeamaa. (Laki puutavaran mittauksesta 414/2013.) Asetuksessa määritetyt vaatimukset liikkuvat  $\pm 2 - 25$  prosentin sisällä, riippuen mittausmenetelmästä, eräkoosta ja puutavaralajista. (Maa- ja metsätalousministeriö 12/2013)

Taulukko 1. Asetuksen mukaiset suurimmat sallitut poikkeamat hakkuukone- ja tukkien tehdasmittauksessa. (Maa- ja metsätalousministeriö 12/2013)

Mittausmenetelmä	Mittauserän tilavuus vähintään 10 m <sup>3</sup>
	Suurin sallittu poikkeama, %
Hakkuukonemittaus	$\pm 4$
Tukkien tehdasmittauslaitteet	$\pm 2$

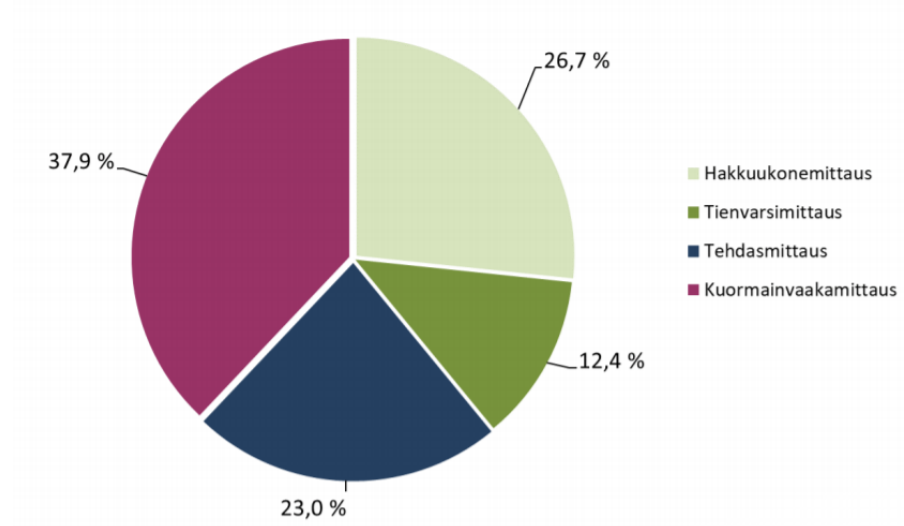
Metsäteho Oy kerää vuosittain tietoa puutavaran mittausmenetelmien osuudesta Suomessa. Viimeisimmät tilastolliset tiedot puutavaran mittausmenetelmien osuuksista ovat vuodelta 2017. Tämä tilasto perustuu kyselyyn vastanneiden Metsätehon osakasyritysten ilmoittamiin kotimaisen puun mittausmääriin, se kattaa noin 75 % kotimaisista markkinahakuista vuonna 2017. (Melkas, 2018a)

Tilaston tietojen mukaan (kuva 1) luovutusmittausmenetelmien osuuksista pystykaupoissa 84,6 % on tehty hakkuukonemittauksella, 14,9 % tehdasmittauksella 0,4 %, kuormainvaakamittauksella ja 0,07 % tienvarsimittauksella. Pystykaupoissa mitattua puutavaraa on ollut yhteensä noin 39,5 miljoonaa kuutiota. (Melkas, 2018a)



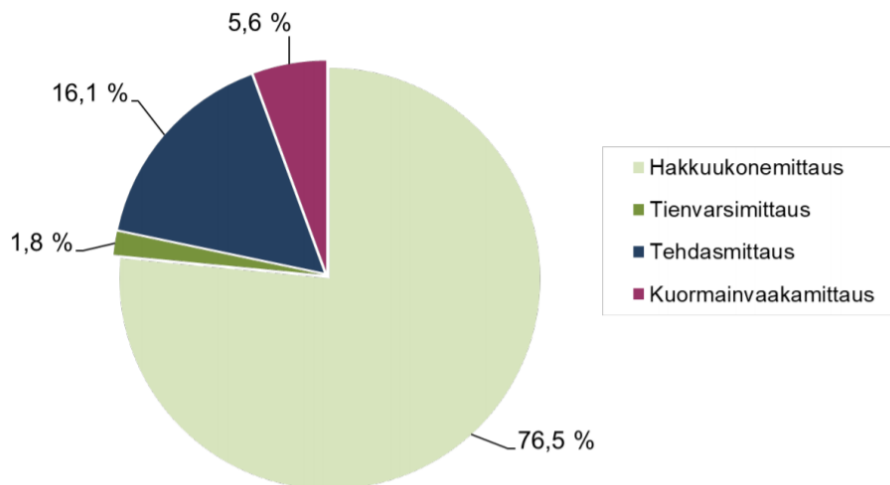
Kuva 1. Mittausmenetelmien osuudet pystykaupoissa vuonna 2017. (Melkas, 2018a)

Tilaston tietojen mukaan (kuva 2) hankintakaupoissa osuiksista on tehty 37,9 % kuormainvaakamittauksella, 26,7 % hakkuukonemittauksella, 23 % tehdasmittauksella ja 12,4 % tienvarsimittauksella. Hankintakaupoissa mitattua puutavaraa on ollut yhteensä noin 6,4 miljoonaa kuutiota. (Melkas, 2018a)



Kuva 2. Mittausmenetelmien osuudet hankintakaupoissa vuonna 2017. (Melkas, 2018a)

Tilastojen perusteella (kuva 3) yleisin mittausmenetelmä vuonna 2017 on ollut hakkuukonemittaus 76,5 %, sitten tulee tehdasmittaus 16,1 %, kuormainvaakamittaus 5,6 % ja tienvarsimittaus 1,8 %. Yhteensä pystykaupoissa ja hankintakaupoissa mitattua puutavaraa on ollut noin 45,8 miljoonaa kuutiota. (Melkas, 2018a)



Kuva 3. Mittausmenetelmien osuudet markkinahakkuissa vuonna 2017. (Melkas, 2018a)

## 5 HAKKUUKONEMITTAUS

Hakkuukonemittaus on osa koneellista puutavaran valmistusta. Hakkuukonemittauksella tarkoitetaan hakkuukoneella tehtävää puutavaran tilavuuden ja kappalemäärän mittausta sen valmistuksen yhteydessä koneen mittalaitteella. (Melkas 2018b) Hakkuukonemittaus on hyväksytty viralliseksi mittausmenetelmäksi vuonna 1992. (Uusitalo, 2003, s. 151) Hyväksymisen jälkeen sen osuus on kasvanut ja tällä hetkellä se on mittausmenetelmistä käytetyin. Hakkuukonemittauksella käytetään läpimitaltaan yli 4 senttimetrin puutavaroiden mittaukseen. Menetelmän hyväksyttävä mittatarkkuus on  $\pm 4$  prosenttia. Ideana hakkuukonemittauksessa on, että jokainen valmistettava ainespuurunko kulkee metsäkoneen hakkuupään läpi. Samalla kun runko karsitaan ja katkotaan, hakkuupäässä oleva mittalaite tekee rungon mitoista havaintoja ja laskee valmistetun puutavaran määrää. Hakkuukoneen mittalaite seuraa ja rekisteröi rungon läpimittaa sekä pituutta jatkuvatoimisesti rungon valmistuksen yhteydessä. Mittojen seuranta tapahtuu täysin mekaanisesti hakkuupäässä runkoa myötäilevien osien avulla. Valmistettujen puutavarakappaleiden tilavuuden kuutiointi tapahtuu havaittujen läpimitta- ja pituustietojen perusteella. Tilavuuden määrittäminen tapahtuu aina johdatetusti, eikä suorana mittaustuloksena. Valmistetut puutavaralajit rekisteröityvät runko- ja puutavaralajitietoihin. Ennen rungon kaatoa sekä sen valmistuksen yhteydessä tulee rungolle määrittää sen puulaji- ja laatu tiedot. Hakkuukone ei pysty niitä itse havaitsemaan, joten niiden syöttäminen on vielä täysin koneenkuljettajan

vastuulla. Puulajin ja rungon laatutietojen määrittäminen tapahtuu koneen ohjaamosta, sen hallintalaitteilla. (Sipi, 2009, s. 113)

Kuten kaikkia muitakin mittausten menetelmiä, hakkuukonemittauksista ohjataan lailla. Laki määrittää hakkuukonemittauksen hyväksytyksi mittatarkkuudeksi  $\pm 4$  prosenttia. Mittatarkkuuden todentamiseksi laki vaatii kontrolloimaan menetelmää ja sen laitteita. Mittaajan on ennen mittauksen aloittamista ja käytön aikana seurattava mittauslaitteen teknistä toimivuutta. (Laki puutavaran mittauksesta 414/2013)

Maa- ja metsätalousministeriö (MMM) antoi vuonna 2006 viimeisimmän asetuksen hakkuukonemittauksesta. Asetuksen mukaan 1.5.2007 tai sen jälkeen käyttöön otetun hakkuukoneen mittalaitteen tulee mitata puutavaraa kyseisen asetuksen mukaisesti. Asetuksessa määritetään hakkuukoneen mittalaitteelle pakolliset ominaisuudet.

Mittalaitteen pakollisia ominaisuuksia ovat

- valmistettavan puutavaran pituuden ja läpimitan mittaus
- tilavuuden laskenta pätkittäin
- läpimitan mittaus vähintään yhden millimetrin tarkkuudella
- läpimittojen mittausväli korkeintaan 0,5 metriä
- tyvipölkyn tilavuuden laskenta
- pituuden ja läpimitan näyttö
- tulostus paperille
- säätöarvojen rekisteröinti ja tulostus
- yksittäisten mittausarvojen tarkastusmahdollisuus
- näyterunkojen valinta satunnaisesti sekä omavalintaisesti
- näyterunkojen mittaustietojen ja tulosten rekisteröinti.

Mittalaitteen tulee toimia luotettavasti kaikissa korjuuolosuhteissa. Mittausteknisiä ominaisuuksia tulee voida myös tarkastaa ja säätää. Käytössä olleet säätöarvot ja niiden ajankohdat tulee olla tulostettavissa. Mittalaitteen tulee rekisteröidä mittaustietoja tulostusta varten. Laitteen tulee rekisteröidä runkoluvut runkolajeittain, mittauserän tilavuus runko- ja puutavaralajeittain sekä pölkkyjen kappalemäärät puutavaralajeittain. Mittauserän tulos tulee säilyttää koko erän mittauksen ajan. (Melkas, 2018b) Mittausasiakirjan tiedot on säilytettävä viisi vuotta toimituksen päättymisestä. Säilytyksestä vastaa mittauskustannuksista vastaava. Valvontaan kuuluvia tarkastustuloksia on säilytettävä kahden vuoden ajan tarkastuksen tekemisestä lähtien. (Laki puutavaran mittauksesta 414/2013)

Mittausasetuksessa ei määritellä käytettävää tekniikkaa läpimittojen ja pituuksien mittaukselle. Säädökset mahdollistavat puun mittaustekniikoiden kehittämisen. Hakkuukonemittaus poikkeaa laissa määriteltyjen mittausmenetelmäryhmien sisällöstä runkojen tyviosissa. Tyviosien tilavuudet määritetään tyviprofiilifunktioiden perusteella, eli yleisillä muuntoluvuilla. (Lindblad & Wall, 2013b)

## 5.1 Hakkuukonemittauksen tekniikkaa

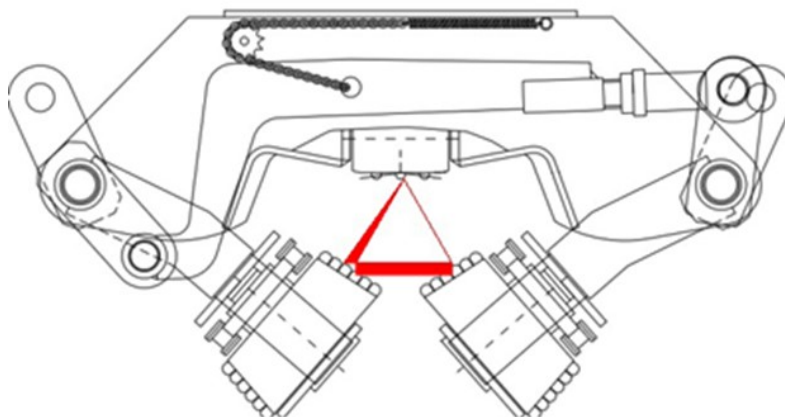
Hakkuukone mittaa käsiteltävää runkoa jatkuvasti karsinnan ja katkonnan aikana. Rungon tilavuuden mittaus tapahtuu täysin mekaanisesti hakkuukoneen kourassa ns. hakkuupäässä.

### 5.1.1 Pituus

Pituuden mittauksen periaate on melkein kaikissa mittalaitteissa sama. Pituus mitataan senttimetrin tarkkuudella runkoa vasten pyörivän mittapyörän tai -rullan avulla. Pituutta mittaavaan pyörän tai rullan liike johdetaan optiseen tai induktiiviseen pulssianturiin. Anturi lähettää sähköiset sykäykset, eli pulssit liikkeen perusteella hakkuukoneen tietokoneelle, joka lukee ne numeerisiksi pituuksiksi. Pulssien muuntaminen pituudeksi tapahtuu kertomalla pulssien määrä yhtä pulssia vastaavalla pituudella. Nykyiset mittalaitteet erottavat pituuden vähintään 5 - 10 millimetrin tarkkuudella. Erotuskykyyn vaikuttavat mittapyörän ja pulssianturin ominaisuudet. (Sipi, 2009, s. 113)

### 5.1.2 Läpimitta

Läpimitan mittaus tapahtuu mekaanisesti hakkuupäässä, eli hakkuukoneen kourassa (kuva 4). Hakkuupäähän on johdettu sähköinen läpimitta-anturi, joka lähettää jatkuvasti havaintoja rungon läpimitasta. Tiedot todentuvat runkoa myötäilevistä karsimateristä tai syöttörullista. Mittaus perustuu kyseisten komponenttien asennon tunnistamiseen. Asento tunnistetaan kulmapotentiometrillä. Potentiometri toimii säätövastuksena, johon on syötetty tietty vakiojännite ja josta mitataan tuleva jännite. Jännitearvo vastaa mittakomponenttien tiettyä kulma-arvoa, joka muuntuu taas hakkuukoneen tietokoneessa numeeriseksi läpimitaksi. Mittalaitteiden erotustarkkuus on yleensä yksi millimetri tai pienempi. Mittaus suoritetaan rungon kuoren päältä 1 millimetrin tarkkuudella. (Sipi, 2009, s. 114)



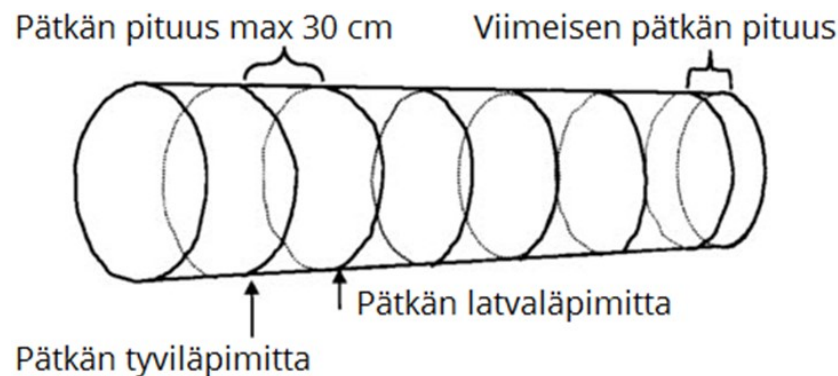
Kuva 4. Läpimitan mittaus tapahtuu kolmiomittauksella, joka vastaa ristiin mitattua läpimittaa. (Melkas 2018b)

### 5.1.3 Suodatus

Mittalaite mittaa runkoa jatkuvasti. Syötettäessä runkoa mittalaitteen läpi jokaiselle kymmenelle sentin pätkälle rekisteröityy kymmeniä läpimittahavaintoja, joita suodattamalla saadaan jokaiselle kymmenen sentin pätkälle oma läpimitta. Kyseiset esisuodatetut läpimitat voidaan tallentaa suodatettuina tai suodattamattomina hakkuukoneen mittalaitteelle. Suodatettu läpimitta tarkoittaa, että suodatuksessa rungosta muodostetaan kartio, joka hyväksyy vain yhtä suurja ja pieneviä havaintoja läpimitoista. Puun runkoa mitattaessa esiintyy paljon epäloogista vaihtelua johtuen yleensä puun pinnan epätasaisuuksista. Näin ollen läpimitta tallennetaan aina suodatettuna. (Melkas 2018b)

### 5.1.4 Tilavuuden muodostuminen

Hakkuukonemittauksessa runkojen ja niistä valmistettujen puutavarakappaleiden tilavuus lasketaan pätkittäin. Pölkyjen tilavuus muodostuu 30 senttimetrin tai sitä lyhyemmän välein mitattujen pätkien läpimittojen ja mittausvälien pituuden perusteella (kuva 5). (Melkas 2018b)



Kuva 5. Rungon pätkittäin mittaus (Melkas 2018b)

Puutavarakappaleiden tilavuuden laskennassa käytetään alla esitettyjä katkaistun kartion tai tilavuuden laskentakaavoja. (Melkas 2018b)

Katkaistun kartion tilavuuden laskentakaava:

$$V = h(A_1 + \sqrt{A_1 A_2} + A_2) / 3 \quad (1)$$

Lieriön tilavuuden laskentakaava:

$$V = \pi * r^2 * h, V = \pi * (d/2)^2 * h, V = \pi/4 * d^2 * h \quad (2)$$

Selitteet:

V=tilavuus

r=ympyrän säde

h=kohtisuora korkeus

d=läpimitta

A<sub>1</sub>=pohjien alat

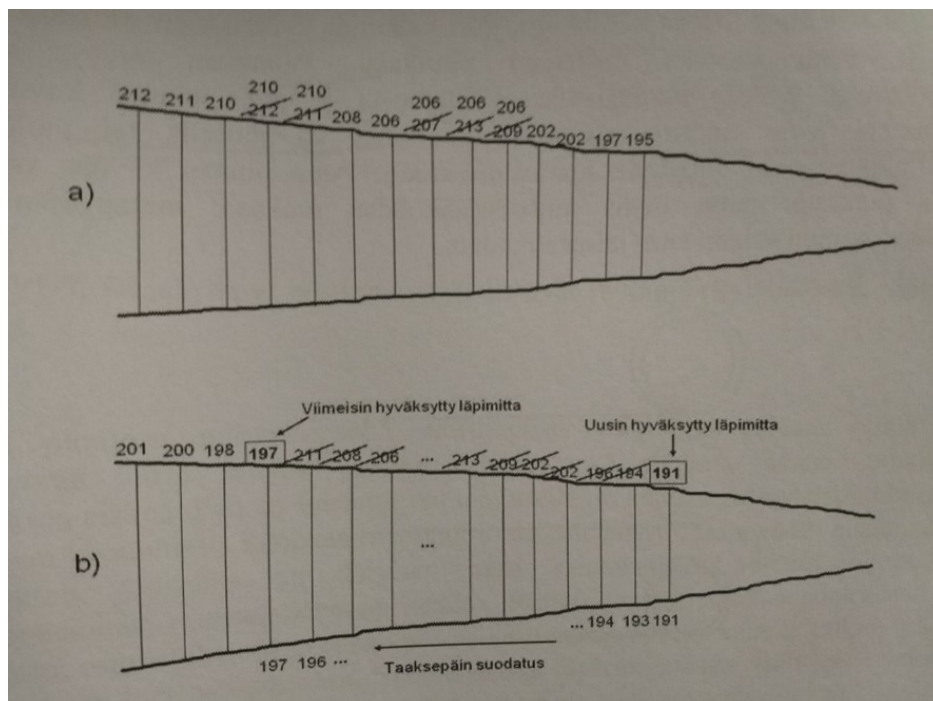
A<sub>2</sub>=pohjien alat

Tilavuuden laskennassa rungolle muodostetaan runkoprofiili eli runkokäyrä, joka kuvaa rungon muotoa. Puun runko on aina epätasainen ja vaikea mitata, joten runkokäyrään voi tulla epäloogista vaihtelua. Siksi mitatut läpimitat suodatetaan ennen tilavuuden laskemista. (Melkas 2018b)

Suodatuksen peruseriaatteena on, että seuraava läpimitta-arvo hyväksytään, jos se on pienempi tai yhtä suuri kuin edellinen läpimitta. Mikäli läpimitta-arvo on suurempi kuin edellinen läpimitta, käytetään joko eteenpäin tai taaksepäin suodatusta läpimitta-arvoille. (Kivinen, 2009, s. 116)

Eteenpäin suodatuksessa (Kuva 6. a) oletetaan rungon kapenevan latvaa kohti. Puun rungossa niin ei kuitenkaan aina tapahdu. Syynä tähän voi olla esimerkiksi rungon laadun vaihtelevuus tai oksakyhmyt. Eteenpäin suodatuksessa mittalaite hylkää eteenpäin mentäessä aiempaa mittaustulosta suuremman läpimitan ja hyväksyy oikeana yhtä suuren tai pienemmän läpimitan. Tietojärjestelmään voidaan antaa kapenemattoman rungonosan suurin pituus, esimerkiksi 50 senttimetriä. Tämän havaittuaan mittalaite käyttää läpimitassa taaksepäin suodatusta. (Kivinen, 2009, s. 117)

Taaksepäin suodatuksessa (Kuva 6. b) mittalaite pitää vertailuarvona sitä aiemmin mitattua läpimittaa, jonka jälkeen rungon paksuus alkoi kasvaa. Mittalaite odottaa niin kauan, kunnes läpimitta alkaa taas kapenemaan aiemmin mitatusta arvosta. Tämän jälkeen väliin jääneet mitat tasataan aiemmin mitatun ja uuden hyväksytyt mitan avulla. (Kivinen, 2009, s. 117)



Kuva 6. Eteen- ja taaksepäin suodatus (Sipi, 2009 s. 115)

### 5.1.5 Tyviosan tilavuudenlaskenta

Poikkeuksena edellä mainittuihin menetelmiin rungon tilavuudenlaskennassa on tyviosan tilavuuden määrittämisen tapa. Tyvipölkky eli rungon tyviosan tilavuus määritetään 1,3 metrin etäisyydeltä kaatoleikkauksesta mitatusta rungon läpimitasta. Tilavuuden määrittäminen tapahtuu laskennallisesti puulajikohtaisia tyviprofiilifunktioita tai -taulukkoita käyttäen. (Melkas 2018b) Hakkuukonemittauksessa tyviosia mitataan laskennallisesti, koska hakkuukoneella ensimmäinen läpimittahavainto saadaan rungosta vasta noin 0,3 - 1,5 metrin etäisyydeltä. Tämä johtuu siitä, että hakkuupäässä mekaanisesti mittauksen suorittavat komponentit, kuten karsimaterät eivät yletä puun tyvelle kaadon aikana. (Sipi, 2009, s. 117)

Puulajikohtaiset tyvifunktiot ja niitä vastaavat taulukot on esitetty Luonnonvarakeskuksen määräyskokoelmissa puutavaran mittaukseen liittyvistä yleisistä muuntoluvuista.

Määräyskokoelmat yleisistä muuntoluvuista löytyvät seuraavasta osoitteesta: [https://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/410001/\(Finlex,2018\)](https://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/410001/(Finlex,2018))

## 6 TEHDASMITTAUS

Tehdasmittaus tarkoittaa perusmittausta erityisellä puutavaran mittaus-, jalostus- tai terminaalipaikalla, jossa mitataan säännöllisesti ja laajamittaisesti pysyväisluonteisella mittauslaitteella. (Laki puutavaran mittauksesta 414/2013) Luonnonvarakeskuksen linjauksen mukaan laajamittaisena pidetään mittausta, jossa vuotuinen mitattu puumäärä on vähintään 10 000 kuutiometriä kiintotilavuutta tai 25 000 kuutiometriä irtotilavuutta. (Koskinen, 2016, s. 56)

Tehdasmittauksella tarkoitetaan siis kaikkia tehtaan puolella tehtäviä mittausten menetelmiä. Erilaiset mittausmenetelmät tehtaalla on lueteltu aiemmin luvussa 4.1.3.

### 6.1 Tukkien mittaus sahalla

Tehdasmittauksessa tukit mitataan yleensä yksittäisinä kappaleina optisilla tukkimittareilla. Tukkimittari mittaa tukkien ominaisuuksia, kuten pituutta, läpimittaa ja tilavuutta. Mittauksen yhteydessä voidaan määrittää myös puun laatuominaisuuksia. Puiden laatua valvotaan silmämääräisesti, samalla kun tukkimittari tekee omia havaintoja mitta- ja laatuvaatimuksista. Tukkimittarien mittaustulosta voidaan käyttää työ-, urakointi- ja luovutusmittaukseen yhtä lailla, kuin hakkuukonemittaustakin. Mittarin mittaustulosta voidaan käyttää myös tuotantoprosessin ohjaamiseen. (Melkas 2018b)

Puutavaranmittauslaki on määrittänyt tukkien tehdasmittauslaitteille  $\pm 2$  prosenttia suurimman sallitun poikkeaman. (Laki puutavaran mittauksesta 414/2013)

#### 6.1.1 Mittausperiaate

Optisten tukkimittareiden mittaus perustuu hakkuukonemittauksen lailla pölkkyjen pätkittäin mittaukseen. (Melkas 2018b) Tilavuuden pätkittäin mittaus on esitelty luvussa 5.1.3.

Mittauksessa tukit kuljetetaan yksittäin tukkimittarin mittauskehikon ja sen sisällä olevien mittauslaitteiden muodostaman tason läpi. Tukkien kulkiessa tasolla pituussuuntaisesti mittalaite kuvaa usealla kameralla lähettämiensä lasersäteiden heijastumia tukin pinnasta. Tukin läpimittaus tapahtuu kolmesta tai neljästä suunnasta noin yhden tai kahden senttimetrin välein millimetrin tarkkuudella. Pituuden mittaus tapahtuu pulssianturin ja valokennon avulla yhden senttimetrin tarkkuudella. (Melkas 2018b)

#### 6.1.2 Kuorilisäys

Hakkuukoneen mitattaessa rungot kuoren päältä tulisi tukkimittarillakin puu mitata kuoren ollessa puussa kiinni. Näin ei kuitenkaan aina ole, koska kuorta irtoaa pakosti puiden toimituksessa metsästä tehtaalle. Tämän takia tukkien mittaukseen on lisätty kuorilisäys. Kuorilisäys voidaan tehdä kuorettomana mitattuihin pölkkyihin. Lisäys tapahtuu laskennallisesti määritettyjen prosenttien ja taulukoiden mukaan. (Melkas 2018b) Prosentit ja taulukot ovat alue-, puulaji- ja läpimittakohtaisia, koska kuoren vaihtelussa tapahtuu merkittäviä muutoksia niiden vaikutuksesta. (Tynkkynen, 2017, s. 74)

## 7 MITTAUKSEN VALVONTA

Laki edellyttää mittauksen, mittalaitteiden niiden toimivuuden sekä tarkkuuden valvomista. Näin ollen mittauksia valvotaan omavalvonnalla sekä ulkopuolisten tahojen toimesta.

Hakkuukoneen mittaustulosta valvotaan pääsääntöisesti kahdella eri tavalla, otantarungoilla sekä tarkistusmittauksilla. Hakkuukoneenkuljettaja valvoo laitteen mittatarkkuutta satunnaisesti valittavilla otantarungoilla. Runkoja valitaan keskimäärin yksi runko kahta päivää kohti. Kuljettaja voi valvoa mittatarkkuutta myös omavalinnaisilla näyterungoilla. Valvontaa suoritetaan myös ulkopuolisen tahon tekemillä tarkistusmittauksilla, eli mittalaitteiden valvonnalla. Tarkistusmittaus on suoritettava lain mukaan kaksi kertaa vuodessa ja asianosaisen aina niin vaatiessa. (Melkas 2018b)

Tehdasmittauksessa valvontaa suoritetaan myös omalla ja ulkopuolisten valvonnalla. Omavalvontaa tehdään kappaleittain mittaukseen perustuvilla mittalaitteilla vähintään 1 - 2 käyttöviikon välein ja muodostelmien mittaukseen perustuvilla mittausmenetelmillä ja mittauslaitteilla 4 - 6 käyttöviikon välein (Laki puutavaran mittauksesta 414/2013). Ulkopuolisen valvonnan tehtaille suorittaa Luonnonvarakeskuksen viranomaiset. Mittauksia tehdään tehtaille säännöllisesti. Valvontamittauksissa tarkastetaan käytettävän mittalaitteen, mittausohjelman ja mittamenettelyn toiminta. Tarvittaessa viranomaisilla on oikeus keskeyttää virheellisen mittalaitteen käyttö, kunnes tarvittavat korjaustoimenpiteet on suoritettu. (Melkas 2018b)

## 8 SAMANKALTAISET TUTKIMUKSET

Samaa aihetta on tutkittu kahdessa eri opinnäytetyössä aikaisemminkin, Minkkinen, 2013 ja Pylkkänen, 2017. Minkkisen työssä aihetta on tutkittu samanlaisilla menetelmillä, kuin tässä työssä, mutta eri puulajilla sekä aineisto on kerätty talviaikaan. Pylkkäsen työssä tutkitaan taas samaa puulajia, mutta syysaikaan. Työssä tutkimusmenetelmäkin on hieman erilainen.

### 8.1 Minkkinen 2013

Minkkinen on työssään tutkinut mäntytukkipuiden tilavuuksien eroja talviaikaisessa puunkorjuussa. Tutkimus on toteutettu vertailemalla hakkuukonemittauksen ja tehdasmittauksen suuruuseroja. Mitattavat koe-erät on määritelty ennalta vastaamaan yhtä puutavara-autolastillista.

Opinnäytetyössä on käsitelty hyvin yleisellä tasolla puutavaranmittausta, hakkuukonemittausta sekä tehdasmittausta. Hakkuukone- ja

tehdasmittauksen välisien mittaus erojen vertailun lisäksi työssä on vertailut tuloksia eri yrittäjien tekemien koe-erien kesken.

Opinnäytetyön aineisto on kerätty Harvestia Oy:n Etelä-Savon hankinta-alueelta, tarkemmin Mikkelin, Puumalan, Kangasniemen, Hankasalmen, Pieksämäen ja Joroisten kunnista. Korjuun on suorittanut viisi eri hakkuukonetta. Aineisto eli mäntytukit toimitettiin tehdasmittaan Vapo Timberin Hankasalmen sahalle.

Aineistona työssä on ollut kaksikymmentäviisi mäntytukki koe-erää, joista kaksikymmentäneljä oli kerätty päätehakuuleimikoilta ja yksi harvennushakuuleimikolta. Keskimääräinen koe-erän koko oli tutkimuksessa hakkuukoneen tulosten mukaan 52,9 kuutiota ja sahan mittaustulosten mukaan 52,3 kuutiota. Puutavarakappaleita tutkimuksessa oli mitattu hakkuukoneella 5 567 kappaletta ja sahalla 5 565 kappaletta. Hakkuukoneen mittaustulosten mukaan sahalle toimitettiin yhteensä 1 374,1 kuutiota tukkia. Sahan vastaanoton mukaan toimitettu määrä oli 1 359,2 kuutiota, joten tehtaalla mitattiin 14,9 kuutiota vähemmän tukkia. Prosentteina kokonaistoimitusmäärän ero on silloin -1,09. Puutavarakappaleita tutkimuksessa oli mitattu hakkuukoneella 5 567 kappaletta ja sahalla 5 565 kappaletta, joten kaksi pölkkyä oli matkalla hävinnyt. Työssä valvottiin myös hakkuukoneiden tarkkuutta mittalaittekontrolleilla. Mittalaittekontrolleissa selvisi hakkuukoneen mittaavan keskimäärin 1,20 prosenttia mittasaksia enemmän. Hakkuukoneen mittalaitteen valvonnan perusteella työssä pohditaankin, että todellinen ero hakkuu- ja tehdasmittauksella olisi vieläkin pienempi, eli noin -0,08 prosenttia. Näin ollen työn loppupäätelmäksi on saatu, että tehdasmittauksella mitataan vähemmän puuta kuin hakkuukonemittauksella, mutta suuruusero vaihtelee tulosten tulkinnan perusteella. (Minkkinen, 2013, s. 22)

## 8.2 Pylkkänen 2017

Pylkkäsen työssä on tutkittu kahdentoista eri kuusisorvitukkileimikon toimitusten tilavuuksia hakkuu- ja tehdasmittauksen välillä. Tutkimuksessa ei ole rajattu etukäteen mitattavan puun määrää, vaan puut on toimitettu leimikko kohtaisesti tehdasmittaukseen. Näin aineistoa on saatu pienemmillä erillä suurempi määrä.

Opinnäytetyössä on käsitelty puutavaranmittausta, sen lainsäädäntöä, hakkuukonemittausta sekä tehdasmittausta. Tutkimuksessa on vertailtu aineistoa myös puutavaralajeittain, hakkuukone kohtaisesti sekä päivittäisrunkoaineiston avulla.

Tutkimuksen tilavuuseroaineisto on kerätty syksyllä 2016 UPM:n Mikkelin metsäasiakasyksikön alueelta. Sorvitukit on toimitettu tehdasmittaukseen UPM:n Pelloksen tehtaalle.

Tutkimuksessa mitattiin kuusisorvitukia hakkuukoneen mukaan yhteensä 4 722 kuutiota. Tehdasmittauksessa määrä oli 90 kuutiota vähemmän. Prosentteissa se tekee mittausten menetelmien välille 1,9 prosentin suuruisen eron. Tukkeja valmistettiin yhteensä 14 552 kappaletta, mutta vain 14 533 niistä päätyi tehtaalle. Näin ollen hävikkiä kappaleissa tapahtui 19 tukin verran. Lopputuloksena tutkimuksessa on todettu tehdasmittauksen mitattavan kuusitukia systemaattisesti vähemmän mitä hakkuukonemittauksessa saadaan. (Pylkkänen, 2017, s. 25)

## 9 AINEISTO JA MENETELMÄT

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on ollut selvittää hakkuukone- ja tehdasmittauksen tilavuuksien suuruuserot kesäaikaisissa kuusitukkitoimituksissa. Työn tavoitteena on todeta mittausten menetelmien erojen suuruus ja pyrkiä selvittämään eroihin vaikuttavia tekijöitä. Tulosten avulla Päijänteen metsänhoitoyhdistys voi arvioida niiden vaikutusta toimintaansa sekä tulevaisuudessa pyrkiä mahdollisimman tarkkaan ja oikeudenmukaiseen puutavaran mittaukseen.

Keskeisimpiä tutkimuskysymyksiä olivat seuraavat:

- Kuinka suuri on tilavuusero hakkuukone- ja tehdasmittauksen välillä?
- Mikä tilavuuseron aiheuttaa?

### 9.1 Menetelmä

Tutkimus toteutettiin määrällisenä, eli kvantitatiivisena tutkimustyönä. Käynnistin tutkimuksen vuoden 2018 alussa keskustelemalla Päijänteen metsänhoitoyhdistyksen toiminnanjohtajan kanssa työn mahdollisesta toteutusmenetelmästä. Toiminnanjohtaja sopi ja tiedotti tutkimuksesta mukana oleville sahoille. Keskustelun pohjalta laadin menettelytavasta toimintaohjeet korjuupalvelun henkilöstölle (Liite 1) ja yrittäjille (Liite 2). Ohjeiden perusteella toimijat aloittivat tutkimuksen aineiston keräämisen. Käytännössä keräys tapahtui niin, että korjuupalvelun korjuuvastaava kartoitti tulevista työmaista sopivan leimikon ja ohjeisti yrittäjät tekemään sieltä koe-erän ohjeiden mukaisesti. Hakkuukonemittauksen jälkeen koe-erät toimitettiin tehdasmittaukseen sahalle. Hakkuukoneen mittaustodistuksen sain yleensä korjuuvastaavalta. Tehtaan mittaustodistukset sain taas hankintavastaavan kautta eräkohtaisina vastaanottotodistuksina.

Aineiston keräys ja sen ohjeistus tapahtui omalta osaltani lähinnä puhelimitse tai sähköpostilla. Aineiston keräyksen aikana kävin kuitenkin muutama kerran hakkuutyömaalla ohjeistamassa koe-erien teossa, sekä valvomassa hakkuukoneen mittalaitteen tarkkuutta. Valvonnan tein

suorittamalla koneelle mittalaittekontrollin. Molemmissa kontrolleissa hakkuukoneiden mittalaitteiden tarkkuudet olivat lain vaatiman suurimman sallitun poikkeaman sisällä. Kävin alkukesästä myös tutustumassa eriä vastaanottavilla sahoilla. Sahoilla selvensin tutkimusta ja sen tavoitteita. Pää-tarkoituksena sahavierailuissa oli kuitenkin perehtyminen tukkien mittaa-miseen tehtaalla.

## 9.2 Aineisto

Tutkimuksen aineisto kerättiin vuoden 2018 huhti-, ja marraskuun välisenä aikana. Aineisto kerättiin yhteistyössä Päijänteen metsänhoitoyhdistyksen korjuupalvelun ja heidän avainyrittäjien kanssa. Kaikki toimituserät valmistettiin päätehakkuuleimikoilta Keski-Suomen alueelta. Kuusitukkeja oli valmistamassa kolme eri metsäkonetta sekä tehdasmittaus tukeille tehtiin kolmella eri sahalla.

Tutkittava aineisto koostui hakkuukoneiden ja tehdasmittausten eräkoh-taisista mittaustodistuksista. Aineiston vertailussa voitiin hyödyntää kevyesti myös tietoja esimerkiksi erien valmistuksen ajankohdasta, kaukokulje-tuksen kestosta ja eri toimijoista

Tutkimuksessa mitattiin yhteensä kaksikymmentäkuusi kuusitukkitoimi-tuserää, mutta vain kahtakymmentäkahta erää voitiin pitää vertailukelpoi-sena. Neljä erää jouduttiin hylkäämään vääristyneiden tai puutteellisten tietojen perusteella. Hylkäämisen perusteina olivat kokonaan väärä erä, yli kolmen puukappaleen häviäminen ja tehtaalta puutteellisten tietojen saanti.

Tutkimuksessa hylättiin erät 3, 7, 11 ja 21 (liite 3). Erän 3 hylkäämisperuste oli epäilyttävän suuri ero mittaustuloksissa ja kahden tukkikappaleen li-sääntyminen. Erää ei näin ollen voitu luotettavasti pitää oikeana. Erät 7, 11 ja 21 hylättiin puutteellisten ja hävinneiden tukkikappaleiden perusteella. Eristä ei saatu luotettavia pituustietoja eivätkä tukkikappaleiden määrät täsmänneet, joten näitäkään eriä ei voitu pitää täysin oikeina.

## 9.3 Aineiston vertailu

Aineistojen vertailu tapahtui Excel ja JMP Pro -ohjelmilla. Mittaustodistus-ten mittatulokset syötettiin Excel -ohjelmaan. Excel ohjelman avulla aineis-tosta pystyi selvittämään niiden keskeisimmät tulokset. (Liite 4) JMP PRO ohjelmalla aineistoa voitiin analysoida tilastollisen matematiikan avulla.

## 9.4 Toimijat

### 9.4.1 Päijänteen metsänhoitoyhdistys ry

Päijänteen metsänhoitoyhdistys ry on Keski-Suomessa toimiva metsänomistajien oma palveluorganisaatio. Muista Suomen metsänhoitoyhdistyksistä Päijänteen metsänhoitoyhdistys erottuu omalla logollaan (kuva 7), perinteisen taimesta tukkipuuksi -logon sijaan. Päijänteen metsänhoitoyhdistys toimii aktiivisesti Hankasalmen, Jyväskylän, Jämsän, Laukaan, Luhangan, Muuramen, Toivakan sekä Leivonmäen alueella. Toimihenkilöitä yhdistyksellä on noin 35, mutta vuodessa se työllistää 150 - 170 henkilöä. Liiketoiminta metsänhoitoyhdistyksellä on noin 11 miljoonaa euroa vuodessa. Päijänteen metsänhoitoyhdistys tarjoaa myös korjuupalvelun mahdollisuutta metsänomistajille. Vuosittaiset puumaksuvirrat Päijänteen metsänhoitoyhdistyksen korjuupalvelulla ovat noin 14 - 18 miljoonan euron luokassa. Tukkia korjuupalvelu toimittaa vuosittain noin 15 eri sahalle. Toimitusmäärät ovat yhteensä noin 110 000 kuution luokkaa. (Päijänteen metsänhoitoyhdistys, 2018)



Kuva 7. Päijänteen metsänhoitoyhdistyksen logo (Päijänteen metsänhoitoyhdistys, 2018)

Tämä opinnäytetyö toteutettiin Päijänteen metsänhoitoyhdistyksen tilaamana työnä, yhteistyössä sen korjuupalvelun kanssa. Tutkimuksen aineistoa oli valmistamassa ja käsittelemässä monet yhdistyksen avainryttäjät työntekijöineen. Koe-eriä oli valmistamassa kolme eri hakkuu- sekä ajokonetta. Erien toimittamisen tehtaalle suoritti kolmen eri kuljetusyrittäjän puutavara-autot.

#### 9.4.2 Saha 1

Tutkimuksessa sahalle 1 toimitettiin yhteensä kaksitoista tukkierää. Eristä kolme jouduttiin hylkäämään, joten tutkimuksessa voitiin käyttää yhdeksää erää. Sahalla tukit mitattiin kuvassa 8 näkyvällä laser-optiikalla.



Kuva 8. Sahan 1 tukkimittarin optiikkaa

### 9.4.3 Saha 2

Tutkimuksessa sahalle 2 toimitettiin yhteensä seitsemän tukkierää. Kaikkia eriä voitiin hyödyntää tutkimuksessa. Tukkierät mitattiin kuvassa 9 näkyvällä ScanMegin mittauslaitteistolla.



Kuva 9. Sahan 2 tukkimittarin optiikkaa

#### 9.4.4 Saha 3

Tutkimuksessa sahalle 3 toimitettiin yhteensä seitsemän tukkierää. Eristä yksi jouduttiin hylkäämään, näin ollen tutkimuksessa käytettiin sahan 3 osalta kuutta tukkierää. Erät mitattiin kuvassa 10 näkyvällä mittalaitteistolla.



Kuva 10. Sahan 3 tukkimittarin optiikkaa

## 10 TULOKSET

Aineiston lopputuloksista (taulukko 2) voidaan todeta sahojen tukkimittareiden mittaavan keskimäärin 2,06 prosenttia vähemmän kuusitukkaa kuin hakkuukoneidenmittalaitteiden. Tilavuudessa se tarkoittaa yhteensä 28,86 kuution eroa.

Taulukko 2. Keskeiset tulokset

Kaikki erät (22kpl)	Hakkuukonemittaus	Tehdasmittaus	Ero	ero, %
Tilavuus, m <sup>3</sup>	1399,67	1370,81	-28,86	-2,06
Metriä, m	29130,70	29151,70	21,00	
Kappaletta, kpl	6338	6341	-2, +5kpl	
Erän keskitilavuus, m <sup>3</sup>	60,86	59,60	-1,25	
kpl keskipituus, m	433,42	433,69	0,27	
kpl keskitilavuus, m <sup>3</sup>	242,73	236,91	-5,82	

Pituuseroa mittauksien välille syntyi yhteensä 21 metriä. Pituuden mittatulos herättää huomiota, koska tehdasmittauksessa pituuden tulokseksi on saatu enemmän, vaikka erien tilavuutta on mitattu vähemmän. Pituuden mittatulosta voidaan kuitenkin osittain selittää mitattujen puutavarakappaleiden lisääntymisellä. Tutkimuksessa mitattiin varmasti hakkuukoneella yhteensä 6 338 kappaletta kuusitukkeja. Tehdasmittauksessa puutavarakappaleet ovat lisääntyneet kolmella. Eräkohtaisesta aineistosta (liite 3) voidaan todeta, että neljässä erässä on tapahtunut kappaleiden kanssa sekaannusta. Kahden erän toimituksista on puuttunut yhdet kappaleet tukkipuita. Kolmessa erässä puut ovat taas lisääntyneet. Kahdessa erässä kahdella puulla ja yhdessä erässä yhdellä puulla.

Vertailukelpoista aineistoa (liite 4) mitattiin kahdella eri mittausmenetelmällä yhteensä 2 770,48 kiintokuutiometriä. Toimituserien keskitilavuus oli hakkuukonemittauksessa 60,86 kuutiota ja tehdasmittauksessa 59,60 kuutiota. Eroa joka kuormassa on siis keskimäärin noin 1,25 kuutiota. Vertailukelpoista ainestoa lukemalla huomaa, että suurimmat heitot tilavuuksissa olivat touko- ja elokuun väliseltä ajalta. Tämä kertoisi siitä, että tilavuuserot ovat mahdollisesti suuremmat lämpimällä ajanjaksolla. Kuljetuksen keston ja puunlaadun merkitystä erien tilavuuteen, ei voida tällä aineistolla todeta luotettavasti. Kuljetuksen kestolla tarkoitetaan mittausmenetelmien välin aikaa päivissä, eli aikaa kuinka kauan erien toimitus kesti metsästä tehtaalle. Puun laatua voidaan osoittaa tehdasmittauksella todetusta raakkiprosentista. Raakkiprosentti osoittaa, kuinka paljon erän tukeista on hylätty vajaalaatuisuuden perusteella. Suurimmat syyt näiden erien mittauksessa olivat puiden lenkous ja mutkat.

Tuloksia voidaan vertailla myös toimituspaikkakohtaisesti (taulukko 3). Kaikille sahoille pyrittiin toimittamaan tutkimuseriä tasapuolisesti. Vertailukelpoisia eriä sahoille toimitettiin yhteensä kaksikymmentäkaksi. Sahalle 1 eristä toimitettiin yhdeksän, sahalle 2 seitsemän ja sahalle 3 kuusi. Ainoastaan sahan 1 tukkierissä oli kappalemäärien toimituksen suhteen sekaannusta.

Taulukko 3. Toimituspaikkakohtaiset tulokset

	Koe-eriä	Hakkuukonemittaus	Tehdasmittaus	Ero, m <sup>3</sup>	Ero, %	Ero, kpl
Saha 1	9	576,86	571,20	-5,66	-0,98	-2, +5
Saha 2	7	432,41	414,10	-18,31	-4,23	0
Saha 3	6	390,41	385,51	-4,90	-1,25	0

Toimituspaikkakohtaisessa vertailussa (taulukko 4) tuloksia voidaan tarkastella sahakohtaisesti. Aineistosta voidaan päätellä sahan 1 mittauksen olevan lähimpänä hakkuukoneen mittaustulosta -0,98 % erolla. Saha 3 on seuraavana -1,25 % erolla. Sahalla 2 oli huomattavasti suurin ero, keskimäärin -4,23 %. Sahan 2 tuloksista voidaan päätellä yksittäisen puun tilavuuden vaikuttavan mahdollisesti mittaeroon.

Taulukko 4. Toimituspaikkakohtaiset tulokset tarkemmin

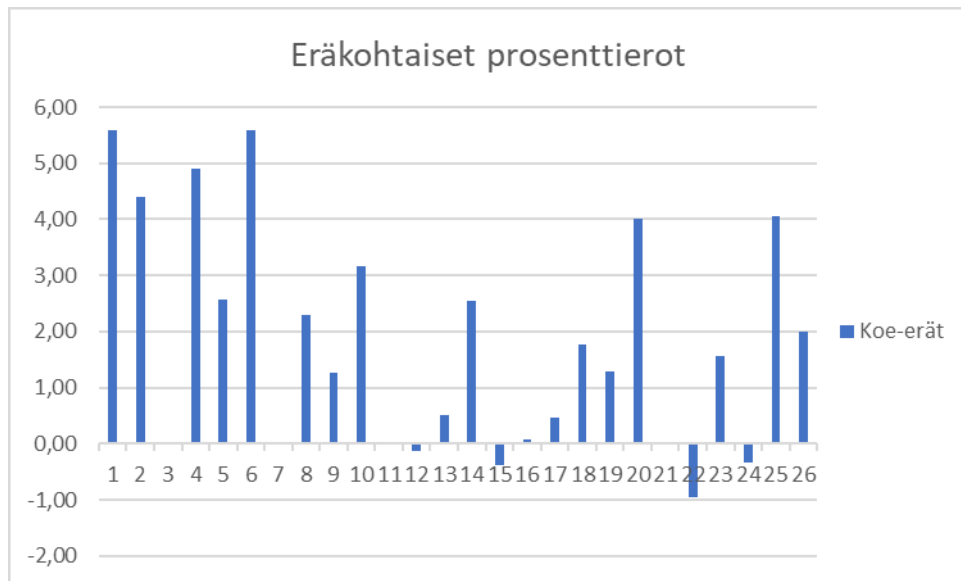
Saha 1 (9kpl)	Hakkuukonemittaus	Tehdasmittaus	Ero	ero, %
Tilavuus, m <sup>3</sup>	576,86	571,20	-5,66	-0,98
Metriä, m	17743,90	17745,50	1,60	
Kappaletta, kpl	3755	3758	-2, +5	
Erän keskitilavuus, m <sup>3</sup>	64,10	63,47	-0,63	
kpl keskipituus, m	472,05	471,69	-0,36	
kpl keskitilavuus, m <sup>3</sup>	154,37	152,60	-1,71	

Saha 2 (7kpl)	Hakkuukonemittaus	Tehdasmittaus	Ero	ero, %
Tilavuus, m <sup>3</sup>	432,41	414,10	-18,31	-4,23
Metriä, m	5507,40	5519,40	12,00	
Kappaletta, kpl	1388	1388	0	
Erän keskitilavuus, m <sup>3</sup>	61,77	59,16	-2,62	
kpl keskipituus, m	395,32	396,12	0,80	
kpl keskitilavuus, m <sup>3</sup>	317,69	304,25	-13,44	

Saha 3 (6kpl)	Hakkuukonemittaus	Tehdasmittaus	Ero	ero, %
Tilavuus, m <sup>3</sup>	390,41	385,51	-4,90	-1,25
Metriä, m	5879,40	5886,80	7,40	
Kappaletta, kpl	1195	1195	0	
Erän keskitilavuus, m <sup>3</sup>	55,77	55,07	-0,70	
kpl keskipituus, m	421,85	422,39	0,50	
kpl keskitilavuus, m <sup>3</sup>	281,37	277,87	-3,50	

Sahakohtaisista koe-erä erittelyistä (liite 5) voidaan todeta myös erien vaihtelun suuruutta. Mittauserot tukkierien kesken vaihtelivat sahallalla 1 +0,95 % ja -4,39 % välillä. Sahalla 2 erot vaihtelivat +5,58 % ja +2,56 % välillä. Sahalla 3 erot vaihtelivat +1,49 % ja +0,08 % välillä.

Kahdestakymmenestä kahdesta erästä vain neljässä mitattiin enemmän puuta tehdasmittauksella kuin hakkuukonemittauksella. Kaikki kyseiset neljä erää on mitattu samassa paikassa, eli sahalla 1. Tämä voidaan todeta alla olevasta kuvasta 11.



Kuva 11. Eräkohtaiset prosenttierot

Aineisto on testattu myös JMP Pro -ohjelmalla. Ohjelmassa aineistoa on voitu tutkia tilastollisen matematiikan avulla. Ohjelmalla saatujen tulosten mukaan aineisto on normaalisti jakautunut. Otosten ollessa normaalisti jakautunut voidaan niitä testata toisistaan riippuvien otosten T-testillä. T-testin tulos osoittaa aineiston olevan tilastollisesti erittäin merkitsevä. Näin ollen on epätodennäköistä, että tulos olisi sattumaa. Testistä voidaan siis todeta eron olevan todellista. Hakkuukoneen- ja tehdasmittauksen välillä on keskimäärin  $1,3118 \text{ m}^3$  ero. Testin mukaan mittauseron keskiarvon keskivirhe on 68 % todennäköisyydellä  $0,25735 \text{ m}^3$  sisällä keskimääräisestä erosta, eli tämä tarkoittaa mittausten virhemahdollisuuden keskiahajontaa. Suomenkielellä edellä käytyt asiat tarkoittavat, että koe-eriä voidaan pitää luotettavina, sekä mittausmenetelmien välinen ero on todellista. JMP Pro ohjelmalla saadut tulokset löytyvät liitteistä 6 - 7.

Tarkkaa syytä mittaustuloksien suuruuserolle tässä tutkimuksessa ei voida määrittää. Tutkimus antaa kuitenkin viitteitä olosuhteiden, läpimitan alenemisen sekä tyvifunktiokaavojen vaikuttavan mittauserojen suuruuteen.

## 11 POHDINTA

Tuloksien perusteella voidaan todeta tehtaiden tukkimittareiden mittavaan pääsääntöisesti kuusitukkia vähemmän kuin hakkuukoneen mittalaitteen. Huomiota tuloksissa herättää toimitusten tilavuuksien lisäksi pituustulokset ja yksittäisten kappaleiden tilavuustulokset. Sahoilla mitattiin erätoimituksille pituutta keskimäärin 7 metriä enemmän, vaikka erien tilavuuksia mitattiin tehtaalla keskimäärin 9,62 kuutiota vähemmän. Tästä voidaan päätellä eron johtuvan laitteiden systemaattisesta mittavirheestä tai puutavaran läpimitan pienemisestä mittausten välillä, ei niinkään pituuden vaikutuksesta. Kappaleiden tuloksissa huomiota herättää, se että tilavuusero näyttää olevan sitä suurempi mitä järeämpää puu on ollut. Sahalle toimitetut puut ovat tutkimuksessa olleet huomattavasti järeimpiä (hakkuukonemittauksella 395,32 kuutiodesimetriä). Kyseiselle sahalle toimitetut puut ovat yleensä järeimpiä ja koostuvat suurelta osalta tyvitukeista. Tällä tiedolla voidaan miettiä, voisiko suuruusero johtua enemmän laskennallisesta tyvifunktion tilavuuden määrittämisestä, kuin mittausten virheestä tai puuaineen katoamisesta.

Laskentakaavan virheellisyys voi hyvin pitää paikkansa, koska vasta vuonna 2016 Luonnonvarakeskus korjasi männyn tyviosan kuutioinnissa käytettävää tyvifunktiota. Funktiota korjattiin siten, että se tuottaisi jatkossa pienempiä läpimittoja. Tyvifunktion muutos alensi puukaupan ja urakoinnin perusteella olevaa tilavuutta. Rinnankorkeusläpimitaltaan kymmenen senttimetrin männyllä noin -2,3 prosenttia, 15 senttimetrin männyllä noin -1,4 prosenttia ja 35 senttimetrin männyllä noin -0,7 prosenttia suhteessa koko runkopuun tilavuuteen. Vuositasolla muutos pienentää männyn hakkuukoneilla mitattua tilavuutta noin yhdellä prosentilla. (Luonnonvarakeskus 2015).

Mielestäni tutkimuksen aineistoa, menetelmiä ja tuloksia voidaan pitää suhteellisen luotettavina niiden työelämän toiminnan läheisyyden sekä tutkimusaineiston tarkkuuden ja uskottavuuden puolesta. Tutkimuksen aineisto on kuitenkin melko pieni, mikä heikentää sen uskottavuutta. Vertailtavia eriä oli yhteensä kaksikymmentäkaksi, joten yhden erän suuret poikkeamat vaikuttavat lopputulokseen suhteellisen merkittävästi.

Samaa aihetta on tutkittu aikaisemminkin. 2013 vuoden työssä suuruusero on ollut -1,09 %, 1 374,1 kuution aineistolla. Vuoden 2017 työssä suuruusero on ollut taas -1,9 %, 4 722 kuution aineistolla. Omassa työssäni erot olivat -2,06 %, 1399,67 kuution aineistolla. Hakkuukone- ja tehdasmittauksen suuruuseroja on siis tutkittu viimeisen 10 vuoden sisällä kolmessa eri opinnäytetyössä. Jos yhdistämme aineistot, puutavaraa olisi mitattu yhteensä noin 7 496 kuution verran. Eroa sahan mittaukseen olisi kertynyt noin 134 kuutiota. Prosentteina mittaeron suuruus olisi siis noin -1,79. Tämän suuruuden aineiston perusteella voidaan todeta jo luotettavasti, mitauserojen olevan todellisia ja lähes aina saman suuntaisia.

## LÄHTEET

Kivinen, V. 2009. VI Hakkuukonemittaus. Teoksessa: Sipi, M. *Puuraaka-aineen mittaus. Mittausmenetelmät ja niiden perusteet*. ss. 109 -126. Helsinki: Helsingin Yliopisto.

Koistinen, A. (2016). Puutavaranmittauslainsäädännön evaluointi. Tapion raportteja nro 12. Tapio Oy. Haettu 02.12.2018 osoitteesta [https://tapio.fi/wp-content/uploads/2015/05/Puutavaranmittauslainsaadannon\\_evaluointiraportti\\_2016.pdf](https://tapio.fi/wp-content/uploads/2015/05/Puutavaranmittauslainsaadannon_evaluointiraportti_2016.pdf)

Laki puutavaran mittauksesta 414/2013. Haettu 02.12.2018 osoitteesta: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130414?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=puutavaranmittauslaki%2%A8>

Lindblad, J. & Wall, T. (2013a) Puutavaran mittaukselle, mittausmenetelmille ja -laitteille asetettavat vaatimukset. Metsäntutkimuslaitos. Päivitetty 20.9.2013. Haettu 02.12.2018 osoitteesta: <https://docplayer.fi/3803935-Puutavaran-mittaukselle-mittausmenetelmille-ja-laitteille-asetettavat-vaatimukset.html>

Lindblad, J. & Wall, T. (2013b) Laki puutavaran mittauksesta (414/2013). Metsäntutkimuslaitos. Päivitetty 23.10.2013. Haettu 02.12.2018 osoitteesta: <https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/laki-puutavaran-mittauksesta-metla.pdf>

Melkas, T. (2018a) Puutavaran mittausmenetelmien osuudet 2017. Metsäteho Oy. Haettu 12.12.2018 osoitteesta: <http://www.metsateho.fi/puutavaran-mittausmenetelmien-osuudet-2017/>

Melkas, T. (2018b) Metsäteho Oy. Mittaus ja laatu -opas. Haettu 13.12.2018 osoitteesta: <http://puuhuolto.fi/mittaus-ja-laatu>

Metsäteho Oy. (2018). Hakkuukonemittaus. Mittalaittevaatimukset. Haettu 12.12.2018 osoitteesta: <http://puuhuolto.fi/mittaus-ja-laatu/mittaus-maastossa/hakkuukonemittaus/mittalaittevaatimukset>

Minkkinen, A. (2013) *Hakkuukoneen ja tukkimittarin mittaerot*. Opinnäytetyö. Metsätalouden koulutusohjelma. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Haettu 20.12.2018 osoitteesta <https://www.theseus.fi/handle/10024/2090/browse?value=Minkkinen%2C+Aleksi&type=author>

MMM:n asetus nro 12/13 (2013). Maa- ja metsätalousministeriön asetus puutavaran mittauksen mittausmenetelmäryhmien ja mittausmenetelmien tarkemmasta sisällöstä sekä mittauslaitteiden käytöstä. Maa- ja metsätalousministeriö, asetus nro 12/13, 1323/14/2013. Haettu 02.12.2018 osoitteesta: <http://finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/400001/41198>

MMM. (2013). Mittauslainsäädäntö uudistuu – koulutusmateriaali. Kalvosarja 1. Puuhuolto. Haettu 12.12.2018 osoitteesta: <http://puuhuolto.fi/mittaus-ja-laatu/wp-content/uploads/sites/9/2017/03/kalvosarja-1.pdf>

Pylkkänen, J. (2017). *Hakkuukoneen ja tukkimittarin tilavuuserot kuusen sorvitukissa*. Opinnäytetyö. Metsätalouden koulutusohjelma. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Haettu 20.12.2018 osoitteesta <http://www.theseus.fi/handle/10024/122776>

Päijänteen metsänhoitoyhdistys. (2018). Päijänne MHY. Haettu 19.12.2018 osoitteesta: <http://www.paijannemhy.fi/>

Tynkkynen, T. (2017). Artikkelin nimi. Teoksessa, Varis, R. (2017). *Sahateollisuus*. ss. 1–200. Saarijärvi: Kustannuspalvelu Kirjakaari Oy.

Tämä ohje koskee Risto Pasosen tekeillä olevaa ammattikorkeakoulun opinnäytetyötä. Opinnäytetyössä tutkitaan hakkuukoneen ja sahatehtaan välisiä eroja kuusitukin tilavuudessa. Työ toteutetaan vertailemalla tukkipuu koe-erien tilavuuksia. Koe-erien tukkeja toimitetaan tehdasmittaan kolmeen eri paikkaan. Työ toteutetaan 1.5. – 1.10.2018 välisenä aikana. Hakkuukoneen, ajokoneen ja puutavara-auton kuljettajien työn merkitys opinnäytetyön onnistumisessa on todella suuri.

### **Työn toteutus:**

- Työn toteutukseen tarvitaan noin 25 kappaletta kuusitukki koe-eriä, jotka kuljetetaan sahalle omana eränä tehdasmittaan.
- Hakattavat tukkipuu koe-erät valitaan Päijänteen metsänhoitoyhdistyksen alueelta.
- Koe-erän suuruus on yhden puutavara-auton kuorman verran, eli noin 60 m<sup>3</sup>.
- Koe-erät on valittu etukäteen edustavilta päätehakkuu leimikoilta. Harvennushakkuu leimikoilta voidaan ottaa myös koe-eriä, jos leimikko koetaan sopivaksi.
- Risto Pasonen on yhteydessä hakkuun toteuttajaan jokaisen koeleimikon alussa ja varmistaa että työ sujuu ohjeiden mukaan.
- Risto tekee jokaiselle koe-eriä valmistavalle hakkuukoneelle mittalaitekontrollin, jotta saadaan selville koneen mahdollinen mittavirhe.
- Jos leimikolta toimitetaan kuusitukkeja useammalle kyseessä olevista sahoista, voidaan leimikolta valmistaa useampi koe-erä.

#### **Käytännön työn toteutus:**

- Hakkuukoneenkuljettaja valmistaa kuusitukki koe-erän sopivalta kohdalta.
- Koe-erän tukit tulisi merkata omalla värimerkillä.
- Tukit ajetaan omaan pinnoon erilleen muista puista, koska ne menevät myös tehdasmittaan.
- Hakkuukoneenkuljettaja tulostaa jokaisesta koe-erästä mittatulosten ja se toimitetaan Risto Pasoselle.
- Koe-erän tukeista ei saa raakata puita pois.
- Risto tekee jokaiselle koe-eriä valmistavalle hakkuukoneelle mittalaitekontrollin, jotta saadaan selville koneen mahdollinen mittavirhe.
- Risto sopii mistä leimikoista koe-erät otetaan ja ohjeistaa koe-erien hakkuun, metsäkuljetuksen ja kaukokuljetuksen.

### **Hankintaesimiehen rooli:**

- Sopii yhdessä Riston kanssa mistä leimikoista koe-erät voidaan ottaa.
- Tärkeitä tietoja ovat; Milloin hakkuu alkaa, leimikon koko, sijainti ja tekijät.
- Ohjeistaa yrittäjiä tarvittaessa.

Lisätietoja: Risto Pasonen

Puhelin: 0440454109

Sähköposti: [risto.pasonen@paijannemhy.fi](mailto:risto.pasonen@paijannemhy.fi)

Tämä ohje koskee Risto Pasosen tekeillä olevaa ammattikorkeakoulun opinnäytetyötä. Opinnäytetyössä tutkitaan hakkuukoneen ja sahatehtaan välisiä eroja kuusitukin tilavuudessa. Työ toteutetaan vertailemalla tukkipuu koe-erin tilavuuksia. Koe-erien tukkeja toimitetaan tehdasmittaan kolmeen eri paikkaan. Työ toteutetaan 1.5. – 1.10.2018 välisenä aikana. Hakkuukoneen, ajokoneen ja puutavara-auton kuljettajien työn merkitys opinnäytetyön onnistumisessa on todella suuri.

### **Työn toteutus:**

-Työn toteutukseen tarvitaan noin 25 kappaletta kuusitukki koe-eriä, jotka kuljetetaan sahalle omana eränä tehdasmittaan.

-Hakattavat tukkipuu koe-erät valitaan Päijänteen metsänhoitoyhdistyksen alueelta.

-Koe-erän suuruus on yhden puutavara-auton kuorman verran, eli noin 60 m<sup>3</sup>.

-Koe-erät on valittu etukäteen edustavilta pääte- ja harvennushakkuu leimikoilta.

-Risto Pasonen on yhteydessä hakkuun toteuttajaan jokaisen koeleimikon alussa ja varmistaa että työ sujuu ohjeiden mukaan.

-Risto tekee jokaiselle koe-eriä valmistavalle hakkuukoneelle mittalaittekontrollin, jotta saadaan selville koneen mahdollinen mittavirhe.

-Jos leimikolta toimitetaan kuusitukkeja useammalle kyseessä olevista sahoista, voidaan leimikolta valmistaa useampi koe-erä.

Ohjeet hakkuukoneenkuljettajalle:

-Risto Pasonen ilmoittaa, kun on tulossa koeleimikolle tekemään hakkuukoneelle mittalaittekontrollin.

-Kuljettaja valmistaa noin 60 motin kuusitukki koe-erän.

-Kuljettajan tulee ottaa leimikolta mittatulosteita siten, että koe-erästä saadaan oma mittatuloste.

-Koe-erän tukit tulee merkata omalla värimerkillä, jotta ne erotetaan varmasti muista tukeista ja puutavaralajeista.

-Koe-erän mittatodistus/tuloste toimitetaan Ristolle tai korjuuvastaavalle.

-Hakkuukoneenkuljettaja ohjastaa ajokoneenkuljettajaa tarvittaessa.

Ohjeet ajokoneenkuljettajalle:

-Koe-erän kuusitukit on merkattu omalla värimerkillä.

-Koe-erän kuusitukit ajetaan varastopaikalle omaan pinoon.

-Ajokoneenkuljettaja ei saa raakata koe-erän kuusitukkeja.

-Koe-erän kuusitukit tulee varastoida niin että puutavara-auto voi ne esteettä hakea.

- Jos leimikolla on useampi koe-erä niin erät tulee pitää erillään eikä niiden puita saa sekoittaa keskenään. Koe-erät tulee myös varastoida omiin pinoihin, eikä niitä saa yhdistää.

- Koe-erien kuusitukit menevät tehdasmittaan. Pinoon laitetaan tehdasmittalappu ja lisätteksti erän juoksevan numeron mukaan, esim. "KOE-ERÄ 1" tai "KOE-ERÄ 5"

Ohjeet puutavara-autonkuljettajalle:

- Varastopaikalla on n. 60 motin kuusitukki erä, joka tulee kuljettaa tehtaalle omana eränä.

- Kuusitukki erä on merkattu "KOE-ERÄ" lapulla.
- Laputettujen pinojen ajomääräyksenä on tehdasmitta.
- Autonkuljettajan ei raakkaa tai yhdistele koe-erien puita.

Opinnäytetyön kannalta on erittäin tärkeää, että oikeat puut ajetaan tehtaalle, eikä niitä häviä, lisäänny tai sekoitu matkalla. Jos ohjeistuksesta tai työstä aiheutuu ongelmia tai kysyttävää olkaa yhteydessä Ristoon.

Lisätietoja: Risto Pasonen

Puhelin: 0440454109

Sähköposti: [risto.pasonen@paijannemhy.fi](mailto:risto.pasonen@paijannemhy.fi)

## HYLÄTYT TOIMITUSERÄT

Koe- erän	Saha	Moto, m3	Tehdas, m3	Ero, m3	Ero, %	Raakki, m3	Raakki, %	Raak ki,	Moto, m	Tehdas, m	Ero, m	Ero, %	Moto, kpl	Tehdas, kpl	Ero, kpl	Moto, cm/kpl	Tehdas, cm/kpl	ero, cm/kpl	Moto, dm3/kpl	Tehdas, dm3/kpl	ero, dm3/kpl	Katkonan ajankohta	Hakkuu kone	Kuljetu ksen
3	3	60,200	53,250	6,95	11,54	0,6			886	881,6	4,4	0,497	193	191	2	459,07	461,57	-2,50	311,92	278,80	33,12	1.kesä	1	19
7	1	55,52	54,74	0,78	1,40	1,18			1522				301	305	-4	505,65			184,45	179,48	4,98	25.heinä	2	9
11	1	64,98	64,28	0,7	1,08	0,40			1914				416	417	-1	460,10			156,20	154,15	2,05	29.eilo	1	12
21	1	65,19	65,39	-0,2	-0,31	2,10			1947,3				405	408	-3	480,81			160,96	160,27	0,69	11.loka	1	7

## ERÄKOHTAISET TULOKSET

Ko- erän nro	Moto, m3	Tehdas, m3	Ero, m3	Ero, %	Raakki, m3	Raakki, %	Raak ki, kpl	Moto, m	Tehdas, m	Ero, m	Ero, %	Moto, kpl	Tehdas, kpl	Ero, kpl	Moto, cm/kpl	Tehdas, cm/kpl	ero, cm/kpl	Moto, dm3/kpl	Tehdas, dm3/kpl	ero, dm3/kpl	Katkonan ajankohhta , pvm	Hakku ukone	Kuljetu ksen kesto, d	
1	2	59,84	56,50	3,34	5,58	0,40	0,71	896,0	896,4	-0,4	-0,04	221	221	0	405,43	405,61	-0,18	270,77	255,66	15,11	8.touko	1	21	
2	1	59,62	57,00	2,62	4,39	1,17	2,05	1710,0	1702,7	7,3	0,43	365	364	1	468,49	467,77	0,72	163,34	156,59	6,75	9.touko	1	19	
4	2	60,36	57,40	2,96	4,90	1,30	2,26	848,0	851,2	-3,2	-0,38	211	211	0	401,90	403,41	-1,52	286,07	272,04	14,03	11.kesä	1	9	
5	1	60,13	58,59	1,54	2,56	2,28	3,89	1859,0	1860,3	-1,3	-0,07	400	400	0	464,75	465,08	-0,32	150,33	146,48	3,85	11.kesä	1	17	
6	2	55,40	52,30	3,10	5,60	0,00	0,00	676,0	678,7	-2,7	-0,40	171	171	0	395,32	396,90	-1,58	323,98	305,85	18,13	25.heinä	2	8	
8	3	65,16	63,67	1,49	2,29	2,10	3,30	900,0	901,5	-1,5	-0,17	195	195	0	461,54	462,31	-0,77	334,15	326,51	7,64	8.elo	1	23	
9	1	65,23	64,41	0,82	1,26	1,09	1,69	1867,0	1872,4	-5,4	-0,29	387	389	-2	482,43	481,34	1,09	168,55	165,58	2,97	8.elo	1	5	
10	2	65,78	63,70	2,08	3,16	1,30	2,04	902,0	906,1	-4,1	-0,45	224	224	0	402,68	404,51	-1,83	293,66	284,38	9,29	29.elo	1	10	
12	1	64,64	64,73	-0,09	-0,14	0,90	1,39	1911,0	1917,5	-6,5	-0,34	404	406	-2	473,02	472,29	0,73	160,00	159,43	0,57	27.elo	1	14	
13	3	65,41	65,07	0,34	0,52	1,56	2,40	966,0	967,2	-1,2	-0,12	193	193	0	500,52	501,14	-0,62	338,91	337,15	1,76	27.elo	1	4	
14	2	59,52	58,00	1,52	2,56	0,75	1,29	735,7	734,5	1,2	0,16	185	185	0	397,68	397,03	0,65	321,74	313,51	8,22	5.syys	3	5	
15	1	55,75	55,97	-0,22	-0,39	1,08	1,93	1588,1	1583,5	4,6	0,29	344	343	1	461,66	461,66	0,00	162,08	163,18	-1,10	5.syys	3	5	
16	3	64,73	64,68	0,05	0,08	1,00	1,55	921,5	923,0	-1,5	-0,16	185	185	0	498,11	498,92	-0,81	349,91	349,62	0,29	20.syys	1	5	
17	1	65,15	64,85	0,30	0,46	1,28	1,97	2074,8	2073,8	1,0	0,05	440	441	-1	471,55	470,25	1,30	148,07	147,05	1,02	4.loka	1	8	
18	3	65,02	63,87	1,15	1,77	0,55	0,86	947,7	949,2	-1,5	-0,16	189	189	0	501,43	502,22	-0,79	344,02	337,94	6,08	4.loka	1	4	
19	3	65,00	64,16	0,84	1,29	1,10	1,71	1108,8	1109,9	-1,1	-0,10	228	228	0	486,32	486,80	-0,48	285,09	281,40	3,69	11.loka	1	5	
20	2	65,74	63,10	2,64	4,01	0,38	0,61	550,7	550,3	0,4	0,07	151	151	0	364,70	364,44	0,26	435,34	417,88	17,46	11.loka	1	12	
22	1	65,28	65,90	-0,62	-0,95	3,09	4,69	2163,8	2169,2	-5,4	-0,25	467	467	0	463,34	464,50	-1,16	139,78	141,11	-1,33	5.marras	1	2	
23	3	65,08	64,06	1,02	1,57	0,55	0,86	1035,4	1036,0	-0,6	-0,06	205	205	0	505,07	505,37	-0,29	317,48	312,49	5,00	7.marras	1	1	
24	1	65,36	65,58	-0,22	-0,33	0,43	0,66	2137,2	2135,4	1,8	0,08	457	457	0	467,66	467,26	0,39	143,03	143,50	-0,47	7.marras	1	5	
25	2	65,77	63,10	2,67	4,06	0,00	0,00	899,0	902,2	-3,2	-0,36	225	225	0	399,56	400,98	-1,42	292,31	280,44	11,87	16.marras	2	11	
26	1	75,69	74,17	1,52	2,01	0,77	1,04	2433,0	2430,7	2,3	0,09	491	491	0	495,52	495,05	0,47	154,15	151,06	3,10	16.marras	2	11	
<b>Yhteensä</b>		<b>1399,7</b>	<b>1370,81</b>	<b>28,86</b>	<b>2,0619</b>	<b>23,0840</b>	<b>1,684</b>	<b>114</b>	<b>29130,7</b>	<b>29151,7</b>	<b>-21,0</b>	<b>-0,07</b>	<b>6338</b>	<b>6341</b>	<b>3</b>	<b>459,62</b>	<b>459,73</b>	<b>-0,11</b>	<b>5582,75</b>	<b>5448,85</b>	<b>133,90</b>			

## SAHAKOHTAISET TULOKSET KOE-ERITTÄIN

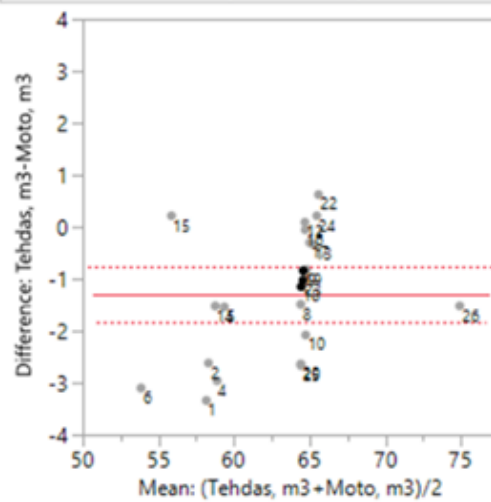
Koe- erän nro	Moto, m <sup>3</sup>	Tehdas, m <sup>3</sup>	Ero, m <sup>3</sup>	Ero, %	Raakki, m <sup>3</sup>	Raakki, m <sup>3</sup>	Raakki, %	Raakki, kpl	Moto, m	Tehdas, m	Ero, m	Ero, %	Moto, kpl	Tehdas, kpl	Ero, kpl	Moto, cm/kpl	Tehdas, cm/kpl	ero, cm/kpl	Moto, dm <sup>3</sup> /kpl	Tehdas, dm <sup>3</sup> /kpl	ero, dm <sup>3</sup> /kpl	Katkonan ajan kohta , pvm	Hakku kone	Kuljetu ksen kesto, d
1	59,62	57,00	2,62	4,39	1,17	2,05	7	1710,0	1702,7	7,3	0,43	365	364	1	468,49	467,77	0,72	163,34	156,59	6,75	9	10	1	19
2	60,13	58,59	1,54	2,56	2,28	3,89	15	1859,0	1860,3	-1,3	-0,07	400	400	0	464,75	465,08	-0,32	150,33	146,48	3,85	11	11	1	17
3	65,23	64,41	0,82	1,26	1,09	1,69	6	1867,0	1872,4	-5,4	-0,29	387	389	-2	482,43	481,34	1,09	168,55	165,58	2,97	8	10	1	5
4	64,64	64,73	-0,09	-0,14	0,90	1,39	6	1911,0	1917,5	-6,5	-0,34	404	406	-2	473,02	472,29	0,73	160,00	159,43	0,57	27	10	1	14
5	55,75	55,97	-0,22	-0,39	1,08	1,93	7	1588,1	1583,5	4,6	0,29	344	343	1	461,66	461,66	0,00	162,08	163,18	-1,10	5	10	3	5
6	65,15	64,85	0,30	0,46	1,28	1,97	9	2074,8	2073,8	1,0	0,05	440	441	-1	471,55	470,25	1,30	148,07	147,05	1,02	4	10	1	8
7	65,28	65,90	-0,62	-0,95	3,09	4,69	22	2163,8	2169,2	-5,4	-0,25	467	467	0	463,34	464,50	-1,16	139,78	141,11	-1,33	5	10	1	2
8	65,36	65,58	-0,22	-0,33	0,43	0,66	3	2137,2	2135,4	1,8	0,08	457	457	0	467,66	467,26	0,39	143,03	143,50	-0,47	7	10	1	5
9	75,69	74,17	1,52	2,01	0,77	1,04	5	2433,0	2430,7	2,3	0,09	491	491	0	495,52	495,05	0,47	154,15	151,06	3,10	16	10	2	11
Yhteensä	576,86	571,2	5,655	0,9803	12,0900	2,117	80	17743,9	17745,5	-1,6	-0,01	3755	3758	3	472,54	472,21	0,33	1389,33	1373,98	15,34				

Koe- erän nro	Moto, m <sup>3</sup>	Tehdas, m <sup>3</sup>	Ero, m <sup>3</sup>	Ero, %	Raakki, m <sup>3</sup>	Raakki, m <sup>3</sup>	Raakki, %	Raakki, kpl	Moto, m	Tehdas, m	Ero, m	Ero, %	Moto, kpl	Tehdas, kpl	Ero, kpl	Moto, cm/kpl	Tehdas, cm/kpl	ero, cm/kpl	Moto, dm <sup>3</sup> /kpl	Tehdas, dm <sup>3</sup> /kpl	ero, dm <sup>3</sup> /kpl	Katkonan ajan kohta , pvm	Hakku kone	Kuljetu ksen kesto, d
1	59,84	56,50	3,34	5,58	0,40	0,71	1	896,0	896,4	-0,4	-0,04	221	221	0	405,43	405,61	-0,18	270,77	255,66	15,11	8	10	1	21
2	60,36	57,40	2,96	4,90	1,30	2,26	5	848,0	851,2	-3,2	-0,38	211	211	0	401,90	403,41	-1,52	286,07	272,04	14,03	11	10	1	9
3	55,40	52,30	3,10	5,60	0,00	0,00	0	676,0	678,7	-2,7	-0,40	171	171	0	395,32	396,90	-1,58	323,98	305,85	18,13	25	10	2	8
4	65,78	63,70	2,08	3,16	1,30	2,04	4	902,0	906,1	-4,1	-0,45	224	224	0	402,68	404,51	-1,83	293,66	284,38	9,29	29	10	1	10
5	59,52	58,00	1,52	2,56	0,75	1,29	2	735,7	734,5	1,2	0,16	185	185	0	397,68	397,03	0,65	321,74	313,51	8,22	5	10	3	5
6	65,74	63,10	2,64	4,01	0,38	0,61	1	550,7	550,3	0,4	0,07	151	151	0	364,70	364,44	0,26	435,34	417,88	17,46	11	10	1	12
7	65,77	63,10	2,67	4,06	0,00	0,00	0	899,0	902,2	-3,2	-0,36	225	225	0	399,56	400,98	-1,42	292,31	280,44	11,87	16	10	2	11
Yhteensä	432,41	414,1	18,31	4,2337	4,1330	0,998	14	5507,4	5519,4	-12,0	-0,22	1388	1388	3	396,79	397,65	-0,86	2223,86	2129,76	94,10				

Koe- erän nro	Moto, m <sup>3</sup>	Tehdas, m <sup>3</sup>	Ero, m <sup>3</sup>	Ero, %	Raakki, m <sup>3</sup>	Raakki, %	Raakki, kpl	Moto, m	Tehdas, m	Ero, m	Ero, %	Moto, kpl	Tehdas, kpl	Ero, kpl	Moto, cm/kpl	Tehdas, cm/kpl	ero, cm/kpl	Moto, dm <sup>3</sup> /kpl	Tehdas, dm <sup>3</sup> /kpl	ero, dm <sup>3</sup> /kpl	Katkonan ajan kohta , pvm	Hakku kone	Kuljetu ksen kesto, d	
8	65,16	63,67	1,49	2,29	2,10	3,30	6	900,0	901,5	-1,5	-0,17	195	195	0	461,54	462,31	-0,77	334,15	326,51	7,64	8	10	1	23
9	65,41	65,07	0,34	0,52	1,56	2,40	5	966,0	967,2	-1,2	-0,12	193	193	0	500,52	501,14	-0,62	338,91	337,15	1,76	27	10	1	4
10	64,73	64,68	0,05	0,08	1,00	1,55	3	921,5	923,0	-1,5	-0,16	185	185	0	498,11	498,92	-0,81	349,91	349,62	0,29	20	10	5	5
11	65,02	63,87	1,15	1,77	0,55	0,86	2	947,7	949,2	-1,5	-0,16	189	189	0	501,43	502,22	-0,79	344,02	337,94	6,08	4	10	1	4
12	65,00	64,16	0,84	1,29	1,10	1,71	4	1108,8	1109,9	-1,1	-0,10	228	228	0	486,32	486,80	-0,48	285,09	281,40	3,69	11	10	1	5
13	65,08	64,06	1,02	1,57	0,55	0,86	2	1035,4	1036,0	-0,6	-0,06	205	205	0	505,07	505,37	-0,29	317,48	312,49	5,00	7	10	1	1
Yhteensä	390,41	385,51	4,898	1,2546	6,8610	1,780	21	5879,4	5886,8	-7,4	-0,13	1195	1195	3	492,00	492,62	-0,62	1969,57	1945,11	24,46				

T-TESTIN TULOKSET

**Difference: Tehdas, m3-Moto, m3**



Tehdas, m3	62,3095	t-Ratio	-5,09736
Moto, m3	63,6214	DF	21
Mean Difference	-1,3118	Prob >  t	<.0001*
Std Error	0,25735	Prob > t	1,0000
Upper 95%	-0,7766	Prob < t	<.0001*
Lower 95%	-1,847		
N	22		
Correlation	0,96871		

**Across Groups**

Koe-erä	Count	Mean Difference	Mean Mean
1	1	-3,34	58,17
2	1	-2,62	58,31
4	1	-2,96	58,88
5	1	-1,54	59,36
6	1	-3,1	53,85
8	1	-1,49	64,415
9	1	-0,82	64,82
10	1	-2,08	64,74
12	1	0,09	64,685
13	1	-0,34	65,24
14	1	-1,521	58,761
15	1	0,216	55,862
16	1	-0,054	64,707
17	1	-0,3	65
18	1	-1,149	64,445
19	1	-0,841	64,581
20	1	-2,636	64,418
22	1	0,623	65,589
23	1	-1,024	64,572
24	1	0,216	65,472
25	1	-2,67	64,435
26	1	-1,52	74,93

Test Across Groups	F Ratio	Prob>F	
Mean Difference	.	.	Within Pairs Y Axis
Mean Mean	.	.	Among Pairs X Axis

NORMAALISUUDEN TESTAUSTULOKSET

