

Alexi Minkkinen

HAKKUUKONEEN JA TUKKIMITTARIN MITTAEROT

Harvestia Oy

Opinnäytetyö
Metsätalouden koulutusohjelma

Toukokuu 2013




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences		Opinnäytetyön päivämäärä 8.5.2013
Tekijä Aleksi Minkkinen	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Metsätalouden koulutusohjelma Metsätalous	
Nimeke Hakkuukoneen ja tukkimittarin mittaerot		
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön aiheena on hakkuukonemittauksen ja tehdasmittauksen väliset mittaerot mäntytukkien tilavuudessa. Työssä käsitellään myös yleisesti puutavaranmittausta, hakkuukonemittausta sekä tehdasmittausta. Opinnäytetyö on tehty yhteistyönä toimeksiantajan, Harvestia Oy:n kanssa sekä Vapo Timber Oy:n Hankasalmen sahan kanssa.</p> <p>Tutkimuksen aineisto kerättiin kolmen hankintaesimiehen toimialueelta Mikkelin, Puumalan, Kangasniemen, Hankasalmen, Pieksämäen ja Joroisten kuntien alueelta. Tutkimuksessa kerättiin 25 koe-erää, joiden tilavuuseroja verrattiin hakkuukoneen ja tehdasmitan välillä sekä kuutiometriä että keskijäreiden perusteella.</p> <p>Tutkimuksen keskeisimpänä tuloksena saatiin selville, että näiden kahden mittaustavan väliset mittaerot pysyvät puutavaranmittauslain määrittelemän sallitun +/- 4 %:n sisällä, jos mittalaitteen toimivuutta seurataan säännöllisesti sekä hakkuukoneen että sahan tukkimittarin osalta. Tässä tutkimuksessa erot sijoittuivat välille 0,1 - 2,1 % riippuen tavasta, jolla tuloksia tulkittiin.</p>		
Asiasanat (avainsanat) Puutavaranmittaus, hakkuukonemittaus, tehdasmittaus, tukit		
Sivumäärä 34 s. + liit. 3 s.	Kieli Suomi	URN URN:NBN:fi:mamk-opinn2013B0058
Huomautus (huomautukset liitteistä)		
Ohjaavan opettajan nimi Timo Leinonen	Opinnäytetyön toimeksiantaja Harvestia Oy	

DESCRIPTION

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Date of the bachelor's thesis 8.5.2013
Author Aleksi Minkkinen	Degree programme and option Degree Programme in Forestry	
Name of the bachelor's thesis The differences in measuring timber and its volume between harvester and sawmill		
Abstract This thesis is about the differences between harvester and sawmill in measuring pinelog and its volume. In the thesis I also review timber measurement, harvester measurement and sawmill measurement in general basis. Thesis was made in co-operation with Harvestia Oy and Vapo Timber Oy. The data used in this thesis was collected in three purchasing areas in the municipalities of Mikkeli, Puumala, Kangasniemi, Hankasalmi, Pieksämäki and Joroinen. In the study 25 test sample was collected and the volume differences between harvester and sawmill was compared in cubic meters and average log volume. The key result of the study was that the differences between these two measurement methods are within allowed +/- 4 % which is defined in the law of timber measuring. This is when the functionality of the measuring device in harvester and sawmill is regularly followed. In this study the differences were between 0,1 and 2,1 percent depending on what interpretation method was used.		
Subject headings, (keywords) Timber measurement, harvester measurement, sawmill measurement, logs		
Pages 34 p + 3 app	Language Finnish	URN URN:NBN:fi:mamk-opinn2013B0058
Remarks, notes on appendices		
Tutor Timo Leinonen	Bachelor's thesis assigned by Harvestia Oy	

SISÄLTÖ

KUVAILULEHDET

1	JOHDANTO	1
2	PUUTAVARANMITTAUS	1
3	HAKKUUKONEMITTAUS.....	2
3.1	Hakkuukonemittauksen rooli.....	2
3.2	Perusmittaus.....	3
3.3	Virhelähteet mittauksessa	5
3.4	Tarkastusmittaus eli mittalaiteteknologia	8
4	TEHDASMITTAUS	10
4.1	Tehdasmittauksen rooli.....	10
4.2	Puutavaran työ- ja luovutusmittaus tehtaalla.....	11
4.3	Tukkien mittaus	12
4.4	Mittauksen tarkastus	12
5	AINEISTO JA MENETELMÄT	14
5.1	Koe-erien kerääminen.....	14
5.2	Tukit tehdasmittaukseen	16
6	TULOKSET	19
6.1	Lähtötiedot.....	19
6.2	Hakkuukoneen ja sahan vastaanoton mittaustuloksissa eroja	22
6.3	Yrittäjäkohtaiset tulokset.....	24
6.4	Vajaalaadun määrä koe-erissä	26
7	POHDINTA	28
7.1	Tutkimuksen toteutus ja luotettavuus	28
7.2	Mittauserojen merkitys	29
7.3	Tulevaisuus	31
	LÄHTEET.....	33
	LIITTEET	35

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni käsittelee puutavaranmittausta hakkuukonemittauksen ja tehdasmittauksen osalta. Aihe on syntynyt yhteistyössä toimeksiantajan, Harvestia Oy:n kanssa. Opinnäytteessä tutkitaan mahdollisia mittaeroja hakkuukonemittauksen ja tehdasmitan välillä. Tutkimuksessa seurataan mäntyukkitoimituksia Harvestian keskiseltä hankinta-alueelta Vapo Timber Oy:n Hankasalmen sahalle. Työn tarkoituksena on selvittää, onko mittaustapojen välillä mittaeroja, mihin suuntaan erot mahdollisesti ovat ja ovatko ne merkittäviä. Tämän avulla Harvestiassa voidaan arvioida tulosten taloudellisia vaikutuksia ja pystytään kehittämään toimintaa.

Harvestia on merkittävin puutavaran toimittaja Vapo Timberin Hankasalmen sahalaistokselle. Hankasalmen saha käyttää vuositasolla yhteensä keskimäärin noin 550 000 m³ mänty- ja kuusitukkia. Käyttömäärästä noin 55 % on mäntyä ja loput 45 % kuusta. Harvestia toimittaa kyseisestä määrästä noin 60 % eli yhteensä 330 000 m³ havutukkia.

2 PUUTAVARANMITTAUS

Puutavaranmittaus on merkittävässä roolissa puunhankinnassa. Puutavaranmittaus on puutavaraerän määrän ja laadun toteamista. Puuta mitataan, kun vaihdetaan puutavaran omistusoikeuksia tai määritellään metsätyöpalkkoja ja puunkorjuun ja -kuljetuksen urakointimaksuja. Puutavaran mittausta tarvitaan myös puunhankinnan valvontatehtäviä ja raaka-aineen tuotantoon ohjausta varten. Lisäksi puutavarakirjanpito sekä puun käytön seuranta valmistus- ja käyttöprosessien ohella edellyttävät puutavaran mittausta. (Kiviniemi 2006, 350.) Pyöreän puutavaran ohella myös muiden puutavarylajien, kuten esimerkiksi hakkeen tai purun mittaaminen on puutavaran mittausta (Puutavaran mittaus, 2012).

Suomessa puutavaran mittausta säädellään puutavaranmittauslailla. Ensimmäinen laki puutavaranmittauksesta tuli voimaan vuoden 1939 alusta. Tällä hetkellä voimassa oleva laki säädettiin vuonna 1991 ja siihen tehdyt oleellimmat muutokset ovat vuosilta 1997 ja 2002. Laista löytyvät muun muassa säädökset koskien sitä, milloin ja miten

mittaus tulee suorittaa, sekä virallista mittausta koskevat edellytykset. Tämän lisäksi laissa määritetään puutavaran mittauksen eri sidosryhmien vastuut. Laki puutavaran mittauksesta koskee pelkästään Suomessa tehtäviä puutavaran luovutus- ja työmittauksia. Suomen tuonti- ja vientipuutavaran mittaus on lain säädösten ulkopuolella. Korkein toimeenpanovalta puutavaranmittauslakiin liittyen on maa- ja metsätalousministeriöllä. (Lait ja säädökset, 2012.)

Puutavaranmittauslaki on uudistumassa ja sen uudistaminen on tullut ajankohtaiseksi puunkorjuun ja mittausmenetelmien kehityksen sekä varsinkin lisääntyneen energiapuun käytön seurauksena. Nykyään puutavaran mittaus on merkittävässä roolissa logistiikan suunnittelussa ja varastojen hallinnassa. Lakiuudistuksella on tarkoitus parantaa puumarkkinoiden toimivuutta kaikkien puutavaralajien osalta. Merkittävimpinä muutoksina esitetään energiapuun sisällyttämistä lain piiriin sekä mittausmenetelmien ja tarkkuusvaatimusten ajantasaista määrittelyä. Puun myyjää turvaava heikomman osapuolen suoja säilyy nykyisen lain mukaisena. Hallitus jätti kyseisen esityksen puutavaran mittausta koskevaksi laiksi eduskunnalle 20.12.2012. (Puutavaranmittauslain uudistaminen, 2013.)

3 HAKKUUKONEMITTAUS

3.1 Hakkuukonemittauksen rooli

Maa- ja metsätalousministeriön asetuksessa nro 15/06 hakkuukonemittaus määritellään seuraavasti: ”Hakkuukonemittauksella tarkoitetaan hakkuukoneella valmistettavan puutavaran tilavuuden mittausta valmistuksen yhteydessä koneen mittalaitteella. Mittausta tulee edeltää toimet, joilla varmistetaan, että mittaus tehdään sovittujen mita- ja laatuvaatimusten mukaisesti.”

Hakkuukonemittaus on vakiintunut Suomessa metsäpäässä käytetyistä työ- ja luovutusmittausmenetelmistä yleisimmäksi tavaksi ja nykyään sen osuus on pystykaupoissa yli 95 % mitatusta puumäärästä (Kyllä allakka tietää: puutavaran mittaus 2012, 36). Nykyinen hakkuukonemittausasetus ja sen liite, hakkuumittausohje tulivat voimaan 1.5.2006. Asetukselle annettiin vuoden siirtymäaika, joka umpeutui huhtikuussa 2007.

Uudempien 1.5.2007 jälkeen käyttöön otettujen hakkuukoneiden tulee täyttää asetuksen mukaisesti annetut vaatimukset. Ennen 1.5.2007 käyttöön otetuille hakkuukoneille annettiin siirtymäaikaa vuoden 2016 loppuun asti. (Hakkuukonemittaus uudistuu 2006.)

Hakkuukonemittauksen edut ovat selkeät. Samalla mittauksella saadaan työmitta korjautaksan laskemiseksi sekä luovutusmitta maanomistajalle tilitettävää kantorahaa varten. Myös varastojen ja materiaalivirtojen tehokkaampi ohjaus sekä asiakaskohtaisten mitta- ja laatuvaatimusten joustavampi ja nopeampi toteutus on mahdollista hakkuukonemittauksen ansiosta. (Uusitalo 2003, 151 - 152.)

3.2 Perusmittaus

Maa- ja metsätalousministeriön (2006) asetuksessa nro 15/06 hakkuukoneen mittalaitteen ominaisuudet määritellään seuraavasti:

- valmistetun puutavaran tai rungon osan pituuden ja läpimitan mittaus
- tilavuuden laskenta pätkittäin ja tulosten rekisteröinti $0,001 \text{ m}^3$:n tarkkuudella
- tyvipölkyn tyviosan tilavuuden laskenta funktiolla tai taulukon mukaisesti, joissa olennaista on tyviosan tilavuuden määrittäminen laskennallisesti $d_{1,3:n}$ avulla
- pituuden ja läpimitan näyttö
- tulostus myös paperille
- säätöarvojen rekisteröinti ja tulostus
- yksittäisten mittausrvojen tarkastusmahdollisuus
- mittalaitteen toimivuuden seurannassa tarvittavien näyterunkojen valinta satunnaisesti sekä näiden runkojen mittaustietojen ja tulosten rekisteröinti

Hakkuukoneen (kuva 1) tulee mitata ja laskea tilavuutta pölkyittäin kymmenen senttimetrin tai sitä lyhyemmin mitattujen pölkyn läpimittojen ja mittaussvälän avulla. Tilavuus lasketaan käyttäen lieriön tai katkaistun kartion kaavaa. Läpimittaa mitataan kuoren päältä yhden millimetrin tasaavissa luokissa ja pituutta mitataan yhden senttimetrin tasaavissa luokissa. Tyvipölkkyt mitataan siten, että ensimmäinen läpimitta mitataan 1,3 metrin päästä kaatokohdasta ja tyviosan tilavuus määritetään puulajikohtaisen tyvipölkkyfunktion avulla. (Maa- ja metsätalousministeriö 2006.)



KUVA 1. Hakkuukone koetyömaalla.

Käytännön mittaus tapahtuu hakkuupään mitta-antureilla. Pituutta mitataan mekaanisella mittarullalla, joka runkoa karsittaessa pyörii ja lähettää pulssi-arvoja hakkuukoneen tietokoneelle, joka johtaa pölkyn pituuden saamiensa arvojen perusteella. Rungon läpimittaa mitataan karsintaterien, syöttörullien tai -telojen avulla. Hakkuukoneen antama läpimitta-arvo on käynyt läpi suodatuksen, jossa on poistettu epäloogisuudet, kuten latvapään suuremmat läpimitta-arvot. Läpimitan oletetaan siis pienenevän latvaa kohti. (Uusitalo 2003, 152 - 153.)

Aloitettaessa uutta mittauseriää tulee työn suorittajan varmistua, että laitteelle on tallennettu tunnistetiedot uudelta mittauseriältä sekä käytettävät puutavaralajikohtaiset mitta- ja laatuvaatimukset. Työn suorittajan on lisäksi tarkistettava mittalaitteen toiminta hakkuuta aloittaessa. Jos esimerkiksi olosuhteissa, kuten lämpötila, kuoren irttoaminen, puuston ominaisuudet ym. on tapahtunut merkittäviä muutoksia edellisten säätöjen jälkeen, on työn suorittajan tarkastettava mittalaitteen toimivuus ja tarvittaessa säädettävä se paikkansa pitäväksi. (Maa- ja metsätalousministeriö 2006.) Kuljettajan tekemää tarkastusta ja säätöä mittalaitteelle kutsutaan kalibroinniksi. Siinä mitataan erä hakkuukoneen tekemiä pölkkyjä elektronisilla mittasaksilla ja verrataan tu-

loksia hakkuukoneen antamiin arvoihin. Kuljettajan tekemät mahdolliset säädöt tallentuvat mittalaitteen muistiin. (Kiviniemi 2006, 362.)

Jos mittauksen aikana havaitaan mittaustulokseen vaikuttavia tekijöitä, on mittaustyö keskeytettävä välittömästi. Ennen keskeytystä valmistetun puutavaran mittaustiedot säilytetään ja keskeytyskohta merkitään maastoon. Mikäli mittalaitteen häiriö estää mittalaitteen käytön jatkossa, on vika korjattava ennen mittauksen jatkamista tai jäljellä oleva puutavara mitataan muulla ministeriön vahvistamalla mittaustavalla. Työn suorittajalla on vastuu pölkkyjen kirjautumisesta oikeille puutavaralajeille tai rungonosille. (Maa- ja metsätalousministeriö 2006.)

Työn suorittajan on tarkkailtava mittalaitteen toimivuutta säännöllisesti. Seuranta tapahtuu muun muassa hakkuukoneen arpomien näyterunkojen avulla. Näyterungot arvotaan satunnaisesti siten, että arvonta osuu vähintään 2 - 3 työpäivän välein. Työn suorittajan on verrattava näyterunkojen pölkkyjen pituuksia ja läpimittoja hakkuukoneen mittalaitteen antamiin mittoihin. Rungot mitataan mittasaksilla samalla tavalla kuin tarkastusmittauksissakin. (Maa- ja metsätalousministeriö 2006.) Kaikki puulajit ovat arvonnassa mukana ja työn suorittaja voi tarvittaessa ohittaa arvotun koerungon mittauksen, jos se on esimerkiksi kaksihaarainen tai ylijäreä runko. Tällöin uusi näyterunko arvotaan myöhemmin. Runko mitataan kalibrointimittauksen tapaan ja tulokset tallennetaan mittalaitteen muistiin urakanantajalle toimittamista varten. Omavalvonnan tuloksia voidaan käyttää apuna tarkastusmittauksien kohdentamisessa niihin hakkuukoneisiin, joilla on ollut ongelmia mittaustarkkuudessa. (Sipi 2009, 123 - 124.)

3.3 Virhelähteet mittauksessa

Pituuden ja läpimitan mittauksen tarkkuus määräytyy sen mukaan, kuinka hyvin mittaukseen käytettävät hakkuupään osat pystyvät seuraamaan mitattavaa objektia halutulla tavalla. Läpimitan mittauksessa tämä tarkoittaa karsintaterien ja syöttörullien tai -telojen kykyä seurata puun kuorellista ulkopintaa. Pituuden mittausta tarkasteltaessa kyse on mittapyörän tai -rullan kyvystä seurata katkaisukohtien välistä etäisyyttä. (Sipi 2009, 118.) Pituuden ja läpimitan mittausvirheet vaikuttavat suoraan tilavuuden määritykseen.

Pituuden mittaustarkkuuteen vaikuttavia tekijöitä on useita. Ensimmäisenä siihen vaikuttaa mittapyörän hammastuksen uppoaminen pölkyn pintaan. Jos uppoama poikkeaa asetetusta arvosta, syntyy mittapyörän teoreettisen ja todellisen säteen välille ero, joka aiheuttaa erilaisen kierrosluvun tietyllä matkalla ja tätä kautta aiheuttaa eroavaisuuden pituuden mittauksessa. Tällaista virhettä tapahtuu muun muassa silloin kuin lämpötilat vaihtelevat plus- ja miinusasteiden välillä, sillä mittapyörä uppoaa herkemmin sulaan kuin jäiseen puuhun. Muita mittapyörän hampaiden painauman syvyyteen vaikuttavia tekijöitä puun pinnan kovuuden lisäksi ovat mittapyörän painamisvoima ja hampaiden muoto. Painamisvoimaa säätämällä saadaan muutettua mittapyörän antamaa mittaus-tulosta. Säätö tapahtuu useimmiten hydraulisesti tai jousen avulla tai molempien yhteisvaikutuksena. (Sipi 2009, 118.)

Pituuden mittauksessa virheitä aiheuttavat myös rungon muotoviat ja pinnan epätasaisuudet. Pituuden mittauksessa mitataan käytännössä rungon muotoa eikä katkaisukoh-tien välistä lyhyintä etäisyyttä, sillä mittapyörähän kulkee rungon pinnan muotojen mukaan. Mutkainen tai lenko runko aiheuttaa sen, että rungon pölkyt katkaistaan mo-nesti liian lyhyiksi, sillä mittapyörä antaa tavoitepituuden ennen kuin se itse asiassa on edes saavutettu. Pinnan epätasaisuuksissa kyseessä ovat yleensä oksakyhmyt tai ok-santyingät, jotka lisäävät mittapyörän kulkemaa matkaa ja sitä kautta aiheuttavat liian lyhyitä pölkkyjä. Parempaan mittaustarkkuuteen päästään pitämällä karsintaterät hy-vässä kunnossa. (Sipi 2009, 119.)

Mittavirheitä syntyy myös silloin, jos karsittavien runkojen oksakulma on pieni eli oksat ovat jyrkässä kulmassa. Tällöin hyvän karsimisjäljen saavuttaminen vaatii run-gon edestakaista syöttämistä, jolloin pituuden mittavirheet ovat mahdollisia. Saman-laista virhettä tapahtuu silloin, kun pölkkyä mitattaessa joudutaan peruuttamaan run-koa lyhyempään moduulimittaan. Tällöin mittapyörä kulkee vanhaa jälkeä pitkin, mi-kä mahdollistaa mittavirheen, vaikka kuori pysyisikin kiinni. (Sipi 2009, 119.)

Pituuden mittavirheitä aiheutuu edellä mainittujen lisäksi mittapyörän luistamisesta sekä rungon asennon muuttumisesta kesken mittauksen. Mittapyörän luisto johtuu useimmiten pyörän eteen kasaantuvasta karsinnan irrottamasta kuoresta, joka estää pyörän pyörimisen. Tällaista tapahtuu usein keväällä kasvukauden alussa, jolloin kuori irtoaa herkästi ja sen sitoutumislujuus puuaineeseen on heikko. Rungon asento voi

muuttua, jos runko pyrkii kiertymään karsinnan aikana, jolloin mittapyörä kulkee kiertymisen seurauksena todellista pituutta pidemmän matkan, jolloin pölkky voi jäädä aiottua lyhyemmäksi. (Sipi 2009, 119.)

Läpimitan mittavirheitä aiheuttavat käytännössä samat tekijät kuin pituuden mittauksessa. Läpimittaa mitaavat karsintaterät ja syöttölaitteet seuraavat rungon muotoa, jolloin läpimitta mitataan oksakyhmyjen ja oksantynkien kohdalla liian suureksi ja kohdissa, joissa kuori on irronnut, mitataan läpimitta liian pieneksi. (Sipi 2009, 119-120.) Tätä virhettä oikaistaan kuitenkin suodattamalla poikkeavat arvot pois, sillä rungon oletetaan kapenevan latvaa kohti.

Myös rungon epäpyöreys voi aiheuttaa virheitä läpimitan mittauksessa. Monet hakkuukoneiden ohjelmat olettavat rungon poikkileikkauksen olevan pyöreän, jolloin epäpyöreissä rungoissa aiheutuu tämän vuoksi mittausvirheitä. Puun pinnan kovuus vaikuttaa pituuden mittauksen lisäksi myös läpimitan mittaukseen. Tässä on todennettavissa eroja eri mittaustapojen välillä. (Sipi 2009, 120.) Syöttölaitteilla tapahtuvassa läpimitan mittauksessa mittavirheet ovat oletettavasti todennäköisempiä kuin karsintaterillä mitattaessa. Jos syöttörullan tai -telan hampaat uppoavat puuhun mittalaitteelle annettua arvoa enemmän, jää pölkyn läpimitta todellista arvoa pienemmäksi. Jos taas jäisen puun aikaan hampaat uppoavat annettua arvoa vähemmän, läpimitta mitataan liian suureksi. Karsintaterillä mitattaessa virheiden voidaan olettaa olevan vähäisempiä. Jos karsintaterien paineet on säädetty oikein ja terien välinen etäisyys ääriasennossa säilyy oikeana, on mittaustulos hyvin lähellä todellista arvoa. Keväällä esiintyvä kuoren irtoaminen aiheuttaa toki virheitä tälläkin mittausmenetelmällä.

Tilavuus johdetaan hakkuukonemittauksessa pituuden ja läpimitan mittauksen pohjalta, joten systemaattiset virheet niissä aiheuttavat virheen myös tilavuudessa. Jos mitta-arvot vaihtelevat oikean arvon molemmin puolin, kompensoivat ne toisiaan, jolloin mittaustulos on lähellä oikeaa. Läpimitan mittauksella on suurempi merkitys tilavuuden mittavirheeseen, sillä läpimittavirhe juoksee systemaattisesti läpi koko mitattavan pölkyn aiheuttaen tilavuuden mittavirheen koko pölkyn matkalla. Esimerkiksi yhden prosentin systemaattinen mittavirhe läpimitassa aiheuttaa keskimäärin noin kahden prosentin virheen tilavuudessa, kun taas samainen virhe pituuden mittauksessa aiheuttaa noin yhden prosentin virheen tilavuudessa. (Sipi 2009, 120.)

Voidaankin olettaa, että mitä paksumpi mitattava pölkkö läpimitaltaan on, sitä suuremman mittavirheen tilavuudessa läpimitan mittavirhe aiheuttaa. Tämä johtuu siitä, että tilavuuden kaavassa säde korotetaan toiseen potenssiin, jonka seurauksena läpimitan vaikutus korostuu. Esimerkiksi, jos läpimitan mittauksessa tapahtuu yhden millimetrin systemaattinen virhe, se aiheuttaa suuremman tilavuuseron paksulla pölkkyllä, mutta prosentuaalisesti ero on suurempi ohuella pölkkyllä.

Tilavuuden määrittämisen virheisiin voivat vaikuttaa myös runkokäyrän muodostamisessa käytettävä läpimittojen suodatusohjelma sekä tilavuuden laskentaan käytettävä pätjän pituus ja kuutiointikaava. Lähtökohtaisesti läpimittojen suodatus pienentää tilavuuksia, sillä se ei salli läpimittojen kasvua latvaa kohti. Jos läpimitta mitataan systemaattisesti liian suureksi, suodatus voi osittain kompensoida tätä virhettä. Jos taas läpimitta mitataan systemaattisesti liian pieneksi, voi suodatusohjelma kasvattaa olemassa olevaa virhettä vielä suuremmaksi. Eri suodatusohjelmien vaikutuksesta tilavuuden mittatarkkuuteen ei ole kuitenkaan julkaistu tutkimustuloksia. Pätjän pituuden ja kuutiointikaavan aiheuttamat virheet ovat hyvin marginaalisia, sillä uudet hakkuukoneiden mittalaitteet määrittävät tilavuudet varsin lyhyissä, jopa yhden senttimetrin pituisissa pätjissä, jolloin valitulla kuutiointikaavallakaan ei oleteta olevan suurta merkitystä. (Sipi 2009, 120.)

3.4 Tarkastusmittaus eli mittalaittekontrolli

Tarkastusmittauksia tehdään niille hakkuukoneille, joiden mittaustuloksia käytetään puutavaran luovutus- tai työmitan perusteena. Tarkastus on tehtävä tällaisille hakkuukoneille vähintään puolen vuoden välein. Tarkastusmittauksen suorittaa hakkuuoikeuden haltija, urakanantaja, työnantaja tai joku heidän valtuuttamansa henkilö. Tarkastusmittaus on suoritettava myös aina silloin, kun puun myyjä, -ostaja, hakkuuoikeuden haltija, työnantaja, työn suorittaja tai heidän edustajansa sitä vaatii. (Hakkuukonemittaus 2012.)

Tarkastusmittaus tehdään otantamittauksena. Tarkastuserässä (kuva 2) tulee olla pääpuulajista yhteensä vähintään 30 pölkkä ja jokaisesta puutavaralajista vähintään 10 pölkkä. Jos jonkun puutavaralajin määrä leimikolla on pieni, voidaan 10 pölkyn vä-

himmäismäärää soveltaa puutavaralajiryhmälle. Jos 10 pölkyn määrää ei saavuteta tälläkään tavalla, voidaan kyseinen puutavaralajiryhmä jättää tarkastusmittauksen ulkopuolelle. (Sipi 2009, 124.)



KUVA 2. Pölkkyt valmiina mittalaitekontrollia varten.

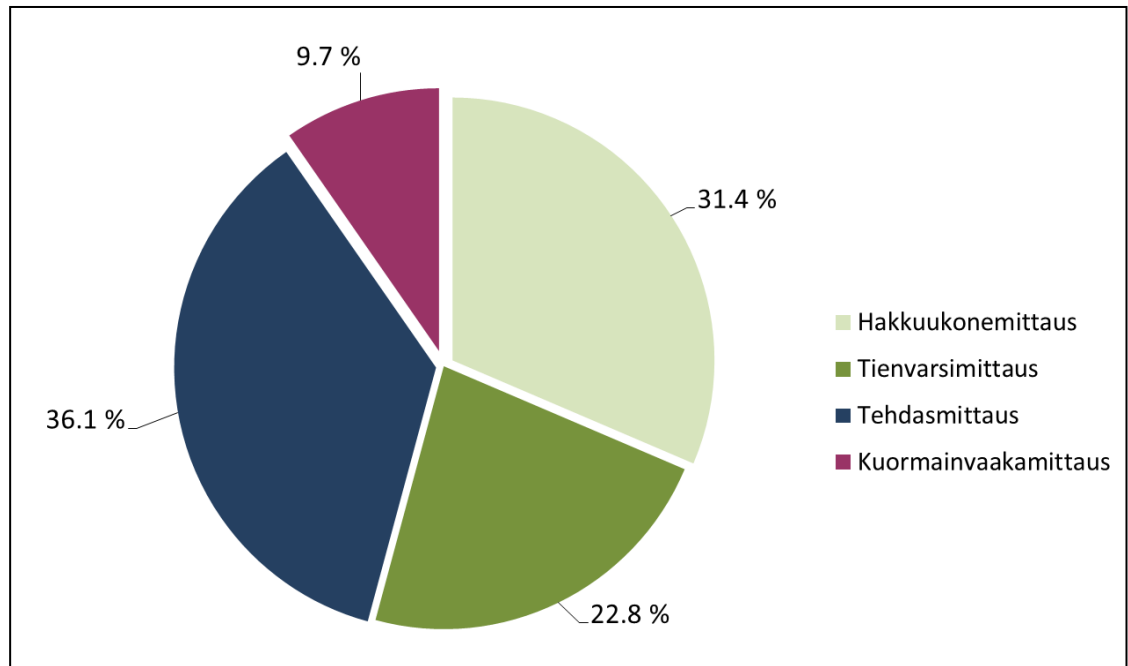
Pölkkyjen tilavuus lasketaan yhden metrin pätkissä käyttäen lieriön kaavaa. Tilavuuden määrittämistä varten pölkkyt mitataan mittasaksilla ristiinmittauksena kuoren päältä yhden millimetrin tarkkuudella yhden metrin välein. Tyvipölkkyjen erilaisen kuutiointitavan vuoksi niiden ensimmäinen läpimitta mitataan 1,3 metrin etäisyydeltä pölkyn kaatoleikkauksesta. Tyviosan tilavuus välillä 0 - 1,0 metriä määritetään tämän mittaus tuloksen avulla käyttämällä apuna tyviprofiilifunktioita tai -kertoimia. Seuraavat tyvipölkyn läpimitat mitataan metrin välein alkaen 1,5 metrin etäisyydeltä. Lisäksi mitataan viimeisen pölkynosan puolivälin läpimitta. Muilla pölkkyillä läpimitat mitataan metrin välein alkaen 0,5 metrin etäisyydeltä katkaisukohdasta ja lopuksi mitataan viimeisen pölkynosan puolivälin läpimitta. Pölkkyjen pituus mitataan yhden senttimetrin tarkkuudella. (Sipi 2009, 124.)

Hakkuukoneen mittaustulosta voidaan pitää hyväksyttävänä, mikäli tarkastuserän tukki- ja kuitupuutavaralajiryhmän tilavuusero perusmittaukseen verrattuna on enintään +/- 4 prosenttia. Mikäli tukki- tai kuitupuutavaralajiryhmän osuus tarkastuserässä on enintään 10 prosenttia, voidaan suurempikin ero sallia, jos tarkastuserän kokonaisero ei perusmittaukseen verrattuna ylitä +/- 4 prosenttia. Jos tarkastuksen tulosta ei voida hyväksyä, tehdään lisätarkastus määräeron varmistamiseksi. Se tulee kohdistaa siihen puutavaralajiryhmään, jonka mittaustulos ei ole sallituissa rajoissa. Jos tulos ei ole hyväksyttävä lisätarkastuksenkaan jälkeen, on mittalaitetta säädettävä. Perusmittaustulosta oikaistaan, jos tarkastusmittausten ero on sallittua +/- 4 prosenttia suurempi. Mittaustulos oikaistaan puutavaralajiryhmän sisällä puutavaralajeittaisten määräerojen mukaisesti. Oikaisu tehdään sille leimikon puumäärälle, joka on hakattu mittauserässä viimeisimmän mittalaitteelle tehdyn rekisteröidyn säädön tai sen tarkastuksen jälkeen. Mikäli tarkastusmittaus johtaa oikaisuun, ilmoitetaan siitä kaikille mittausosapuolille. (Hakkuukonemittaus 2012.)

4 TEHDASMITTAUS

4.1 Tehdasmittauksen rooli

Puutavaran tehdasmittaus on yleistynyt 1990- luvun alusta lähtien. Etenkin yksityismetsäpuolella hankintakauppojen puutavaranmittauksessa tehdasmittaus on muuttunut tasavertaiseksi mittausmenetelmäksi tienvarsimittauksen rinnalla, kuten kuvio 1 osoittaa. Tehdasmittaus on hyödyllinen sekä puutavaran myyjälle että ostajalle. (Sipi 2009, 73.)



KUVIO 1. Luovutusmittausmenetelmien osuudet yksityismetsien hankintakausissa 2011. (Metsäteho 2012).

Mittalaitteet ja mittausmenetelmät ovat kehittyneet ja ne mahdollistavat kaikille tasa-
puolisen ja oikeudenmukaisen mittauksen tehtaalla. Olosuhteet tehtaalla ovat kaikille
samat ja mittauksen valvonta on tehtaalla helpommin järjestettävissä kuin vaihtelevissa
maasto-olosuhteissa. Lisäksi tienvarsimittauksen kustannukset jäävät pois tehdas-
mittauksessa, jolloin puutavaran hankintakustannukset pienenevät. Tehdasmittauksen
tulosta voidaan käyttää maksuperusteena myyjälle, korjuu- sekä kaukokuljetusyrittä-
jälle. Tehdasmittauksen avulla voidaan myös siirtyä osittain laatuhinnoitteluun, jossa
puutavarasta maksetaan sen laadun mukaan. (Hietala ym., 1997, 2 - 3.)

4.2 Puutavaran työ- ja luovutusmittaus tehtaalla

Ennen tehdasmittauksen aloittamista luovutus- tai työmittausta varten, yrityksen on
tehtävä tehdasmittauksen käyttöönottoilmoitus metsäntutkimuslaitokselle. Ilmoituk-
sesta ilmenee tehdasmittaajan nimi, yhteystiedot, mittauspaikka, mittauspaikalla käy-
tettävä mittausmenetelmä ja -laite sekä mittauksen aloittamisajankohta. (Puutavaran-
mittauslaki 364/1991.)

Tehdasmittaan tulevan puutavaraerän kuljetusmääräyksestä on ilmevä, että kyseessä
on tehdasmittaus, jolloin kuljetusyrittäjä osaa huolehtia että eri tehdasmittauserät py-

syvät toisistaan erillään kuljetuksen aikana. Puutavaran mittaus olisi tehtävä välittömästi tehdasmittaerän saapuessa tehtaalle. Jos tämä ei onnistu, mittauserät tulee purkaa varastokentälle erilleen ja ne merkitään selkeästi. (Sipi, 2009, 74.)

Tehdasmittaja mittaa puutavaran eräkohtaisesti ja mittaustulokset säilytetään. Eri mittausosapuolilla on oikeus päästä tutustumaan mittausmenetelmään. Mittauksen jälkeen mittauserästä laaditaan mittausasiakirjat asianomaisille. (Sipi, 2009, 74.)

4.3 Tukkien mittaus

Sahalle tulevat tukit mitataan tukkilajittelun aikana, jossa tukit lajitellaan laadun, pituuden ja latvaläpimitan sekä niistä saatavan järeyden mukaan omiin luokkiinsa sahausta odottamaan. Tukkien laatu on yleensä silmävaraista arviointia ja muut ominaisuudet saadaan mittalaitteen tuloksista. Tukin läpimittaa mitataan 1 - 5 cm:n välein 1 - 3 eri suunnasta. (Sipi 2009, 75.) Lämpimitta mitataan yhden millimetrin tarkkuudella ja tukin pituus mitataan yhden senttimetrin tarkkuudella (Hietala ym., 1997, 14).

Tilavuus saadaan pätkittäin laskemalla eli periaate on sama kuin hakkuukonemittauksessa. Pätkittäin mitattuja läpimittoja tasataan suodatusohjelman avulla, joka huomioi mahdolliset oksantynkien, lumen, jään tai kuorenkappaleiden aiheuttamat mittavirheet ja muuttaa läpimitan oikeaksi. Saatujen läpimittojen avulla tukki kuutioidaan lyhyissä pätkissä joko lieriön tai katkaistun kartion kaavaa käyttäen. Tämä mittausmenetelmä perustuu maa- ja metsätalousministeriön hyväksymään mittausohjeeseen. (Hietala ym., 1997, 15.)

4.4 Mittauksen tarkastus

Tehtaan mittalaitteen toimivuutta kontrolloidaan mittalaitteen oman hälytysjärjestelmän ja säännöllisin aikavälein mitattavien testikappaleiden avulla. Tarvittaessa mittalaitetta säädetään seurantatulosten perusteella. Mittaustarkkuuden lisäksi tehtaalla seurataan myös mittausvälineiden kuntoa. Kaikki mittalaitteelle tehtävät säädöt ja tarkistukset rekisteröidään, joten ne ovat todennettavissa myöhemmin. (Hietala ym, 1997, 8.)

Mittalaitteen mittaustarkkuutta seurataan satunnaisotannalla, jossa arvotaan tarkastuserä, joka mitataan tarkkuudeltaan samalla mittausmenetelmällä. Mittauspuolten edustajat saavat halutessaan osallistua tarkastusmittaukseen. Otanta-/ tarkastusmittauksen mittaustuloksia tulee säilyttää vähintään vuoden ajan mittaushetkestä, jotta mittauksen osapuolet ja virallinen mittaaja voivat halutessaan saada asiakirjat nähtäväkseen. (Sipi 2009, 74.)

Puutavaran tehdasmittausta valvotaan tehtaan omien otantojen lisäksi valvontamittauksilla. Valvontamittauksien järjestäminen on maa- ja metsätalousministeriön tulosohjauksessa toimivan metsäntutkimuslaitoksen vastuulla. Valvontamittauksia tehtailla tekevät metsäntutkimuslaitoksen palveluksessa olevat viralliset mittaajat. Virallisten mittaajien on suoritettava valvontamittauksia riittävässä laajuudessa. (Valvontamittaus ja virallinen mittaus, 2012.)

Valvontamittauksesta on pidettävä pöytäkirjaa, josta ilmenee valvontamittauksen aika ja paikka, valvonnan kohteena olevan tehdasmittaajan nimi sekä mittalaitteen tarkkuudesta tehdyt havainnot. Valvontamittauksesta ei tarvitse ilmoittaa etukäteen tehdasmittaajalle. Valvontamittaus toteutetaan niin, että mittalaitteen tarkkuuden kannalta tärkeät asiat selvitetään ja tehdasmittaukselle ei saa aiheutua tarpeetonta haittaa valvontamittauksesta. Tehdasmittaus on virheellinen, jos virallinen mittaaja havaitsee mittaustuloksen vääräksi tai mittauslaitteessa/ -menetelmässä on mittauksen tarkkuuteen vääristävästi vaikuttava tekijä. Jos valvontamittauksessa havaitaan virhe, on virallisen mittaajan määrättävä tehdasmittaajaa poistamaan virhe ja oikaisemaan mittaustulokset niiden puutavaraerien osalta, jotka on mitattu virrehavainnon ja sen korjaamisen välisenä aikana. Tämän lisäksi virallinen mittaaja antaa virhettä edeltävältä ajalta lausunnon, joka voi sisältää suosituksen aiempien mittaustulosten oikaisemisesta. (Puutavaranmittauslaki 364/1991.)

Jos tehdasmittaus jatkuu ja tehdasmittauksessa olevaa virhettä ei poisteta virallisen mittaajan määräyksestä huolimatta tai virallinen mittaaja ja tehdasmittaaja ovat erimielisiä havaitusta virheestä, on virallisen mittaajan siirrettävä asia heti mittauslautakunnalle. Mittauslautakunnan tehtävänä on ratkaista havaittua virhettä koskeva erimielisyys ja sen tehdäkseen mittauslautakunta voi keskeyttää tehdasmittauksen haluamallaan keinolla. Sellaisissa tilanteissa, joissa tehdasmittaus on keskeytynyt val-

vonta- tai virallisessa mittauksessa huomattun virheen vuoksi, voidaan tehdasmittausta jatkaa vasta, kun virhe on valvontaviranomaisen mukaan poistettu. (Puutavaranmittauslaki 364/1991.)

5 AINEISTO JA MENETELMÄT

5.1 Koe-erien kerääminen

Opinnäytteeseeni liittyvät maastotyöt aloitettiin 31.10.2012 ja ne jatkuivat aina maaliskuulle 2013. Tutkimusmenetelmää mietittiin yhdessä Harvestian Pasi Niemelän kanssa jo aiemmin syksyllä ja lokakuussa 2012 pääsimme ratkaisuun siinä, kuinka tutkimus toteutetaan. Päätimme seurata mäntytukkitoimituksia Vapo Timberin Hankasalmen sahalle ja verrata mäntytukkien kuormakohtaisia tilavuuseroja sekä keskikoon tilavuuseroja hakkuukoneen ja tukkimittarin välillä.

Koepölkyiksi hyväksyttiin sekä tukit että pikkutukit johtuen siitä, että ne ajetaan samaan pinoon tienvarsivarastolla. Ei myöskään nähty tarkoituksenmukaisena erotella tyvi-, väli-, ja latvapölkkyjä toisistaan. Koe-erät kerättiin pääsääntöisesti päätehakkuukohteilta, mutta tarvittaessa sopivat harvennuskohteetkin hyväksyttiin. Varsinaista mittaerojen vertailua varten koe-eristä kerättiin hakkuukoneiden tuottamat mittalistat ja Hankasalmeelta saadut vastaanottotodistukset ja niistä verrattiin kuutiometrimääriä, kappalemääriä sekä näistä johdettuja pölkkyjen keskikokoja.

Tavoitteeksi asetettiin saada kerättyä tutkimusta varten 30 koe-erää (kuva 3). Yhden koe-erän tavoitekooksi asetettiin noin 53 m³ eli yhden puutavara-auton kuljetuskapasiteetin verran eli yksi autokuorma vastasi aina yhtä koe-erää. Koe-erät kerättiin kolmen hankintaesimiehen alueelta, joilta on säännöllisesti toimituksia Hankasalmen sahalle. Koe-erät pidettiin erillään leimikon muusta saman puutavaralajin pölkkyistä joko käyttämällä erilaista värimerkintää tai rajaamalla koe-erä selkeästi maastoon kuitunauhalla. Päätapana käytettiin värimerkinnän muuttamista. Koekuormat ajettiin omiin pinoihinsa tievarsivarastoon. Sellaisilla työmailla, joilla tuli useampia koe-eriä, numeroitiin koe-erät juoksevilla numeroilla ja ne ajettiin sahalle pääsääntöisesti samassa

järjestyksessä. Koekuormien ajomääräyksinä käytettiin tehdasmittaa, jolloin ei ollut vaaraa, että ne sekoittuisivat vastaanoton muihin mittauseriin.



KUVA 3. Koe-erän tukkeja punaisella värimerkillä.

Jokaisella työmaalla, josta koe-eriä tuli, tehtiin hakkuukoneelle ennen tai hakkuun aikana mittalaittekontrolli, jolla suljettiin pois mahdollinen hakkuukoneen mittavirhe. Eli varmistettiin se, että hakkuukoneen ja mittasaksien välinen mittaero on sallitun +/- 4 %:n sisällä. Päätettiin myös, että jos mittalaittekontrolli on sallitun +/- 4 prosentin ulkopuolella, ei hakkuukoneen mittalaitetta säädetä ennen kuin kyseinen koe-erä on hakattu. Mittalaittekontrollierän tavoitekooksi asetettiin noin 30 pölkkyä, joka vastaa normaalisti noin 5 - 7 runkoa tavallisella päätehakkuukohteella.

Mittalaittekontrollien tekemisen lisäksi minun vastuullani oli sopia hankintaesimiesten kanssa sopivat leimikot, joilta koe-eriä kerättiin. Lisäksi laadin korjuuyrittäjille ohjeen siitä, kuinka koeleimikoilla toimitaan. Laadin myös hankintaesimiehille ohjeen työn toteutusta varten. Huolehdin myös siitä, että kuljetusesimies sai riittävän ajoissa tiedon siitä, miltä kaupoilta koe-eriä on tulossa, jotta hän osasi tehdä oikeanlaiset ajomääräykset. Työohjeet löytyvät liiteosiosta.

5.2 Tukit tehdasmittaukseen

Kävin perjantaina 15.2. tutustumassa Vapo Timberin toimintaan Hankasalmella. Vierailun aikana keskityttiin lähinnä raakapuun vastaanoton toimintaan. Esittelijänä toimi Henrik Leppävuori, joka vastaa Vapolla raakapuun vastaanotosta ja mittauksesta Hankasalmella. Tämä luku perustuu kyseiseen vierailuun.

Koe-erät ajettiin Vapo Timberin Hankasalmen sahalle tehdasmittaerinä. Ajomääräykset annettiin kuljetusyrittäjille Harvestian toimesta tehdasmittana, joten nämä erät oli pidettävä erillään mittauksen aikana ja mitattava omana eränään. Tällä tavalla kuormista sai tarkalleen kyseistä erää koskevat tiedot tukkimittarin mittaustuloksista.



KUVA 4. Opmes 604 -tukkimittari.

Mittaus Hankasalmella tapahtuu Mikropuun Opmes 604 -tukkimittarilla (kuva 4). Mittari muodostaa täydellisen kolmiulotteisen mallin tukin muodoista käyttämällä apuna laseria ja videokameroita. Se mittaa tukin pituutta, läpimittaa, lenkoutta ja tilavuutta 1 - 2 senttimetrin välein. Mittaustarkkuudeksi laitteelle luvataan +/- 1 senttimetri pituudessa ja +/- 1 millimetri läpimitassa. Mittauksen lisäksi laite etsii oksaryhmiä ja laa-

duttaa tukit niiden ja lenkouden mukaan eli se saattaa muuttaa lajittelijan antamaa laatuluokkaa. Tukkimitariin on myöhemmin mahdollista liittää jälkiasennuksena röntgensäteisiin perustuva mittaussuunta, jolloin tukkien automaattista laadutusta voidaan lisätä.

Ennen tukkimittarille menoa tukit lajitellaan ja laadutetaan tukkilajittelijalla (kuva 5), jota käyttävät ammattitaitoiset henkilöt. Tukeille määritetään laatu, esimerkiksi A tai C ja raakataan mahdolliset vialliset tukit. Lenkoutta ei Hankasalmen sahalla määritetä lajittelijalla, vaan sen tekee tukkimittari. Muut mahdolliset viat, kuten laho, sinistymä, mutka, monivääryys jne. määritellään tukkilajittelijan toimesta. Mahdolliset lumivähennykset ja kuorilisät arvioidaan silmämääräisesti tukkien ollessa lajittelupöydällä. Yleensä lisäys tai vähennys annetaan Vapo Timberillä koko erälle, mutta sitä voidaan muuttaa tarvittaessa kesken mitattavan erän, jos lumi- tai kuoritilanne muuttuu merkittävästi. Kuorilisäys annetaan prosentteina ja lumivähennys milleinä. Opmes 604 -tukkimittari huomioi annetut muutostekijät mittauksen aikana.



KUVA 5. Lajittelupöytä.

Irronneen kuoren ja lumen lisäksi mahdollisia virhelähteitä mittauksessa on muitakin. Joskus käy niin, että kaksi tukkia päätyy mittaustulostolle aivan kiinni toisissaan, jolloin tukkimittari mittaa ne yhtenä kappaleena, jolloin mitattu pituus on liian suuri, esimerkiksi 7,5 metriä. Tällöin myös mitataan yksi tukki todellista määrää vähemmän. Nämä huomataan yleensä mittauksen aikana ja virheet korjataan. Lisäksi isoilla tukeilla metallinpaljastin saattaa antaa virheellisen tuloksen raskaasta kappaleesta syntyvän värinän takia. Nämä hylätyt tukit ajetaan normaalisti uudestaan tukkimittarista läpi. Myös tukin katkaisussa jäänyt kaatolippa aiheuttaa mahdollisia pituusmittavirheitä.



KUVA 6. Testiputki.

Tukkimittarin toimivuutta testataan jokaisen vuoron alussa oranssilla testiputkella (kuva 6), joka on 370 cm pitkä ja 160 mm paksu. Testimittauksessa sallitaan pituudessa +/- 2 senttimetrin ja läpimitassa +/- 2 millimetrin eroavaisuus. Jos ero on suurempi, ajetaan testikappale toisen kerran mittarin läpi. Jos tulos ei edelleenkään ole sallittu, ajetaan testikappale mittarin läpi kolmannen kerran. Jos tämän jälkeenkin tulos ei ole sallittu, paikalle kutsutaan elektroniikkateknikko ja lajittelu keskeytetään, kunnes mittavirhe on korjattu. Testikappale oli Leppävuoren mukaan ennen musta, mutta se maalattiin oranssiksi, koska musta kappale aiheutti virheen mittarin tuottamassa pistemal-

linnuksessa. Testikappale uusitaan syntyvien lommojen takia noin 1 - 1,5 vuoden välein.

Hankasalmen sahalla tukkimittarin toimintaa valvotaan myös kontrollimittauksilla. Tukkimittari arpoo jokaisesta 10000 tukin erästä satunnaisesti 8 kontrollitukkia, jotka menevät omaan lokeroonsa ja mitataan elektronisilla mittasaksilla. Vapolla sallitaan +/- 1 prosentin eroavaisuus mittaustuloksessa. Jos heitto on yli kaksi prosenttia, on saksilla mitattaessa tullut virhe ja erä mitataan uudestaan. Laki sallisi neljän prosentin eron. Vuoden 2012 aikana tehtyjen kontrollimittojen mukaan keskimääräinen ero oli männyllä - 0,1 % ja kuusella + 0,1 %. Eli mittari mittasi saksiin verrattuna mäntyä hivenen enemmän ja kuusta vähemmän.

6 TULOKSET

6.1 Lähtötiedot

Koe-eriä kerättiin kolmen hankintaesimiehen toimialueelta Mikkelin, Puumalan, Kangasniemen, Hankasalmen, Pieksämäen ja Joroisten kuntien alueelta. Koe-erämäärän tavoitteeksi asetettiin tutkimuksen alussa 30 erää ja aineistoa saatiin kerättyä yhteensä 25 käyttökelpoista koe-erää. Leimikot, joilta koe-erät kerättiin, olivat normaaleja hakkuukohteita, joiden laatu vaihteli. Joukossa oli sekä huonompilaatuisia että hienoksaisia, hyvälaatuisia leimikoita. Valtaosa hakkuukohteista oli päätehakkuita, mutta oli joukossa myös yksi harvennuskohde. Suurin osa hakkuukohteista oli puustoltaan mäntyvaltaisia.

Näiden 25 koe-erän lisäksi mitattiin kaksi koe-erää, mutta nämä jouduttiin hylkäämään. Perusteena tälle oli suuri määräero pölkyjen kappalemäärässä. Yhdessä erässä sahalla mitattiin 13 ja toisessa 8 kappaletta enemmän kuin hakkuukone oli kyseiseen erään tehnyt. Näin ollen ei voitu luotettavasti varmistaa, että muutkaan kyseisten koeerien pölkyistä olisivat olleet eriin kuuluvia ja väärin pölkyjen sotkeutumisen mahdollisuutta ei voitu sulkea pois. Nämä erät päätettiin sulkea aineistosta pois, jotta tutkimuksen luotettavuus säilyisi.

Tutkimukseen osallistui viiden eri yrittäjän hakkuukoneet, joista 4 oli Ponsseja ja yksi Valmet. Kahdelle yrittäjälle kertyi muita selvästi enemmän koe-erien hakkuuta johtuen lähinnä paremmasta mäntyleimikkojen määrästä. Tarkemmat tiedot ja koe-erien jakautuminen yrittäjien kesken ilmenee taulukosta 1.

TAULUKKO 1. Koe-erien jakautuminen yrittäjien kesken sekä hakkuukoneiden ominaisuustietoja.

Yrittäjä	Hakkuukone	Hakkuupää	Läpimitta, mittaustapa	Erämäärä, kpl	Mittalaitekontrollien määrä
Yrittäjä 1	Ponsse Ergo	H6	Terät	9	6
Yrittäjä 2	Valmet 911.3	Valmet 360.2	Terät	6	3
Yrittäjä 3	Ponsse Ergo 8w	H7	Terät	5	3
Yrittäjä 4	Ponsse Ergo	H6	Terät	4	3
Yrittäjä 5	Ponsse Beaver	H6	Rullat	1	1

Mittalaitekontrolleja tein tutkimuksen aikana yhteensä 16 kappaletta, ne jakaantuivat yrittäjien kesken taulukon mukaisesti. Yhtä koe-erää kohti tehtiin siis keskimäärin 0,6 mittalaitekontrollia. Isoin yhdelle mittalaitekontrollille kohdistuva koe-erämäärä oli kaksi kappaletta. Tällaisia kohteita oli yhdeksän kappaletta. Tämän mahdollisti sääolojen tasaisuus sekä se, että kyseiset koe-erät tulivat samalta työmaalta muutaman päivän aikana, jolloin ei nähty tarpeelliseksi tehdä enempää mittalaitekontrolleja. Säätyypin tai leimikon vaihtuessa tein mittalaitekontrollin joka kerta. Mittalaitekontrollien tulosten keskiarvo mäntyukilla on - 1,12 % eli hakkuukone mittasi mäntyukkeja keskimäärin 1,12 % enemmän kuin minä Masser- mittasaksilla. Tulos on sallitun +/- 4 %:n sisällä.

Myös Hankasalmen sahan vastaanotossa seurattiin tukkimittarin mittaustarkkuutta. Kontrollien tulokset männylle aikavälillä 1.11.2012- 31.3.2013 ilmenevät kuviosta 2 ja taulukosta 2. Kuviossa 2 näkyy myös hyvin otantamittausten tulosten hajonta. Tulokset ovat olleet hyviä, sillä suurin osa havainnoista sijoittuu +/- 1 %:n sisälle. Tällä aikavälillä sahan mittakontrollien keskimääräiseksi tulokseksi saatiin 0,2 % eli tukkimittari mittasi mäntyä keskimäärin 0,2 % enemmän kuin mittasakset saivat.

6.2 Hakkuukoneen ja sahan vastaanoton mittaustuloksissa eroja

Keskimääräinen koe-erän koko oli tässä tutkimuksessa hakkuukoneen tulosten mukaan $52,9 \text{ m}^3$ ja sahan mittaustulosten mukaan $52,3 \text{ m}^3$. Yhteensä hakkuukoneen mittaustulosten mukaan sahalle toimitettiin $1374,1 \text{ m}^3$ mäntytukkia ja -pikkutukkia, kun sahan vastaanoton mukaan toimitettu määrä oli $1359,2 \text{ m}^3$ eli $14,9 \text{ m}^3$ vähemmän kuin hakkuukoneen mittaustulos. Prosentteina tämä kokonaistoimitusmäärän ero on $-1,09 \%$.

Myös pölkkyjen kappalemäärässä oli eroja, mutta kokonaisero oli vähäinen. Hakkuukoneen saama kokonaiskappalemäärä oli 5567 ja sahalla mitattiin 5565 pölkkyä eli kaksi kappaletta vähemmän kuin hakkuukoneen mittauksessa.

Taulukosta 3 ilmenee oleelliset tulokset tutkimuksesta tilavuuserojen sekä keski-järeiden tilavuuserojen osalta. Koe-erien mittaustulosten mittaerojen keskiarvoksi tuli $-0,6 \text{ m}^3$ ja $-1,20 \%$ eli sahalla mitattiin kuormaa kohden keskimäärin $0,6 \text{ m}^3$ eli $1,20 \%$ vähemmän mäntytukkia kuin hakkuukone oli mitannut. Pölkkyjen keski-järeyttä tarkasteltaessa mittaero on samansuuntainen ja hyvin lähellä kuutiometripohjaista tarkastelua. Keski-järeudeksi saatiin yhtä koe-erää kohti sahalla keskimäärin $0,004 \text{ m}^3$, mikä on $1,21 \%$ pienempi kuin hakkuukoneen tulos. Tukkien määrä sahalla oli kuormaa kohden keskimäärin $0,1$ kappaletta pienempi kuin hakkuukoneen tulos.

TAULUKKO 3. Aineistosta lasketut keskimääräiset erot hakkuukoneen ja sahan välillä yhtä koekuormaa kohden.

Ero m^3	Ero %	Ero keski-järeys, m^3	Ero keski-järeys, %	Ero tukkien lkm	Tukkien lkm ero, %
-0,6	-1,20	-0,004	-1,21	-0,1	0,02

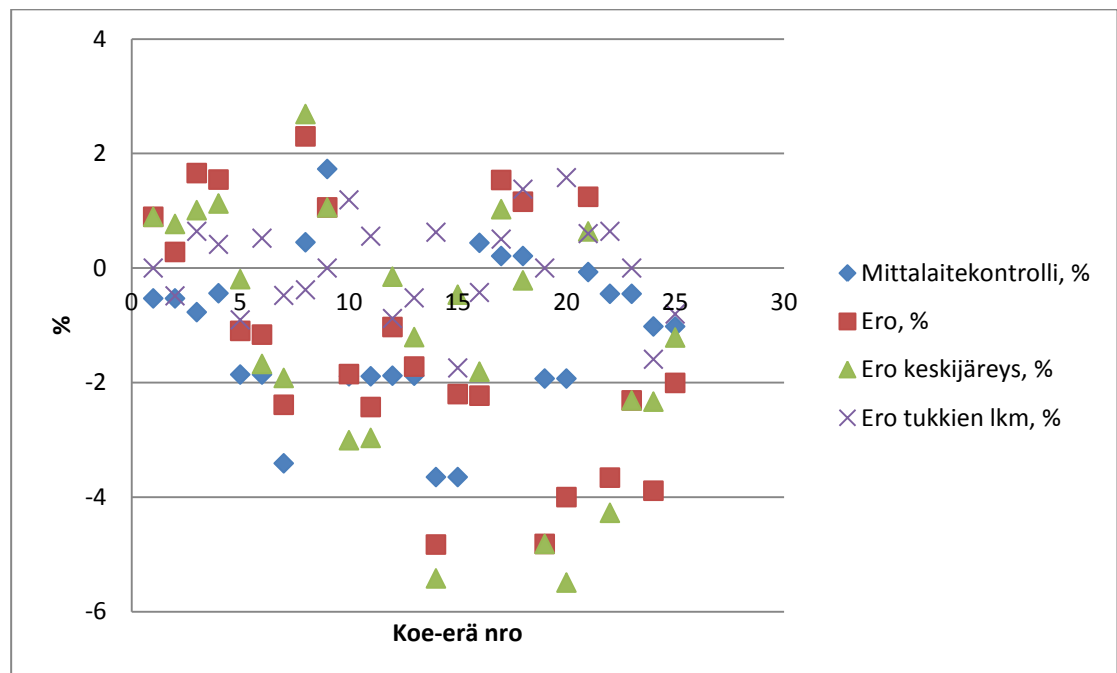
Voidaan myös ajatella, että mittaero on yhtä merkittävä huolimatta siitä, kumpaan suuntaan ero on. Tällöin tuloksia täytyy tarkastella lukujen itseisarvojen kautta. Muutkin prosenttieroit itseisarvoiksi ja laskin niistä keskiarvot. Itseisarvoihin pohjautuvat tulokset löytyvät taulukosta 4. Eroa on siis tälläkin tavalla laskettaessa olemassa ja ero on suurempi kuin normaalilla keskiarvolaskennalla laskettaessa. Tällä tavalla saadaan

hakkuukoneen ja sahan väliseksi eroksi kuutiometrimäärissä 2,13 % ja keskijäreydessä 1,95 %. Tällä tavalla ei kuitenkaan saada tietoa siitä, kumpaan suuntaan olemassa oleva ero on.

TAULUKKO 4. Aineistosta lasketut keskimääräiset erot hakkuukoneen ja sahan välillä käyttäen prosenttilukujen itseisarvoja.

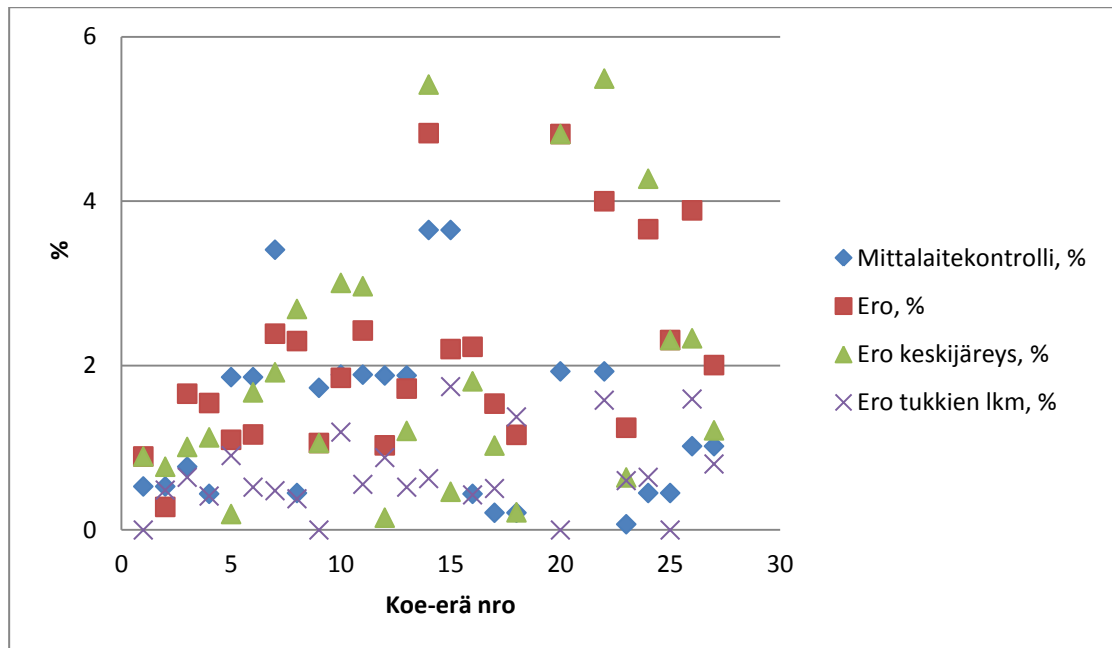
Ero m ³ , %	Ero keskijäreys, %	Tukkien lkm ero, %
2,13	1,95	0,67

Ohessa ovat myös kuviot eri tekijöiden erojen hajonnasta sekä normaalilla laskennalla että itseisarvoihin pohjautuvalla laskutavalla laskettaessa. Koe-erien prosentuaaliset erot näyttävät jakautuvan melko tasaisen muotoisesti kuviossa 3. Tasaisin jakauma on mittalaittekontrollien tuloksilla, kuutiometripohjaisessa prosenttierossa sekä tukkien kappalemäärän erossa. Valtaosa näiden kolmen joukon havainnoista sijoittuu +/- 2 %:n sisälle ja loputkin havainnot ovat +/- 4 %:n sisällä lukuun ottamatta muutamaa havaintoa kuutiometripohjaisten tulosten erossa. Suurin hajonta on keskijäreyden erossa, joskin siinäkin suurin osa havainnoista sijoittuu +/- 2 %:n sisälle.



KUVIO 3. Koe-erien %- erojen hajonta.

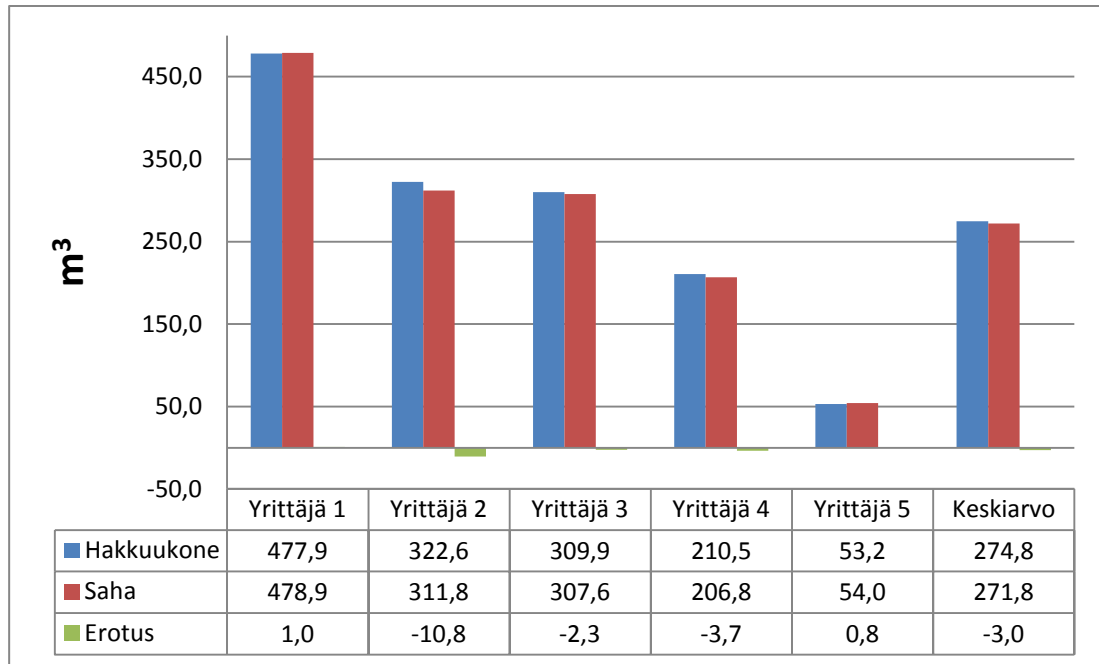
Myös kuvion 4 prosenttierojen itseisarvoja tarkasteltaessa voidaan todeta, että suurin osa havainnoista sijoittuu ± 2 %:n sisälle. Hajonta on samanlainen kuin kuviossa 2, mutta havainnot ovat samansuuntaisia johtuen itseisarvojen käytöstä. Valtaosa havainnoista on sallitun ± 4 %:n sisällä muutamaa yksittäistä havaintoa lukuun ottamatta.



KUVIO 4. Koe-erien hajonta itseisarvoina.

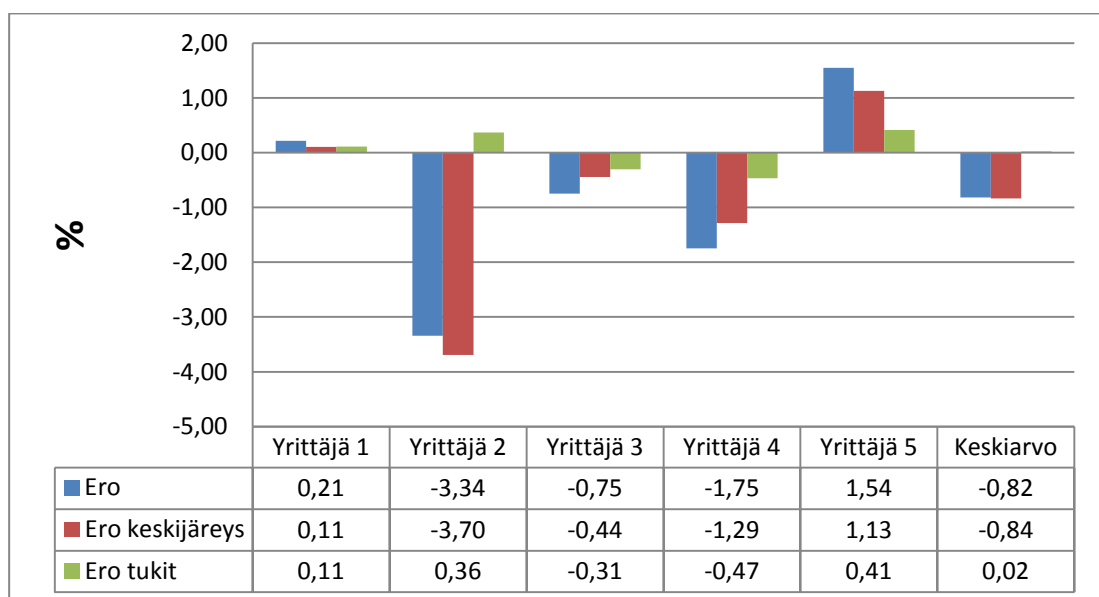
6.3 Yrittäjäkohtaiset tulokset

Toimitusmäärät jakaantuivat eri yrittäjien kesken kuvion 5 mukaisesti. Lukemat ovat suoraan johdannaisia yrittäjien toimittamien koe-erien määrän kanssa. Silmiinpistävimpänä erona joukosta erottuu yrittäjän numero kaksi selvästi muita suurempi määräero sahan ja hakkuukoneen mittaustulosten välillä. Muilla yrittäjillä erot näyttäisivät olevan pienehköt.



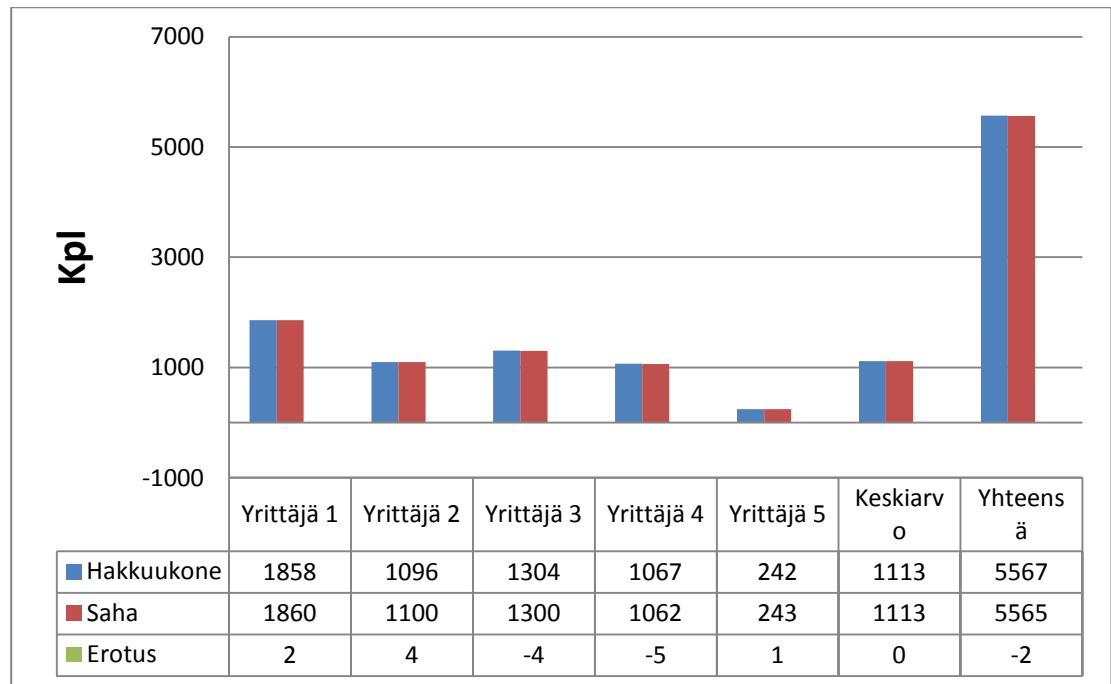
KUVIO 5. Toimitetut kuutiometrimäärät yrittäjäkohtaisesti.

Eri yrittäjien välillä oli havaittavissa eroja toimitettujen kokonaiskuutiometriensä tilavuudesta johdetuissa prosentuaalisissa arvoissa. Kuvio 6 ilmenevät erot ovat samansuuntaiset ja suhteellisesti yhtä suuret kuin kuvion 5 kuutiometrierot. Tälläkin tavalla tarkasteltaessa yrittäjän numero kaksi tulokset nousevat selvästi muiden yrittäjien tulosten ulkopuolelle. Kyseisen yrittäjän tulokset ovat kuitenkin sallitun +/- 4 %:n sisällä sekä kuutiometripohjaisesti että keskiarvoa tarkasteltaessa.



KUVIO 6. Yrittäjäkohtainen prosentuaalinen ero toimitettujen kuutiometriensä pohjalta.

Muilla yrittäjillä prosentuaaliset erot pysyvät selkeästi +/- 2 %:n marginaalin sisällä ja yrittäjällä numero yksi ero on hyvin olematon ja lähellä jopa nollaeroa. Kaikkien yrittäjien yhteisiä keskiarvotuloksia tarkasteltaessa prosentuaaliset erot ovat kaiken kaikkiaan vähäiset, sillä tilavuusero kuutiometreissä sekä keskijäreydessä on alle - 1 %:n. Näin ollen kokonaistulokset ovat sallituissa rajoissa.



KUVIO 7. Yrittäjäkohtainen pölkymäärän vertailu.

Kuviosta 7 ilmenee toimitettujen pölkkyjen määrä yrittäjäkohtaisesti sekä pölkkyjen määräero yrittäjien hakkuukoneiden sekä sahan vastaanoton mittaamien pölkkyjen välillä. Yhteismäärän ero on vähäinen, jos jakaa määräeron kaksi kappaletta 25:lle koe-erälle, jolloin saadaan erää kohti olevaksi eroksi 0,08 kappaletta. Pölkkyjen määrien erossa on hankala havaita suuria eroja eri yrittäjien kesken. Ottaen huomioon yrittäjien tekemien pölkkyjen kokonaismäärät, jää prosentuaaliset erot kaikilla hyvin alhaisiksi, vaikkakin eroja on havaittavissa kumpaankin suuntaan.

6.4 Vajaalaadun määrä koe-erissä

Vajaalaadun määrä ei varsinaisesti kuulunut tämän tutkimuksen aiheeseen, mutta aineistosta johdetut vajaalaadun syyt ja niiden osuudet yrittäjien kesken ja kokonaisuudessaan antavat mielenkiintoista lisätietoa tutkimuksesta. Joskin vajaalaadun määriä ja

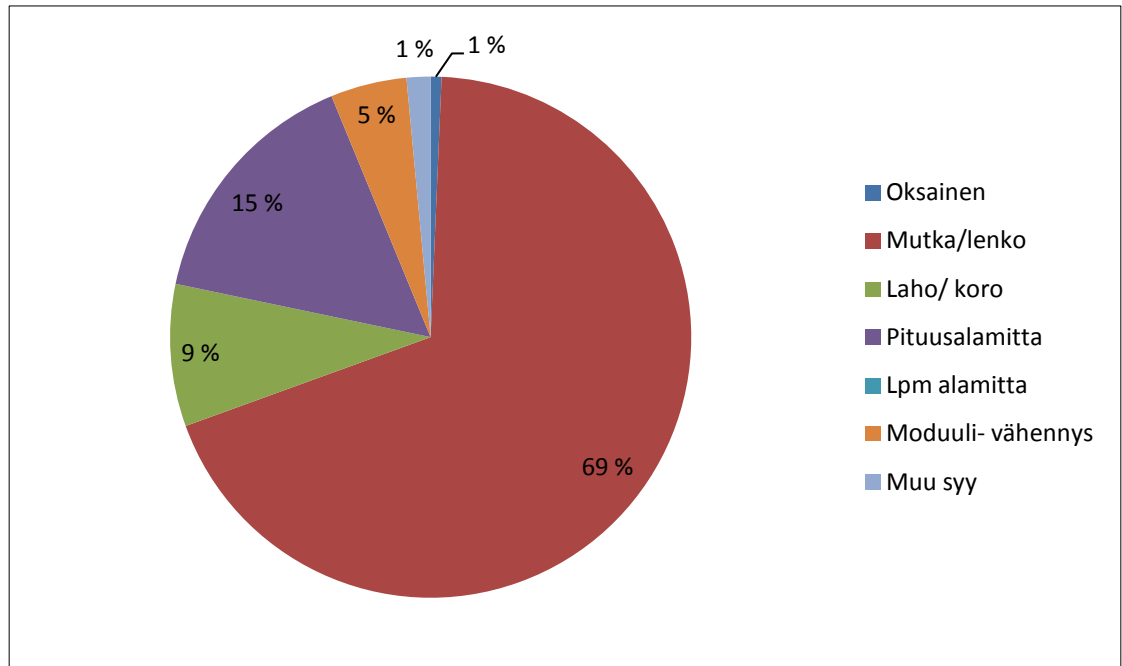
prosentuaalisia osuuksia tarkasteltaessa tulee muistaa, että kuormatraktorikuljettajia ohjeistettiin olemaan poistamatta vajaalaatuisia pölkkyjä koe-eristä. Tämä tehtiin siksi, että hakkuukoneen pölkkyjen määrä vastaisi mahdollisimman hyvin sahalla mitattujen pölkkyjen määrän kanssa.

TAULUKKO 5. Vajaalaadun syyt ja %- osuudet yrittäjäkohtaisesti.

Vajaalaadun syy, m ³	Yrittäjä 1	Yrittäjä 2	Yrittäjä 3	Yrittäjä 4	Yrittäjä 5	Yhteensä/ka
Oksainen	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
Mutka/ lenko	11,9	2,3	4,9	8,6	1,6	29,3
Laho/ koro	2,6	0,2	0,7	0,3	0,0	3,8
Pituusalamitta	1,9	2,8	1,1	0,3	0,6	6,6
Lpm- alamitta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Moduulivähennys	0,4	0,7	0,6	0,2	0,1	2,0
Muu syy	0,0	0,0	0,0	0,4	0,2	0,6
Raakit yhteensä	17,1	6,0	7,3	9,8	2,5	42,7
Toimitetut m ³	478,9	311,8	307,6	206,8	54,0	1359,2
Vajaalaatu, %	3,57	1,92	2,37	4,75	4,55	3,14

Huolimatta siitä, että kuormatraktorin kuljettaja ei raakannut vajaalaatuisia pölkkyjä koe-eristä, vajaalaatuprosentti ei nouse taulukossa 5 keskiarvoltaan hälyttävän korkeaksi. Yrittäjäkohtaisia eroja löytyy tässäkin aineistossa. Korkeimmat vajaalaatuprosentit löytyvät yrittäjiltä numero neljä ja viisi. Yrittäjän numero viisi kohdalla tulee muistaa, että käytössä oli vain yksi koe-erä, jonka pohjalta suuria johtopäätöksiä on vaikea tehdä. Yrittäjällä numero kaksi vajaalaatuprosentti on kaikista alhaisin.

Tämä aineisto antaa tietoa siitä, minkä verran hakkuukoneen kuljettajat tekivät tämän tutkimuksen aikana vajaalaatuista tukkia jo katkontavaiheessa ja millä tavalla vajaalaadun syyt jakaantuvat. Vajaalaadun osuudet eri vajaalaatutekijöiden kesken ilmenevät parhaiten kuviosta 8. Suurimpina vajaalaadun syinä korostuvat selkeästi mutkaisuus ja lenkous sekä pituusalamitta.



KUVIO 8. Vajaalaatutekijöiden osuudet prosentteina.

7 POHDINTA

7.1 Tutkimuksen toteutus ja luotettavuus

Lähtökohtaisesti tällainen tutkimus on haasteellinen toteuttaa, sillä maasto- olosuhteet vaikuttavat merkittävästi lopputulokseen. Mahdolliset lumisateet kesken hakkuun, kaukokuljetuksen ja sahan vastaanoton mittauksen aiheuttavat mahdollisen virhetekijän mittaustuloksissa, vaikkakin sahalla on käytettävissä lumivähennys, jos pölkyt ovat selkeästi lumisia tai niiden pinnalla on selkeä jääkerros. Lisäksi mukana oli monta eri ihmistä ja korjuuyritysten sekä kuljetusyritysten työntekijää, jolloin jokaisen oma harkintakyky vaikuttaa toimintatapoihin, vaikka ohjeistus oli kaikille samanlainen. Aina ei myöskään voinut olla joka paikassa yhtä aikaa, jolloin useimmiten kansakäyminen suoritettiin puhelimen välityksellä.

Olen kuitenkin tyytyväinen lopputulokseen ja siihen kuinka hyvin asiat hoituivat yrittäjien ja hankintaesimiesten kanssa. Aineiston keruuvaiheessa ei suurempia ongelmia esiintynyt ja korjuuyrittäjien positiivinen asenne työhön auttoi tutkimuksen toteuttamisessa. Tutkimuksen aikana tapahtui käytännössä vain kaksi isompaa häiriötä. Yhdellä työmaalla oli hakkuukoneella tehty kaksi koe-erää erilleen, mutta pölkyt sekoit-

tuivat keskenään metsäkuljetuksessa. Tilanne ratkaistiin ajamalla ne sahalle yhtenä isompana koe-eränä. Toinen virhe tapahtui myös metsäkuljetusvaiheessa, jolloin yksi erä jäi käyttökelvottomaksi pölkkyjen sekoituessa leimikon muihin pölkkyihin. Onneksi hakkuukone oli vielä kyseisellä työmaalla ja sai tehtyä uuden koe-erän menetetyin tilalle. Näiden lisäksi kaksi koe-erää jouduttiin hylkäämään tulosten tarkistusvaiheessa, koska ei voitu varmistaa kyseisten erien tulosten luotettavuutta.

Tutkimuksen alussa vaikutti, ettei koe-eriä saada hankittua riittävää määrää, jotta saataisiin aikaan luotettava aineisto. Tähän vaikutti mäntyleimikoiden tilapäinen vähäisyys sekä se, että alkutalvesta korjuu keskittyi harvennusleimikoille. Tutkimuksen aikana olikin hiljaisempaa marras-joulukuussa, mutta tammi-helmikuun aikana koe-erätilanne piristyi huomattavasti.

Lopputuloksena aineisto saatiin riittävän kokoiseksi, jotta sen pohjalta voidaan tehdä perusteltuja johtopäätöksiä. Lisäksi aineisto on laadultaan tasainen ja selkeä. Koeerien keruu toteutettiin säännönmukaisesti ja mahdollisimman samoilla menetelmillä eri työkohteilla. Tutkimuksen luotettavuutta tukee myös aineistoon kuuluvien pölkkyjen kappalemäärän ero eri mittausastapojen välillä. Ero on kaksi kappaletta, joten voidaan perustellusti väittää, että koe-eriä varten hakkuukoneella tehdyt pölkkyt ovat säilyneet samoina myös sahan vastaanottoon asti. Näin ollen tuloksia voidaan pitää luotettavana.

7.2 Mittauserojen merkitys

Harvestia toimittaa vuosittain Vapo Timberin Hankasalmen sahalle noin 330 000 m³ havutukkia, josta männyn osuus on noin 60 %. Eli mäntyä Harvestia toimittaa noin 200 000 m³. Jos laskee kuormakohtaisen kuutiometrien prosenttieron perusteella, niin sahalla mitataan vuositasona 2 400 m³ vähemmän mäntytukkia ja -pikkutukkia kuin Harvestian korjuuyrittäjien hakkuukoneet mittaavat. Jos käyttää pölkkyjen keskijäreyden prosenttiero, tilavuusero kasvaa vain 20 kuutiometrillä 2 420 m³:n. Voi myös tarkastella tutkimuksen kokonaistoimitusmäärän eroa, jolloin ero on pienempi, 2 180 m³.

Tutkimuksen tuloksena saatiin hakkuukoneen ja sahan vastaanoton mittaustulosten eroksi - 1,20 % tarkasteltaessa kuutiometrimääriä ja keskijäreiden osalta eroksi saatiin - 1,21 %. Mittalaiteteknollien keskimääräinen tulos oli - 1,12 eli hakkuukone mittasi 1,12 % enemmän kuin Masser- saksat. Mittalaiteteknollin tulosta ajatellen hakkuukoneen ja sahan välinen todellinen mittaero siis pienenee, jos ajattelee hakkuukoneen mittaavan todellista määrää enemmän puuta. Tällä tavalla oletettuna kuutiometrieroksi hakkuukoneen ja sahan tukkimittarin välillä saadaan - 0,08 prosenttiyksikköä ja keskijäreiden eroksi - 0,09 prosenttiyksikköä. Eli pyöristettynä tukkimittari mittasi 0,1 prosenttiyksikköä vähemmän mäntyä kuin hakkuukone.

Näin ollen tuloksia voidaan myös verrata ristiin ottamalla huomioon hakkuukoneen mittalaiteteknollien keskimääräisen tuloksen sekä sahan tukkimittarin mittaeron hakkuukoneeseen verrattuna. Taulukossa 6 on laskettu hakkuukoneen ja sahan tukkimittarin saamat tulokset käyttäen 200 000 m³:n toimitusmäärää ja tutkimuksessa saatuja keskimääräisiä prosenttiarvoja. Eli on oletettu, että hakkuukoneen saadessa mäntyäkin määräksi 200 000 m³, on todellinen määrä mittalaiteteknollin tuloksen verran pienempi eli 197 760 m³. Sahan mittaamat todelliset kuutiometrit on saatu vähentämällä 200 000 m³:stä tutkimuksen tulosten mukainen 1,20 %.

Jos laskelmissa ottaa huomioon hakkuukoneelle tehtyjen mittalaiteteknollien keskimääräisen tuloksen - 1,12 % sekä tukkimittarin ja hakkuukoneen mittaeron - 1,20 % ja vertaa niitä keskenään ristiin, jää todelliseksi mittaeroksi näiden kahden mittaustavan välillä vain 0,08 %. Tällä 0,08 %:n erolla saadaan 200 000 m³:n toimitusmäärässä hakkuukoneen ja tukkimittarin väliseksi mittaeroksi vain 160 m³, millä ei näin suurissa toimitusmäärissä ole merkitystä (taulukko 6).

TAULUKKO 6. Laskelma mittaeroista.

Hakkuukone, m ³	Saha, m ³	Ero, m ³	Ero, %
197760	197600	-160	-0,08

Tämän tutkimuksen pohjalta voidaan siis luotettavasti perustella näiden kahden mittaustavan olevan hyvin lähellä toisiaan mittaustuloksia tarkasteltaessa. Jos sekä hakkuukoneelle että tukkimittarille tehdään säännöllisesti mittalaiteteknolleja, varmistetaan, ettei näiden kahden mittaustavan välinen prosentuaalinen ero pääse kasvamaan liian

suureksi. Näin voidaan varmistaa sekä yrittäjien ja puunhankintayhtiöiden että sahalaitosten kannalta oikeudenmukainen puutavaranmittaus ja mittaustuloksiin perustuva rahaliikenne. Mittaustulokset ovat siis luotettavia, kunhan kaikki osapuolet pitävät omat mittalaitteensa kunnossa ja seuraavat niiden toimivuutta.

Tällä tutkimuksella ei saada vastausta kysymykseen, vaihtelee hakkuukoneen ja sahan tukkimittarin väliset mittaerot eri rungonosista tehdyillä pölkyillä. Voisi olettaa, että mittausero olisi suurempi tyvipölkyillä kuin muilla pölkyillä johtuen tyvifunktion käytöstä. Myöskään mittauseroja eri vuodenaikoina ei tällä tutkimuksella voida osoittaa. Keväällä ja alkukesästä kuoren irtoamisen aikaan mahdollisten mittaerojen voisi olettaa olevan suurempia kuin sellaiseen aikaan, jolloin kuori pysyy rungon karsintavaiheessa kiinni puussa.

Tämän tutkimuksen tulokset koskevat mittaeroja vain mäntytukkien osalta ja kuuselle olisi tehtävä vastaava tutkimus, jos haluaa saada selville eroavatko mittaerot männyn ja kuusen välillä vai ovatko ne samansuuntaiset ja -suuruiset. Jotta kaikki mahdolliset tekijät voitaisiin huomioida, tulisi järjestää pitkäkestoinen tutkimus vuoden ympäri, jossa selvitettäisiin mittaerojen vaihtelu eri vuodenaikoina.

7.3 Tulevaisuus

Tässä tutkimuksessa saadut tulokset ovat lain mukaan sallituissa rajoissa, mutta tilauseroja kannattaa jatkossakin tarkkailla. Siitä on hyötyä sekä tilaajalle että toimittajalle nykyisessä kustannuspaineisessa toiminnassa. Mitä tulevaisuus sitten tuo tarkkuusvaatimusten osalta tullessaan? Voisi kuvitella, että teknologian avulla tarkkuusvaatimusta voitaisiin tiukentaa esimerkiksi +/- 2 %:n. Sen pitäisi olla mahdollista ihan jo senkin vuoksi, että hakkuukoneiden mittaustarkkuutta ja -tuloksia seurataan entistä aktiivisemmin.

Mahdolliset uudet hakkuupään mittausominaisuudetkin ovat olleet jo ainakin puheasteella metsäväen keskuudessa. Esimerkiksi röntgentekniikkaan perustuva mittaustapa, jossa pölkyt laadutettaisiin jo apteerausvaiheessa, on ollut satunnaisesti esillä. Isoin ongelma uusissa mittaustavoissa on niiden toimivuus maasto-olosuhteissa. Suomen pakkastalvet asettavat edelleen omat haasteensa teknisille laitteille. Eikä korjuuyrittä-

jillä ole varaa työkatkoksiin teknisten ongelmien vuoksi, vaan he odottavat toimintavarmuutta käyttämiltään laitteilta. Hakkuukoneet ovat kuitenkin tulevaisuudessakin pääasiallinen työväline metsien käsittelyssä. Liian vaikeita ja toimimattomia ratkaisuja on turha etsiä.

LÄHTEET

Hakkuukonemittaus 2012. WWW-dokumentti.

<http://www.metla.fi/metinfo/tietopaketit/mittaus/hakkuukonemittaus-liite1.htm>.

Päivitetty 1.11.2010. Luettu 4.2.2013.

Hakkuukonemittaus uudistuu 2006. PDF-dokumentti.

http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Tuloskalvosarja/Tuloskalvosarja_2006_17.pdf. Ei päivitystietoa. Luettu 4.2.2013.

Hietala V., Hjelm L., Hänninen E., Marjomaa J., Säteri L., Vitikainen E. 1997. Puutavaran tehdasmittaus. Metsätehon opas. Helsinki: Painovalmiste Ky.

Kiviniemi, Matti 2006. Puukauppa. Hämeenlinna: Paino Karisto Oy.

Kyllä allakka tietää: puutavaran mittaus. 2012. Puumies 1, 36.

Lait ja säädökset 2012. WWW-dokumentti.

<http://www.metla.fi/metinfo/tietopaketit/mittaus/mittauslait.htm>. Päivitetty 29.10.2012. Luettu 2.1.2012.

Leppävuori, Henrik 2013. Vierailu Vapo Timber Hankasalmi 15.2.2013. Raakapuun vastaanotto ja mittaus. Vapo Oy.

Maa- ja metsätalousministeriö 2006. Asetus nro 15/06, dnro 926/01/2006. PDF-dokumentti.

<http://www.finlex.fi/data/normit/25677-06015fil.pdf>. Ei päivitystietoja. Luettu 21.1.2013.

Puutavaran mittaus 2012. WWW-dokumentti.

<http://www.metla.fi/metinfo/tietopaketit/mittaus/>. Päivitetty 23.11.2012. Luettu 2.1.2013.

Puutavaranmittauslaki 22.2.1991/364. WWW-dokumentti

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1991/19910364>. Ei päivitystietoa. Luettu 5.12.2012.

Puutavaranmittauslain uudistaminen 2013. WWW-dokumentti.

http://www.mmm.fi/fi/index/etusivu/metsat/hankkeet_tyoryhmat/puutavaranmittauslaki.html. Päivitetty 10.1.2013. Luettu 19.3.2013

Puutavaran mittausmenetelmien osuudet yksityismetsien hankintakaupoissa 2011. PDF-dokumentti.

http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Tuloskalvosarja/Tuloskalvosarja_2012_07a_Puutavaran_mittausmenetelmien_osuudet_2011_tm.pdf. Ei päivitystietoja. Luettu 4.2.2013.

Sipi, Marketa 2009. Puuraaka- aineen mittaus, Mittausmenetelmät ja niiden perusteet. Helsinki: Yliopistopaino.

Uusitalo Jori 2003. Metsäteknologian perusteet. Hämeenlinna: Karisto Oy.

Valvontamittaus ja virallinen mittaus 2012. WWW-dokumentti.

<http://www.metla.fi/metinfo/tietopaketit/mittaus/valvonta-virallinen-mittaus.htm>. Päivitetty 1.10.2012. Luettu 5.12.20

Valokuvat tekijän.

LIITTEET

LIITE 1. Ohjeistus hankintaesimiehille.

Tiedoksianto/ ohjeistus hankintaesimiehille

25.10.2012

Tämä ohjeistus koskee Aleksin Minkkisen opinnäytetyön tekemistä. Opinnäytteessä tutkitaan mäntytukin osalta mittaeroja hakkuukoneiden ja Vapon Hankasalmen sahan mittatulosten välillä. Työ toteutetaan vertailemalla tukkien keskikokoa. Käytännön työ toteutetaan marraskuussa 2012 ja alkuvuodesta 2013.

Työn toteutus käytännössä:

- toimitukset Simpasan Teemun, Tiaisen Aarnen ja Lahikaisen Vesan alueelta.
- pyritään ottamaan kontrollierät päätehakkuilta ja lisäksi harvennuksilta, jos päätehakkuita ei tarjolla
- tarvitaan noin 30 kontrollierää/kuormaa tukkeja – ajatuksena on, että jokaisen leimikon alusta hakataan yksi tukkuorma, n.53 m³ erilleen(omalla värimerkillä), jotka ajetaan omaan pinoon ja edelleen tehdasmittaan. Tästä erästä otetaan oma motolista vertailua varten.
- ajomies ei raakkaa tästä koe-erästä yhtään tukkia
- Aleksi käy tekemässä jokaisen leimikon osalta mittalaitekontrollin hakkuukoneelle, jotta eliminoidaan pois mahdollinen koneen mittavirhe
- Aleksi sopii hankintaesimiesten kanssa sopivat leimikot ja hoitaa hakkuuyrittäjien ohjeistuksen. Ilmoittaa lisäksi kuljetusesimiehelle, miltä kaupoilta kontrollierät otetaan

Hankintaesimiehen rooli

- valitsee työhön sopivat leimikot yhteistyössä Aleksin kanssa eli käytännössä Aleksin ottaa yhteyttä ja sovitaan aikataulujen mukaan sopivat kohteet. Tärkeitä tietoja luonnollisesti ovat milloin hakkuu alkaa, leimikon koko ja sijainti
- ohjeistaa myös osaltaan yrittäjiä, Aleksin pitää pääsääntöisesti itse huolta yrittäjien ohjeistuksesta

Lisätietoja: Aleksin Minkkinen

e-mail: aleksi.minkkinen@mail.mamk.fi/ 0504922458

LIITE 2. Ohjeistus korjuuyrittäjille.**Ohjeistus korjuuyrittäjille**

25.10.2012

Aleksi Minkkinen tekee Harvestialle opinnäytteen. Aiheena on tutkia mahdollisia mittaeroja mäntytukin osalta hakkuukonemitan ja Hankasalmen sahamitan välillä. Työ toteutetaan marraskuussa 2012 ja alkuvuodesta 2013. Hakkuukoneen ja kuormatraktorin kuljettajien rooli työn onnistumisessa on merkittävä.

Ohjeet työtä varten:

- Aleksi ottaa jokaisen koeleimikon alussa yhteyttä yrittäjiin ja varmistaa työn sujumisen ohjeiden mukaan
- Aleksi tekee jokaisella koeleimikolla mittalaitekontrollin, jotta moton mittavirhe eliminoidaan pois, mittalaitekontrollierän suuruus noin 30 pölkkyä
- koeleimikoilta hakataan alussa yksi rekkakuorma mäntytukkia (sisältää pikkutukin) eli noin 53 m3 erilleen (merkitään omalla värimerkillä). Tämä kuorma toimii vertailueränä. On äärimmäisen tärkeää, että nämä kyseiset tukit pysyvät muista erillään eivätkä sotkeudu työmaan muihin pölkkyihin.
- tästä erästä otetaan oma tuloste/motolista sahamittauksen vertailua varten. Mittalista toimitetaan Aleksille
- nämä kyseiset tukit ajetaan **omaan pinoon**, tukit menevät tehdasmittaan, joten pinoon laitetaan tehdasmittalappu ja lisätekstiksi ”kontrollierä”
- TÄRKEÄÄ ON, ETTÄ JUURI OIKEAT TUKIT AJETAAN OIKEAAN PINOON, EIKÄ PÖLKKYJÄ HÄVIÄ/ SIIRRY MUIHIN TAVARALAJEIHIN**
- AJOMIES EI RAAKKA TÄSTÄ KOE-ERÄSTÄ YHTÄÄN TUKKIA!** Lopputyömaalla toimitaan, kuten on normaalisti ohjeistettu
- mikäli ohjeistuksessa on epäselvyyksiä tai tulee muuta kysyttävää ottakaa rohkeasti yhteyttä Aleksiin, niin selvitetään asiat yhdessä

Yhteystiedot:

Aleksi Minkkinen

aleksi.minkkinen@mail.mamk.fi/ 050 4922 458

LIITE 3. Koe-erätaulukko.

Koe-erä nro	Yrittäjä	Kontrolli pvm	Hakkuu pvm	kaukokuljetus pvm	Mittalaitte kontrolli, %	Moto, m3	Saha, m3	Ero, m3	Ero, %	Ero % itseis- arvo	Moto keski- järeys	Saha keski- järeys	Ero m3 keski- järeys	Ero % keski- järeys	Ero % keski- järeys itseisarvo	Tukkien lkm moto	Tukkien lkm saha	Ero tukkien lkm	Ero tukit, %	Ero tukit % itseis- arvo
1	Yrittäjä 1	31.10.2012	31.10.2012	2.11.2012	-0,53	52,6	53,1	0,5	0,89	0,89	0,263	0,266	0,002	0,89	0,89	200	200	0	0,00	0,00
2	Yrittäjä 1	31.10.2012	31.10.2012	5.11.2012	-0,53	53,1	53,2	0,1	0,28	0,28	0,258	0,260	0,002	0,77	0,77	206	205	-1	-0,49	0,49
3	Yrittäjä 1	7.11.2012	7.11.2012	20.11.2012	-0,77	52,2	53,0	0,9	1,66	1,66	0,334	0,338	0,003	1,01	1,01	156	157	1	0,64	0,64
4	Yrittäjä 5	26.11.2012	26.11.2012	29.11.2012	-0,44	53,2	54,0	0,8	1,54	1,54	0,220	0,222	0,002	1,13	1,13	242	243	1	0,41	0,41
5	Yrittäjä 1	27.11.2012	27.11.2012	28.11.2012	-1,86	53,5	52,9	-0,6	-1,10	1,10	0,242	0,242	0,000	-0,19	0,19	221	219	-2	-0,90	0,90
6	Yrittäjä 1	27.11.2012	27.11.2012	29.11.2012	-1,86	53,2	52,6	-0,6	-1,16	1,16	0,277	0,273	-0,005	-1,67	1,67	192	193	1	0,52	0,52
7	Yrittäjä 1	29.11.2012	29.11.2012	3.12.2012	-3,41	52,9	51,6	-1,3	-2,39	2,39	0,253	0,248	-0,005	-1,92	1,92	209	208	-1	-0,48	0,48
8	Yrittäjä 3	28.11.2012	28.11.2012	7.1.2013	0,45	98,7	101,0	2,3	2,30	2,30	0,188	0,193	0,005	2,69	2,69	526	524	-2	-0,38	0,38
9	Yrittäjä 1	22.1.2013	22.1.2013	30.1.2013	1,73	53,1	53,7	0,6	1,06	1,06	0,206	0,208	0,002	1,06	1,06	258	258	0	0,00	0,00
10	Yrittäjä 2	22.1.2013	22.1.2013	4.2.2013	-1,89	53,3	52,3	-1,0	-1,85	1,85	0,317	0,308	-0,010	-3,01	3,01	168	170	2	1,19	1,19
11	Yrittäjä 2	22.1.2013	22.1.2013	31.1.2013	-1,89	55,5	54,2	-1,3	-2,43	2,43	0,308	0,299	-0,009	-2,97	2,97	180	181	1	0,56	0,56
12	Yrittäjä 3	24.1.2013	24.1.2013	6.2.2013	-1,88	54,2	53,6	-0,6	-1,03	1,03	0,239	0,238	0,000	-0,15	0,15	227	225	-2	-0,88	0,88
13	Yrittäjä 3	24.1.2013	24.1.2013	6.2.2013	-1,88	51,3	50,4	-0,9	-1,72	1,72	0,267	0,264	-0,003	-1,21	1,21	192	191	-1	-0,52	0,52
14	Yrittäjä 2	31.1.2013	31.1.2013	12.2.2013	-3,65	52,5	50,0	-2,5	-4,83	4,83	0,328	0,310	-0,018	-5,42	5,42	160	161	1	0,63	0,63
15	Yrittäjä 2	31.1.2013	31.1.2013	12.2.2013	-3,65	54,1	52,9	-1,2	-2,20	2,20	0,315	0,313	-0,001	-0,47	0,47	172	169	-3	-1,74	1,74
16	Yrittäjä 4	6.2.2013	6.2.2013	11.2.2013	0,44	54,8	53,6	-1,2	-2,23	2,23	0,234	0,230	-0,004	-1,81	1,81	234	233	-1	-0,43	0,43
17	Yrittäjä 1	14.2.2013	13.2.2013	15.2.2013	0,21	53,7	54,5	0,8	1,54	1,54	0,271	0,274	0,003	1,03	1,03	198	199	1	0,51	0,51
18	Yrittäjä 1	14.2.2013	13.2.2013	15.2.2013	0,21	53,6	54,2	0,6	1,16	1,16	0,246	0,245	-0,001	-0,22	0,22	218	221	3	1,38	1,38
19	Yrittäjä 2	21.2.2013	21.2.2013	19.3.2013	-1,93	53,8	51,2	-2,6	-4,82	4,82	0,238	0,227	-0,011	-4,82	4,82	226	226	0	0,00	0,00
20	Yrittäjä 2	21.2.2013	25.2.2013	20.3.2013	-1,93	53,4	51,3	-2,1	-4,00	4,00	0,281	0,266	-0,015	-5,49	5,49	190	193	3	1,58	1,58
21	Yrittäjä 4	9.3.2013	9.3.2013	22.3.2013	-0,07	51,0	51,7	0,6	1,24	1,24	0,153	0,154	0,001	0,64	0,64	333	335	2	0,60	0,60
22	Yrittäjä 3	11.3.2013	11.3.2013	25.3.2013	-0,45	51,9	50,0	-1,9	-3,66	3,66	0,333	0,319	-0,014	-4,27	4,27	156	157	1	0,64	0,64
23	Yrittäjä 3	11.3.2013	11.3.2013	25.3.2013	-0,45	53,8	52,6	-1,2	-2,31	2,31	0,265	0,259	-0,006	-2,31	2,31	203	203	0	0,00	0,00
24	Yrittäjä 4	12.3.2013	12.3.2013	22.3.2013	-1,02	52,9	50,9	-2,1	-3,89	3,89	0,211	0,206	-0,005	-2,33	2,33	251	247	-4	-1,59	1,59
25	Yrittäjä 4	12.3.2013	12.3.2013	22.3.2013	-1,02	51,7	50,7	-1,0	-2,01	2,01	0,208	0,205	-0,003	-1,21	1,21	249	247	-2	-0,80	0,80
KESKIARVO					-1,12	52,9	52,3	-0,6	-1,20	2,13	0,258	0,255	-0,004	-1,21	1,95	214	214	-0,1	0,02	0,67