

Sami Luomahaara

Trestima energiapuun mittauksessa

Trestima-sovelluksen käyttö energiapuun mittauksessa. Käyttö ja soveltu-
vuus.

Opinnäytetyö

Kevät 2017

SeAMK Elintarvike ja maatalous

Metsätalousinsinööri (AMK)



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Elintarvike ja maatalous

Tutkinto-ohjelma: Metsätalouden koulutusohjelma

Tekijä: Sami Luomahaara

Työn nimi: Trestima energiapuun mittauksessa

Ohjaaja: Juho Lahti

Vuosi: 2017

Sivumäärä: 35

Liitteiden lukumäärä: 0

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin energiapuun mittaamista Trestima- stack sovelluksella. Trestima on ohjelma, joka on kehitetty monipuoliseen metsänmittaukseen. Trestima-stack on kehitetty erikseen pinomittausta varten. Toimintaperiaate on, että sovelluksen avulla otetaan älypuhelimella kuva puupinosta. Syötetään tarvittavat tiedot kyseisestä kohteesta ja lähetetään aineisto pilvipalveluun. Pilvipalvelussa lasketaan tulokset ja ne lähetetään takaisin. Tämän jälkeen niitä voi tarkastella Trestiman verkkosivuilla.

Opinnäytetyössä testattiin Trestiman soveltuvuutta juuri energiapuun mittaukseen, sen haastavuuden vuoksi. Aineistoksi työhön kuvattiin 17 eri energiapuupinoa, jotka olivat varastoituna erilaisiin oloihin ja paikkoihin. Kaikki pinot olivat karsittua rankaa. Mukaan mahtui niin hyviä asiallisesti ladottuja kuin sekalaisia epämääräistäkin tavaraa sisältäviä pinoja.

Vertailun vuoksi mittaukset tehtiin myös manuaalisesti. Alkuperäinen mittaustulos oli monitoimikoneelta. Saatuja mittoja verrattiin aina motomittaan. Saatujen mittaustulosten eroja vertailtiin excelissä tehdyillä laskelmilla ja saatiin näin konkreettista tietoa tuloksista.

Tulosten perusteella pinon koolla, pinon korkeudella tai keskiläpimitalla ei ole vaikutusta mittaustuloksiin.

Tutkimuksen mukaan Trestima-stack on käyttökelpoinen työkalu ainakin karsitun rangan mittaukseen normaaleissa oloissa. Pienin parannuksin pitäisi toimia myös erikoisemmissa kohteissa.

Avainsanat: Trestima, pinomittaus, älypuhelin, energiapuu, karsittu ranka, motomittaus.

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Food and Agriculture

Degree programme: Forestry

Author/s: Sami Luomahaara

Title of thesis: Trestima in measuring of energywood

Supervisor(s): Juho Lahti

Year: 2017

Number of pages:35

Number of appendices:0

This thesis explored the Trestima Stack application for the measuring of energy wood stacks. Trestima is an application which has been developed for measuring forests and Trestima stack is intended for measuring wood stacks.

Trestima Stack is an application which is installed on your smartphone. The principle is to take a picture of the stack with your smartphone. Then you set the relevant information of the stack into the program. Finally you send the gathered information to a cloud service. In the cloud service they check the results and send them back after a while. After the results are sent back, you can review them on the Trestimas website.

This thesis was made specifically to test if Trestima is a proper tool for measuring energy wood. The material in the thesis was 17 different energy wood stacks. The stacks were stored in different places and conditions. All the stacks were pruned wood.

The gathered results were compared with the original results gathered during logging. According the study, Trestimas results were very similar to the results obtained from the harvester. Problems with the stack do not affect the results too much. Features beneath the stack can be problem, such as rocks under the stack or the lumber being in a ditch, this may affect the results a bit.

According to the study Trestima is a useful tool for measuring energy wood. Especially for pruned wood stacks in normal conditions. After a few improvements it should work also in more challenging conditions.

Keywords: Trestima, stack, smartphone, cloud service, pruned wood, energywood

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo.....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	7
1 JOHDANTO.....	8
2 TUTKIMUKSEN TAUSTA.....	9
2.1 Energiapuun mittausta koskevat ohjeet ja käytännöt.....	9
2.2 Trestima stack- pinomittausohjelman toimintaperiaate.....	10
3 AINEISTO JA MENETELMÄT.....	15
3.1 Aineiston keräämisen valmistelu.....	15
3.2 Aineiston kerääminen.....	15
3.2.1 Pinomittaus.....	16
3.2.2 Mittaus Trestimalla.....	19
3.3 Tulosten dokumentointi.....	21
4 TULOKSET.....	22
4.1 Tulosten pohdinta.....	28
5 PÄÄTELMIÄ.....	33
LÄHTEET.....	35

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Trestima määrityskeppi pinossa.	10
Kuva 2. Symboli vasemmassa yläkulmassa.	11
Kuva 3. Pinon ulkokehän merkintä.....	11
Kuva 4. Määrityskepin päiden merkintä.	12
Kuva 5. Puutavaran pituuden syöttö.	12
Kuva 6. Pinon tietojen syöttö ja manuaalinen muuntokerroin.	13
Kuva 7. Pitkän pinon mittaus.....	14
Kuva 8. Kallionkieli ja karsittua rankaa.....	16
Kuva 9. Energiapuun läpimitat (Energiapuun mittausopas 2014).	16
Kuva 10. Energiapuun pituus (Energiapuun mittausopas 2014).	17
Kuva 11. Karsinta (Energiapuun mittausopas 2014).....	17
Kuva 12. Mutkaisuus (Energiapuun mittausopas 2014).....	18
Kuva 13. Ladonta (Energiapuun mittausopas 2014).	18
Kuva 14. Kangaslampi ja ongelmallinen kuvauskohde.	20
Kuva 15. Kovelahdentie.	29
Kuva 16. Yksi kasa Kuustenlatvalta.	30
Kuva 17. Konttivalkama.	31
Kuva 18. Tukipuut Pirttikylässä.	31
Kuva 19. Rekineva ja pino ojanpenkalla.	32

Kuvio 1. Pinomittauksen ja motomittauksen eron riippuvuus pinon kokonaistilavuudesta.....	23
Kuvio 2. Trestimamittauksen ja motomittauksen eron riippuvuus pinon kokonaistilavuudesta.....	24
Kuvio 3. Pinomittauksen ja motomittauksen erojen riippuvuus pinon korkeudesta.	25
Kuvio 4. Motomittauksen ja Trestimamittauksen eron riippuvuus pinon korkeudesta.	26
Kuvio 5. Motomittauksen ja pinomittauksen eron riippuvuus puun keskiläpimitasta.	27
Kuvio 6. Motomittauksen ja Trestimamittauksen eron riippuvuus puun läpimitasta.	27
Taulukko 1. Mittaustulokset.	22

Käytetyt termit ja lyhenteet

Energiapuu	Energiapuu on puupolttoainetta, joka on valmistettu suoraan puuraaka-aineesta mekaanisella prosessilla, ja jota ei ole aikaisemmin käytetty muuhun tarkoitukseen. (Metla. Energiapuun mittausopas. 2014)
Motomittaus	Puutavaran kaadon yhteydessä monitoimikoneen suorittama mittaus.
Pinomittaus	Puutavaran ollessa varastopaikalla suoritettava mittaus.
LPM	Laki puutavaran mittauksesta.

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä testattiin Trestima-sovelluksen käyttöä energiapuun mittauksessa. Energiapuun mittaus poikkeaa ainespuun mittauksesta, sillä usein energiaksi menevä puuainees voi olla melko heikkolaatuista. Käytännössä tämä tarkoittaa mutkia, oksaisuutta ja mahdollisesti roskaa. Usein myös energia ajetaan tien varteen tavallaan muun metsäkuljetuksen ohessa ja kasojen tekoon ei ehkä kiinnitetä niin huomiota. Toisaalta kasojen heikkolaatuisuuteen on varmasti usein syynä myös se, ettei paikallaan haketettavan kasan tarvitse olla niin tarkkaan ladottu kuin puutavara-autoon sovitettava.

Useasti energiapuun ostajat tahtovat käyttää jotain muuta mittausmenetelmää kuin motomittausta lopullisen energiamäärän selvittämiseksi. Perinteinen pinomittaus on hyvin yleinen, mutta melko kankea käytäntö. Perinteisen pinomittauksen virhemahdollisuus on myös se, että se ainakin jossain määrin perustuu mittaajan omaan arvioon.

Trestiman alkuperäinen käyttötarkoitus on paremminkin keskittynyt metsän ja pinta-alojen mittaamiseen. Trestima Stack- pinomittausominaisuus on tullut mukaan myöhemmin ja on itse asiassa varsin tuore asia. Trestima itsessään on ollut jo useamman vuoden ammattikäytössä metsänmittauspuolella. Ainespuun mittauksesta Trestimalla on jo aikaisemmin tehty opinnäytetyö (Pihlajaviita 2017). Aikaisemmassa opinnäytetyössä on esitelty Trestima juurta jaksain, joten tässä työssä esitellään sovellus vain lyhyesti ja keskitytään nimenomaisesti energiapuun mittaukseen Trestimalla.

Opinnäytetyötä varten mitattiin 17 kohdetta. Suurin osa kohteista oli yksittäisiä kasoja, mutta parissa mitattu erä koostui useammasta kasasta. Kohteet sijaittivat Jämijärveltä Ylöjärvelle ulottuvalla akselilla, kaikki hakkuut oli suoritettu kuluneena talvena.

Kaikki mitatut kohteet olivat karsittua rankaa. Alun perin oli tarkoitus myös mitata kokopuukasoja, mutta koko seutukunnalta ei löydetty kuin pari kokopuukasaa ja nekin olivat isäntätyönä tehtyä hankintaa, josta ei vertailukohdaksi tarvittavia motomittaustuloksia ollut.

2 TUTKIMUKSEN TAUSTA

2.1 Energiapuun mittausta koskevat ohjeet ja käytännöt

Energiapuun mittauksesta on oma lakinsa, ja mittaus poikkeaa jossain määrin ai-nespuun mittauksesta.

Energiapuulla tarkoitetaan puupolttoainetta, joka on valmistettu suoraan puuraaka-aineesta mekaanisella prosessilla, ja jota ei ole aikaisemmin käytetty muuhun tar-koitukseen. Energiapuuhun sisältyvät kokopuu, ranka, latvusmassa ja kannot sekä näistä valmistetut metsähake ja murske (Metla, Puutavaran mittausopas 2014).

Energiapuun mittaus kuuluu lain piiriin aina, mikäli seuraavat ehdot täyttyvät:

1. Mikäli energiapuu on LPM:n tarkoittamaa jalostamatonta puuraaka-ainetta, jo-hon kuuluu ranka, latvusmassa, kokopuu, kannot ja näistä tehdyt hake ja murske.
2. Mikäli mitataan painoa tai kappalemäärää.
3. Mikäli kyseessä on ns. perusmittaus, jota käytetään luovutusmittauksessa tai palkan tai urakointimaksun perusteena. (Metsäntutkimuslaitos 2014.)

Laki velvoittaa urakoitsijoita huolehtimaan mittalaitteidensa kunnosta ja tarkkuu-desta. Mittalaitteiden kuntoa valvotaan yrittäjän lähettämien tarkastuspöytäkirjojen avulla.

Nykyinen energiapuunmittauslaki on tullut voimaan vuoden 2014 alusta. Siihen asti oli sovellettu alan keskeisten toimijoiden ja edunvalvojien välistä sopimusta, joka laadittiin 2008. Aiemmin energiapuun mittaus ei siis ollut edes lain piirissä.

Energiapuun mittauksessa käytetään suureina ja mittayksiköinä kiintotilavuutta (m^3) tai kehystilavuutta (m^3) ja tuorepainoa (kg) tai kuivapainoa (kg).

2.2 Trestima stack- pinomittausohjelman toimintaperiaate

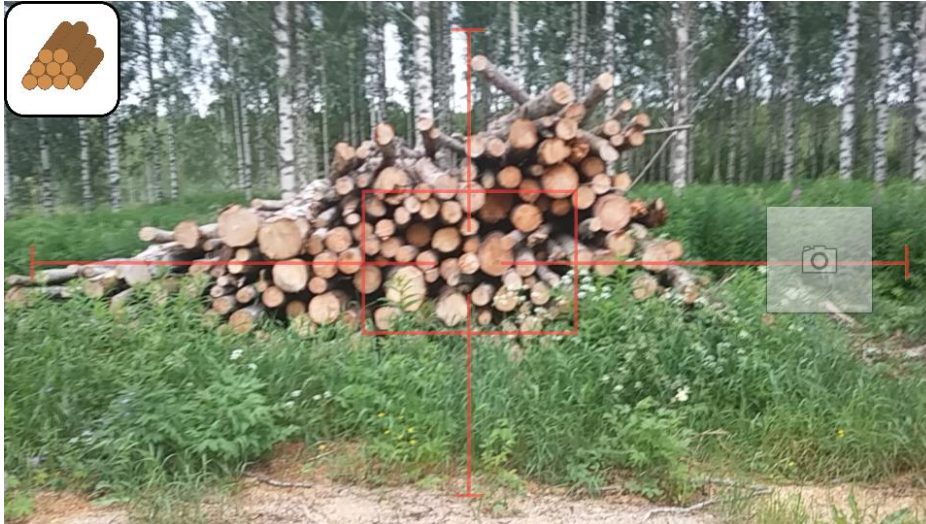
Trestima Stack- pinomittaus sovellus toimii älypuhelimella tai tabletilla. Sovellus vaatii kunnolla toimiakseen suhteellisen laadukkaan puhelimen. Lähinnä kameran täytyy olla melko terävä, muuten sovellus itsessään ei tuntunut raskaalta käyttää.

Mittaus tapahtuu yksinkertaisuudessaan ottamalla kuva mitattavasta pinosta, määrittämällä pinolle laskennallinen tiheyskerroin ja lähettämällä tulos pilvipalveluun, jossa se tarkastetaan. Periaatteessa Trestimaa käyttäessä voisi tulevaisuudessa pinomitalle lähteä pelkkä älypuhelin taskussa, mutta tällä hetkellä täytyy ottaa vielä mukaan mittakeppi jonka perusteella ohjelma määrittää kasan mittasuhteet (Kuva 1.).



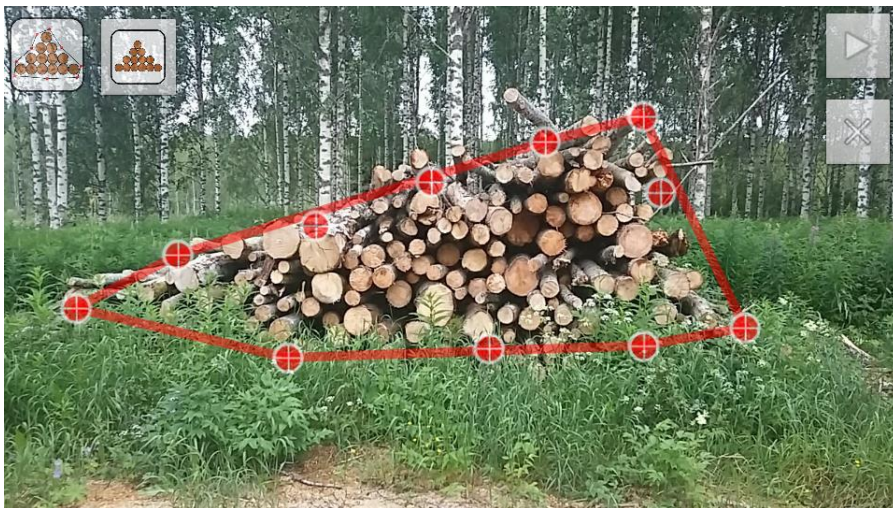
Kuva 1. Trestima määrityskeppi pinossa.

Kuvaa ottaessa sijoitetaan määrityskeppi mahdollisimman keskelle kuvattavaa aluetta. Periaatteessa kepin olisi hyvä mahtua näytöllä näkyvän neliön sisään (Kuva 2.), ohjelma kuitenkin sallii melko paljon heittoa. Kun ohjelma on mielestään valmis kuvan ottoon, ilmestyy näytön kulmaan symboli sen merkiksi. Kuvan oton jälkeen käyttäjä hyväksyy sen ja siirtyy seuraavaan vaiheeseen.



Kuva 2. Symboli vasemmassa yläkulmassa.

Seuraavassa vaiheessa merkitään pinon ulkorajat, ojat tai muut näköesteet huomioiden (Kuva 3.). Trestima saattaa oikoa määritettyä ulkorajaa hieman, jos se kokee jonkin käyttäjän tekemän mutkan tarpeettomaksi.



Kuva 3. Pinon ulkokehän merkintä.

Seuraavassa vaiheessa merkitään näytöltä määrityskepin päät. Kuvassa 4 ei ole keppiä, mutta vihreät merkit laitetaan kepin päiden kohdalle.



Kuva 4. Määrityskepin päiden merkintä.

Seuraavaksi ohjelmalle syötetään puutavaran keskipituus (Kuva 5.).



Kuva 5. Puutavaran pituuden syöttö.

Viimeiseksi annetaan ohjelmalle tieto, onko kasa lehtipuuta vai havupuuta ja syötetään manuaalinen muuntokerroin (Kuva 6.).

lehtipuu, 5 m, 0.42			kuva	lähetä
laji	pinon pituus	kuorivähennyskerroin	manuaalinen CF	
lehtipuu	4.8 m	0.91	0.39	
havupuu	4.9 m	0.92	0.4	
	5 m	0.93	0.41	
	5.1 m	0.94	0.42	
	5.2 m	0.95	0.43	
	5.3 m	0.96	0.44	
pino: koe	16.2 m ³ / 16.2 m ³		generic	

Kuva 6. Pinon tietojen syöttö ja manuaalinen muuntokerroin.

Muuntokerroin on energiapuun mittauksessa huomattavan tärkeässä roolissa, sillä kasat eivät yleensä edusta vain yhtä puulajia. Lisäksi energiapuuksi myyty puu on usein mutkaista tai paksuoksaista, jolloin kasat saattavat olla melko sekavia.

Pienemmän pinon kuvaaminen Trestimalla on oikeastaan varsin nopea ja helppo työ. Isomman pinon kohdalla työ ei sinänsä ole sen monimutkaisempaa, mutta pino täytyy kuvata useammalla kuvalla. Tällöin tulee pinoon merkitä kohta, johon edellinen kuva päättyy ja seuraava alkaa (Kuva 7). Tässä työssä käytettiin taiteltavaa puista mittakeppiä, mutta periaatteessa, jos työkseen Trestimalla mitataan, on mukana oltava erikseen jokin merkintäväline.



Kuva 7. Pitkän pinon mittaaminen.

Kuvan 7 tapauksessa on jouduttu ottamaan kolme kuvaa yhdestä pinosta. Kuvassa on keskimäinen otos, jossa on puinen mittakeppi oikeassa ja mittanauha vasemmalla laidassa merkkinä. Haasteita kuvaukseen aiheuttaa lähinnä, jos pinoja on molemmin puolin tietä ja kuvattava kasa on korkea. Tällaisessa tapauksessa tarvitaan jo hieman akrobatiaa, jotta saa pinon mahtumaan kuvausalueelle. Jossakin tilanteissa esimerkiksi hyvin kapean metsätien varressa, jos on pinoja molemmin puolin, eikä metsän puoleltakaan ole mahdollista kuvata, joudutaan mittausta tekemään perinteisenä pinomittauksena.

3 AINEISTO JA MENETELMÄT

3.1 Aineiston keräämisen valmistelu

Aineisto tehtävää varten kerättiin lähinnä Pirkanmaan ja Satakunnan alueelta. Aineiston kerääminen aloitettiin maaliskuun 2017 loppupuolella, mutta kuvaaminen päästiin aloittamaan huhti-toukokuun taitteessa. Aineiston keräämistä hankaloitti alueella ostetun energiapuun vähäisyys sekä kohteista tarvitut motomittaustulokset. Aluksi oli tarkoitus kuvata sekä kokopuun että karsitun rangan kasoja. Hyvin nopeasti kävi ilmi, että kokopuukasat ovat siinä määrin harvinaisia, ettei niitä kannata metsästä. Työssä päädyttiin siis laatimaan aineisto karsitusta rangasta.

Kasoja tiedusteltiin alueella vaikuttavilta suuremmilta toimijoilta. Melko vähäisesti karsittua rankaakin oli maakunnassa tarjolla, ja jonkin verran oli myös tyhjiä laaneja vastassa kun kohteelle päädyttiin.

Kaikki näytteet on kerätty anonyymisti hakkuutiedot luovuttaneiden tahojen kanssa sovituksen mukaan. Näytteistä ei kerrota, kuka ne omistaa tai on tehnyt. Näytteet on nimetty muilla perustein siten, ettei yksityisyyttä loukata.

3.2 Aineiston kerääminen

Ensimmäinen energiapuukasa kuvattiin 9.4.2017. Samaisena päivänä tuli vastaan myös pino, joka näytti heti, miksi energiapuun mittausta kannattaa tarkastella omana osanaan. Pinossa oli lähes kaikki mittaukselta haittaavat tekijät. Pinossa oli lenkoa puuta, läpimitta oli noin kahdesta sentistä kahteenkymmeneen senttiin, ladonta oli sekavaa ja pinossa oli suuri määrä hakoa (Kuva 8.).



Kuva 8. Kallionkieli ja karsittua rankaa.

3.2.1 Pinomittaus

Itse aineiston keruu pinolla alkoi pinon mittaamisella perinteisellä pinomittauksella. Ensimmäiseksi arvioitiin puutavaran keskiläpimitta ja mitattiin sen keskipituus, joita tarvittiin kiintotilavuusprosentin määrittämisessä (Kuvat 9. ja 10)

Taulukko 15. Puutavarapölkkyjen läpimitan keskiarvon vaikutus kiintotilavuusprosenttiin prosenttiyksiköinä. Läpimitan määrittämisessä käytetään 2 cm:n tasaavaa luokitusta.

Läpimitta, cm	Havupuu	Lehtipuu
	Kiintotilavuusprosentin muutos, prosenttiyksikköä	
9 ja alle	-3	-3
11	0	0
13	2	2
15	3	4
17	4	6
19	4	7
21	5	8
23	5	8
25 ja yli	6	9

Kuva 9. Energiapuun läpimitat (Energiapuun mittausopas 2014).

Taulukko 14. Keskimääräiset kiintotilavuusprosentit		
Puutavaran pituus, m	Havupuu	Lehtipuu
	Keskimääräinen kiintotilavuusprosentti, %	
2,00–2,50	66	57
2,51–3,50	63	54
3,51–4,50	61	52
4,51–5,50	60	50
5,51–6,00	59	49

Kuva 10. Energiapuun pituus (Energiapuun mittausopas 2014).

Tämä siksi, että kerroin pystyttiin laskemaan valmiiksi molempia mittauksia varten. Kertoimen laskentaa varten määriteltiin myös karsinta, mutkaisuus ja ladonta (Kuvat 11, 12 ja 13.).

Taulukko 16. Puutavarapölkkyjen karsinnan ja oksaisuuden vaikutus kiintotilavuusprosenttiin prosenttiyksiköinä.			
Luokka	Luokan kuvaus	Havupuu	Lehtipuu
		Kiintotilavuusprosentin muutos, prosenttiyksikköä	
1	ei oksantynkiä eikä oksakyhmyjä	2	1
2	joitakin lyhyitä oksantynkiä ja vähäisiä oksakyhmyjä	0	0
3	oksantynkiä ja oksakyhmyjä siellä täällä	-2	-1
4	runsaasti oksantynkiä ja oksakyhmyjä	-4	-2

Kuva 11. Karsinta (Energiapuun mittausopas 2014).

Taulukko 17. Puutavarapölkkyjen mutkaisuuden vaikutus kiintotilavuusprosenttiin prosenttiyksiköinä.			
Luokka	Luokan kuvaus	Havupuu	Lehtipuu
		Kiintotilavuusprosentin muutos, prosenttiyksikköä	
1	pölkkyt ovat suoria	1	2
2	pölkkyt edustavat puulajin keskimääräistä luontaista mutkaisuutta	0	0
3	pölkkyt ovat mutkaisia ja pinossa on pölkkyjen mutkaisuudesta aiheutuva reikäisyttä	-1	-2
4	pölkkyt ovat suurimmaksi osaksi erittäin mutkaisia		-4
5	käytännöllisesti katsoen kaikki pölkkyt ovat erittäin mutkaisia		-6

Kuva 12. Mutkaisuus (Energiapuun mittausopas 2014).

Taulukko 18. Puutavarapölkkyjen ladonnan vaikutus kiintotilavuusprosenttiin prosenttiyksiköinä.			
Luokka	Luokan kuvaus	Havupuu	Lehtipuu
		Kiintotilavuusprosentin muutos, prosenttiyksikköä	
1	pölkkyt ovat tiiviisti lomittain	2	1
2	pölkkyjä on jonkin verran ristikkäin ja niiden välissä on ladonnasta aiheutuneita rakoja	0	0
3	monet pölkkyt ovat ristikkäin ja pölkkyjen välissä on isoja ladonnasta aiheutuneita rakoja	-2	-1
4	pölkkyjä on erittäin runsaasti ristikkäin ja pinossa on isoja ladonnasta aiheutuneita aukkoja	-4	-3

Kuva 13. Ladonta (Energiapuun mittausopas 2014).

Näiden kaavioiden perusteella saatiin määriteltyä lopullinen tiheyskerroin, jota käytettiin todellisten kuutioiden laskentaan. Energiapuulla pituuden perusteella tuleva kerroin on yleensä roimasti liian korkea. Joissakin lehtipuukasoissa saattaa tulla täydet vähennykset prosenteissa, eikä kerroin ole siltikään tarpeeksi matala todellisen tuloksen saavuttamiseksi. Tiheyskerroin on siis aina jossain mielessä mittajan arvio, ja siten siinä piilee virhemahdollisuus.

Varsinaisessa pinomitassa mitattiin pinon pituus ja korkeus etupuolelta ja ne kerrottiin toisillansa. Tämän jälkeen tulos kerrottiin puutavaran keskipituudella. Lopuksi kerrottiin saatu tulos aiemmin määritellyllä kertoimella ja saatiin näin ollen pinon tilavuus. Pituuden määrittäminen on melko helppoa, sillä sen vaihtelu ei ole järin

suurta, koska moto tekee aina sille määriteltyjä pituuksia. Lämpimitan määrittäminen sen sijaan on energiapuulla melkoinen taiteenlaji, koska valmiiksi määriteltyä läpimittaa ei ole. Silmänvaraista arviota mittauksella varmistaen saatiin kuitenkin riittävän hyvin todellista läpimittaa lähellä oleva tulos jokaiselle kohteelle.

3.2.2 Mittaus Trestimalla

Pinomittauksen jälkeen suoritettiin mittaus Trestimalla. Trestimamittaus tapahtuu oikeastaan aivan samassa järjestyksessä. Mikäli pino on tehty ojaan tai muun näköesteen taakse, täytyy varmistaa näkösuojassa olevan puun määrä, jotta pinon rajat pystytään määrittelemään oikein.

Kuvan 14 kuvauskohteessa on lähes kaikki mahdollinen kuvaamista haittaava. Pino on toisesta päästä ojapuiden päällä, samassa päässä on keskellä pinoa kivi, jonka vuoksi aluspuita on vielä maanpinnan yläpuolella. Toinen pää kasasta on jyrkällä ojanpenkalla ja metsän puolella ojanpenkan takana on aluspuita. Pino on kapean vilkkaasti liikennöidyn kylätien varressa ja kuvaus täytyy suorittaa vastapuolelta metsästä. Suoraan vastaan paistava aurinko vaikeutti kuvaamista, koska se täytyi tehdä käytännössä sokkona.



Kuva 14.Kangaslampi ja ongelmallinen kuvauskohde.

Seuraavaksi pino kuvataan kännykällä, ohjelman käyttöä helpottaa suuresti, kun käyttää puhelinta siihen tarkoitetulla tikulla sormin painelun sijaan. Trestima- määrittyskeppi asetetaan keskeiselle paikalle pinoa, jotta se näkyy kokonaan puhelimen näytöllä. Haetaan hyvä kuvauspaikka, kasan tulee näkyä kokonaan ruudulla, eikä välissä saisi olla näreitä tai muuta joka häiritsee kameraa. Näkymä pinolle tulee olla mahdollisimman suoraan edestä, etteivät pinon sivut näy kuvassa. Periaatteessa pinon sivujen näkymisen ei pitäisi haitata, koska käyttäjä määrittää pinon rajat. Työssä pyrittiin minimoimaan häiriötekijät kuvauksessa, koska ohjelma saattoi joskus muuttaa esimerkiksi useamman puun päiden ryppään yhdeksi suureksi vääristäen näin keskiläpimittaa. Mielenkiintoinen asia oli, että Trestima saattoi antaa varsin erilaisen keskiläpimitan, mitä käyttäjä itse oli määritellyt, mutta laskelman tulos oli kuitenkin sama.

Mikäli pino on iso, otetaan niin monta kuvaa kuin on tarpeen. Kuvaajan tulee olla tarkkana kuvien katkoskohdilla varsinkin, jos niitä on useita. Kuvien rajaaminen hyvin erottuvaan merkkikeppiin tai lankaan kannattaa pinonosien kaksinkertaisen kuvaamisen välttämiseksi.

Pinon kuvaamisen jälkeen syötettiin ohjelmalle jo aiemmin määritellyt kertoimet ja puun pituudet ja tiedot lähetettiin pilvipalveluun. Sen jälkeen kun mittaus on lähetetty pilveen, kannattaa odottaa rauhassa hetki ennen kuin dokumentoi tuloksia mihinkään. Ohjelma antaa nimittäin heti kuvauksen jälkeen mittauksen tulokset,

mutta pilvipalveluun lähettämisen jälkeen ne vielä tarkastetaan. Todellinen tulos päivittyy ohjelmaan yhteyksistä riippuen vasta jonkin ajan kuluttua, ja ero ensimmäiseen lukemaan voi olla suurikin.

3.3 Tulosten dokumentointi

Mittausten jälkeen tiedot koottiin paperille tarkoitusta varten laadittuun taulukkoon. Taulukossa oli molemmille mittauksille omat kohtansa kuten myös verrokkina käytetylle motomittaukselle. Taulukossa oli sarakkeet erikseen kaikille muuttujille, ja lisätiedot kohtaan kirjattiin huomioita mittauspaikalta, jotka vaikuttavat tuloksiin.

Paperilta tulokset siirrettiin Excel-tilukkolaskentaohjelmaan, jossa suoritettiin lopulliset laskelmat saatujen tulosten perusteella. Excelissä vertailtiin tuloksissa saatujen erojen säännöllisyyttä, jotta saataisiin selville, onko jollain tietyllä osa-alueella erityistä virhelähdettä tai onko jollain pinon ominaisuudella selvää vaikutusta tulokseen.

4 TULOKSET

Mitatut tiedot kerättiin Excel -taulukkoon, johon laskettiin erikseen erotukset motomittauksen ja pinomittauksen sekä motomittauksen ja Trestimamittauksen välillä. Erotukset muutettiin prosentuaalisiksi, jotta pystyttiin laskemaan korrelaatiot. Korrelaatiot laskemalla pystyttiin vertailemaan eri tekijöiden vaikutusta mittaustulosten eroihin, jotka osoittautuivat lopulta melko pieniksi (Taulukko 1).

Pinon	Puutavaran pituus	Motomitta m ³	Pinomitta m ³	Erotus	Ero %	Korkeus m	Klpm cm	Trestimamitta m ³	Erotus	Ero%	Kerroin
Levo 1	4,6 m	13,5	14,28	-0,78	-5,778	1,8	13	14,4	-0,9	-6,667	0,46
Kallior	4,25	44,8	45,9	-1,1	-2,455	2,3	11	49,9	-5,1	-11,384	0,46
Riitilä	4,5	53,2	39,92	13,28	24,962	2,2	15	37	16,2	30,451	0,56
Samma	4,8	22,7	22,32	0,38	1,674	2,55	17	21,1	1,6	7,048	0,57
Pirttik	4,6	64,6	64,77	-0,17	-0,263	2,75	17	65,8	-1,2	-1,858	0,64
Kontti	5	15,3	10,8	4,5	29,412	1,8	17	10,5	4,8	31,373	0,6
Pietari	4,6	19	18,74	0,26	1,368	1,7	11	17,2	1,8	9,474	0,47
Myllyk	5	44	45,4	-1,4	-3,182	2,7	18	47,7	-3,7	-8,409	0,48
Rekinä	4,9	13	13,93	-0,93	-7,154	1,1	13	11,3	1,7	13,077	0,47
Vesajä	5	35,4	35	0,4	1,130	2,2	16	32,7	2,7	7,627	0,49
Rekinä	5	9	8,89	0,11	1,222	1,1	14	11,1	-2,1	-23,333	0,49
Kuuste	5	19,3	23,7	-4,4	-22,798	1,7	13	19,4	-0,1	-0,518	0,62
Kuuste	4,3	1,8	1,5	0,3	16,667	0,5	11,5	1,3	0,5	27,778	0,61
Kuuste	4,9	14,7	18,35	-3,65	-24,830	1,6	17	15,5	-0,8	-5,442	0,52
Kuustenlatva yhteensä		35,8	43,55	-7,75	-21,648			36,2	-0,4	-1,117	
Häijää	4,3	21	22,4	-1,4	-6,667	1,6	15	20,2	0,8	3,810	0,5
Majam	4,7	51,6	48,42	3,18	6,163	3,2	12	49,3	2,3	4,457	0,46
Kangas	4,7	25,6	21,6	4	15,625	1,2	12	17	8,6	33,594	0,45
Nisunp	5,3		18,7			2,2	9	21,6			0,4
Nisunp	5,3		5,4			1,35	9	4,8			0,4
Nisunperä yhteensä		23,6	24,14	-0,54	-2,288			26,4	-2,8	-11,864	0,4
Vääräj	3,4	11,2	10,45	0,75	6,696	1,1	10	11,4	-0,2	-1,786	0,62

Taulukko 1. Mittaustulokset.

Jos korrelaatiokerroin on <0,3 riippuvuutta ei ole.

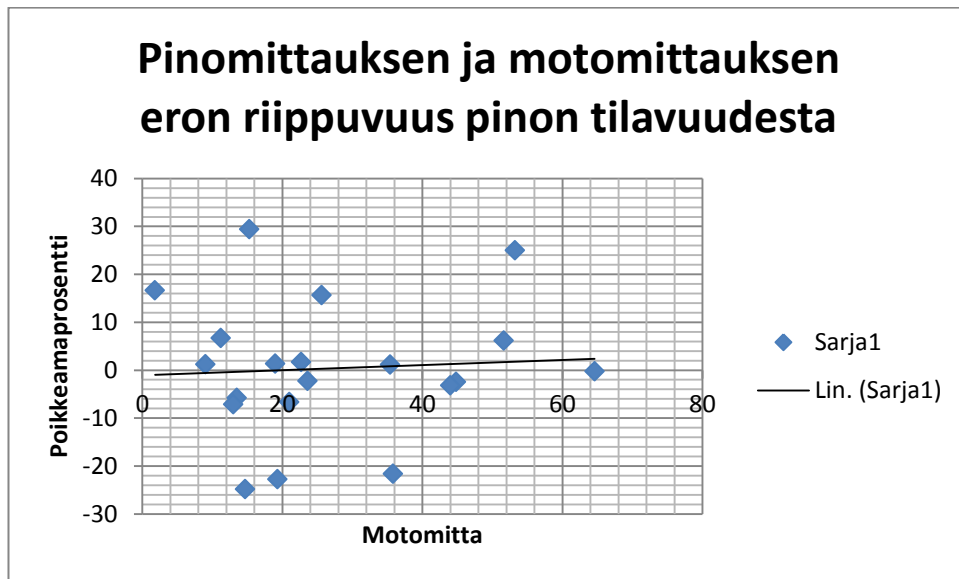
Jos korrelaatiokerroin on 0,3-0,7 on riippuvuus lievä.

Jos korrelaatiokerroin on 0,7-10 on riippuvuus voimakas

Tässä työssä yksikään korrelaatiokerroin ei ollut edes lievä.

Kuvioissa 1-7 on tarkasteltu Trestima- ja pinomittaustuloksen erotuksen riippuvuutta eri tekijöiden suhteen. Taulukoissa pystyivillä on havaittu poikkeamaprosentti.

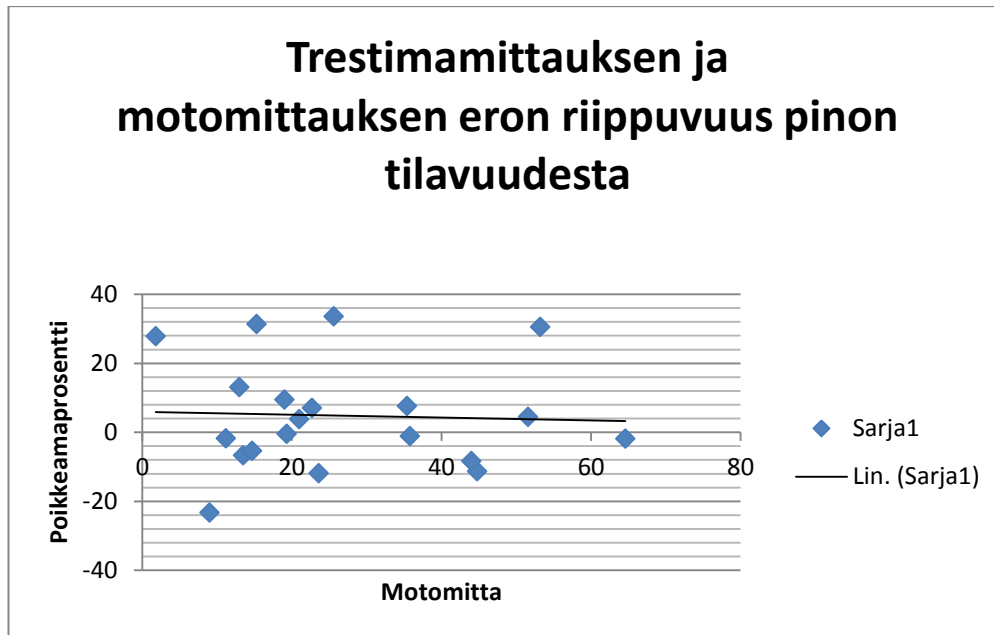
Vaakarivillä on motomittauksen mukainen tilavuus. Sininen pisteparvi kuvaa tehtyjä yksittäisiä mittauksia.



Kuvio 1. Pinomittauksen ja motomittauksen eron riippuvuus pinon kokonaistilavuudesta.

Laskelman korrelaatiokerroin: 0,063

Pinomittauksen ja motomittauksen eroja tarkastellessa tuli ilmi, että vaikka oletuksena on, että pinon koon kasvaessa erot suurenisivat, onkin tilanne päinvastainen. Alle kahdenkymmenen kuution pinoissa erot näyttäisivät olevan suurimmillaan. Kun mennään yli 60 m³ luokkaan, on ero minimaalinen.

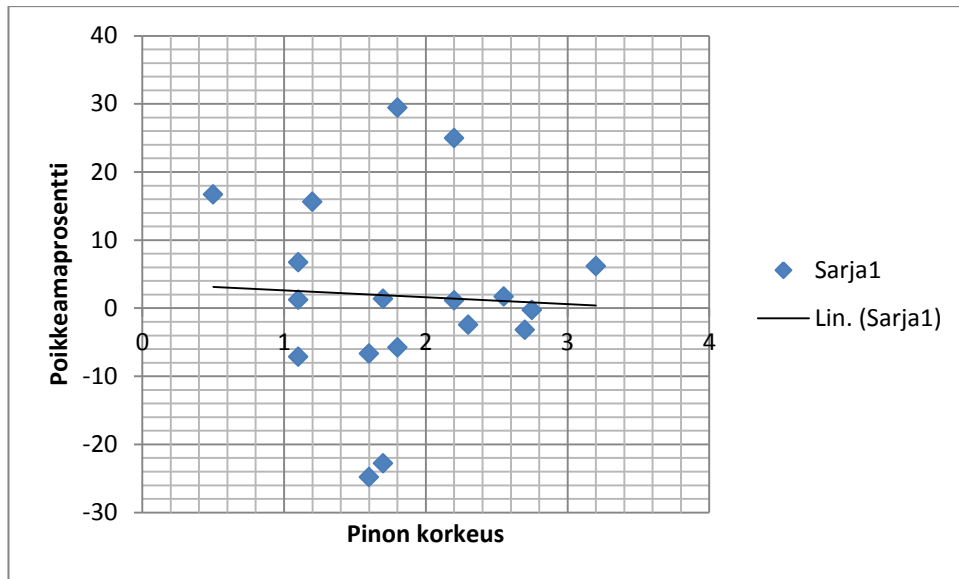


Kuvio 2. Trestimamittauksen ja motomittauksen eron riippuvuus pinon kokonaistilavuudesta.

Laskelman korrelaatiokerroin: -0,04

Trestimamittauksen ja motomittauksen eron kanssa on sama tilanne kuin pinomittauksessakin, eli jo muutenkin pieni ero pienenee pinojen suurentuessa. Molemmissa taulukoissa pisteparven käytös on samantapainen eli hajonta pienillä kasoilla on aavistuksen suurempaa, mutta pieniä kasoja myös oli suurin osa mitatuista.

Tulosten mukaan siis pinon koolla ei käytännössä ole vaikutusta virheen suuruuteen. Tältä osin tulos on yhtenevä Pihlajaviidan (2017) ainespuun mittauksesta saamien tulosten kanssa.

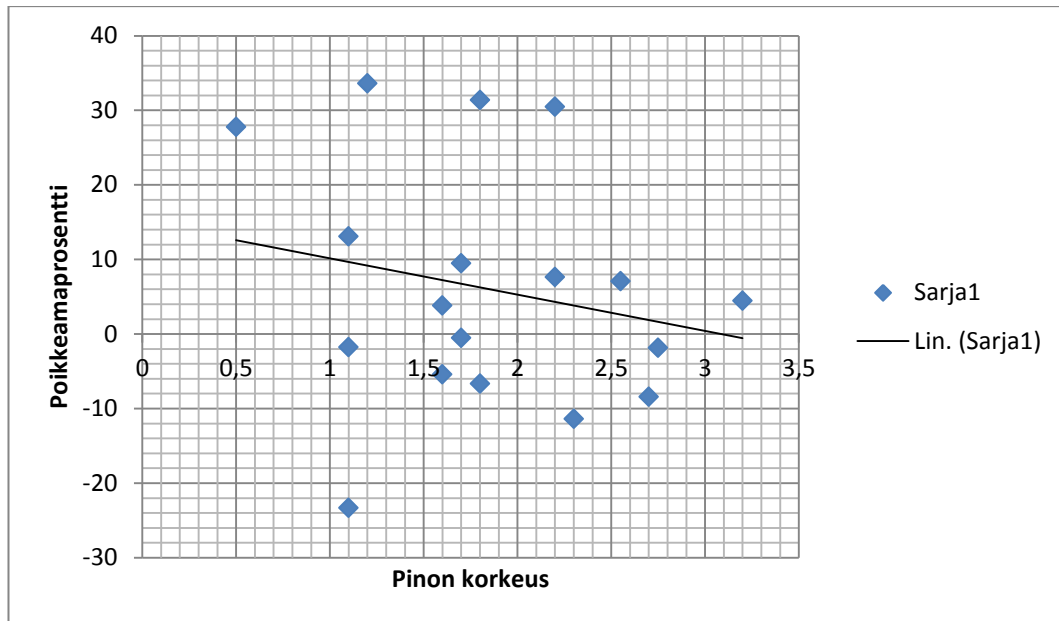


Kuvio 3. Pinomittauksen ja motomittauksen erojen riippuvuus pinon korkeudesta.

Laskelman korrelaatiokerroin: 0,05

Pinomittauksen ja Trestimamittauksen tulosten ero motomittaan nähden ei käytännössä ollut riippuvainen pinon korkeudesta. Korrelaatiokertoimet ovat pieniä, ja tuloksia on pidettävä lähes yhtenevinä.

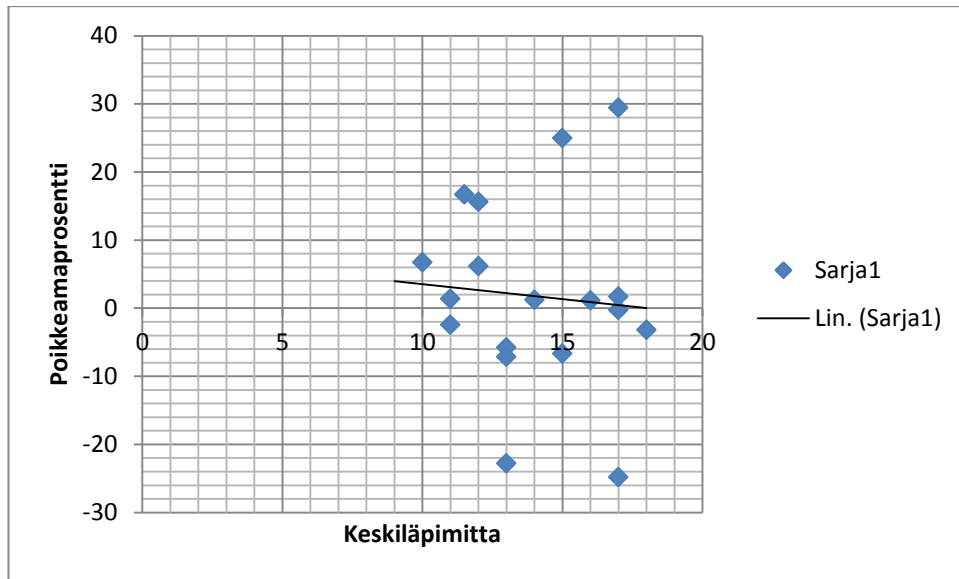
Siinä mielessä tulos on jopa jossain määrin yllättävä, että pinomittauksessa käytettävä keskimääräinen korkeus on kuitenkin jossain määrin aina mittaajan arvio. Korkeamman pinon ajattelisi olevan hankalampi saada mitattua isompien mittasuhteiden vuoksi, mutta tässäkin tapauksessa on niin, että pienempien pinojen mittausvirhe on suurempi.



Kuvio 4. Motomittauksen ja Trestimamittauksen eron riippuvuus pinon korkeudesta.

Laskelman korrelaatiokerroin: -0,21

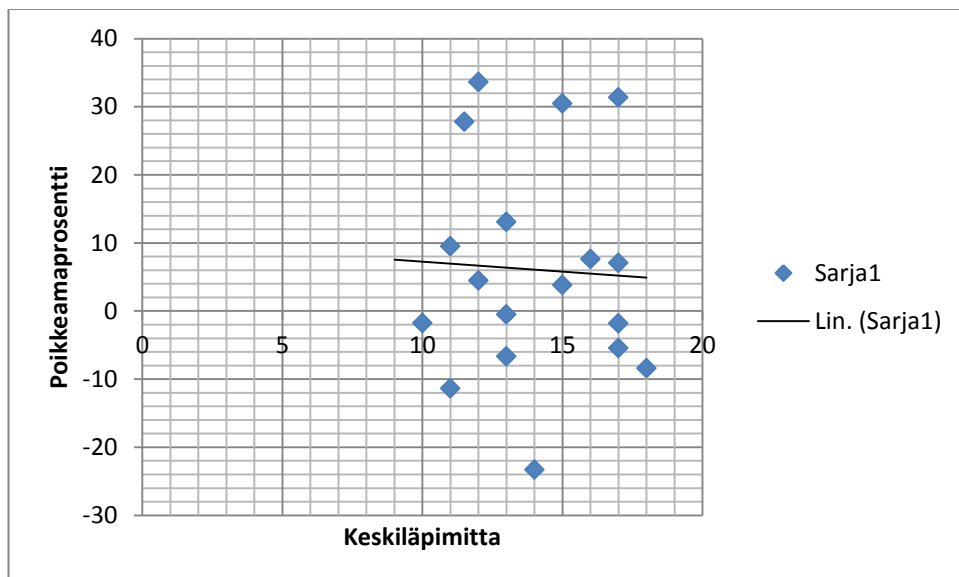
Motomittauksen ja Trestimamittauksen eron riippuvuutta pinon korkeuteen verrattessa saadaan hieman jyrkempi jana, tokikaan tässäkin ei vielä olla lähelläkään edes lievää riippuvuutta. Tässäkin on havaittavissa pisteparven olevan hieman enemmän hajallaan pienempien pinojen kohdalla.



Kuvio 5. Motomittauksen ja pinomittauksen eron riippuvuus puun keskiläpimitasta.

Laskelman korrelaatiokerroin: -0,08

Puutavaran keskiläpimitankaan ei huomattu tuovan sen kummempaa eroavaisuutta tuloksiin. Energiakasoissa läpimittajakauma on muodostunut varsin laajalta alueelta, kun kasassa saattaa olla pöllejä alkaen latvasta aina niin suuriin tyviin kuin on raaskittu laittaa.



Kuvio 6. Motomittauksen ja Trestimittauksen eron riippuvuus puun läpimitasta.

Laskelman korrelaatiokerroin:-0,047

Myös Trestimalla tehdyn mittauksen ja motomittauksen eron riippuvuus oli samansuuntainen kuin pinomittauksella. Trestimalla riippuvuus oli jopa hivenen alhaisempi, toki nyt puhutaan niin pienistä lukemista, ettei asialla ole käytännön merkitystä.

4.1 Tulosten pohdinta

Edellä esiteltyjen laskelmien lisäksi tarkasteltiin myös käytetyn korjauskertoimen ja mittausten suhteita. Niitä tuloksia ei tässä kuitenkaan päädytty esittelemään, koska tarkastelulla ei sinänsä ole merkitystä lopputuloksen kannalta. Tämä siksi, koska jokaisen kasan kohdalla käytetty kerroin on molemmissa mittaustavoissa itse määriteltä. Kaikkien kasojen kertoimia ei otettu taulukoista suoraan, vaan oikein pahan rytökasan kohdalla saatettiin vielä pienentää kerrointa taulukkoarvoista. Tästä syystä laskelmat eivät ole vertailukelpoisia keskenään. Tilanne olisi eri, mikäli kerroin olisi suoraan ohjelman antama tai vaikka taulukoista määriteltä.

Excel -laskelmia tarkastellessa vaikuttaisi siltä, että tulokset ovat varsin yhden-suuntaisia alkuperäisen motomittauksen tulosten kanssa. Tokihan täytyy aina muistaa, että sekä moto ja ihminen saattavat tehdä mittausrvirheen. Motokourassa puu saattaa luistaa tai takerrella tai antureiden näyttämät olla pielessä. Ihminen saattaa mitata tai laskea väärin tai arviointivirheen seurauksena lukemat voivat mennä pieleen. Kuitenkin Trestimalla saadut mittaustulokset ovat olleet suurelta osin yhteneväisiä motomittauksen kanssa.

Jokunen kohde oli, joissa tuli yksittäisistä syistä johtuvia eroavaisuuksia, tällaisia olivat Kovelahdentiellä kuvattu pino (Kuva 15.), Konttivalokaman pino (Kuva 17.), Kuustenlatvan erikoinen monesta pienestä kasasta koostunut (Kuva 16.) sekä Kangaslammen pino (Kuva 14.).



Kuva 15. Kovelahdentie.

Kovelahdentiellä kuvatussa pinossa tuli hämmentävän suuret erot motomittaukseen nähden. Useamman mittauksen jälkeenkin ero oli aina olemassa. Trestimittauksen jälkeen oletus omasta mittausvirheestä häveni, sillä Trestiman tulos vastasi pinomittaustulosta. Pinomittauksen ja motomittauksen tulosten erotus oli hieman yli 13 m^3 ja Trestimalla noin 16 m^3 . Pinon päällä oleva lovi näyttäisi hieman siltä, että siitä olisi hyvinkin voitu viedä pois se reilu 10 m^3 polttopuuainesta. Paikka olisi moiselle toiminnalle otollinen, sillä pino oli hiljaisen kylätien varressa kuitenkin valtatie läheisyydessä.

Kuustenlatvan mittauskohde oli erikoinen, mahdollisesti alun perin ainespuuksi tarkoitettuja pieniä kasoja jyrkällä pellolla (Kuva 16.). Kasat olivat vaikeita kuvata, koska pinosta tuli väkisinkin enemmän kuin pääty kuvaan. Isommat pinot pystyi korkeasta polviasennosta kuvaamaan, mutta pienemmän kanssa oli hankalaa.



Kuva 16. Yksi kasa Kuustenlatvalta.

Kyseisellä kohteella tuli hieman mittaheittoa kokonaistulokseen, mutta todennäköisesti kyse on vain usean mittausvirheen summasta, kun kohde koostui niin monesta eri otoksesta. Systemaattista virhettä ei havaittu.

Kangaslammen kohde olikin esimerkki haastavasta kuvauspaikasta (Kuva 14.). Kangaslammen pinolla oli niin paljon kuvausta vaikeuttavia elementtejä, että tulosten saaminen noinkin yhteneväisiksi on jo saavutus.

Konttivalkama oli ainoa kohde, jossa pinomittaus täytyi suorittaa varmuuden vuoksi sekä tien että metsän puolelta (Kuva 17.). Kasa oli näreiden väliin ladottu, edestä katsottuna neliskanttinen, mutta metsän puolella litteä. Yksikään puu ei ollut suorassa ja kuusipuska vielä peitti muutaman puun.



Kuva 17. Konttivalkama.

Trestima on yllättävän tunnoton esimerkiksi omituisen mallisille pinoille, vaikka puut olisivat pinossa sikin sokin. Sekavastakin kasasta sillä saa ihan totuudenmukaisia tuloksia, mikäli etureuna on vain suhteellisen reiätön. Reikäinen pino aiheuttaa Trestimalla herkästi mittavirheen ja esimerkiksi kasaan sisään laitetut tukipuut tekevät helposti tilansa verran mittavirhettä, se tuli nähtyä Pirttikylän pinolla (Kuva 18.).



Kuva 18. Tukipuut Pirttikylässä.

Kasassa olevat roskat ohjelma myös herkästi saattaa tulkita pölkyn päiksi ja laskee ne mukaan, yleensä tältä ei ole muuta vaikutusta kuin runkoluvun nousu niillä parilla puulla.

Suurimpana ongelmana Trestimalla mitattaessa ovat piilossa olevat puut. Aluspuista saattaa kertyä helposti kiintokuutio tai pari, ja ojanpuuta saattaa olla vaikka kuormallinen, mitä Trestimalla ei ole mahdollisuutta ottaa huomioon, vaan se mittaa sen mitä näkee. Pelkästään jo kasan teko etureunastaan ojanpenkkaa vasten aiheuttaa jo havaittavan virheen. Vaikka kuvaaja yrittää rajata kuvaa maan sisään, ei ohjelma silti laske siitä mitään, koska ei havaitse pölkynpäitä. Tällainen tilanne oli esimerkiksi Rekinevalla kuvaa ottaessa, kun metsän pinta oli huomattavasti tietä alempana ja pino oli tehty ojanpenkkaa vasten (Kuva 19.). Saman havainnon teki myös Pihlajaviita (2017) omassa opinnäytetyössään.



Kuva 19. Rekineva ja pino ojanpenkalla.

5 PÄÄTELMIÄ

Trestima on tällä hetkellä ihan käyttökelpoinen työkalu energiapuun pinomittaukseen. Hyvä työkalu siitä tulisi pienillä parannuksilla. Tällä hetkellä saatavat tulokset ovat jo kohtuullisen tarkkoja, kun vertailukohtana käytetään moto- ja pinomittauksien tuloksia. Monessa tapauksessa Trestiman antama mittaustulos oli hieman alhaisempi kuin kaksi muuta, erot olivat noin 1-2 kiintokuutiometriä isoimmilla kasoilla. Suurempiakin heittoja oli pari, mutta mahdollisuus käyttäjävirheeseen on myös aina olemassa, kun kasoja kuvataan laajalla alueella ja palvelu tuottaa lopullisen tuloksen vasta, kun kasalle on jo kymmeniä kilometrejä matkaa, eikä uusintamittausta voi enää tehdä.

Energiapuun pinomittaukseen Trestimaan voisi tehdä pieniä parannuksia. Esimerkiksi ominaisuus, jossa käyttäjä pystyisi kertomaan ohjelmalle juurikin ojapuiden olemassaolosta, vaikka manuaalisesti syöttämällä määrän. Käyttäjän lisäämät puumäärät voisivat vaikka näkyä erikseen syötettynä, mutta sisältyisivät kuitenkin lopulliseen tulokseen.

Tällä hetkellä ohjelman antamia kertoimia ei pysty vielä käyttämään suoraan laskennassa, koska energiapuun kohdalla ne ovat aivan liian korkeita. Tässä työssä käytetyt kertoimet ovat kaikki itse määriteltynä taulukoiden ja oman silmän perusteella. Saahan kertoimista toki osaava käyttäjä todellisia näinkin, mutta olisi miellyttävää, kun energiapuulle olisi jo valmiita oletuskertoimia olemassa. Jos ohjelmassa saisi valita, onko mitattava kasa ainespuuta vai energiapuuta olisi ohjelman käyttö vieläkin helpompaa.

Kerroin-asian tiimoiltahan tämän opinnäytetyön yhteydessä on jo tuotekehitykseen osallistuttu. Työtä aloittaessani manuaalisesti syötettävää kerrointa ei saanut alemmaksi kuin 0,4. Näin karsittua rankaa mitatessakin joissakin kohteissa kerroin meni 0,4:n. Jos mitattaisiin kokopuukasaa tai vaikka risukasaa, olisi kerroin huomattavasti alempana. Ohjaava opettajani Juho Lahti otti yhteyttä Trestiman Simo Kivimäkeen asian tiimoilta ja muutos tehtiin huhtikuun 2017 aikana. Nyt Trestiman manuaalisen korjauskertoimen ensimmäinen arvo on 0.

Trestiman ehdoton valtti mittaushommassa on nopeus. Puutavarakasan mittaus sillä kestää hyvissä olosuhteissa noin minuutin. Tähän toki tulee päälle kertoimen laskentaan kuuluva aika sekä puiden pituusmitta, mutta silti muutamassa minuutissa ollaan takaisin tien päällä. Myöskin mukana kuljetettavan tavarän määrä on mukavampi, kun mittalaite ja muistiinpanovälineet ovat samassa taskussa.

LÄHTEET

Puutavaranmittauksen neuvottelukunta. 30.6.2014. Energiapuun mittaus [verkkojulkaisu] Saatavana:

<http://www.metla.fi/metinfo/tietopaketti/mittaus/energiapuun-mittausopas>

Pihlajaviita J. 2017. Trestima Stack- pinomittausohjelman testaus. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Saatavana: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201704275566>.

Laki puutavaran mittauksesta. 2013. Saatavana:

<http://finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130414?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=laki%20energiapuun%20mittauksesta>.