

Esko Häyrynen

**Kuviotietopäivitysten automatisointi käyttäen apuna
hakkuukoneen kuljettajan keräämä tietoa**

Opinnäytetyö

Kevät 2010

Maa- ja metsätalouden yksikkö

Metsätalouden koulutusohjelma

Metsätaloustuotannon koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Maa- ja metsätalouden yksikkö

Koulutusohjelma: Metsätalouden koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Metsätaloustuotannon koulutusohjelma

Tekijä: Esko Häyrynen

Työn nimi: Kuviotietopäivitysten automatisointi käyttäen apuna hakkuukoneen kuljettajan keräämä tietoa

Ohjaaja: Ossi Vuori

Vuosi: 2010

Sivumäärä: 26

Liitteiden lukumäärä: 1

Kuviotietojen päivitys on käymistilassa. Etsitään tapoja, joilla voidaan laskea päivityksen kustannuksia. Tähän tarkoitukseen on tulossa laserkeilaus ja muita tapoja joilla automatisoidaan kuviopäivityksiä. Työ on Metsämannuille, jossa päivityskustannuksia on alennettu, siirtymällä jatkuvaan päivitykseen. Tämä tarkoittaa sitä, että jokaisen metsänhoitotoimenpiteen jälkeen kuviolle mennään ja tiedot päivitetään. Tämä tarkoittaa kuviotietojen tarkkuutta, koska tiedot ovat aina ajan tasalla.

Työn tarkoitus on selvittää, onko mahdollista alentaa kustannuksia käyttämällä metsäkoneen kuljettajan keräämää tietoa hyväksi inventoinnissa. Metsäkoneen kuljettaja kerä laadunvarmistamista varten runkoluvun ja läpimitan kuviolta. Koealoja hän ottaa alle kahden hehtaarin aloilta neljä kappaletta, kahden ja kolmen välillä otetaan kuusi kappaletta ja yli kolmen hehtaarin kuvioilta kahdeksan kappaletta.

Työssä vertaillaan mikä on tarpeellinen määrä koealoille ja missä menetelmä toimi. Ohjeistusta suurempi koealamäärä ei tuottanut niin suurta tarkkuuden lisäystä, että järjestelmää on järkevä muuttaa. Nykyinen ohjeistus tuottaa tarpeellisen tarkkuuden, jota tarvitaan kuviotietojen päivityksessä. Ainoa muutosehdotus on, että puustokohtaisesta läpimitasta siirryttäisiin puulajikohtaiseen. Toinen vaihtoehto on, että läpimita otetaan pääpuulajista. Mutta työmääränä siihen, että kerätään puulajikohtainen läpimita, ei ole liian suuri hyötyyn nähden. Tämä tosin vaatii muutoksia Motomappiin, mutta se on tuskin ongelma.

ASIASANAT: KUVIOTIETO, PÄIVITYS, AUTOMATISOINTI

Thesis abstract

Faculty: Tuomarniemi School of Forestry
Degree programme: Bachelor of Forestry

Specialisation: Forestry Production

Author: Esko Häyrynen

Title of Thesis: A way of improving post-thinning stand data using harvester derived information

Supervisor: Ossi Vuori

Year: 2010 Number of Pages: 26 Number of Appendices: 1

The purpose of this thesis is to verify the possibility of using information that a harvester driver can collect for quality control. The aim is to check the accuracy of this data and determine if it can be used for updating post thinning stand data in Metkis. Metkis is a GIS system that is currently used by Metsämännut. The main goal is to minimize the costs of manual data entry and collection, which is the current way of collecting this information. For this I will compare the harvester data with manually collected data on 14 sample stands.

For the harvester generated data the measurement of the number of stems remaining per ha in the stand is carried out by using the machine's boom like a yardstick. Usually the boom is 11m long and the operator uses this length to count the number of stems per ha based on a half circle sweep. From this information the stand basal area and volume can then be calculated.

In this survey I manually checked 14 stands. Of those 13 stands were pine and 1 was spruce. The most common errors encountered were caused by: mixed stands, small sized plots or a heavy content of birch. I concluded that the information generated electronically is accurate enough to be used to update the stand information when picking the stands correctly and updating those stands manually which do not suit this system.

keywords: Mechanized Thinning, Post harvest assessment, GIS

SISÄLTÖ	
Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract	VIRHE. KIRJANMERKKIÄ EI OLE MÄÄRITETTY.
Kuvio- ja taulukkoluettelo.....	6
1 YLEISTÄ.....	8
1.1 Lähtökohdat	8
1.2 Työn perusta	9
2 AINEISTO JA MITTAUS	11
2.1 Harvennuskohteet.....	11
2.2 Mittaus.....	12
2.3 Aineiston käsittely	13
3 TULOKSET	14
3.1 Mänty	14
3.1.1 Läpimitta	14
3.1.2 Pohjapinta-ala.....	15
3.2 Kuusi.....	17
3.2.1 Läpimitta	17
3.2.2 Pohjapinta-ala.....	18
3.3 Koivu.....	20
3.3.1 Läpimitta	20
3.3.2 Pohjapinta-ala.....	21
3.4 Kaikki puulajit.....	22
4 JOHTOPÄÄTÖKSET	25
4.1 Menetelmän käyttö.....	25
4.2 Kehitettävää	25
LÄHTEET	27
LIITTEET	28

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

- PRD- tiedosto** Hakkuukoneelta saatava mittaustiedosto on yhteenvetopuutavaralajikohtaisista tilavuuksista, kappalemääristä ja muista tunnuksista. Se sisältää puutavaralajien pölkkyjakaumat latvaläpimitta- ja pituusluokittain, sekä runkoluksarjat rinnankorkeusläpimittaluokittain. Mittaustodistus perustuu PRD-tiedostoon. (Räsänen 1998, 12–16.)
- STM- tiedosto** Runkopankkitiedostoon hakkuukoneen mittajärjestelmä muodostaa tiedot hakattujen puiden läpimitoista ja katkoituista pölkyistä. Läpimitat tallentuvat tiedostoon 10 cm: n välein ja millimetrin tarkkuudella. Erimerkkiset mittalaitteet tuottavat hieman erisisältöistä ja muotoista tietoa, joka kuitenkin on suurimmaksi osaksi hakkuukoneen tiedonsiirtostandardin mukaista. (Räsänen 1998, 12–18.)
- MELA** Metsäntutkimuslaitoksen Suomen oloihin kehittämä metsätalousmalli ja suunnitteluväline, jonka avulla voidaan tehostaa metsäsuunnittelua ja metsävarojen käyttöä. MELA:n sisältämillä malleilla voidaan puustolle laskea esimerkiksi kuutiomääriä ja vuotuista kasvua. (VIITTAUS)
- METKIS** Tietojärjestelmä on Metsämannut Oy:n kehittämä ja käytetty metsätietojärjestelmä, joka sisältää heidän hoidossa olevien metsien kuviokohtaiset puustotiedot paikkatietoon yhdistettynä. METKIS metsätietojärjestelmä sisältää myös MELA:n laskentamalli

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Metsäliiton harvennuksen laadun seuranta ohjelma MOTOMAP. (Metsäliitto 2009)	9
Kuva 2. Metsätehon ohjeiden mukainen puoliympyräkoeala.	13
Kuva 3. Männyn läpimitan vertailu Metsäliiton ohjeen mukaisen sekä maksimikoealamäärän silmävaraisen mediaanipuun erotus referenssikoealasta laskettuun mediaanipuun läpimittaan.	15
Kuva 4. Männyn ppa vertailu. Metsäliiton ohjeen sekä maksimikoealamäärän ppa:n erotus referenssi ppa:sta.....	16
Kuva 5. Männyn ppa prosentuaalisen erotuksen vertailu. Metsäliiton ohjeen sekä maksimikoealamäärän ppa:n erotus referenssi ppa:sta.	17
Kuva 6. Kuusen läpimitan vertailu Metsäliiton ohjeen mukaisen sekä maksimikoealamäärän silmävaraisen mediaanipuun erotus referenssikoealasta laskettuun mediaanipuun läpimittaan.	18
Kuva 7. Kuusen ppa:n vertailu. Metsäliiton ohjeen sekä maksimikoealamäärän ppa:n erotus referenssi ppa:sta.....	19
Kuva 8. Kuusen ppa prosentuaalisen erotuksen vertailu. Metsäliiton ohjeen sekä maksimikoealamäärän ppa:n erotus referenssi ppa:sta.	19
Kuva 9. Koivun läpimitan vertailu Metsäliiton ohjeen mukaisen sekä maksimikoealamäärän silmävaraisen mediaanipuun erotus referenssikoealasta laskettuun mediaanipuun läpimittaan.	20

Kuva 10. Koivun ppa:n vertailu. Metsäliiton ohjeen sekä maksimikoealamäärän ppa:n erotus referenssippa:sta.....	21
Kuva 11. Koivun ppa prosentuaalisen erotuksen vertailu. Metsäliiton ohjeen sekä maksimikoealamäärän ppa:n erotus referenssippa:sta.	22
Kuva 12. Kuvion puuston ppa:n vertailu. Metsäliiton ohjeen sekä maksimikoealamäärän ppa:n erotus referenssippa:sta.	23
Kuva 13. Kuvio puuston ppa prosentuaalisen erotuksen vertailu. Metsäliiton ohjeen sekä maksimikoealamäärän ppa:n erotus referenssippa:sta.....	24
Kuva 14. Puulajisuhteet kuvioilla.....	24

1 YLEISTÄ

1.1 Lähtökohdat

Metsäsuunnittelu on tällä hetkellä käymistilassa. Laserkeilaus vähentää tulevaisuudessa maastotyön määrää huomattavasti. Myös laserkeilauksen ja muiden kaukokartoitusmenetelmien yhteiskäyttö tulee tarkentamaan ja tekemään työstä halvempaa. Tämä ei tosin poista maastokäyntien tarvetta (Korpilahti 2009, 308)

Metsäinventoinnista yritetään päästä eroon, koska se on kuviotietojen päivittämisen kallein vaihe. Metsäinventoinnin hinta on myös noussut työkustannusten takia. Siksi vaihtoehtoisia tapoja on yritetty keksiä. Yksi niistä on jatkuvapäivitteinen suunnittelu.

Metsämannut käyttävät jatkuvapäivittäistä metsäsuunnittelua hoitotiloillaan. Tavoitteena on jatkuvasti ajan tasalla oleva tietojärjestelmä puustotiedoista. Puustotiedot on inventoitu kerran ja tämän jälkeen niitä pidetään ajan tasalla kasvumalleilla ja vain toteutettujen toimenpiteiden yhteydessä suoritetaan maastomittauksia. (Pukala 1994, 175.)

Kuviopäivitys on suoritettava, jotta tiedettäisiin puuston kuutiomäärä, tulevat toimenpiteet voitaisiin ajoittain oikein sekä pystyttäisiin laskemaan esimerkiksi ME-LA:n malleilla puustolle vuotuista kasvua. Kuviopäivitystä varten joutuu usein ajamaan kohteelle pitkiä matkoja vain tämän toimenpiteen takia ja kerättävän maastotiedonkin määrä on vähäistä (Lappalainen 2003, 7).

Kuviopäivityksissä saattaa esiintyä huomattavia viiveitä ja osa kohteista saattaa jäädä päivittämättä kokonaan. Jos harvennetun kuvion puustotiedot voitaisiin mitata harvennuksen yhteydessä maastotyö minimoiden, voitaisiin päästä huomattaviin kustannussäästöihin ja tietojen saannin nopeutta parantaa.

1.2 Työn perusta

Tällä hetkellä Metsäliitto kerää hakkaamiltan kuvioilta jäävän puuston kappalemäärän puulajikohtaisesti ja läpimitan koko puustolle. Tämän tiedon kerää metsäkoneenkuljettaja. Tämän tiedon tarkoitus on laadunseuranta. Kuljettaja näkee onko harvennus mennyt annettujen ohjeiden mukaan. Tärkeimpänä parametrina on pohjapinta-ala.

Tähän tarkoitukseen käytetään ohjelmaa nimeltä Motomap. (Kuva 1) Ohjelman on Kehittänyt Metsäliitto. Tämä ohjelma on käytössä kaikissa Metsäliiton työmailla toimivissa harvestereissa. (Metsäliiton INTRA)

Koealatiedot - Tiedosto [933218007_1_JARVI_LIISA.KOE]

Piiri	Hankintaryhmä	Sopimusno	Lohko	Moto	Mittauspvm	Tj
15	1	933218007	1	6355	09.03.2009	105

Käyrästö Väli-Suomi
Htapa Mharv
Harvennustapa Normaali
Pinta-ala 13.1 ha
Korjuu aika 02.2009 Maa jäänyt

Koeala 2
Metsätyyppi Mt
Mänty 5
Kuusi 5
Koivu 2
Yht. 12
Kpl Kpl
Keskiläpimitta 19 cm

Suos. 12
Tot. 12
Ero 0
Hakattu liikaa On Ei
Ajouraväli 22 m
Ajouraleveys 4,2 m

Lisätieto

Tiheys jätetty

Koeala	Harvennustapa	Tyyppi	Lpm	Suos.	Tot.	Ali	Yli	Auväli	Tallennuspvm
1	NORM	Mt	23	8	9		1	22.0	18.02.2009 11:41

Runkoluku/ha 421 474
Ajouraväli ka. 22 m

Koealatiedot

	<80	80-89	90-110	111-120	>120	Ali	Yli
Kpl	0	0	0	1	0	0	1
%	0	0	0	100	0	0	100

Kuva 1. Metsäliiton harvennuksen laadun seuranta ohjelma MOTOMAP. (Metsäliitto 2009)

Opinnäytteessäni on tarkoitus mitata, onko mahdollista käyttää tätä valmiiksi kerättyä tietoa kuviopäivityksissä apuna. Tarkoitus on selvittää, onko mahdollista saada tarpeeksi tarkka pohjapinta-ala sekä läpimitta nykyisellä ohjeistuksella. Myös on tarkoitus selvittää, mitä kohtia on parannettava, jos tämä menetelmä halutaan tuottaa.

Mitattu tieto voidaan myös tarkentaa regressiomalleilla. Tätä Lappalainen on tutkinut pro gradussaan ” *Kuviokohtaisten puustotunnuksien tuottaminen koneellisen harvennuksen yhteydessä mitattavalla tiedolla*”. Tieto, minkä pohjalta laskenta tapahtuu, saadaan harvesterin mittalaitteesta. Harvesteri mittaa puun läpimitan ja pituuden, jotka tallentuvat STM tiedostoon millimetrin tarkasti.

Näiden yhteiskäyttö vähentäisi työkustannuksia huomattavasti ja nopeuttaisi päivityksien kiertoa. Tarkoitus on myös verrata koealojen määrän vaikutusta tulokseen. Siksi simuloin koealojen oton, niin kuin kuljettajien ohjeistus määrittelee. Otin kuitenkin puoliympyräkoealoja saman määrän kuin referenssi koealoja. Voin näin vähentää niistä ja katsoa, mikä on tarpeellinen määrä.

2 AINEISTO JA MITTAUS

2.1 Harvennuskohteet

Kohteiksi valittiin mahdollisimman tasalaatuisia puustoja. Vanhoissa tutkimuksissa on jo todettu, että jos puusto on kaksijakoista ja epätasaista, ei tuloksiksi saada hyväksyttävää (Tuominen 2003). Siksi tässä työssä päätettiin suoraan valita kohteet, joissa todennäköisesti päästään hyväksyttäviin tuloksiin. Kohteiksi myös yritettiin valita kuvioita, mitkä ovat selvästi ympäröivistä kuvioista erotettavissa. Tämän tarkoitus oli ehkäistä kuvioden sekoittumista ja tätä kautta mittausvirheen syntymistä.

Laskentaan otetaan mukaan 14 kuviota. Näistä kuvioista 13 oli mäntyvaltaisia ja yksi kuusivaltainen. Kuvioden jako ensiharvennuksen ja muun harvennuksen välillä meni niin, että kolmas kehitysluokka on muuta harvennusta. Muuta harvennusta oli kahdeksan kappaletta ja ensiharvennusta oli kuusi kappaletta. Koealoja oli 91 yhteensä ja keskimäärin niitä oli hehtaarilla 3,05. Keskiarvoa laski huomattavasti kaksi isoa kuviota. Kuvioden keskikoko oli 2,1 hehtaaria. Koealojen määrä määriteltiin Tietojärjestelmäpäällikkö Kari Mustosen kanssa, joka ohjaa työt Metsäamattujen puolelta. Tästä laskennasta jää pois pääasiassa kaikki kuusivaltaiset kuviot, koska hakkuut suoritettiin kesällä.

Kohteet sijaitsivat Virtain kaupungissa. Tilat omistaa Finsilva Oy. Mittaukset suoritettiin 2009 kesän aikana. Kohteet oli hakattu sitä edellisellä kesänä.

2.2 Mittaus

Koealat sijoitettiin linjoittain systemaattisesti. Koealojen väli määriteltiin kuvion koon mukaan. Linjojen sijoittelussa huomioitiin ajourien suunnat. Optimaalinen olisi ollut jos koealalinjat olisi saatu 45° kulmaan ajouriin. Tämä huomioi ajourien vaikutuksen, mutta ei yli- tai alipainottaisi näitä. Linjat otettiin kompassilla suuntimalla sekä etäisyys mitattiin lankamittalaitetta käyttäen.

Koeala oli ympyräkieala, jonka säde oli 9 m. Koealalta laskettiin kaikkien puiden rinnankorkeusläpimitta puulajikohtaisesti. Näistä katsottiin läpimitan mukaan puulajikohtainen mediaanipuun. Mediaanipuusta mitattiin pituus. Mediaanipuun sain Excel-taulukosta.

Tulokset syötettiin maastotietokoneeseen Excel-pohjaan, joka näyttää suoraan koealan mediaanipuun sekä kuviokohtaisen pohjapinta-ala sekä läpimittatiedot

Halusimme määrittellä määrän, millä koealamäärällä saamme tarpeeksi tarkan pohjapinta-ala sekä rinnanympärysläpimitan, tai onko tämä edes mahdollista. Yhdenmetrin koealojen määrä mukaili yhdeksän metrin koealojen määrää. Niistä sitten vähennettiin Metsäliiton korjuun seurannan ohjeen mukaiseen määrään.

Kohteet valittiin ajouralta askelmitalla, samoihin etäisyyksiin. Mittauksen keskipiste sijaitti ajouran keskellä. Puoliympyrän säde oli 11 m, joka mitattiin metsurin mitalla. Puoliympyrän sisältä laskettiin puulajikohtaisesti runkoluku. Rinnanympärysläpimitan mittaukseen valitsin silmävaraisesti mediaanipuun. Tämä siksi että mittaus olisi mahdollisimman samanlainen, kuin harvesterikuski sen toteuttaa. Metsäliiton korjuun seurannan ohjeen mukainen koealamäärä on neljä jos kuvio on alle kaksi hehtaaria, kahden ja kolmen hehtaarin kuvioilla kuusi kappaletta ja yli kolmen hehtaarin kuvioilla kahdeksan kappaletta.(Kuva 2)

3 TULOKSET

Laskin jokaiselle puulle tarkistusmittauksen ja puoliympyrän läpimittojen erotuksen. Läpimitta tarkistusmittauksessa on mediaanipuiden läpimitan keskiarvo ja puoliympyrässä silmävaraisesti valittujen mediaanipuiden keskiarvo.

Pohjapinta-ala josta jatkossa käytetään lyhennettä ppa on laskettu tarkistusmittauksessa jokaiselle puulle koealalla mitatun läpimitan mukaan.

3.1 Mänty

Tärkein tarkastettava arvo on männyn läpimitta ja siitä saatava ppa, koska pohjapintalasta 75,8 % on mäntyä. Tuloksissa huomaa sen, että vaihtelut ovat pienempiä, koska mänty on pääpuulaji.

3.1.1 Läpimitta

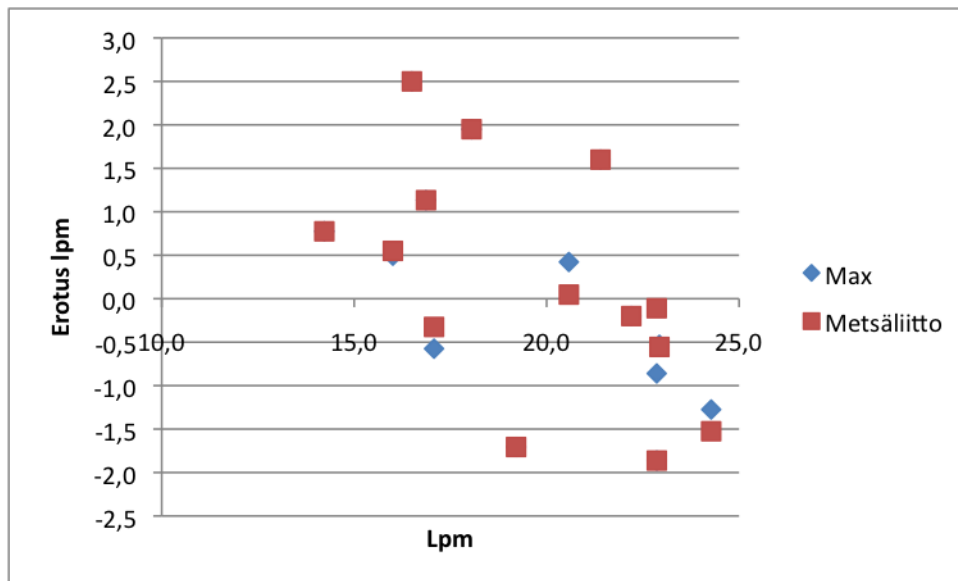
Läpimitassa arvioidaan puoliympyrässä silmävaraisesti arvioidun mediaanipuun läpimittaa ja referenssimittauksissa mitatun mediaanipuun läpimittaa.

Maksimikoealamäärällä puoliympyrät laskettuna, läpimitan vaihtelu on -1,9 – 2,5 cm eli 4,4 cm. Erotuksen keskiarvoksi tulee -0,13 cm, keskihajonta 1,36 cm ja keskiarvon keskivirhe 0,36.

Metsäliiton korjuun seurannan ohjeiden mukaan laskettuna saadaan hieman eri arvot. Vaihteluväli oli sama kuin maksimikoealamäärällä -1,9 – 2,5 cm eli 4,4 cm:n vaihteluväli. Erotuksen keskiarvo on 0,2 cm, keskihajonta on 1,34 cm ja keskiarvon keskivirhe on 0,36.(Kuva 3)

Läpimittojen vaihtelu on hyväksyttävän rajoissa. Koealojen määrä ei myöskään vaikuta tähän suuresti, jos vertaa Metsäliiton korjuun seurannan ohjeiden mukaan

tehtyjä ja maksimikoealamäärää. Mittaukseen vaikuttavat suuresti kuljettajan ammattitaito sekä olosuhteet.



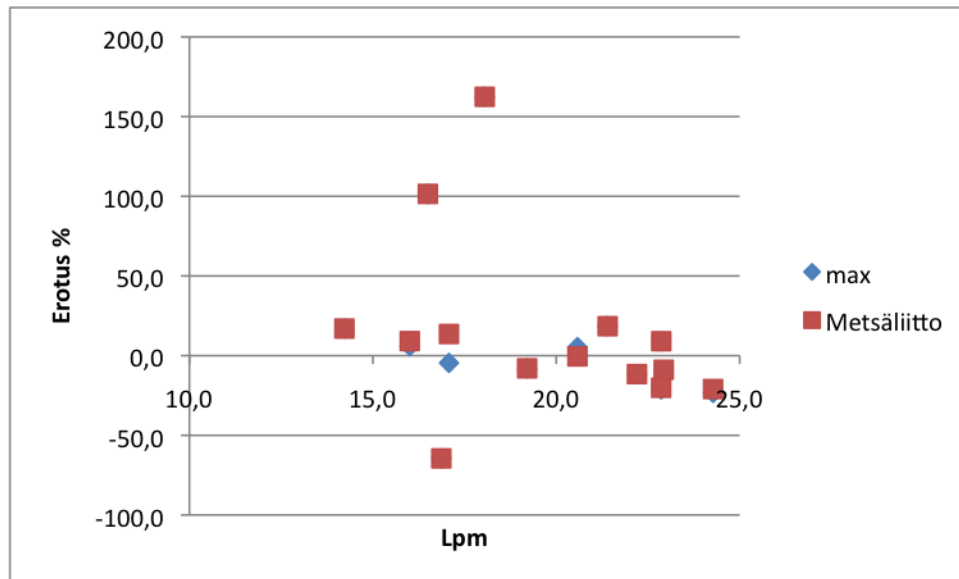
Kuva 3. Männyn läpimitan vertailu Metsäliiton ohjeen mukaisen sekä maksimikoealamäärän silmävaraisen mediaanipuun erotus referenssikoealasta laskettuun mediaanipuun läpimittaan.

3.1.2 Pohjapinta-ala

Maksimikoealamäärällä pohjapinta-alan vaihteluväli on $-6,1 - 7,3 \text{ m}^2$ eli $13,4 \text{ m}^2$. Pohjapinta-alan erotuksen hajonnan keskiarvo on $0,34 \text{ m}^2$, keskihajonta $3,35 \text{ m}^2$ ja keskiarvon keskivirhe on 0.9.

Metsäliiton korjuun seurannan ohjeen mukaisella määrällä vaihteluväli on $-6,1 - 7,3 \text{ m}^2$ eli $13,4 \text{ m}^2$ pohjapinta-alan erotuksen hajonnan keskiarvo on $0,2 \text{ m}^2$, keskihajonta $3,33 \text{ m}^2$ ja keskiarvon keskivirhe on 0.89. (Kuva 4)

Mittauksiin on sattunut yksi kuusivaltainen kuvio, jossa männyn tulokset vaihtelevat paljon. Myös kaksi pientä kuviota aiheuttaa tuloksen vääristymistä. Tämä johtuu siitä, että yksi erilaiseen puustoon osuva koeala vääristää tuloksia.



Kuva 5. Männyn ppa prosentuaalisen erotuksen vertailu. Metsäliiton ohjeen sekä maksimikoealamäärän ppa:n erotus referenssippa:sta.

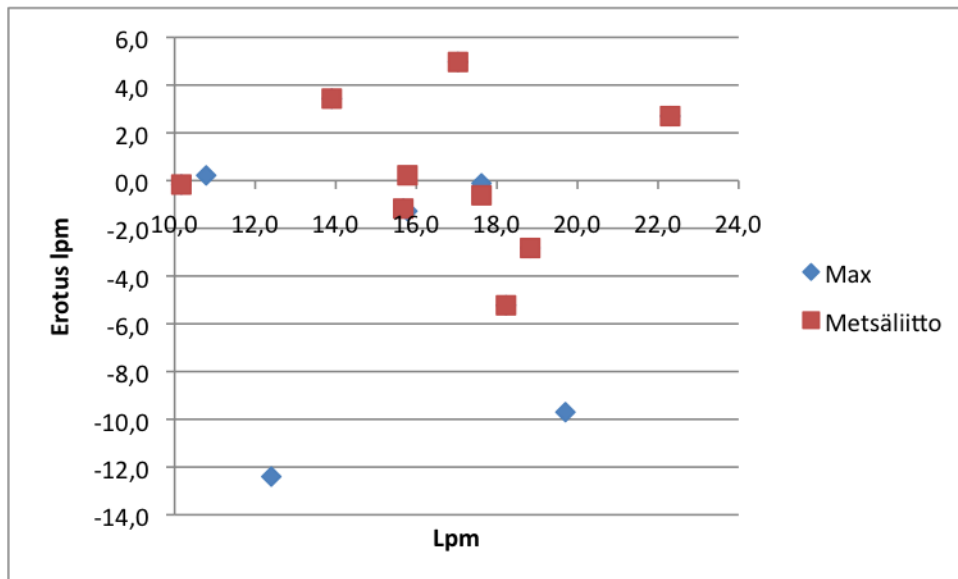
3.2 Kuusi

3.2.1 Läpimitta

Kuusta puustosta oli 15,1 prosenttia. Maksimikoealamäärällä puoliympyrät lasketuna läpimitan vaihtelu on -5,0 – 9,7 cm eli 14,7 cm. Erotuksen keskiarvoksi tulee -1,8 cm, keskihajonta 5,15 cm ja keskiarvon keskivirhe 1,49.

Metsäliiton korjuun seurannan ohjeiden mukaan laskettuna saadaan hieman eri arvot. Vaihteluväli oli sama kuin maksimikoealamäärällä -19,7 - 5 eli 24,7 cm:in vaihteluväli. Erotuksen keskiarvo on 0,1 cm, keskihajonta on 7,35 cm ja keskiarvon keskivirhe on 2,12.(Kuva 6)

Arvojen suuret erot selittyvät suuremmalta osin vähäisellä kuusen määrällä. Tästä seuraa se, että muutaman puun arvo muuttaa tulosta.



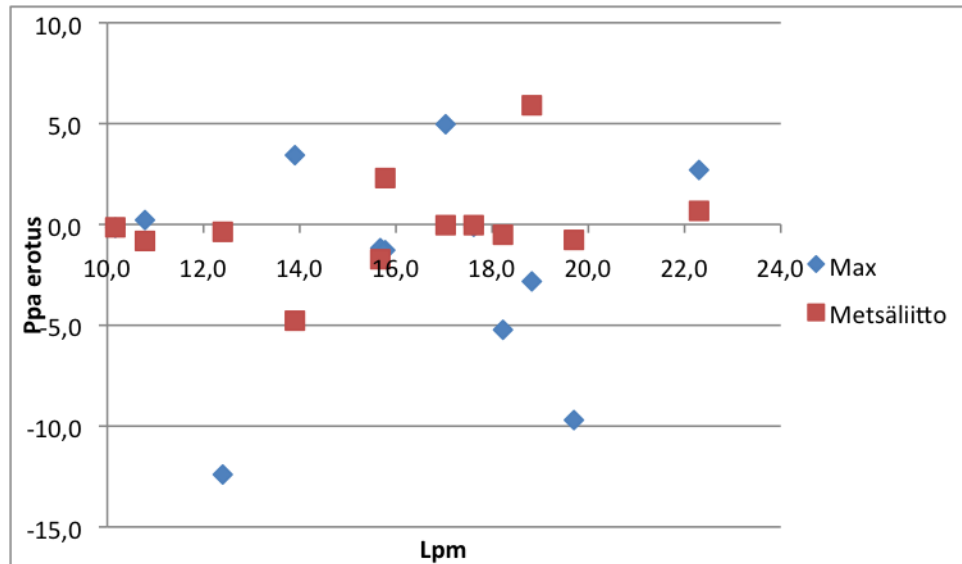
Kuva 6. Kuusen läpimitan vertailu Metsäliiton ohjeen mukaisen sekä maksimikoealamäärän silmävaraisen mediaanipuun erotus referenssikoealasta laskettuun mediaanipuun läpimittaan.

3.2.2 Pohjapinta-ala

Maksimikoealamäärällä pohjapinta-alan vaihteluväli on $-4,8 - 5,9 \text{ m}^2$ eli $13,4 \text{ m}^2$. Pohjapinta-alan erotuksen hajonnan keskiarvo on $0,21 \text{ m}^2$, keskihajonta $2,37 \text{ m}^2$ on keskiarvon keskivirhe on $0,69$.

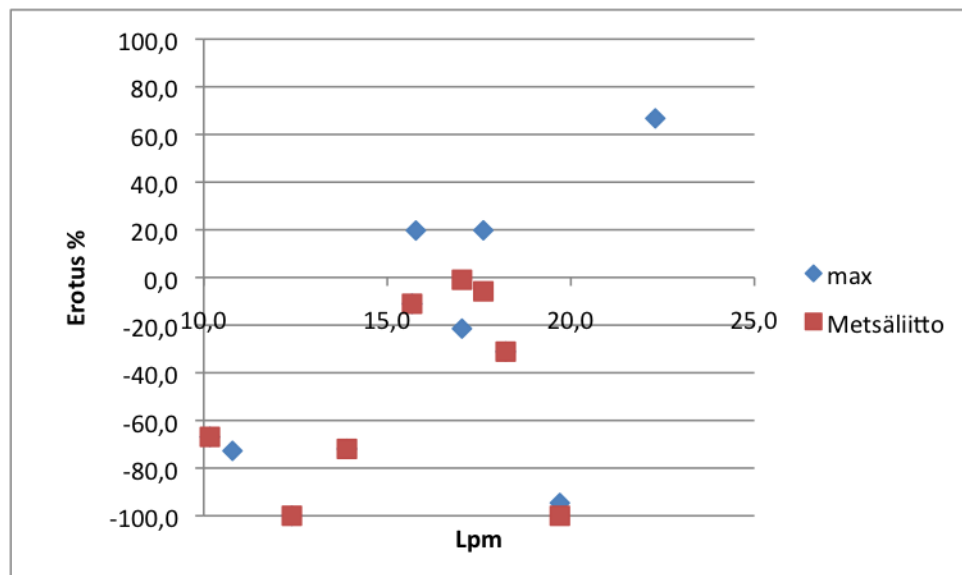
Metsäliiton korjuun seurannan ohjeen mukaisella määrällä vaihteluväli on $-4,8 - 5,9 \text{ m}^2$ eli $13,4 \text{ m}^2$ Pohjapinta-alan erotuksen hajonnan keskiarvo on $0,0 \text{ m}^2$, keskihajonta $2,48 \text{ m}^2$ ja keskiarvon keskivirhe on $0,72 \text{ m}^2$. (Kuva 7)

Tulokset kuusella ovat hyvät siihen nähden että sitä on vain 15 % koko puustosta.



Kuva 7. Kuusen ppa:n vertailu. Metsäliiton ohjeen sekä maksimikoealamäärän ppa:n erotus referenssi ppa:sta.

Pohjapinta-alan prosentuaalinen erotus maksimikoealamäärällä ja Metsäliiton korjuun seurannan ohjeilla oli -20,9 – 162,4. (Kuva 8) Molemmat ääripään koealat ovat alle hehtaarin kokoisia. Keskihajonta on 55,5 %, jos mukaan lasketaan ääripäät, jotka johtuvat vähäisestä puulajin määrästä kuviolla tai pienestä kuvion koosta. Jos ääripää otetaan pois, keskihajonta on 23,1 %



Kuva 8. Kuusen ppa prosentuaalisen erotuksen vertailu. Metsäliiton ohjeen sekä maksimikoealamäärän ppa:n erotus referenssippa:sta.

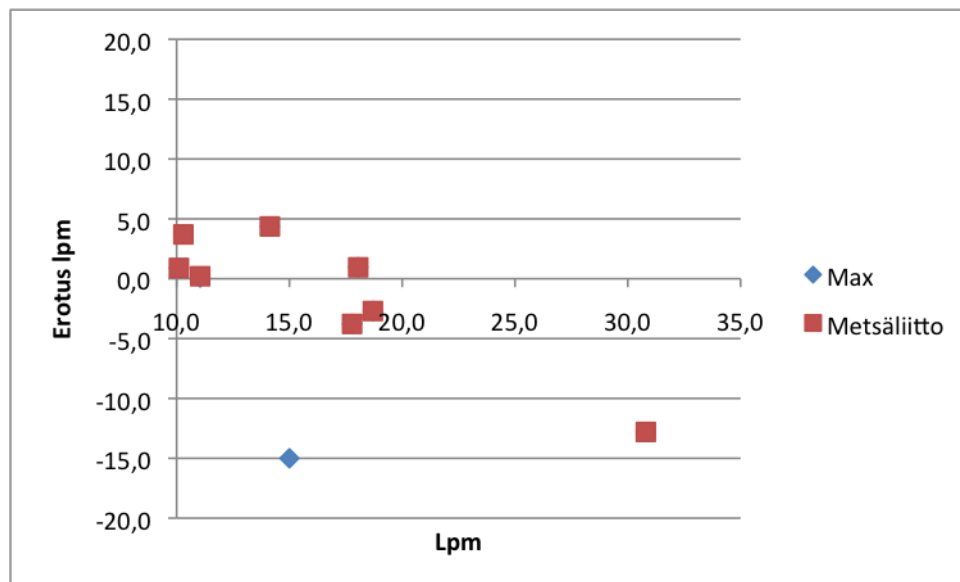
3.3 Koivu

3.3.1 Lämpimitta

Koivua puustosta oli 9,1 prosenttia. Maksimikoealamäärällä puoliympyrät laskettuna läpimitan vaihtelu on -15,0 – 15 cm eli 30 cm. Erotuksen keskiarvoksi tulee 0,78 cm, keskihajonta 8,15 cm ja keskiarvon keskivirhe 2,58.

Metsäliiton korjuun seurannan ohjeiden mukaan laskettuna saadaan hieman eri arvot. Vaihteluväli oli sama kuin maksimikoealamäärällä -12,8 – 4,4 cm eli 17,2 cm vaihteluväli. Erotuksen keskiarvo on 1,5 cm, keskihajonta on 5,15 cm ja keskiarvon keskivirhe on 1,63.(Kuva 9)

Lämpimitan vaihtelu on suurta johtuen vähäisestä koivun määrästä. Tällä tosin ei ole vaikutusta lopputulokseen.

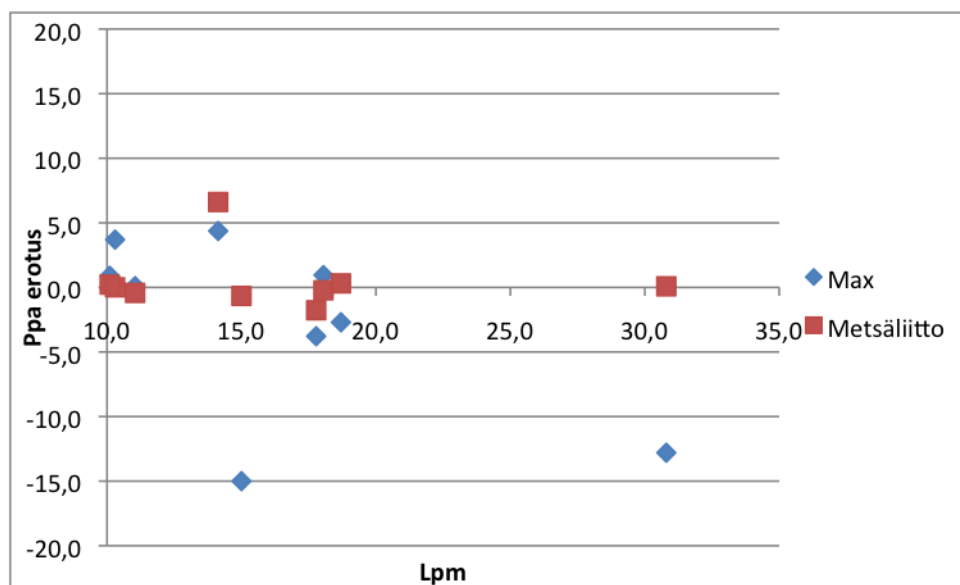


Kuva 9. Koivun läpimitan vertailu Metsäliiton ohjeen mukaisen sekä maksimikoealamäärän silmävaraisen mediaanipuun erotus referenssikoealasta laskettuun mediaanipuun läpimittaan.

3.3.2 Pohjapinta-ala

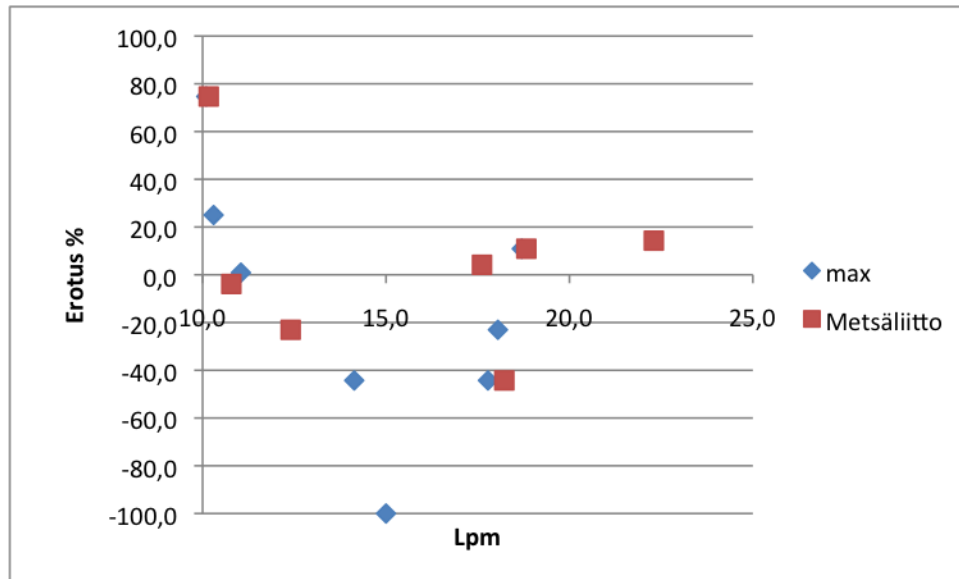
Maksimikoealamäärällä pohjapinta-alan vaihteluväli on $-1,8 - 0,7 \text{ m}^2$ eli $2,5 \text{ m}^2$. Pohjapinta-alan erotuksen keskiarvo on $0,32 \text{ m}^2$, keskihajonta $0,76 \text{ m}^2$ on keskiarvon keskivirhe on $0,24$.

Metsäliiton korjuun seurannan ohjeen mukaisella määrällä vaihteluväli on $-0,7 - 6,6 \text{ m}^2$ eli $7,3 \text{ m}^2$ pohjapinta-alan erotuksen hajonnan keskiarvo on $0,4 \text{ m}^2$, keskihajonta $2,25 \text{ m}^2$ on keskiarvon keskivirhe on $0,71 \text{ m}^2$. (Kuva 10)



Kuva 10. Koivun ppa:n vertailu. Metsäliiton ohjeen sekä maksimikoealamäärän ppa:n erotus referenssippa:sta.

Koivun prosentuaalinen erotukset ovat suuria. Asiaa voi selittää suurilla vaihteluililla, mikä on yleistä koivuissa kasvatusmetsissä. Koivua pidetään viimeisenä puuna, mitä jätetään harvennuksen jälkeen. Siis yleensä koivut ovat reikäpaikkaan kasva-neita.(Kuva 11)



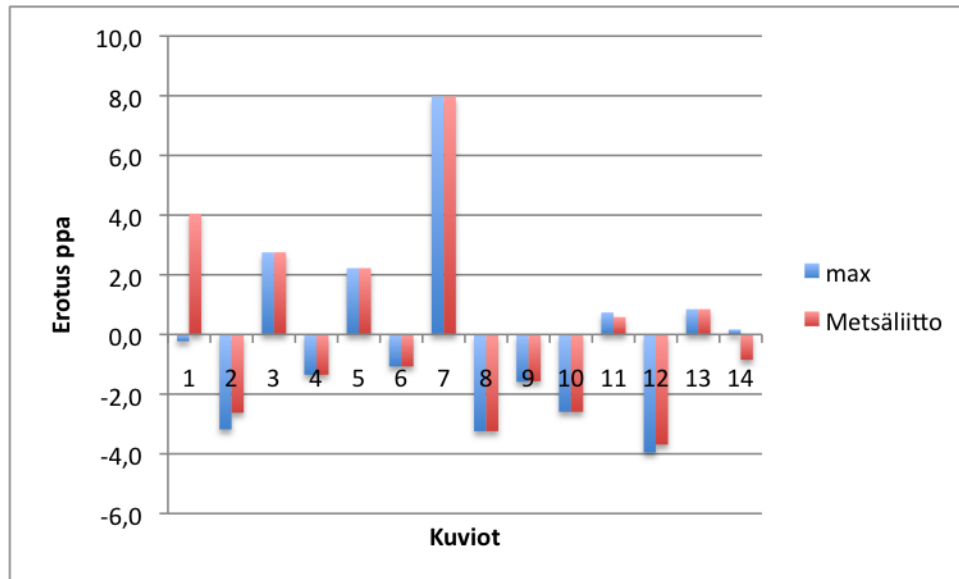
Kuva 11. Koivun ppa prosentuaalisen erotuksen vertailu. Metsäliiton ohjeen sekä maksimikoealamäärän ppa:n erotus referenssippa:sta.

3.4 Kaikki puulajit

Maksimikoealamäärällä pohjapinta-alan vaihteluväli on $-4,0 - 8,0 \text{ m}^2$ eli 12 m^2 . Pohjapinta-alan erotuksen keskiarvo on $-0,2 \text{ m}^2$, keskihajonta $3,10 \text{ m}^2$ on keskiarvon keskivirhe on 0,83.

Metsäliiton korjuun seurannan ohjeen mukaisella määrällä vaihteluväli on $-3,7 - 8 \text{ m}^2$ eli $11,7 \text{ m}^2$ pohjapinta-alan erotuksen hajonnan keskiarvo on $0,1 \text{ m}^2$, keskihajonta $3,28 \text{ m}^2$ on keskiarvon keskivirhe on 0.86 m^2 .(Kuva 12)

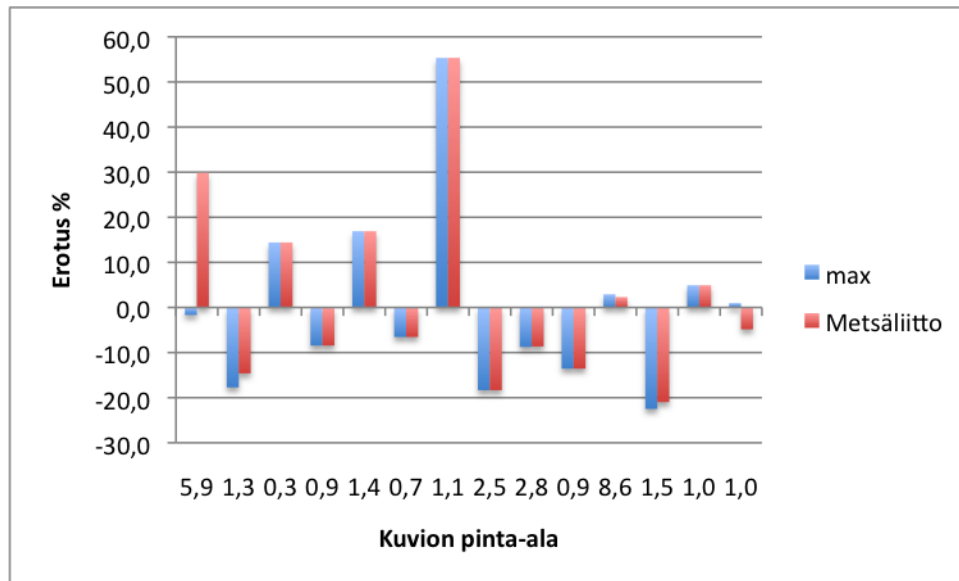
Kuvio 7 on ainoa, jossa on suurta vaihtelua. Osana syynä, että vaihtelu on suurta, on se että kuvio on sekapuustoinen. Myöskään koealojen määrällä ei ole, suurta vaikutusta tulokseen, sillä ainoa, jossa on huomattavia eroja ppa:ssa, on kuvio yksi.



Kuva 12. Kuvion puuston ppa:n vertailu. Metsäliiton ohjeen sekä maksimikoealamäärän ppa:n erotus referenssippa:sta.

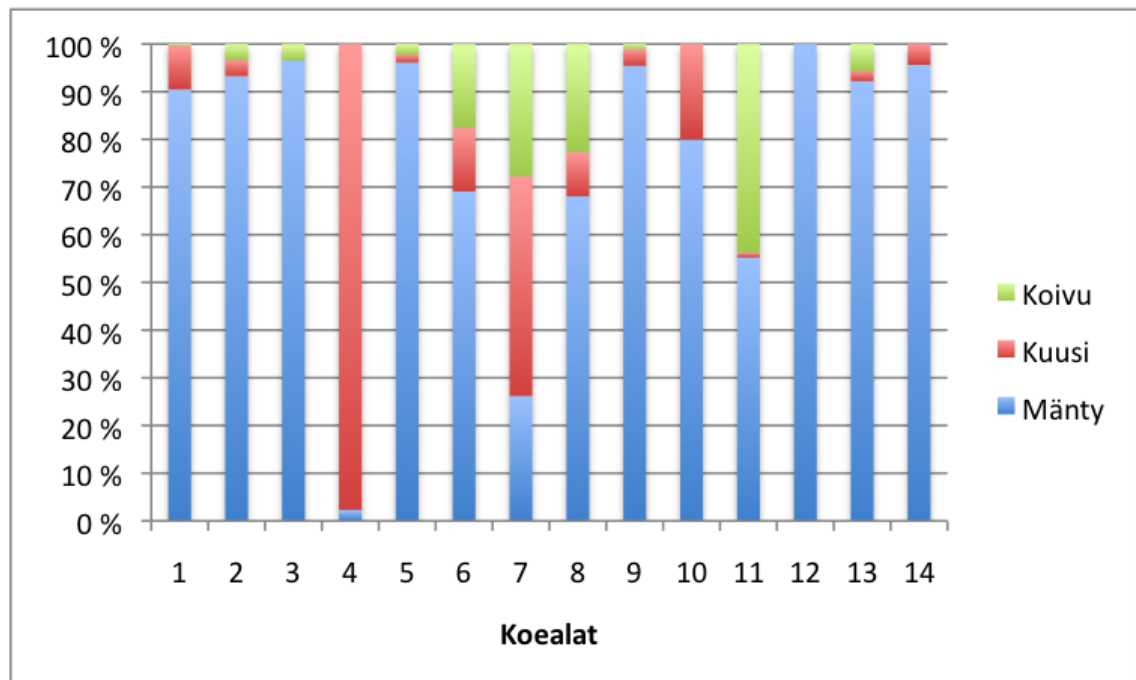
Pohjapinta-alan vaihtelu on pientä, jos kuvio 7 otetaan pois. Kuvio 7 on todellisuudessa mitattu väärin tai kuvion sekapuusto aiheuttaa vaihtelua. Pohjapinta-alan keskihajonta maksimikoealamäärällä on 12,27 % ja Metsäliiton korjuunseurannan ohjeilla keskihajonta on 15,11 %.(Kuva 13)

Kuvion koolla ja tuloksen tarkkuudella ei ole yhteyttä, mutta tämä johtuu jo alkupe-
räisestä asettelusta. Yritimme sulkea pienemmät kuviot pois ja laskentoihin tulikin
vain yksi alla 0,5 hehtaarin kuvio.



Kuva 13. Kuvio puuston ppa prosentuaalisen erotuksen vertailu. Metsäliiton ohjeen sekä maksimikoealamäärän ppa:n erotus referenssippa:sta.

Kuviot yritettiin ottaa mukaan niin, että kuviot ovat joko puhtaita kuusikoita tai männiköitä. Eniten arvot heittivät juuri kuviolla, jossa oli sekapuusto. (Kuva 14)



Kuva 14. Puulajisuhteet kuviolla.

4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kuvioittaisen arvioinnin suhteellinen keskivirhe voi vaihdella 18–38 % (Hara & Korhonen 2004, 489–508.) Tällä menetelmällä päästään hyvin näihin lukuihin. Metsänmittauksessa absoluuttisen tarkkaa mittausta ei kuitenkaan ole. Useimpien epätarkkuudet puuston tilavuudessa syntyvät puun läpimitan mittauskorkeuden virheellisestä määrittämisestä, mittausvälineiden huonosta käytöstä sekä mittauskohteen ominaisuuksista ja mittausolosuhteista. (Hyvimäki 2003, 323 - 324) Myös otantavirhe on merkittävä tuloksien tarkkuuteen vaikuttava tekijä. Epätasaisempi kuvion puusto on, sitä suuremmaksi myös otantavirhe muodostuu. (Laasasenaho & Päivinen 1986, 4.)

Tulos ovat hyvin hyväksyttävissä rajoissa, jos normaalisti Metsätalouden hyväksyttävänä mittausvirheenä pidetään 15 % heittoa (Hyvimäki 2003, 364). Tässä arvioinnissa on tulokseksi saadaan 15 %. Tämä tosin vaatii mittaajilta tarkkuutta ja koulutusta. Mitattavien joukosta on poistettava sekapuustoiset, erijakoiset sekä alle puolen hehtaarin kokoiset kuviot.

4.1 Menetelmän käyttö

Menetelmä vaatii kuljettajien kouluttamista tämän käyttöön. Ei riitä, että kuljettaja osaa käyttää järjestelmää. Kuljettajalle pitää myös terästä, että asia on tärkeä tuloksen kannalta. Kuljettaja voi ajatella, että tämä ei ole hänen työtänsä ja tekee työn vain pakon sanelemana.

4.2 Kehitettävää

Jotta järjestelmä on toimiva, on Motmappiin lisättävä puulajikohtainen läpimitta. Tämä ei ole läpipääsemätön este. Kustannuksia toki asiasta tulee, mutta muutoksen voisi tehdä ohjelmistopäivityksen yhteydessä. Näin ei tarvittaisi erillistä päivitystyötä ja säästyttäisiin niiltä kustannuksilta.

Isoin virheen mahdollisuus syntyy harvesterikuljettajan otannasta. Tätä tulisi kehittää. Koulutuksella voitaisiin saada tarkennettua työtä. Harvesterin puomin ulottuman määrittäminen myös tärkeää. Puomi ei ole standardimittainen ja ei ole aina 11 m ja tämä voi aiheuttaa mittauksessa virhettä.

Motomappiin voitaisiin laittaa kuljettajalle mahdollisuus ilmoittaa kuvio, joka ei ole mahdollista päivittää automatisoinnilla. Riittäisi, kun kuljettaja pistäisi rastin kuvion tietoihin, kun täyttää taulukkoa Motomapissa. Tämä tieto välittyisi Metkikseen ja voitaisiin ottaa sieltä ulos. Tämä tieto annettaisiin kuviotietoja päivittäväälle ja näin saataisiin näillekin kuviolle tarkka tieto.

LÄHTEET

- Räsänen, T., Aaltonen, A., Lukkarinen, E., Vuorenpää, T. 1998: Puustotiedon hankinta hakkuukoneelta. Metsätehon raportti 44. Metsäteho Oy.
- Korpilahti, E. 2009. Metsätieteen aikakauskirja. [online]. [Haettu 29.3.2010]. <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff09/ff094307.pdf>
- Lappalainen, J. 2003. Kuviokohtaisten puustotunnuksien tuottaminen koneellisen harvennuksen yhteydessä mitattavalla tiedolla. Pro Gradu työ. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta.
- Metsäliiton koulutusmateriaali. [Online] [Ei saatavissa]
- Tuominen, T. 2003. Harvennuksen jälkeisen puuston läpimittojen tuottaminen koneellisen hakkuun yhteydessä mitattavalla tiedolla. Opinnäytetyö. Hämeen ammattikorkeakoulu
- Hyvimäki, T. Tapion taskukirja. 2003. Helsinki. Kustannusyhtiö Metsälehti
- Holopainen, M. 1977. Tilastomatematiikan perusteet. Keuruu. Otava.
- Hara, A & Korhonen, K. 2004. Kuvioittaisen arvioinnin luotettavuus. Metsätieteen aikakauskirja 4/2004.
- Laasasenaho, J & Päivinen, R. 1986: Kuvioittaisen arvioinnin tarkistamisesta. Folia Forestalia 664.
- MELA ja metsälaskelmat. 2009. [online]. [Haettu 30.3.2010]. <http://mela2.metla.fi/mela/>
- Pukkala, T. 1994: Metsäsuunnittelun perusteet. Helsinki. Gummerus Oy,

LIITTEET

Execl pohja joka sisältää kuvioiden tiedot