

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Metsätalouden koulutusohjelma

Perttu Pesonen

LASERKEILAUSAINEISTON LUOTETTAVUUS METSÄARVIOSSA

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2017



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Toukokuu 2017**  
**Metsätalouden koulutusohjelma**

Karjalankatu 3  
80220 JOENSUU  
013 620 600

Tekijä  
Perttu Pesonen

Nimeke  
Laserkeilausaineiston luotettavuus metsäarviossa

Toimeksiantaja  
Metsänhoitoyhdistys Pohjois-Karjala

**Tiivistelmä**

Metsätiloja arvioitaessa metsän arvo määritellään yleensä kuvioittaisella arvioinnilla. Kaukokartoitusmenetelmällä suoritettu metsävaratiedon hankinta on uudenlainen tapa tuottaa metsävaratietoa. Laserkeilaus korvaa mahdollisesti kuvioittaista arviointia, mikäli sen riittävä tarkkuus todetaan.

Tässä tutkimuksessa on arvioitu laserkeilausaineiston luotettavuutta. Tutkimus koostuu kahden eri tavoin kerätyn metsävaratietoaineiston vertailusta. Vertailupohjana oleva aineisto koostui kuvioittaisesti arvioidusta metsävaratiedosta, ja vertailtava aineisto laserkeilatusta metsävaratiedosta. Tutkimuksen tarkoitus oli selvittää, onko laserkeilattu metsävaratieto riittävän relevanttia, jotta sitä voidaan käyttää tila-arvion laadinnassa.

Työssä tutkittiin aineistojen eroavaisuuksia puutavaralajeittain. Erot on esitetty numeraalisesti ja prosentuaalisesti. Lisäksi aineistojen korrelaatiota on tutkittu korrelaatiokertoimen avulla. Tuloksista ilmenee, että aineistojen välillä on eroavaisuuksia. Lisäksi kävi selville aineistojen välinen korrelaatiota useimpien puutavaralajien kohdalla, mikä ilmaisee tilastollisesti voimakasta riippuvuutta. Tuloksista ilmenee myös vähäinen tilastollinen riippuvuus erityisesti koivutukkiaineistojen välillä.

Opinnäytetyön tulokset osoittavat, ettei laserkeilatun metsävaratiedon perusteella voi laatia tila-arvioita ilman perusteellisia jatkotutkimuksia. Jatkotutkimuksissa olisi perehdyttävä tarkemmin aineistoissa ilmenneisiin eroihin sekä niiden mahdollisiin syihin. Lisäksi jatkotutkimuksissa tulisi ottaa huomioon vertailupohja-aineiston laatimiseen liittyvät inhimilliset virheet.

Kieli  
suomi

Sivuja 33  
Liitteet 1  
Liitesivumäärä 1

Asiasanat  
Metsänhoitoyhdistys, tila-arvio, laserkeilaus



**THESIS**  
**May 2017**  
**Degree Programme in Forestry**

Karjalankatu 3  
FI 80200 JOENSUU  
FINLAND  
Tel. (013) 620 600

Author  
Perttu Pesonen

Title  
Accuracy of Lidar Data in Forest Estate Valuation

Commissioned by  
Forest Management Association of Pohjois-Karjala

Abstract

The value of a forest is usually determined with estimation by compartments. Remote sensing is a new way of collecting information from woodlands by using laser scanning. Remote sensing will possibly replace estimations by compartments if its accuracy rate is verified to be sufficient.

This study will evaluate the accuracy of laser scanned material. The study is a comparison of two forest reserve materials. The comparison material is collected with laser scanning method, and the basic material with estimation by compartments. The purpose of this study was to solve out if the laser scanning method is accurate enough to be used in making a woodland estimation.

The differences of the materials were searched in each timber assortments, and the differences were shown in per cent and numerally. The differences were also searched with correlation coefficient. The results showed that there are differences between the materials. Moreover, this study found out a strong correlation between most of the timber assortments, which shows a strong dependency.

The results also showed a little dependency between the birch log materials. The results of this thesis showed that laser scanned forest reserves material cannot be used to make a woodland estimation without a proper further study. Further studies should concern the differences showed in this study. Further studies should also notice the human mistakes in the basic material.

Language

Finnish

Pages 33

Appendices 1

Pages of Appendices 1

Keywords

Forest management association, woodland estimation, laser scanning

## Sisältö

1	Johdanto .....	5
2	Metsän arvon määrittäminen.....	6
2.1	Metsäkiinteistön arviointi.....	6
2.1.1	Kuviottainen arviointi.....	7
2.1.2	Laserkeilaus.....	7
2.2	Metsänarviointimenetelmät .....	9
2.2.1	Summa-arvomenetelmä .....	10
2.2.2	Kauppa-arvomenetelmä .....	11
2.2.3	Tuottoarvomenetelmä .....	12
3	Opinnäytetyön tarkoitus .....	13
4	Opinnäytetyön menetelmälliset valinnat.....	13
4.1	Menetelmälliset valinnat .....	14
4.2	Aineistojen esittely ja otanta .....	15
5	Tulokset ja niiden tarkastelu .....	16
5.1	Puutavaralajien tilavuuksien eroavaisuudet aineistojen välillä .....	16
5.2	Tilojen arvojen eroavaisuudet aineistojen välillä .....	19
6	Menetelmien välinen korrelaatio puutavaralajeittain .....	20
6.1	Mäntytukki.....	21
6.2	Kuusitukki .....	22
6.3	Koivutukki .....	23
6.4	Mäntykuitu .....	25
6.5	Kuusikuitu .....	26
6.6	Koivukuitu .....	27
6.7	Puutavaralajien regressiotunnusluvut .....	29
7	Pohdinta.....	29
	Lähteet.....	33

### Liitteet

Liite1      Vertailutaulukkopohja

## 1 Johdanto

Opinnäytetyöni toimeksiantaja on Pohjois-Karjalan Metsänhoitoyhdistys. Tutkimuksessani selvitän laserkeilausaineiston perusteella tehdyn tila-arvion luotettavuutta metsätilojen arvioinnissa. Aihe on ajankohtainen, koska laserkeilausmenetelmä on metsätaloudessa uusi. Tutkimukseni tuloksista ovat kiinnostuneet myös muut alan tahot. Tutkimukseni tavoitteena on saada Metsänhoitoyhdistykselle uutta tietoa laserkeilausaineiston varmuudesta ja sen käytettävyydestä metsänarvioita tehdessä.

Tutkimuksessani vertaan laserkeilausaineistoon ja perinteiseen maastomittaukseen perustuvia tila-arvioita toisiinsa. Tarkastelen tilojen puustojen tilavuuksia kuutiometreinä. Kuutiometrit valikoituivat tarkemman analyysin kohteeksi, koska ne ovat metsätilan hintaan merkittävimmin vaikuttava mittari. Kuutiometrejä tarkastellessa käy ilmi, poikkeako laserkeilausaineistolla metsätalalle saatava hinta merkittävästi maastomittauksilla saadusta hinnasta, vaikka laserkeilausmenetelmä ei laske taimikoille arvoa.

Työni tarkoitus on selvittää voiko laserkeilauksella tehtyä metsävaratietoa käyttää perinteisesti tehdyn metsänmittauksen sijasta. Työni sisältää eri tila-arviomenetelmien teoriaosiot sekä kahden menetelmän välisen vertailun. Vertailun päätteeksi teen johtopäätöksen siitä, onko laserkeilattu metsävaratieto menetelmänä riittävän tarkka otettavaksi perinteisen menetelmän rinnalle tai sitä korvaamaan.

Laserkeilausaineistoa on tutkittu ja sen tarkkuuksia on selvitetty aikaisemmin Metsäkeskuksella. Siellä on tehty laatuselosteita laserkeilausaineistoista, joissa on tutkittu laserkeilausaineiston tarkkuuksia metsävaratiedon keräämisessä. Käytän Metsäkeskuksen laatuselosteita johtopäätöksiä tehdessäni, joten voin peilata omia vertailutuloksiani Metsäkeskuksen saamiin tuloksiin.

## 2 Metsän arvon määrittäminen

Opinnäytetyöni perustuu kahteen tapaan kerätä metsävaratietoa sekä arvioida metsäkiinteistö. Nämä tavat ovat maastomittaus sekä kaukokartoitus, tarkemmin keskityn laserkeilaukseen. Lisäksi käsittelem opinnäytetyössäni kolmea erilaista tapaa tuottaa tila-arvio. Nämä tavat ovat summa-arvomenetelmä, kauppa-arvomenetelmä sekä tuotto-arvomenetelmä.

### 2.1 Metsäkiinteistön arviointi

Metsäkiinteistön arviointi on tärkeää erityisesti kiinteistön omistuksen muuttuessa. Metsäkiinteistön arvo tarvitaan, jos kiinteistö halutaan antaa vakuudeksi, lahjoittaa, luovuttaa sukulaiselle, tehdä kiinteistölle sukupolvenvaihdos, tehdä maanvaihdos, jakaa tila, yhdistää tila tai purkaa yhteisomistus (Aldén & Hannelius 2002, 373). Luotettavan metsäarvion tekemiseksi tarvitaan käytännön kokemuksen lisäksi arvonnäytelmien teoretietojen tuntemusta. Metsäarvion tekee yksityiselle maanomistajalle yleisimmin metsänhoitoyhdistys, metsäkeskus, kiinteistöalan yritykset ja kiinteistövälittäjät (Aldén & Hannelius 2002, 374).

Metsän arvon määrittämiseksi voidaan käyttää erilaisia menetelmiä. Metsävaratietoa voidaan tuottaa kuvioittasilla arvioinneilla tehden maastomittauksia tai kaukokartoitusperusteisesti. Maastomittauksissa mitataan käsin kuvioilta tarvittavat tiedot, jotka muutetaan metsävaratiedoksi. Kaukokartoitusperustainen metsävaratieto on mitattu esimerkiksi laserkeilaamalla ja ilmakuvilla. (Metsäkeskus 2016a, 4-5.)

Mittauksien jälkeen metsävaratieto analysoidaan ja tila-arvio tuotetaan valitun menetelmän avulla. Laserkeilattua metsävaratietoa käytetään samalla tavalla arviointimenetelmissä kuin maastomittauksilla saatuakin. Yleisin ja käytetyin

menetelmä on summa-arvomenetelmä. Tämän jälkeen käytetyimmät ovat kauppa-arvo, tuottoarvo- sekä kustannusarvomenetelmä. (Aldén & Hannelius 2002, 374.)

### **2.1.1 Kuviottainen arviointi**

Metsävaratietoa on perinteisesti kerätty maastotyönä. Metsävaratieto kerätään kuvioittaisena arviointina, jossa arviointiyksikkönä on metsikkökuvio. Metsikkökuviolla tarkoitetaan Suomen Metsäkeskuksen metsävaratiedon laatuselosteen (2016, 4) mukaan subjektiivisesti rajattua yhtenäistä metsäaluetta, jossa puuston sekä kasvupaikan ominaisuudet ja metsänhoidollinen toimenpidetarve ovat yhtenäiset. Kuvioiden rajaus suoritetaan ilmakuvien sekä peruskarttojen avulla, mutta sitä on syytä tarkentaa maastossa. Normaalisti metsikkökuvion koko on noin 1-3 hehtaaria, kuitenkin minimissään 0,5 hehtaaria. Metsälain 10 §:n kohteet erotetaan omiksi kuvioiksi pinta-alostaan riippumatta. Metsikkökuvioista kerätään tietoa pinta-alan lisäksi kokonaispuuston pohjapinta-alasta, keskiläpimitoista, keskipitudesta sekä keskitilavuuksista. (Metsäkeskus 2016a, 4.)

Toimeksiantajani Metsänhoitoyhdistys tekee tila-arvioita maastossa tehtävien maastomittauksien perusteella. Metsänhoitoyhdistys ottaa tila-arvioissa huomioon alueen maapohjan, taimikot, puuston määrän puutavaralajeittain sekä hakkuumahdollisuudet. Tilan arvoon vaikuttavat merkittävästi myös yleinen markkinatilanne sekä taloudelliset arvot. (Metsänhoitoyhdistysten Palvelu MHYP Oy, Metsänhoitoyhdistykset, 2017.)

### **2.1.2 Laserkeilaus**

Laserkeilaus on uusin metsänmittauksen menetelmä, joka tulee mahdollisesti korvaamaan maastossa käsin tehdyt metsänmittaukset. Laserkeilauksella saadaan selville lähes samat tiedot, kun metsätalousinsinöörin maastomittauksilla. Laserkeilaus on nykyaikainen ja aikatehokas tapa mitata metsää.

Laserkeilauksen yleistyessä metsäarvioiden tekeminen nopeutuu huomattavasti ja tulee olemaan kustannustehokkaampaa. Laserkeilausaineisto voidaan siirtää automaattisesti Silva-ohjelmaan kaukokartoituksen jälkeen.

Laserkeilaus suoritetaan lentokoneesta käsin noin kahden kilometrin korkeudella. Laserkeilaus hyödyntää laserpulsseja, joita lähetetään mitattavaan kohteeseen. Impulssit heijastuvat takaisin lentokoneessa sijaitsevaan vastaanottimeen. Heijastuksista saadaan tarkkaa kolmiulotteista kuvaa maanpinnasta. Lisäksi vastaanotin rekisteröi tarkkaa paikannustietoa GPS-laitteistolla. Laserkeilauksella saadaan selville tasosijainti sekä korkeus. (Maanmittauslaitos 2017.)

Suomessa inventoidaan vuosittain noin 1,5 miljoonaa hehtaaria yksityismetsiä. Nämä metsät koostuvat 10-20 eri alueesta ympäri Suomea. Inventoidulla alueella on 600-800 referenssikoealaa. Nämä referenssikoealat antavat kattavaa tietoa erilaisista kasvupaikoista, puulajeista, puuston koosta sekä tiheydestä. (Metsäkeskus 2016a, 5.)

Kattavan metsävaratiedon saamiseen tarvitaan laserkeilauksen lisäksi ilmakuvausta, referenssikoealojen mittauksia ja tilastollisia menetelmiä. Laserkeilatun alueen puustotulkinta tehdään referenssikoealan mittauksilla. Referenssikoeala on ympyräkoeala, josta mitataan tarkasti kaikki merkittävä puusto ja ympyräkoealan säde on yhdeksän metriä. Taimikoiden mittaukseen käytetään pienempiä alikoealoja. Erittäin harvapuustoisissa metsissä käytetään koealaa, jonka säde on 12,62 metriä, jotta metsän puustosta saadaan riittävän kattavaa tietoa. Referenssikoealan keskipiste on paikannettava mielellään puolen metrin, mutta vähintään metrin tarkkuudella. Referenssikoealan mittaukset tehdään maastossa käsin. Referenssikoealalle on haettava täydennykseksi sen lokalisatiota vastaavat laser- ja ilmakuvapiirteet. (Metsäkeskus 2016a, 5-6.)

Koealamittauksien ja laser- ja ilmakuvapiirteiden perusteella tehdään tilastolliset laskentamallit eri puustotunnuksille. Puustotunnukset lasketaan erikseen kokonaispuustolle ja erikseen puulajeittain männylle, kuuselle sekä lehtipuulle. Puustotulkinnassa inventointiyksikkönä käytetään 16x16 metrin hilaruutua, joka



vastaa maastossa mitattua referenssikoealaa. Puustotulkinnan jälkeen metsikökuviokohtaiset tiedot yleistetään puustotulkintahilalta kullekin kuviolle osuvien hilaruutujen puustotietojen summa- ja keskitunnuksina. (Metsäkeskus 2016a, 5.)

Kuvioille, joita ei pystytä riittävän luotettavasti kaukokartoittamaan, tehdään kuviointaisia maastoinventointeja. Näitä ovat ensisijaisesti uudistusalat, taimikot ja puustoltaan erityisen epätasaiset kuviot. Erilaisia tietolähteitä pyritään yhdistelemään mahdollisuuksien mukaan, ja kuville joiden puustotiedot ja toimenpiteet voidaan näin laatukriteerien rajoissa tulkita, ei tehdä maastoinventointeja. (Metsäkeskus 2016a, 6.)

Hyödynnettäviä tietolähteitä ovat metsänkäyttöilmoitukset ja kestävän metsän rahoitushankkeiden toteutustiedot, käytettävissä olevat metsäsuunnittelutieto, metsänomistajilta tai toimijoilta saatavat tiedot sekä metsäneuvojen paikallistuntemus. Kuviotietojen täydentämisessä käytetään kuitenkin ensisijaisesti metsävaratietojärjestelmän laskentasovellusta. (Metsäkeskus 2016a, 9.)

Laserkeilauksella pyritään päivittämään koko Suomen metsävaratietoja. Metsävaratietoja päivitetään, vaikka tilat eivät olisi edes myynnissä. Suomessa kaukokartoituksella metsävaratietoa kerää Metsäkeskus. Kaukokartoitukseen kuuluu laserkeilaus, ilmakuvaus, koealamittaukset sekä kohdennetut maastoinventoinnit. Metsävaratietoa on kerätty vuodesta 2010 asti ja tavoitteena on saada koko Suomen kattava inventointi valmiiksi vuonna 2020. Kokonaan kaukokartoitusperustaiseen inventointiin on siirrytty jo vuonna 2011. Kerätyt metsävaratiedot ovat ensisijaisesti maanomistajien käytettävissä, mutta myös metsäalan toimijat voivat hyödyntää tietoja maanomistajien luvalla. (Metsäkeskus 2016a, 3.)

## **2.2 Metsänarviointimenetelmät**

Tila-arvioita voidaan tehdä useilla eri tavoilla, joista yleisimmin käytetty on summa-arvomenetelmä. Lisäksi käytössä on muun muassa kauppa-arvomenetelmä sekä tuottoarvomenetelmä. Käytän tutkimuksessani summa-ar-

vomenetelmää tila-arvioiden laatimisessa, koska vertailuaineistoni on jo sen perusteella tehty. Toimeksiantajani Metsänhoitoyhdistys käyttää tila-arvioiden tekemiseen yleisesti ainoastaan summa-arvomenetelmää sen loogisuuden vuoksi.

Alla esittelen jokaisen menetelmän periaatteet, mutta keskityn erityisesti summa-arvomenetelmään, koska se on työni kannalta tähdellisin. Pidän tarpeellisena esitellä myös kauppa-arvomenetelmän sekä tuottoarvomenetelmän, koska niiden periaatteiden ymmärtäminen on merkityksellistä metsävaratiedon laadun analysoinnin kannalta.

### **2.2.1 Summa-arvomenetelmä**

Teen tila-arviot vertailua varten summa-arvomenetelmällä, koska toimeksiantajani Metsänhoitoyhdistys käyttää tällä hetkellä kyseistä menetelmää metsäarvioiden tekemisessä. Työni tarkoituksena on arvioida laserkeilausmenetelmällä saatavia puustotietojen hyödynnettävyyttä summa-arvomenetelmässä.

Summa-arvomenetelmä on metsän arvonmäärityksessä eniten käytetty metodi. Summa-arvomenetelmä on tuottoarvomenetelmän eräs sovellus, joka on periaatteiltaan selkeä ja näin ollen koettu helppokäyttöiseksi. Summa-arvomenetelmällä metsän arvo määritetään sen erillisarvojen summana, johon tehdään sitten korjauksia kokonaisuusarvon korjauksella. (Aldén & Hannelius 2002, 374.)

Erillisarvot tarkoittavat maan arvoa, taimikon arvoa, puuston odotusarvoa sekä hakkuuarvoa. Näistä erilleen määritetyistä arvoista lasketaan summa-arvo, johon tehdään kokonaisarvon korjaus. Korjauksen jälkeen tiedossa on arvio koko metsätilan arvosta. Summa-arvomenetelmän heikkous liittyy kokonaisarvokorjaukseen. (Aldén & Hannelius 2002, 375.)

Summa-arvomenetelmä on periaatteiltaan selkeä arvottamismenetelmä, koska erillisarvoja on laskettu ohjearvoiksi tuottoarvomenetelmällä. Menetelmän etuja ovat sen helppokäyttöisyys ja selkeys. Menetelmä on käytettävissä myös silloin, kun kohteelle ei ole saatavilla vertailukelpoisia kauppahintatilastoja. Aputaulukoista käy ilmi paljaan maan arvo, kasvupaikka- ja puulajikohtaisten taimikoiden arvo sekä odotusarvot eri-ikäisille kasvatusmetsille. (Aldén & Hannelius 2002, 374-375.)

## **2.2.2 Kauppa-arvomenetelmä**

Kauppa-arvomenetelmällä metsän arvo määritetään vertailukelpoisten toteutuneiden metsätilakauppojen perusteella. Metsätilan arvo määritetään sellaisen metsäkiinteistön arvon perusteella, joka vastaa myytäväksi tulevaa tilan arvoa. Kauppa-arvomenetelmän heikkous on mahdollisten vertailukelpoisten kauppojen vähyyys. Parhaiten kauppa-arvomenetelmä toimii sellaisten tilojen kohdalla, joille löytyy paljon vertailuaineistoa. Maanmittauslaitoksen kauppahintarekisteriä käytetään kauppa-arvomenetelmän tiedonlähteenä. Rekisteriin on merkitty kaikki toteutuneiden kauppojen hinnat. (Paananen, Uotila, Liljeroos & Tilli 2009, 31-32.)

Kauppa-arvomenetelmässä huomioidaan erityisesti tilan sijainti, kokoluokka, metsävaratunnukset, käyttötarkoitus, kaupan ajankohta sekä kaupan edustavuus. Vertailukelpoisen kaupan tulisi sijaita mahdollisimman lähellä arvioitavaa tilaa, siitä ei saa olla kulunut montaa vuotta ja kiinteistön tulee olla samankokoinen kuin myytäväksi tuleva tila. Vertailukelpoisen kaupan tulee olla tapahtunut vuoden sisällä, jotta sitä voidaan käyttää käsittelemättä uuden kaupan vertailuaineistona. Näiden kriteerien lisäksi vertailukelpoinen kauppa ei saa olla sukulaiskauppa, eli kaupan tulee olla edustava. (Paananen, Uotila, Liljeroos & Tilli 2009, 32.)

Metsämaasta käytäviä kiinteistökauppoja käydään vuositasolla kunnan alueella kauppa-arvomenetelmää hyödyntäen todella vähän. Tämän vuoksi menetelmässä joudutaan käyttämään useamman kunnan alueella tapahtuneita kauppätietoja mahdollisimman vertailukelpoisten kauppojen löytämiseksi. Kauppa-arvomenetelmälle ei ole vakiintunut yhtenäistä arviointitapaa metsätilojen arvioinneissa, joten se toimii lähinnä muiden menetelmien rinnalla taustavaikuttajana. Tietoa tila-arvioista sekä toteutuneista kaupoista hyödynnetään seuraavien tila-arvioiden tekemisessä. (Paananen ym. 2009, 33.)

### **2.2.3 Tuottoarvomenetelmä**

Tuottoarvomenetelmällä tehty arvon määrittäminen perustuu odotettavissa olevien tuottojen arvoon. Odotettavissa olevat tuotot arvioidaan tuottojen ja kustannusten nykyarvojen erotuksena eli nettotuottojen nykyarvona. Tuottoarvomenetelmä perustuu metsän kasvun ja tuotoksen ennustamiseen. Tähän liittyy vahvasti oletus metsän kasvattaminen kestävästi ja taloudellisesti sekä tuotosten käyttäminen metsätalouteen. Tuottoaron laskemiseen saadaan apua ajan tasalla olevat metsäsuunnitelmat, joista voidaan arvioida kyseisen metsän tuloja ja menoja. (Paananen ym. 2009, 36).

Tuottoarvomenetelmää on yleisimmin käytetty suurien metsäalueiden arvioimisessa, koska menetelmällä saadaan luotettava käsitys metsän arvosta, jos alueen kehitysluokkarakenne on tasainen. Tasaisen kehitysluokkarakenteen omaavalla metsäalueella tulot ja menot pysyvät todennäköisimmin melko tasaisina ja niiden ennustaminen on helpompaa. (Paananen ym. 2009, 42-43.)

Menetelmää voi käyttää myös pienemmille metsätiloille. Tällaisissa tapauksissa markkinoilta johdetulla korkotasolla voidaan arvioida metsän käypää arvoa, joka vaatii asiantuntevaa markkinatilanteen sekä kauppahintojen tarkastelua. Tuottoarvomenetelmän heikkous on hankaluus arvioida tulot ja menot tulevaisuudessa

sekä määrittää oikea laskentakorko. Menetelmä on käyttökelpoisiin erityisarvojen määrittämisessä esimerkiksi soralle tai turpeelle. (Paananen ym. 2009, 36-38.)

### **3 Opinnäytetyön tarkoitus**

Tutkimuksessani teen kahden aineiston vertailun, johon en anna ennakkokäsitysten vaikuttaa. Tutkimuksen tuloksesta näkee aineistojen mahdollisen yhtäläisyyden sekä laserkeilauksella kerättyjen metsävaratietojen sovellettavuuden tila-arvioiden tekemiseen. Mikäli aineistot eroavat toisistaan merkittävästi, voi tutkimustulosteni perusteella mahdollisesti kehittää kertoimen, jolla eroa voi korjata. Kertoimen kehittäminen onnistuu, mikäli ero on systemaattinen sekä toistuu samanlaisena kaikissa tila-arvioissa.

Mikäli tutkimukseni osoittaa laserkeilausaineiston olevan pätevä tila-arvioita tehdessä, voi tutkimukseni tietyiltä osin vähentää maastotöitä puuston arvioimisessa ja kuvioimisessa. Työni rajautuu tiettyyn otokseen tila-arvioita, joka määräytyy systemaattisella otannalla Metsänhoitoyhdistyksen tietokannasta. Otokseeni tuli valituksi 35 tilaa, jotka ovat kaikki vuodelta 2016.

Tuloksista odotettavia tietoja ei minulla ole, mutta toimeksiantajallani voi olla odotuksia ja suunnitelmia tulevasta tuloksista. Tutkimukseni hypoteesi on, että laserkeilattua metsävaratietoa voi hyödyntää metsäarviossa, jolloin se tuo uuden menetelmän, jota voi käyttää vertailevana menetelmänä tai jopa päämenetelmänä arvioiden laadinnassa. Aion tarkastella Metsäkeskuksen saamia metsävaratiedon tarkkuuksia omiini tuloksiin. Mainitsen johtopäätöksissä, erosivatko minun ja Metsäkeskuksen saamat tulokset toisistaan.

### **4 Opinnäytetyön menetelmälliset valinnat**

Tutkimukseni menetelmäksi valikoitui määrällinen eli kvantitatiivinen tutkimus. Tutkimusmenetelmän valinta oli melko yksiselitteinen, koska aineistoni on numeerisessa muodossa tietokoneella. Lisäksi vertailuaineistoni on helposti muunneltavissa samaan muotoon kuin vertailupohjana käyttämäni aineisto. Lisäksi tässä tutkimuksessa vaaditaan hypoteesin todentamiseen määrällistä tutkimusta. Perusteluja tieteellisen tutkimuksen menetelmäsuuntauksesta on, että kohteen kuvaaminen ja tulkitseminen tapahtuvat numeroiden ja tilastojen avulla. (Karjalainen 2015, 15,19.)

Johtopäätösten tekeminen tutkimuksestani vaatii aineistojen numeerista tarkastelua sekä mahdollisten erojen systemaattista toteamista. Lisäksi tutkimuksessani olisi hyödyllistä selvittää mahdollisten erojen toistuvuus sekä tarkentaa niiden systemaattisuutta. Mikäli erot ovat jatkuvia ja selvästi samankaltaisia läpi aineiston, voin tutkimukseni perusteella pyrkiä kehittämään korjauskeertoimen, jonka avulla laserkeilausaineistoa voitaisiin käyttää tila-arvioiden tekemisessä.

#### **4.1 Menetelmälliset valinnat**

Tutkimukseni perustuu laserkeilaukseen sekä maastomittauksiin pohjautuvien tila-arvioiden vertailuun. Tutkimustani varten tein lasereilausaineistosta tila-arviot toimeksiantajani tietokannassa Silva-ohjelmassa. Maastomittauksiin perustuvat tila-arviot olivat valmiina. Näin ollen minulla oli samoista tiloista sekä maastomittauksiin että laserkeilausaineistoon perustuvat tila-arviot.

Käsittelin tila-arviot Excel-ohjelmaan luomassani taulukkopohjassa syöttämällä siihen tarvittavat tiedot molempiin menetelmiin perustuvista tila-arvioista (liite 1). Eroavaisuuksia tarkastelen prosentuaalisesti puutavaralajeittain. Tarkastelen eroavaisuuksia systemaattisesti ja oletan yleisesti maastomittaukseen perustuvan tila-arvion olevan luotettava. Vertailusta käy ilmi laserkeilausmenetelmän luotettavuuden lisäksi tilan koon sekä puulajisuhteen merkitys laserkeilausmenetelmään perustuvassa tila-arviossa.

Vertailen aineistojen välisiä yhtäläisyyksiä sekä eroavaisuuksia korrelaatiokerrointa hyödyntäen Korrelaatiokerroin kuvaa yksinkertaisesti suoraviivaista riippuvuutta ja sen voimakkuutta. Korrelaatiokerroin voi saada arvon väliltä -1 ja 1. Kerroimen ollessa -1, kyseessä on täydellinen negatiivinen korrelaatio, kun taas kertoimen ollessa 1, kyseessä on täydellinen positiivinen korrelaatio. Korrelaatiokerroimen avulla riippuvuuden voimakkuutta arvioidaan seuraavasti:

0,8 ≥ voimakas riippuvuus

0,4–0,8 kohtalainen riippuvuus

0,4 ≤ ei riippuvuutta. (Kananen 2011, 109-110.)

## 4.2 Aineistojen esittely ja otanta

Aineistot käyttöni luovutti Pohjois-Karjalan Metsänhoitoyhdistys. Heidän työntekijöidensä tekemät tila-arviot toimivat vertailupohjana tutkimuksessani. Tutkimukseeni valikoituneet tila-arviot määräytyivät siten, että valitsin lähtökohteisesti yli kymmenen hehtaarin kokoisia tiloja, jotka sijoittuivat Metsänhoitoyhdistys Pohjois-Karjalan kaukokartoitusinventointialueelle vuonna 2016. Tila-arvioita analyysiäni varten valittiin 35 kappaletta. Tila-arviot valittiin systemaattisella otannalla. Nämä tila-arviot ovat valmiita aineistoja ja tutkimuksessani oletan näiden tila-arvioiden olevan luotettavia. Vertailen näitä aineistoja laserkeilausaineistoon pohjautuviin tila-arvioihin, jotka tein itse laserkeilauksella tuotettuun metsävaratietoon perustuen.

Laserkeilausaineistoon pohjautuva tila-arvio poikkeaa vertailuaineistosta siten, että siinä käytän laserkeilattuja metsävaratietoja puustotietoina enkä ota taimikoita näissä tila-arvioissa huomioon. Taimikot jäävät huomioimatta, koska laserkeilauksella tuotettu metsävaratieto ei huomio taimikoita. Laserkeilausaineistoilla tehtävässä tila-arvioissa keskitytään vain metsävaratietoon. Taimikoiden jättäminen ulos laserkeilausaineistojen tila-arvioista oli toimeksiantajani toivomus. Tämän päätöksen myötä tutkimustuloksistani voidaan tehdä päätelmiä siitä, kuinka taimikoiden osuus vaikuttaa tila-arvioihin.

## 5 Tulokset ja niiden tarkastelu

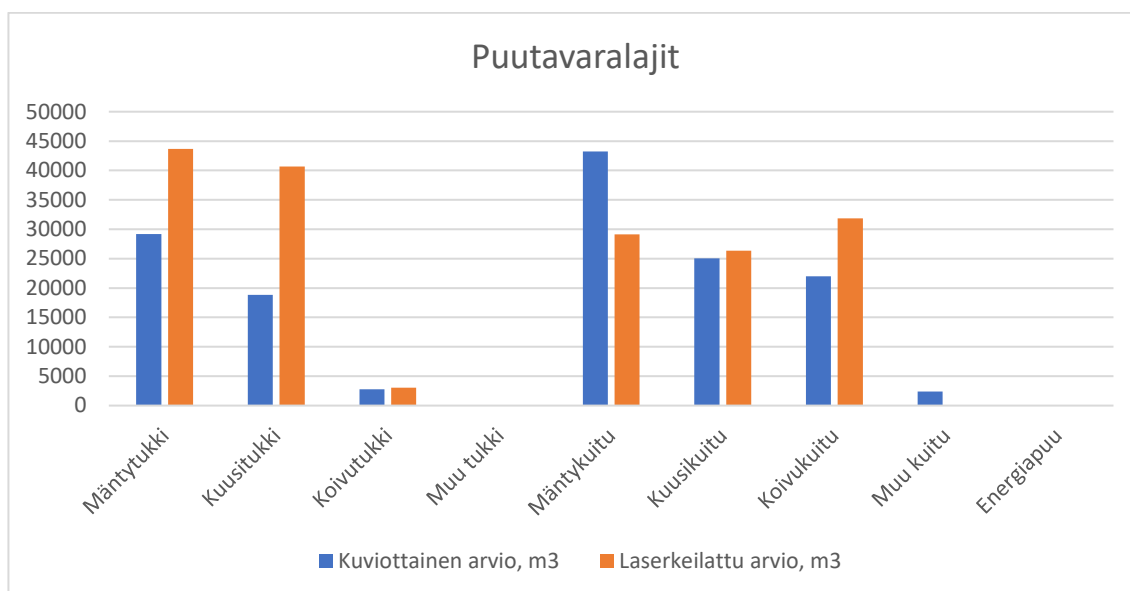
### 5.1 Puutavaralajien tilavuuksien eroavaisuudet aineistojen välillä

Aineistojen käsittelyn jälkeen kokosin puutavaralajien yhteenlasketut tilavuudet samaan taulukkoon, jotta voin havainnollisesti tutkia eri menetelmien antamien tulosten yhtäläisyyttä. Alla olevassa taulukossa 1 on esitettynä ainespuittain sekä kuvioittaisella arvioinnilla saadut kuutioittaiset tilavuudet että laserkeilatusta aineistosta saadut tilavuudet. Menetelmien välisten eroavaisuuksien havainnollistamiseksi olen esittänyt erot myös prosentuaalisesti siten, että prosentuaalinen ero on esitetty suhteessa kuvioittaisen arvioinnin tulokseen. Lisäksi samat tiedot on esitetty kuviossa 1, josta menetelmien väliset eroavaisuudet on helppo erottaa.

Taulukko 1. Prosentuaalinen ero kaikkien tilojen yhteenlasketulla summalla kuutioittaisen arvion ja laserkeilatun arvion välillä.

Ainespuu	Kuvio/m <sup>3</sup>	Laser/m <sup>3</sup>	Ero, %
Mäntytukki	29 196	43 680	50 %
Kuusitukki	18 861	40 661	116 %
Koivutukki	2 798	3 040	9 %
Muu tukki	57	24	-58 %
Mäntykuitu	43 244	29 124	-33 %
Kuusikuitu	25 046	26 363	5 %
Koivukuitu	21 991	31 852	45 %
Muu kuitu	2 390	69	-97 %
Energiapuu	0	0	0 %





Kuvio. 1 Puutavaralajien väliset erot.

Taulukossa 1 on laskettuna koko aineiston summa kullekin puulajille puutavaralajeittain. Mäntytukin ero on 50 % kuviottaiseen arvioon nähden ja mäntykuidun ero on -33 %. Kuusitukin ero kuviottaiseen arvioon nähden oli 107 %. Kuusitukkia on myös muissa laserkeilatussa arviossa selvästi kuviottaista arviota enemmän, mutta kuusikuidun keskiarvo menee taas todella lähelle kuviottaista arviota eron ollessa 5 %.

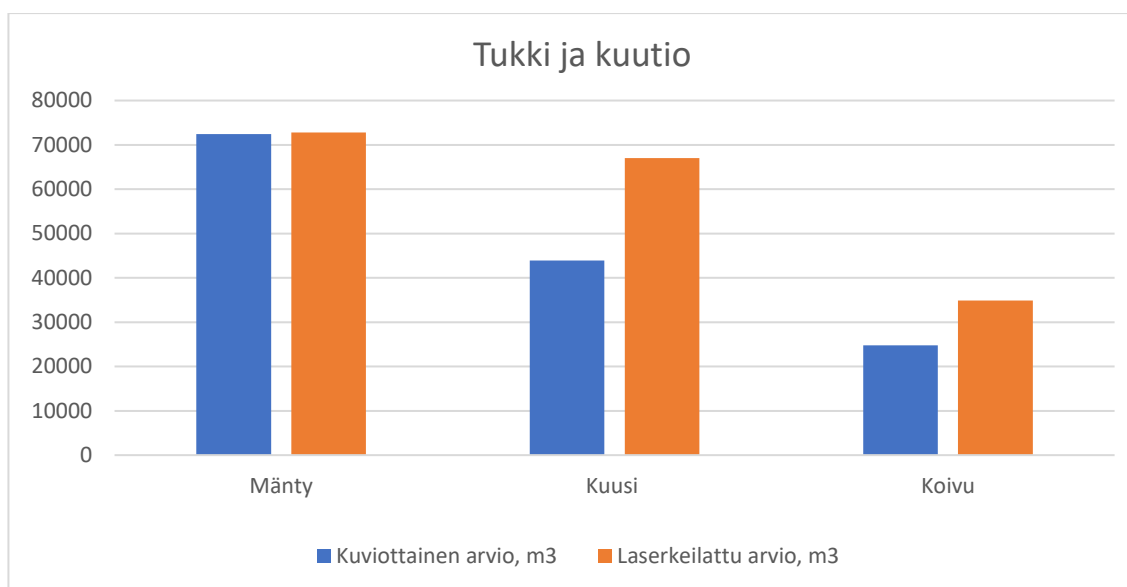
Koivutukin ero on 9 % ja koivukuidun ero 45 % kuviottaisen arvioon nähden. Muun tukin -58 % ja kuidun -97 % prosentuaalinen ero johtuu siitä että kuviottaisessa arvioinnissa sitä on ollut arviossa ja laserkeilatussa tila-arviossa ei ole ollut. Kahdessa eri laserkeilatulla metsävaratiedolla tehdyssä tila-arviossa saimme arviossa 24 m<sup>3</sup> muuta tukkia ja toisessa muuta kuitua 69 m<sup>3</sup> vaikka näissä olisi pitänyt arvot olla 0 m<sup>3</sup> jolloin prosentuaalinen ero keskiarvolla olisi ollut tarkoituksella -100 %. Puutavaralajien välillä oli suuria eroavaisuuksia tarkkuuksissa, mutta kaikki virheet korjaavat toisiaan siten, että ainespuun kokonaistilavuus menetelmien välillä on 22 %.

Tutkimuksessani halusin puutavaralajeittaisen erottelu lisäksi havainnollistaa menetelmien välisiä eroavaisuuksia puulajeittaisella tarkastelulla. Seuraavassa taulukossa 2 olen laskenut puulajeittain tukkikuutiot sekä kuitukuutiot yhteen, jotta voimme tarkemmin nähdä sen, havaitseeko laserkeilausmenetelmä tukit ja kuidut

eri tavoin kuin kuvioittainen menetelmä. Lisäksi seuraavan tarkastelun avulla on helpompi havainnoida menetelmien välisten välttämättömien eroavaisuuksien merkityksiä lopullisessa tila-arviossa. Samaa asiaa olen havainnollistanut kuviossa 2 graafisesti.

Taulukko 2. Prosentuaalinen ero kuvioittaisen arvion ja laserkeilatun arvion yhteenlaskettujen kuutiometrien välillä.

Puulaji	Yhteensä tiloilla Kuvio/m <sup>3</sup>	Yhteensä tiloilla Laser/m <sup>3</sup>	Ero, %
Mänty	72 440	72 804	1 %
Kuusi	43 907	67 024	53 %
Koivu	24 789	34 892	41 %
<b>Ainespuuta yhteensä</b>	<b>141 136</b>	<b>174 720</b>	<b>24 %</b>



Kuvio 2. Kuvioittaisen arvion ja laserkeilatun arvion yhteenlaskettujen kuutiometriä väliset eroavaisuudet.

Kuviossa 2 on tukit ja kuidut laskettuna yhteen molempien menetelmien perusteella. Yhteenlaskettuja summia on verrattu toisiinsa, jolloin männyn osalta eroa syntyi vain 1 %. Tästä voidaan päätellä, että laserkeilaamalla ei ole saatu tukkeja ja kuituja eroteltua toisistaan.

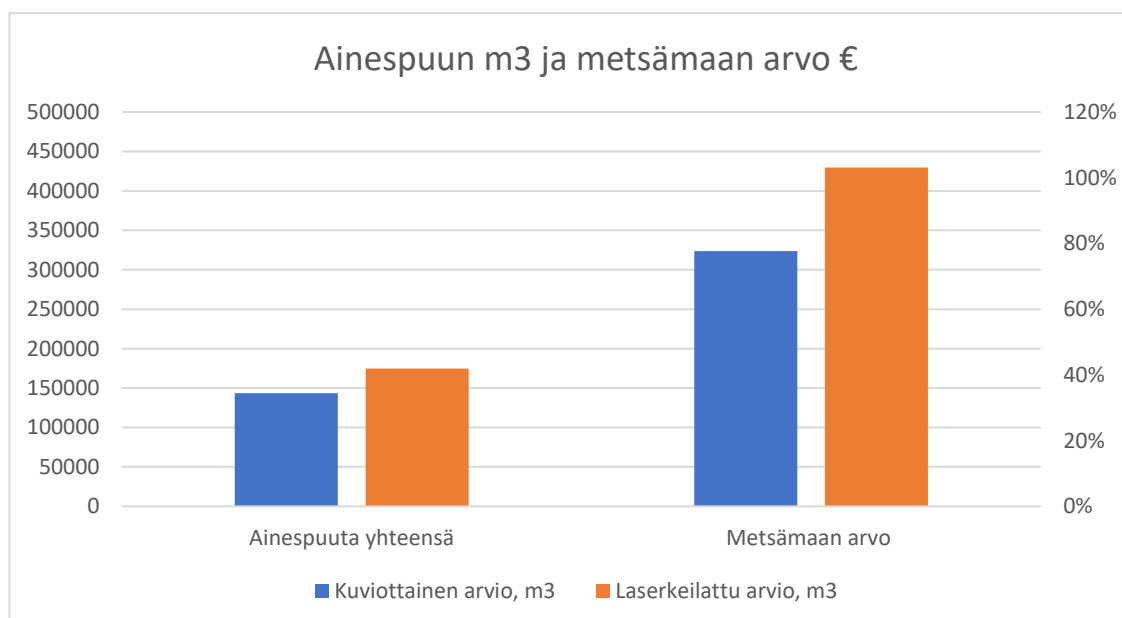
Kuusen ero menetelmien välillä oli 53 % ja koivun 41 % joissa molemmissa on selvää yliarviota laserkeilaus menetelmän osalta.

## 5.2 Tilojen arvojen eroavaisuudet aineistojen välillä

Menetelmien välisten eroavaisuuksien vuoksi myös tilojen väliset lasketut arvot poikkeavat toisistaan niin puuston kuin metsämaankin arvon kohdalla. Eroavaisuudet heijastuvat myös käypään arvoon. Alla olen tarkastellut arvojen eroavaisuuksia eri mittareiden avulla.

Taulukko 3. Prosentuaalinen ero kaikkien tilojen yhteenlasketulla summalla kuviottaisen arvion ja laserkeilatun arvion välillä.

	Kuvio	Laser	Ero, %
<b>Ainespuuta yhteensä, m3</b>	143 583	174 813	22 %
<b>Puuston arvo, €</b>	4 638 527	5 359 022	16 %
<b>Metsämaan arvo, €</b>	323 657	429 468	33 %
<b>Käypä arvo, €</b>	4 040 462	4 396 067	9 %

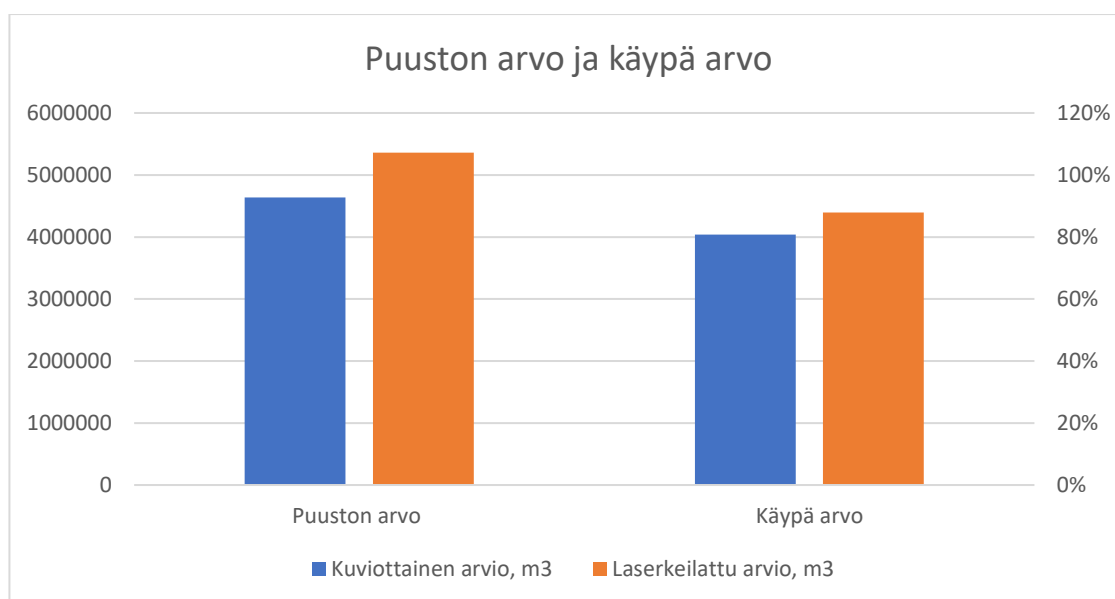


Kuvio 3. Ainespuun määrän ja metsämaan arvon prosentuaaliset erot.

Ainespuunpuun keskiarvo eri menetelmien välillä eroaa siten, että laserkeilattu menetelmä antaa 22 % enemmän ainespuuta kuviottaiseen arviontiin nähden. Ainespuiden välillä, niitä lajeittain tarkastellessa, oli runsaasti eroja, mutta virheet korjasivat toisiaan ja ero jäi lopulta 22 prosenttiin. Metsäkeskuksen tutkimuksissa laatuselosteessa on kerrottu, että tilavuudessa on päästy  $\pm 20$  % kahdeksassa

tapauksessa kymmenestä kun kehitysluokka on ollut nuori, varttunut tai uudistuskypsä (Metsäkeskus 2016a, 4).

Metsämaan arvo laserkeilatulla tila-arviolla on 33 % suurempi kuin kuviottaisella tila-arviolla. Osa erosta menetelmien välillä syntyy siitä, että kuviottaisessa arvioissa tiloista on eroteltu kitumaat ja joutomaat erilleen, kun taas laserkeilatussa arviossa koko tila laitettiin mustikkatyyppin metsämaaksi. Kuviottaisessa arvioinneissa maapohjan arvoon vaikuttaa merkittävästi myös kasvupaikkatyyppit joiden hinnoissa on merkittäviä eroja. Metsämaat laitettiin mustikkatyyppin metsämaaksi toimeksiantajani pyynnöstä laserkeilausaineistoon perustuvissa tila-arvioissa.



Kuvio 4. Puuston arvon ja käyvän arvon prosentuaaliset erot.

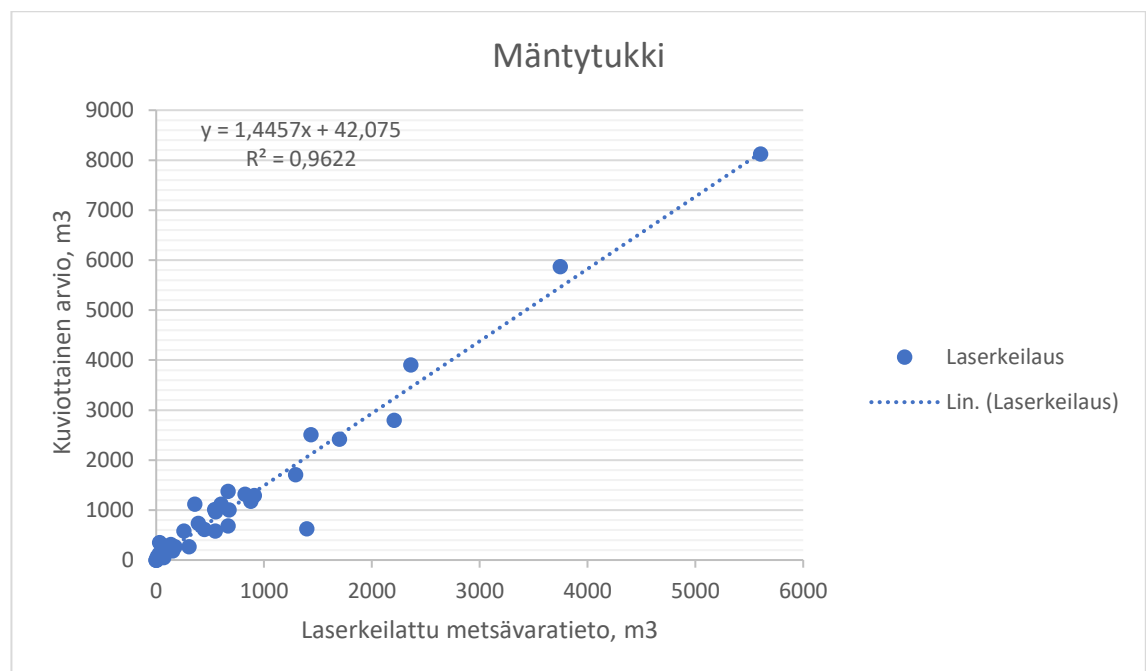
Puuston arvo on laserkeilatulla menetelmällä 16 % suurempi kuin kuviottaisella arvionnilla saatu puuston arvo. Käyvän arvon ero menetelmien välillä on 9 %, jolloin laserkeilattu arvo on suurempi. Molemmissa menetelmissä on käytetty samaa kokonaisarvon korjausta. Menetelmien välistä eroa korjaa kuviottaisessa arviossa mukana oleva taimikoiden arvo, joka on merkittävä arvoa kasvattava tekijä useamman tilan kohdalla.

## 6 Menetelmien välinen korrelaatio puutavaralajeittain

Kuviottaisen arvioinnin sekä laserkeilatun aineiston välisiä eroja voidaan tarkastella korrelaatiokerroimen avulla. Korrelaatiokerrointa voidaan käyttää havainnollistamaan suoraviivaisen riippuvuuden voimakkuutta. Olen alla tarkastellut puutavaralajeittain menetelmien välistä korrelaatiota. Tarkastelun avulla voidaan tutkia sitä, onko korrelaatioissa jonkinlaista johdonmukaisuutta.

## 6.1 Mäntytukki

Mäntytukin kuutiolavuuden vaihtelu menetelmästä riippuen.



Kuvio 5. Kuviottaisen arvioinnin metsävaratiedon vertailu laserkeilattuun metsävaratietoon.

Kuviosta 5 on nähtävillä, että kuviottaisen arvioinnin kuutiometreillä ja laserkeilalla metsävaratiedolla vaikuttaa selvästi olevan lineaarista riippuvuutta keskenään. Riippuvuuden todentamiseksi tarkastellaan Excelistä saatuja tuloksia regressiotunnuksista.

Tässä tapauksessa korrelaatiokerroin on 0,98, kuviottaisen arvion ja laserkeilattun metsävaratiedon välillä voidaan todeta olevan voimakasta riippuvuutta. Korrelaatiokertoimen lisäksi regressiotunnusluvusta selityskerroin kertoo regressiosuoran hyvydestä. Mikäli selityskerroin on 1, suoran selityssaste on 100 %. Tällöin suora kulkee kaikkien havaintoaineiston pisteiden kautta. Suoran selityskyky on hyvä, jos selityskertoimen arvo on 0,50–1,00. (Kananen 2011, 112.)

0,8 ≥ voimakas riippuvuus

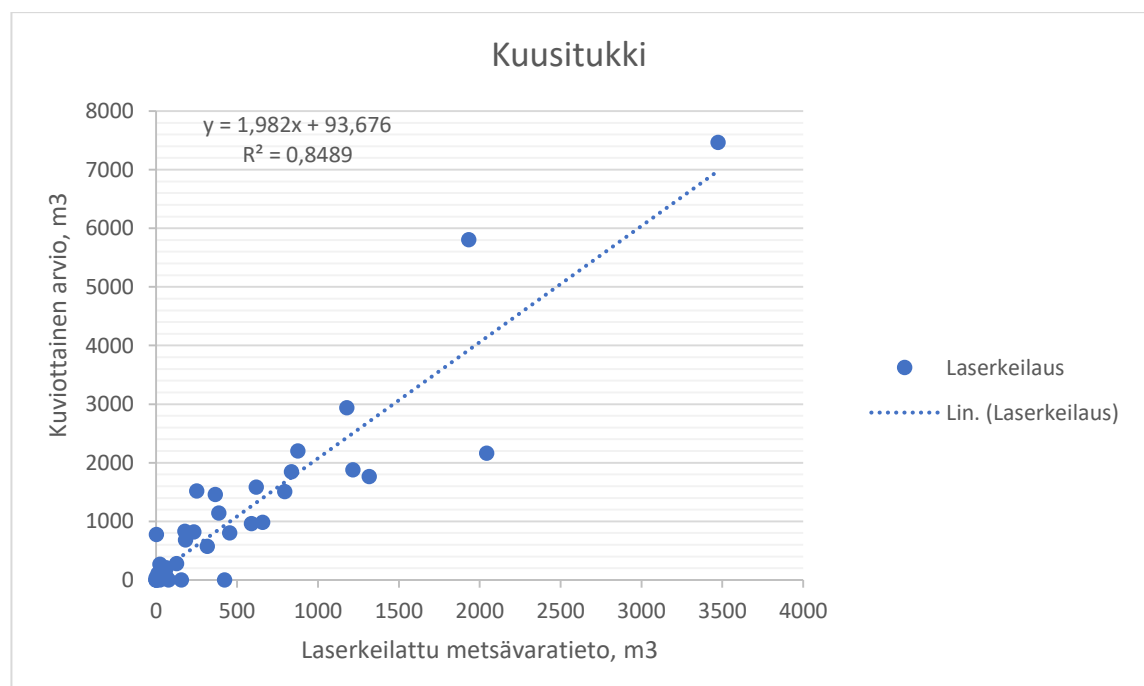
0,4–0,8 kohtalainen riippuvuus

0,4 ≤ ei riippuvuutta. (Kananen 2011, 109–110.)

Tässä tapauksessa selityskerroin on 0,96, joten kuviossa yksi esitetyn suoran selityskyky on hyvä. Havaintoaineiston pisteet eivät poikkea merkittävästi suoralta. Laserkeilattu metsävaratieto mäntytukki osalta saadaan 96 %:in tarkkuudella verrattuna kuviottaiseen arviointiin.

## 6.2 Kuusitukki

Kuusitukin kuutiotilavuuden vaihtelu menetelmästä riippuen.



Kuvio 6. Kuviottaisen arvioinnin metsävaratiedon vertailu laserkeilattuun metsävaratietoon.

Kuviosta 6 on nähtävillä, että kuviottaisen arvioinnin kuutiometreillä ja laserkeilatulla metsävaratiedolla vaikuttaa selvästi olevan lineaarista riippuvuutta keskenään. Riippuvuuden todentamiseksi tarkastellaan Excelistä saatuja tuloksia regressiotunnuksista.

Tässä tapauksessa korrelaatiokerroin on 0,92, kuviottaisen arvion ja laserkeilatun metsävaratiedon välillä voidaan todeta olevan voimakasta riippuvuutta. Korrelaatiokerroimen lisäksi regressiotunnusluvusta selityskerroin kertoo regressiosuoran hyvydestä. Mikäli selityskerroin on 1, suoran selityskaste on 100 %. Tällöin suora kulkee kaikkien havaintoaineiston pisteiden kautta. Suoran selityskyky on hyvä, jos selityskerroimen arvo on 0,50–1,00. (Kananen 2011, 112.)

0,8 ≥ voimakas riippuvuus

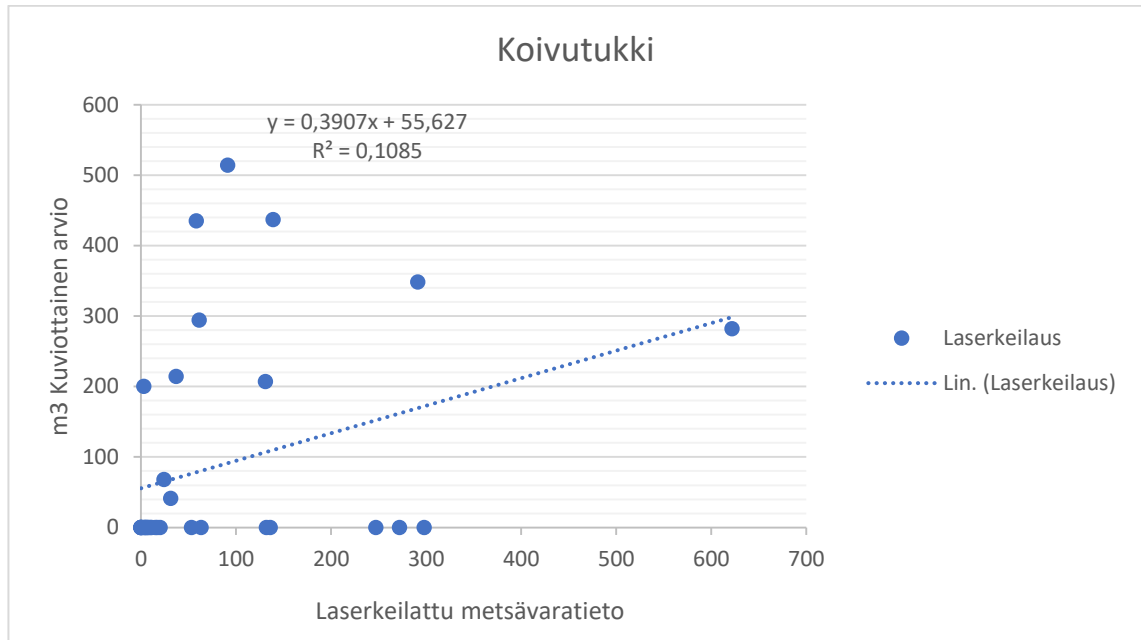
0,4–0,8 kohtalainen riippuvuus

0,4 ≤ ei riippuvuutta. (Kananen 2011, 109–110.)

Tässä tapauksessa selityskerroin on 0,85, joten kuviossa yksi esitetyn suoran selityskyky on hyvä. Havaintoaineiston pisteet eivät poikke merkittävästi suoralta. Laserkeilattu metsävaratieto kuusitukin osalta saadaan 85 %:in tarkkuudella verrattuna kuviottaiseen arviointiin.

### 6.3 Koivutukki

Koivutukin kuutiotilavuuden vaihtelu menetelmästä riippuen.



Kuvio 7. Kuviottaisen arvioinnin metsävaratiedon vertailu laserkeilattuun metsävaratietoon.

Kuviosta 7 on nähtävillä, että kuviottaisen arvioinnin kuutiometreillä ja laserkeilattulla metsävaratiedolla vaikuttaa selvästi olevan lineaarista riippuvuutta keskenään. Riippuvuuden todentamiseksi tarkastellaan Excelistä saatuja tuloksia regressiotunnuksista.

Tässä tapauksessa korrelaatiokerroin on 0,32, kuviottaisen arvion ja laserkeilattun metsävaratiedon välillä voidaan todeta, että aineistojen välillä ei ole riippuvuutta. Korrelaatiokertoimen lisäksi regressiotunnuksista selityskerroin kertoo regressiosuoran hyvydestä. Mikäli selityskerroin on 1, suoran selitysaste on 100 %. Tällöin suora kulkee kaikkien havaintoaineiston pisteiden kautta. Suoran selityskyky on hyvä, jos selityskertoimen arvo on 0,50–1,00. (Kananen 2011, 112.)

0,8 ≥ voimakas riippuvuus

0,4–0,8 kohtalainen riippuvuus

0,4 ≤ ei riippuvuutta. (Kananen 2011, 109–110.)

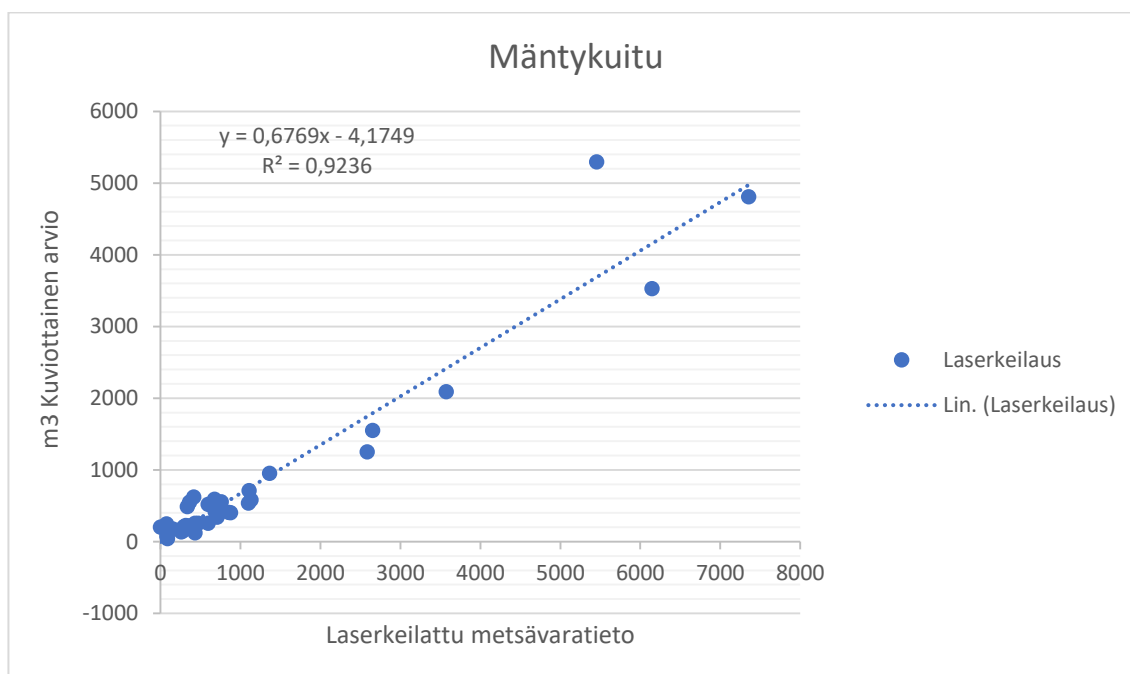
Tässä tapauksessa selityskerroin on 0,1, joten kuviossa yksi esitetyn suoran selityskyky on huono. Havaintoaineiston pisteet poikkeavat merkittävästi suoralta.



Laserkeilattu metsävaratieto koivutukin osalta saadaan 10 %:in tarkkuudella verrattuna kuviottaiseen arviointiin.

## 6.4 Mäntykuitu

Mäntykuidun kuutiolavuuden vaihtelu menetelmästä riippuen.



Kuvio 8. Kuviottaisen arvioinnin metsävaratiedon vertailu laserkeilattuun metsävaratietoon.

Kuviosta 8 on nähtävillä, että kuviottaisen arvioinnin kuutiometreillä ja laserkeilatulla metsävaratiedolla vaikuttaa selvästi olevan lineaarista riippuvuutta keskenään. Riippuvuuden todentamiseksi tarkastellaan Excelistä saatuja tuloksia regressiotunnuksista.

Tässä tapauksessa korrelaatiokerroin on 0,96, kuviottaisen arvion ja laserkeilatun metsävaratiedon välillä voidaan todeta olevan voimakasta riippuvuutta. Korrelaatiokertoimen lisäksi regressiotunnusluvusta selityskerroin kertoo regressiosuoran hyvydestä. Mikäli selityskerroin on 1, suoran selitysaste on 100 %. Tällöin suora kulkee kaikkien havaintoaineiston pisteiden kautta. Suoran selityskyky on hyvä, jos selityskertoimen arvo on 0,50–1,00. (Kananen 2011, 112.)

0,8 ≥ voimakas riippuvuus

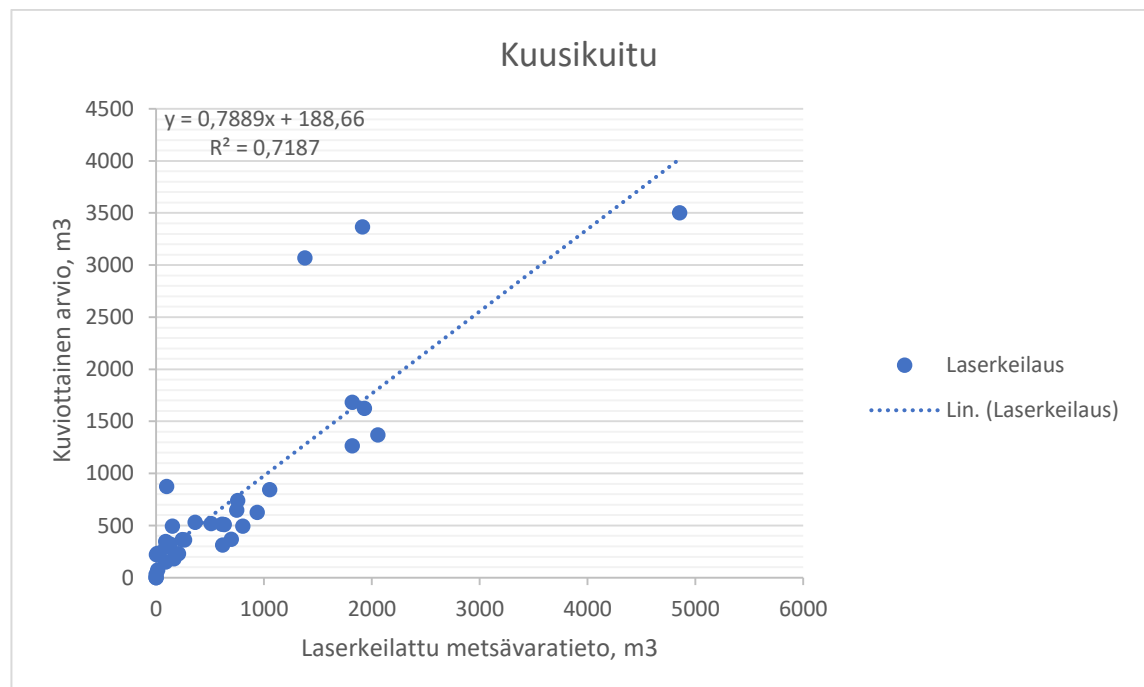
0,4–0,8 kohtalainen riippuvuus

0,4 ≤ ei riippuvuutta. (Kananen 2011, 109–110.)

Tässä tapauksessa selityskerroin on 0,92, joten kuviossa yksi esitetyn suoran selityskyky on hyvä. Havaintoaineiston pisteet eivät poikkea merkittävästi suoralta. Laserkeilattu metsävaratieto mäntykuidun osalta saadaan 92 %:in tarkkuudella verrattuna kuviottaiseen arviointiin.

## 6.5 Kuusikuitu

Kuusikuidun kuutiolavuuden vaihtelu menetelmästä riippuen.



Kuvio 9. Kuviottaisen arvioinnin metsävaratiedon vertailu laserkeilattuun metsävaratietoon.

Kuviosta 9 on nähtävillä, että kuviottaisen arvioinnin kuutiometreillä ja laserkeilatulla metsävaratiedolla vaikuttaa selvästi olevan lineaarista riippuvuutta keskenään. Riippuvuuden todentamiseksi tarkastellaan Excelistä saatuja tuloksia regressiotunnuksista.

Tässä tapauksessa korrelaatiokerroin on 0,85, kuviottaisen arvion ja laserkeilatun metsävaratiedon välillä voidaan todeta olevan voimakasta riippuvuutta. Korrelaatiokertoimen lisäksi regressiotunnusluvusta selityskerroin kertoo regressiosuoran hyvydestä. Mikäli selityskerroin on 1, suoran selityskaste on 100 %. Tällöin suora kulkee kaikkien havaintoaineiston pisteiden kautta. Suoran selityskyky on hyvä, jos selityskertoimen arvo on 0,50–1,00. (Kananen 2011, 112.)

0,8 ≥ voimakas riippuvuus

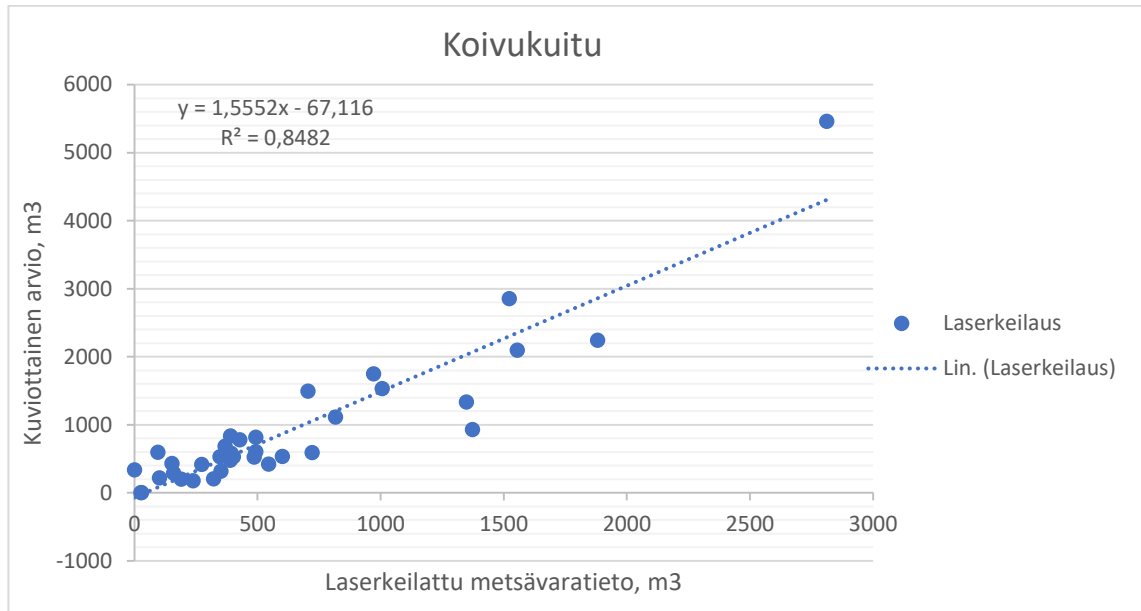
0,4–0,8 kohtalainen riippuvuus

0,4 ≤ ei riippuvuutta. (Kananen 2011, 109–110.)

Tässä tapauksessa selityskerroin on 0,72, joten kuviossa yksi esitetyn suoran selityskyky on hyvä. Havaintoaineiston pisteet eivät poikkea merkittävästi suoralta. Laserkeilattu metsävaratieto kuusikuidun osalta saadaan 72 %:in tarkkuudella verrattuna kuviottaiseen arviointiin.

## 6.6 Koivukuitu

Koivukuidun kuutiotilavuuden vaihtelu menetelmästä riippuen.



Kuvio 10. Kuviottaisen arvioinnin metsävaratiedon vertailu laserkeilattuun metsävaratietoon.

Kuviosta 10 on nähtävillä, että kuviottaisen arvioinnin kuutiometreillä ja laserkeilatulla metsävaratiedolla vaikuttaa selvästi olevan lineaarista riippuvuutta keskenään. Riippuvuuden todentamiseksi tarkastellaan Excelistä saatuja tuloksia regressiotunnuksista.

Tässä tapauksessa korrelaatiokerroin on 0,92, kuviottaisen arvion ja laserkeilatun metsävaratiedon välillä voidaan todeta olevan voimakasta riippuvuutta. Korrelaatiokertoimen lisäksi regressiotunnusluvusta selityskerroin kertoo regressiosuoran hyvydestä. Mikäli selityskerroin on 1, suoran selitysaste on 100 %. Tällöin suora kulkee kaikkien havaintoaineiston pisteiden kautta. Suoran selityskyky on hyvä, jos selityskertoimen arvo on 0,50–1,00. (Kananen 2011, 112.)

0,8  $\geq$  voimakas riippuvuus

0,4–0,8 kohtalainen riippuvuus

0,4  $\leq$  ei riippuvuutta. (Kananen 2011, 109–110.)

Tässä tapauksessa selityskerroin on 0,85, joten kuviossa yksi esitetyn suoran selityskyky on hyvä. Havaintoaineiston pisteet eivät poikkea merkittävästi suoralla. Laserkeilattu metsävaratieto koivukuidun osalta saadaan 85 %:in tarkkuudella verrattuna kuviottaiseen arviointiin.

## 6.7 Puutavaralajien regressiotunnusluvut

Taulukko 4. Puutavaralajien regressiotunnusluvut.

Puutavaralaji	Selityskerroin, R <sup>2</sup>	Korrelaatiokerroin
Mäntytukki	0,96	0,98
Kuusitukki	0,85	0,92
Koivutukki	0,1	0,32
Mäntykuitu	0,92	0,96
Kuusikuitu	0,72	0,85
Koivukuitu	0,85	0,92

Taulukosta voidaan todeta, että kaikissa puutavaralajeissa on voimakasta riippuvuutta korrelaatiokertoimella lukuun ottamatta koivutukkia, jonka osalta voidaan todeta että siinä ei ole tilastollista riippuvuutta.

## 7 Pohdinta

Opinnäytetyöni avulla Metsänhoitoyhdistys Pohjois-Karjala saa tietoa laserkeilausaineistoon perustuvan metsävaratiedon tarkkuudesta tila-arvioiden tekemistä varten. Tutkimukseni ensisijainen tavoite on selvittää laserkeilausaineistoon perustuvan metsävaratiedon tarkkuus suhteessa maastomittauksiin perustuviin metsävaratietoihin. Tutkimukseni jälkeen tietoa ei voida suoraan ottaa käyttöön, koska opinnäytetyöni laajuus ei käsitä aineistossa ilmenevien epä johdonmukaisuuksien tarkempaa analyysiä. Käsittelen ainoastaan tila-arvioiden vertailun, josta teen johtopäätökset. En tarkastele tutkimuksessani mahdollisia keinoja korjata systemaattisia virheitä laserkeilausaineistoon perustuvissa metsävaratiedoissa ajanpuutteen ja tutkimuksen vaaditun laajuuden takia.

Opinnäytetyöni valmistuttua on sen pohjalta on hyvä jatkaa tutkimusta sekä keskittyä syvemmin tutkimuksessani esille tulleisiin aineistojen välisiin epäjohdonmukaisuuksiin. Näitä epäjohdonmukaisuuksia on mahdollista kenties korjata matemaattisilla kaavoilla.

Aineistojen välisiä eroja tutkiessani tein riippuvuustestin aineistojen välillä puutavaralajeittain, josta kävi ilmi puutavaralajien välinen voimakas riippuvuus. Ainoastaan koivutukkiaineistojen välillä riippuvuus oli vähäistä. Tämä voi johtua esimerkiksi sivupuulajien arvioinnin virheellisyydestä laserkeilausaineistossa (Metsäkeskus 2016a, 7.)

Vertailun suorittaminen Excel-taulukko-ohjelmassa sujui vaivatta ja Excel mahdollisti riittävän tarkan aineistojen välisen vertailun. Excel mahdollisti riittävän havainnollistavat kuviot sekä korrelaatioiden tarkastelun numeerisessa muodossa. Metsävaratietojen käsittely taulukoissa numeerisessa muodossa oli tämän tutkimuksen kannalta järkevä valinta, koska tällöin sain tarkkaa tietoa aineistojen eroista niin kuutiometreissä, prosentuaalisesti kuin riippuvuustestienkin muodossa.

Aineistojen muokkaaminen Silva-ohjelmasta ensin metsävaratiedosta metsäarvioiksi, ja siitä Excelissä käytettävään muotoon oli odotettua haastavampaa ja vei odotettua enemmän aikaa. Lisäksi ohjelmistojen käyttö vaati aluksi kouluttautumista. Aineiston siirtäminen Exceliin oli lisäksi suoritettava käsin. Tämä menetelmä oli hidas ja kömpelö.

Excelin lisäksi on olemassa myös muita taulukko-ohjelmia, kuten SPSS, jolla vertailun olisi voinut suorittaa. Tämä olisi kuitenkin vaatinut sen, että olisin suorittanut koko opinnäytetyöprosessini koulun tiloissa, koneella jolla on lisenssi tähän ohjelmaan. Lisäksi vertailun suorittaminen SPSS-ohjelmalla olisi vaatinut enemmän kouluttautumista sekä perehtymistä kuin Excel-ohjelman käyttö, mikä oli ennestään minulle tutumpi.

Tavoitteenani tutkimuksessani oli selvittää laserkeilausmenetelmän pätevyys metsäarvoja tehdessä, ja tätä tarkoitusta tekemäni vertailutaulukot palvelivat

hyvin. Taulukoista on mahdollista nähdä eri menetelmien väliset prosentuaaliset erot niin kokonaisuudessaan kuin puulajikohtaisestikin. Aineistojen välisen riippuvuuden tarkastelu korrelaatiokertoimen avulla oli hyvä valinta, koska korrelaatiokerroin kertoo yksiselitteisesti aineistojen välisestä yhtäläisyydestä. Lisäksi korrelaatioita on mahdollista tutkia eri kannoilta. Erottelin tutkimuksessani eri puulajit sekä laskin niille erilliset korrelaatit, koska oli arvattavissa, että menetelmien väliset erot eivät ole puulajien välillä identtisiä. Tämä oli nähtävissä, koska laserkeilausmenetelmä havaitsee eri puulajit eri tavoin. Erottelun myötä saatiin tarkempaa tietoa siitä, kuinka laserkeilausmenetelmä käyttäytyy erilaisten metsätyyppien ja puulajien kohdalla.

Eettisyyden tarkastelu tutkimuksessani ei ollut olennaista, koska tarkastelin tutkimuksessa lähinnä eri menetelmien välisiä eroavaisuuksia, en suoraan ihmisten tekemää työtä. Tutkimuksessani ei esiinny eroteltuna Metsänhoitoyhdistyksen työntekijöiden henkilöllisyyksiä, eikä aineistosta ole mahdollista tunnistaa eri tekijöiden työnjälkeä. Eettisyys täytyi kuitenkin ottaa huomioon siinä, kun esittelen eri henkilöiden tekemiä tila-arvioita. Tutkimuksessani mukana olleiden aineistojen tekijät ovat tietoisia heidän tekemänsä työn käytöstä tutkimuksessani. Anonymiteetin ylläpitämiseksi aineistot esiintyvät tutkimuksessani nimettöminä, enkä ole eritellyt vertailupohjani aineistoja erikseen lainkaan.

Tutkimukseni on analyyttisen menetelmän ansiosta luotettava, koska matemaattiset kaavat ovat melko yksinkertaisia. Olen tutkimuksessani ottanut huomioon eri menetelmien heikkoudet, jotka täytyy ottaa huomioon tuloksia tarkasteltaessa. Menetelmien antamat erilaiset tulokset ovat kuitenkin yksiselitteisiä, joten niiden eroavaisuuksien tarkastelu matemaattisin menetelmin on luotettavaa.

Tutkimukseni oppimisprosessina auttoi minua ymmärtämään eri menetelmien eroja ja niiden hyviä ja huonoja puolia. Lisäksi sain tutustua ja opetella eri ohjelmien käyttöä sujuvammaksi, tämä auttaneee tulevaisuudessa työn tekoa. Tutkimustani on mahdollista kehittää edelleen. Jatkotutkimuksissa olisi mahdollista selvittää tarkemmin aineistojen välisten erojen systemaattisuutta sekä pyrkiä

tekemään laserkeilausmenetelmällä tehtäviin metsäarvioihin tarkennuksia, jolloin tuloksia olisi mahdollista tarkentaa. Näiden jatkotutkimusten tekeminen vaatii kuitenkin runsaasti aikaa, eikä näiden seikkojen huomioiminen tässä opinnäytetyössä ole valitettavasti mahdollista.



## Lähteet

- Aldén, S., Hannelius S. 2002. Metsäomaisuuden arviointi. Teoksessa Hyvämäki T. (toim.). Tapion Taskukirja. Jyväskylä: Kustannusosakeyhtiö Metsälehti, 373-385.
- Kananen, J. 2011. Kvantti: Kvantitatiivisen opinnäytetyön kirjoittamisen opas. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisuja.
- Karjalainen, L. 2015. Tilastotieteen perusteet. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.
- Maanmittauslaitos. 2017. Laserkeilaustekniikka. Maanmittauslaitos. <http://www.maanmittauslaitos.fi/ammattilaisille/maastotiedot/kauko-kartoitus/laserkeilausaineistot/laserkeilaustekniikka> 21.2.2017
- Metsäkeskus. 7.10.2016a. Suomen metsäkeskuksen metsävaratiedon laatuseloste. Metsäkeskus. [https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/metsavaratiedon\\_laatuseloste.pdf](https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/metsavaratiedon_laatuseloste.pdf) 2.1.2017
- Metsäkeskus. 2016b. Metsätiedon keruu. Metsäkeskus. <https://www.metsakeskus.fi/metsatiedon-keruu> 19.1.2017
- Paananen, R., Uotila, E., Liljeroos, H., Tilli, T. 2009. Metsän Arvo. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy. 3.1.2017
- Metsänhoitoyhdistyksen palvelut MHYP Oy ja Metsänhoitoyhdistykset. 2017. Tila-arvio. <http://www.mhy.fi/muut-palvelut/tila-arvio> 20.2.2017
- Taanila, A. 2010. Lineaariset regressiomallit. <http://myy.haaga-helia.fi/~taaak/m/regressio.pdf>. 4.5.2017.
- Tiainen, J. 2017. Metsän arvon määrittäminen. Metsäkeskus. [http://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/metsan\\_arvon\\_maarit-taminen\\_jouinitainen\\_mhy.ppt](http://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/metsan_arvon_maarit-taminen_jouinitainen_mhy.ppt) 10.1.2017

## Metsävaratietojen vertailutaulukkopohja

Ainespuu	K, m3	KKP, m3	Ero m3	Ero, %
Mäntytukki	75	217	142	189 %
Kuusitukki	1216	1881	665	55 %
Koivutukki	24	68	44	183 %
Muu tukki	2	0	-2	0 %
Mäntykuitu	86	41	-45	-52 %
Kuusikuitu	615	313	-302	-49 %
Koivukuitu	152	429	277	182 %
Muu kuitu	25	0	-25	-100 %
Energiapuu	0	0	0	0 %
Ainespuu yhteensä	2195	2949	754	34 %
<b>Puuston arvo</b>	86 663 €	122 216 €		41 %
<b>Metsämaan arvo</b>	4 615 €	6 669 €		45 %
<b>Käypä arvo</b>	73 105 €	96 664 €		32 %