

HARVENNUSHAKKUUN JÄLKEISEN PUUSTOTIEDON AUTOMAATTIPÄIVITYKSEN TARKASTELU

Mantere Miika
Sorsa Petra

Opinnäytetyö

Metsätalouden koulutusohjelma
Metsätalousinsinööri (AMK)

2022

Metsätalouden koulutusohjelma
Metsätalousinsinööri (AMK)

Tekijät	Miika Mantere Petra Sorsa	Vuosi 2022
Ohjaaja	Kari Pasanen	
Toimeksiantaja	Yritys X	
Työn nimi	Hakkuun jälkeisen puustotiedon automaattipäivityksen tarkastelu	
Sivu- ja liitesivumäärä	31 + 16	

Kaukokartoituksen avulla saatavasta metsävaratiedosta on tullut tärkeä työkalu metsäalalla. Metsävaratiedon ajan tasalla pitäminen perustuu kaukokartoituksen, simulaation sekä maastomittauksien avulla saatuihin tietoihin. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tarkastella suomalaisen metsäyhtiön metsävaratietojärjestelmän harvennushakkuun jälkeisen automaattipäivityksen paikkansapitävyyttä Kainuun alueella.

Opinnäytetyössä käytettävä aineisto koostuu maastossa mitatusta sekä simulaation tuottamasta metsävaratiedosta. Maastomittauksia suoritettiin 36 kuviolla. Mitatusta sekä simuloidusta aineistosta selvitettiin Excel-taulukkolaskennan avulla, ovatko erot näiden välillä merkittäviä. Mittaukset suoritettiin koealamittauksina, jotka koostuivat suunnitellusta koealaverkosta. Koealoilta mitattiin pohjapinta-ala, pituus, runkoluku sekä mediaanipuun keskiläpimitta.

Hakkuiden ja harvennusten jälkeen simulaatio laskee jäävän puuston tilavuuden ja tulevan kasvun siihen syötettyjen puustotietojen ja yhtälöiden avulla. Lisäksi simulaatio päivittää vuosittaista kasvua. Erot mitatun ja simuloidun metsävaratiedon välillä ovat pieniä. Vertailussa ilmeni, ettei toimeksiantajalla ole tarvetta simulaation luotettavuuden lisätarkastelulle. Tästä voidaan päätellä, että simulaation tuottama metsävaratieto on riittävän luotettavaa.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 AINEISTON KERÄÄMINEN	7
2.1 Metsävaratieto	7
2.2 Kasvupaikkatyypit	8
2.3 Puustotunnukset	9
2.4 Harvennukset	10
2.5 FSC-sertifiointi	11
3 METSÄN MITTAUS	12
3.1 Mittausvälineet	12
3.2 Virheen mahdollisuus	16
3.3 Luottamusväli ja luottamustaso	17
4 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS	18
4.1 Aineisto	18
4.2 Aineiston käsittely	19
5 TULOKSET	21
5.1 Puuston kokonaistilavuus hehtaaria kohden	21
5.2 Kasvu hehtaaria kohden vuodessa	22
5.3 Pohjapinta-ala	24
5.4 Keskiläpimitta	25
5.5 Johtopäätökset	27
6 POHDINTA	29
7 LÄHTEET	30
LIITTEET	32

1 JOHDANTO

Metsävaratieto perustuu kaukokartoituksen ja maastomittauksien avulla kerättyyn tietoon. Avoimen metsävaratiedon pohjalta tehdään suunnitelmia tulevista hakkuista, joten sen paikkansapitävyys on tärkeää. Kaukokartoitukseen perustuvassa metsien inventoinnissa hyödynnetään laserkeilausaineistoa, ilmakuvia sekä maastossa mitattujen koealojen dataa. (Metsäkeskus 2021, 3–4.)

Toimeksiantajalla syntyi toimihenkilöiden ilmoitusten perusteella tarve automaattisen päivitysjärjestelmän toiminnan tarkasteluun. Metsäyhtiö halusi selvittää simulaation toimivuuden luotettavuutta, koska toimihenkilöt olivat raportoineet huomanneensa eroavaisuuksia simulaation tuloksissa verrattuna todelliseen tilanteeseen. Automaattinen päivitysjärjestelmä ja simulaatio otettiin metsäyhtiössä käyttöön, jotta helpotetaan metsävaratiedon hallintaa ja vähennetään maastomittauksista syntyvää työtaakkaa.

Metsävaratiedon ajantasaisuus on tehokkaan metsänhoidon avaintekijä. Nykyiset digitaaliset alustat helpottavat metsävaratiedon ylläpitoa. Digitalisaation myötä metsäala on kokenut murroksen, joka helpottaa metsävaratiedon hallintaa, sekä toimintaa alalla. (Härkönen 2020.) Automaattinen päivitysjärjestelmä on osa digitalisaation tuomia etuja metsäalalla. Koko metsäalan näkökulmasta automaattisen päivitysjärjestelmän toimivuus ja luotettavuus ovat tärkeitä tarkastelun kohteita.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tarkastella ja verrata simulaation tuottamaa automaattipäivityksen kasvatustietoa heti harvennushakkuun jälkeen maastossa mitattuun puustotietoon. Maastomittaukset suoritettiin Hyrynsalmen, Kajaanin, Paltamon, Sotkamon ja Suomussalmen alueilta kesällä 2021. Mittaukset rajattiin tuoreen ja kuivahkon kankaan kuvioilla ensiharvennuksen sekä alaharvennuksen jälkeiseen puustotietoon kangasmailla.

Tässä asiayhteydessä simulaatiolla tarkoitetaan metsäyhtiön käyttämää automaattista päivitysjärjestelmää. Simulaation toiminta perustuu siihen syötettyihin yhtälöihin, joiden perusteella se laskee hakkuun jälkeen jäävän puuston. Yhtälöt

on muodostettu hyvän metsänhoidon suositusten kasvatusmallien mukaisesti. Lisäksi simulaatio päivittää kuvioille vuosittaiset kasvatustiedot.

Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää mahdolliset eroavaisuudet simulaation ja maastossa mitatun metsävaratiedon välillä harvennushakkuun jälkeen. Lisäksi tutkitaan, onko automaattisen simulaation tuottama laskentapuusto tällä otannalla luotettavaa.

2 AINEISTON KERÄÄMINEN

2.1 Metsävaratieto

Suurimmat metsäteollisuuden yritykset käyttävät metsävaratiedon ylläpitoon apunaan simulaatioon perustuvaa automaattista päivitysjärjestelmää. Automaattinen päivitysjärjestelmä toimii myös harvennusten jälkeisen puustotiedon simuloinnissa. Yleensä simulaatio muodostaa metsävaratietoa hyvän metsänhoidon suositusten mukaisten yhtälöiden avulla. Simulaation toimivuuden kannalta on tärkeää, että lähtöpuuston tiedot ovat oikein. Jos lähtötiedoissa on virhe, siirtyy se myös simulaation tuottamaan aineistoon. (Talkkari & Lehmonen 2021, 42–44.)

Metsävaratietoa kerättiin vuoteen 2010 asti maastoarviointina, jolloin otettiin käyttöön ensimmäinen kaukokartoitusaineistoon perustuva inventointimenetelmä. Ensimmäinen koko Suomen kattava kaukokartoitusinventointi valmistui 2020. Samana vuonna aloitettiin toinen inventointikierron, jonka määrä valmistua vuoteen 2026 mennessä. Metsävaratietoa päivitetään myös inventointien välissä. Tämä tapahtuu Metsäkeskukseen lähetettyjen toimenpidetietojen sekä metsänomistajien lähettämien päivityspyyntöjen perusteella. (Metsäkeskus 2021, 3–4.)

Simulaatio kasvattaa avointa metsävaratietoa vuosittain kasvatusmallien mukaisesti. Nämä kasvatusmallit toimivat normaaleissa kasvatus- ja uudistuskypsissä metsissä hyvin vähintään viisi ja kohtalaisesti jopa kymmenen vuotta. Toimivuuden edellytyksenä on inventoinnin lähtötiedon paikkansapitävyys. Lisäksi päivitystiedon tulee olla laatukriteerien mukaista. (Metsäkeskus 2021, 11.)

Tiedon ajantasaisuuteen tarvitaan tietoa metsässä tehdyistä hoito- ja hakkuutoimenpiteistä maastoinventointien välillä. Päivitystä on tehty Metsäkeskuksen lakisääteisillä ilmoituksilla, kuten metsänkäyttöilmoituksilla, metsän omistajien tekemillä päivityspyynnöillä ja kasvunlaskennalla. (Jyrkilä 2019.)

Uusia keinoja metsävaratiedon ylläpitämiseksi on hakkuukoneen leimikosta keräämä tieto, satelliittien erotuskuvat ja metsänhoitotöiden omavalvontatieto. Hak-

kuukoneesta saatava tieto päivittää metsätietokantaa hakkuutavan ja ajankohdan osalta lähes reaaliaikaisesti. Näiden keinojen käyttäminen on vielä kehitysvaiheessa, mutta tähän saakka saadut tulokset ovat lupaavia. (Jyrkilä 2019.)

2.2 Kasvumallit

Kasvumalli kuvaa metsän kehitystä matemaattisesti. Se on usean eri mallin muodostama kokonaisuus. Eri osatekijöitä, kuten pituuden tai läpimitan kasvua kuvataan yksittäisillä malleilla. Kasvumallit on jaettu kahteen pääryhmään: tilastollisiin eli empiirisiin malleihin ja puun kasvua kuvaaviin malleihin. (Räsänen ym. 2004, 11.)

Metsikkötason kasvumallit kuvaavat koko puujoukon kasvua. Kasvumallin käyttämät puustotunnukset ovat pohjapinta-ala ja valtapituuden kasvu. Toimenpiteiden, esimerkiksi harvennusten, toteutuksen yhteydessä puulajiositteille luodaan kuvauspuut apterausta varten. (Simosol Oy 2015.) Metsikkösimulaattorissa on malliketjut jokaiselle kasvupaikkatyypille sekä metsänhoito- ja hakkuutavoille.

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan harvennuksen jälkeistä simulointiketjua. Tällä simulointijaksolla harvennuksen kanssa päivitetään ositteen pohjapinta-ala, keskiläpimitta, runkoluku, kuvauspuiden lukumäärä ja metsikön tilavuus. Lisäksi lasketaan harvennuksen jälkeisen puuston arvo, puutavaralajijakauma sekä bioenergiapuun määrä. (Simosol Oy 2015.)

2.3 Kasvupaikkatyypit

Kasvupaikkatyypit jakautuvat metsätyyppeihin. Metsätyyppi käsitteenä kokoaa yhteen luokkaan kaikki tietyt kasvillisuuskriteerit täyttävät kasvupaikat. Metsätyyppi voidaan muodostaa, kun riittävän samanlaista kasvillisuutta löydetään riittävän usein. (Hotanen, Nousiainen, Mäkipää, Reinikainen & Tonteri 2018, 21.)

Tuore kangas on kasvupaikkatyyppi. Tuoreet kankaat ovat normaaliasteessaan runsasvarpuisia kerrossammal-seinäsamalkankaita, joiden podsolimaannosta luonnehtii hapan (pH n. 4) kangashumuskerros. Tuoreita kankaita tavataan yleisimmin ravinteisuudeltaan keskihyvillä, kohtalaisesti (15–35 prosenttia) hienoja

lajitteita sisältävillä mailla. Tuoreiden kankaiden osuus kivennäismaiden pinta-alasta on noin 45 prosenttia. Tuoreilla kankailla voi kasvaa kaikkia metsäkasvillisuusvyöhykkeen tavallisia puulajeja. Pääpuulajeja ovat kuusi, mänty tai koivu. (Hotanen ym. 2018, 115.)

Kuivahkoja kankaita luonnehtivat aitojen kangasmetsien yleiset rakenteelliset ja ekologiset piirteet, varpujen ja kangasmetsäsammalten vallitsevuus sekä tuoreilta kankailta lähes puuttuvien poronjäkälien ilmestyminen kasvillisuuden kolmanneksi näkyväksi ryhmäksi. Kuivahkon kankaan kasvupaikoilla mänty on puulajeista kilpailukykyisin, etenkin puuntuotoskyvyltään. Luontaisen kehityksen tuloksena on ensimmäisessä puusukupolvessa lähes aina mäntyvaltainen metsä. Kuusta ja rauduskoivua on useimmiten sekapuulajina ja joskus myös vallitsevana lajina. (Hotanen ym. 2018 135.)

Tasaikäisrakenteisessa metsässä nuoriksi kasvatusmetsiköiksi luokitellaan taimikkovaiheen ohittaneet metsiköt. Puuston valtapituus on havupuuvaltaisilla kohteilla yli seitsemän metriä ja lehtipuuvaltaisilla yli yhdeksän metriä. Nuorissa kasvatusmetsiköissä tilavuuskasvu on suurimmillaan ja se pienenee puuston vanheudessa. Nuorten kasvatusmetsien ensiharvennuksella varmistetaan kasvatettavan puuston järeytymien ja hyvä arvokasvu. (Äijälä, Koistinen, Sved, Vanhatalo & Väisänen 2019, 87.)

2.4 Puustotunnukset

Rinnankorkeusläpimitta on yksittäisestä puusta mitattava tunnus. Sitä voidaan käyttää joko sellaisenaan tai laskentamallien selittäjänä. Puun halkaisija mitataan 1,3 metrin korkeudelta. (Talkkari ym. 2021, 12–13.)

Puun syntypisteen ja latvan väliltä mitattu **pituus**. Puun pituutta käytetään yhdessä rinnankorkeusläpimitan kanssa muun muassa puuston tilavuuden määrittämisessä. (Talkkari ym. 2021, 16.)

Pohjapinta-alaa mitataan nuorta kasvatusmetsää ja sitä järeämissä metsiköissä relaskoopilla, joka kertoo metsän puiden pohjapinta-alan (m²/ha). Pohjapinta-alaa on mahdollista käyttää metsikön tilavuuden arvioinnissa. (Talkkari ym. 2021, 39.)

Tilavuudella kuvataan puun kuorellista runkotilavuutta. Tilavuuteen ei lasketa mukaan kantoja, oksia tai juuria. Tilavuus voidaan määrittää, kun tiedetään puuston pohjapinta-ala, pituus ja rinnankorkeusläpimitta. Tilavuutta määrittäessä rinnankorkeusläpimittaan ja pituuteen perustuvilla malleilla on keskiarvo 7,2–8,5 prosenttia. (Talkkari ym. 2021, 22.)

2.5 Harvennukset

Harvennustavalla vaikutetaan poistettavien puiden valintaan. Kaikkien harvennustapojen tavoitteena on parantaa kasvatettavan puuston laatua, nopeuttaa järeytymistä ja tuottaa puunmyyntituloja. Tasaikäisrakenteisissa metsissä harvennustapoja ovat ylä- ja alaharvennus. Alaharvennuksessa kasvamaan jätetään laadultaan metsikön parhaat puut. Näin pyritään saavuttamaan puuston nopea järeytyminen sekä nopeampi tuotto seuraavissa hakkuissa. Yläharvennuksessa poistetaan pienempien puiden lisäksi myös suurimpia ja taloudellisesti arvokkaampia puita. Tällä hakkuutavalla pyritään tasaamaan puuston pituus- ja läpimittajakaumaa sekä suosimaan hyvälaatuisia lisävaltapuita. (Äijälä ym. 2019, 145–146.)

Ensiharvennus on ensimmäinen myyntikelpoista kuitu- ja energiapuuta tuottava kasvatushakkuu. Se on metsänhoidollinen toimenpide, joka vaikuttaa merkittävästi puuston kehitykseen ja arvokasvuun. Ensiharvennus on syytä tehdä ennen kuin puuston latvusto supistuu liikaa. Pääpuulajista, metsikön tiheydestä ja kasvupaikasta riippuen ensiharvennus tehdään yleensä 12–15 metrin valtapituudessa. (Äijälä ym. 2019, 87.)

Kasvatushakkuu on tehtävä siten, että kasvatushakkuun jälkeen käsittelyalueelle riittävästi kasvatuskelpoista puustoa tasaisesti jakautuneena. Kasvatushakkuussa jätettävän kasvatuskelpoisen puuston riittävän määrän arvioinnissa otetaan huomioon käsittelyalueen maantieteellinen sijainti, kasvupaikka, kasvatushakkuuden toteuttamistapa sekä valtipituus, jolla tarkoitetaan hehtaarin sadan paksuimman puun pituuden aritmeettista keskiarvoa. (Metsälaki 1085/2013 2:5 §.)

2.6 FSC-sertifiointi

FSC eli Forest Stewardship Council, suomeksi Hyvän Metsänhoidon Neuvosto, on kansainvälinen järjestö. Sen tavoitteena on edistää ympäristön kannalta hyvää, sosiaalisesti ja taloudellisesti kannattavaa metsänhoitoa. (UPM Yhteismetsä 2022.) Kaikki tutkimuksessa mukana olevat kuviot ovat FSC-sertifioinnin piirissä.

Suomen FSC-sertifiointiin liittyy vaatimuksia. Hakkuissa tulee jättää vähintään 10 kappaletta rinnankorkeuslähpimitaltaan yli 20 senttimetristä säästöpuuta jokaista hakattua hehtaaria kohden. Lisäksi täytyy säilyttää lahoppuit, vesistöjen suoja-
vyöhykkeet, arvokkaat elinympäristöt, ulkoilureitit ja riistanhoito. Harvennushakkuulla hakkuut ja hoitotyöt toteutetaan siten, että vähintään 10 prosenttia puuston runkoluvusta on lehtipuita. (UPM Metsä 2022.)

3 METSÄN MITTAUS

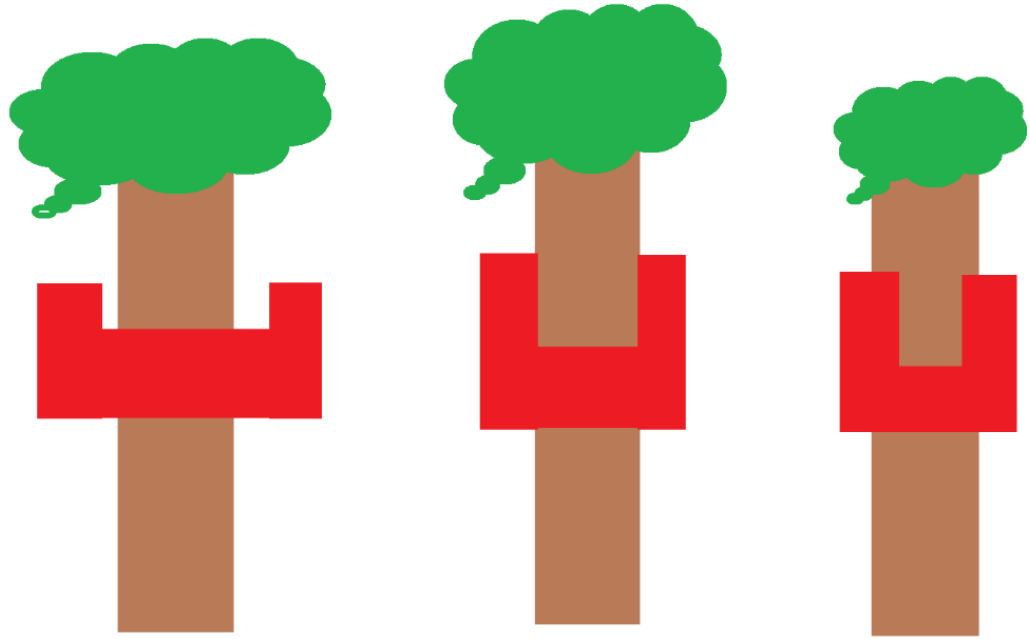
Metsää mitataan, jotta siitä saataisiin metsätalouden ja metsänhoidon kannalta hyödyllistä tietoa, kuten puuston puuaineksen tilavuus. Metsän mittaus suoritetaan erilaisten puustotunnusten määrittämisellä. Tärkeimpiä mitattavia tunnuksia ovat pohjapinta-ala (ppa), pituus, läpimitta sekä ikä. Näiden tunnusten määrittämisellä saadaan yleiskuva metsälöystä. (Pajula 2021.)

Metsävaratiedon keräämisessä mitataan aina yksittäisiä puita. Laskenta perustuu yksittäisen puun mitattuihin tai ennustettuihin tunnuksiin sekä puuston runkoluukuun. Mitattavasta puusta määritetään yleensä ensimmäisenä puulaji. (Talkkari ym. 2021, 11.)

3.1 Mittausvälineet

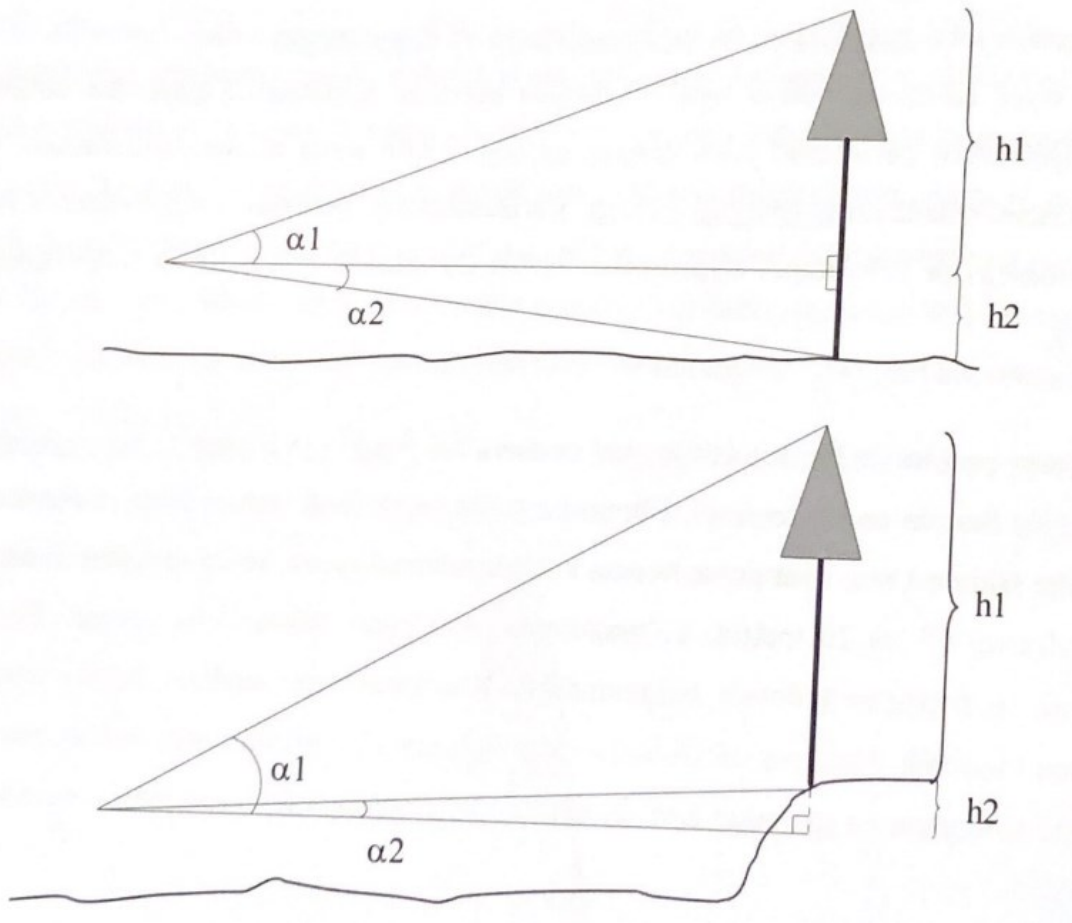
Metsän mittauksessa käytetään monenlaisia apuvälineitä. Alla on lueteltu keskeisimpiä mittausvälineitä ja niiden käyttötarkoituksia. **Relaskooppi** eli optinen kulmamitta on pystyssä olevan puuston mittaamiseen käytettävä työväline. Relaskoopin avulla saadaan tietää mitattavan metsän pohjapinta-ala. Väline koostuu varresta ja hahlollisesta levystä. Hahloja on levyssä kahta eri kokoa. Isomman hahlon koko on kaksi senttimetriä ja tällöin käytetään sadan senttimetrin mittaista vartta. Pienempi hahlo on 1,3 senttimetriä ja varren tulee tällöin olla 65 senttimetriä. (Talkkari ym. 2021, 39–40.)

Alla olevassa kuviossa 1 havainnollistetaan relaskoopin käyttöä. Vasemmalla oleva puu on liian pieni, eikä sitä lasketa mukaan pohjapinta-alaan. Keskellä oleva puu on rajatapaus, näistä mukaan lasketaan joka toinen. Oikealla oleva puu täyttää relaskoopin hahlon kokonaan, joten se lasketaan mukaan pohjapinta-alaan. (Talkkari ym. 2021, 40.)



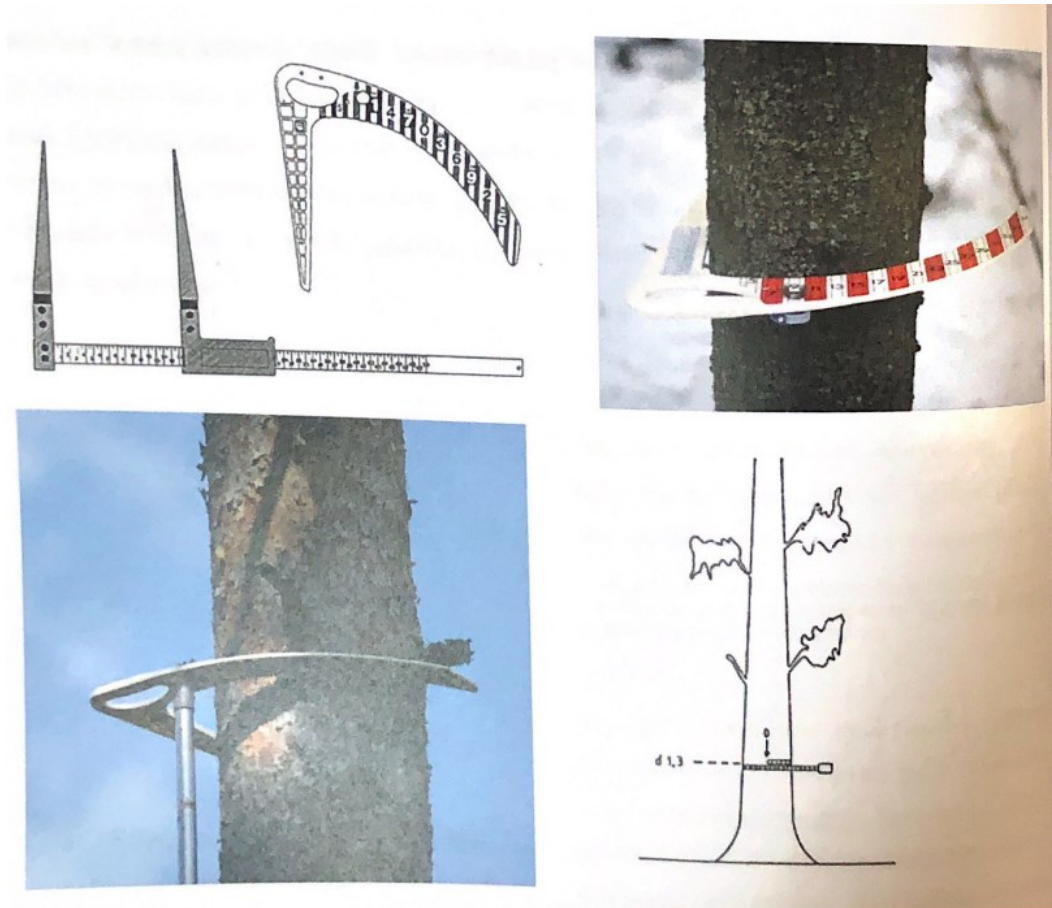
Kuvio 1. Relaskoopin toiminta

Hypsometrilla mitataan pystypuun pituutta. Hypsometriä käytettäessä ollaan yleensä joko 15 tai 20 metrin etäisyydellä puusta. Näitä etäisyyksiä käytettäessä puun pituus on luettavissa suoraan laitteesta. Hypsometrin virhemarginaaliksi on ilmoitettu noin 0,5–0,7 metriä puun ollessa 20 metrin pituinen. Myös puun kaltevuus vaikuttaa mittaustulokseen virheellisesti. Mikäli puu on kallellaan mittaajaan päin, on mitattu tulos liian suuri. Jos puu on kallellaan poispäin mittaajasta, on mitattu tulos todellisuutta pienempi. Tämä ilmiö on havainnollistettu kuviossa 2. (Kangas, Päivinen, Holopainen & Maltamo 2011, 35–37.)



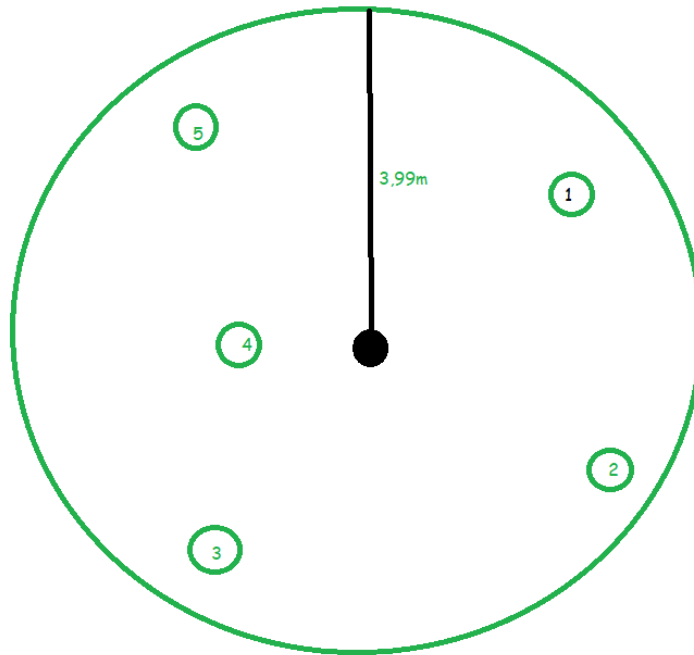
Kuvio 2. Hypsometrin virhemarginaali (Kangas, ym. 2011, 36)

Talmeterin avulla saadaan määritettyä puun rinnankorkeusläpimitta. Mittanauha vedetään puun ympärille 1,3 metrin korkeudelta kuten kuviossa 3. Tämän jälkeen puun rinnankorkeusläpimitta on luettavissa mittanauhasta. (Kangas ym. 2011, 31–32.)



Kuvio 3. Talmetetrin toiminta (Kangas ym. 2011, 32)

Runkoluvun mittaamiseen käytetty yleisin väline on 3,99 metriä pitkä onkivapa. Onkivavalla saadaan muuntokertoimen avulla puuston runkoluku hehtaaria kohden. Ympyräkoelan säteen ollessa 3,99 metriä käytetään muuntokertoimena 200. Jos esimerkiksi koelalle osuu viisi runkoa, on runkoluku hehtaaria kohden tällöin 1000. (Kaihlainen 2019.) Runkoluvun mittaaminen on havainnollistettu kuviossa 4.



Kuvio 4. Runkoluvun mittaaminen

3.2 Virheen mahdollisuus

Ihmisen suorittamaan puuston mittaamiseen liittyy aina virheen mahdollisuus. Virhe voi yhtä lailla tapahtua niin mittaamisvaiheessa, kuin kirjaamisvaiheessa. Virheet voidaan jakaa kolmeen ryhmään, joita ovat satunnainen, systemaattinen ja karkea. Ennustamaton eli satunnainen virhe on pieni ja siltä välttyminen on hankalaa. Mittauslaitteesta johtuvaa virhettä kutsutaan systemaattiseksi. Mittaajasta johtuva inhimillinen virhe on luonteeltaan karkea. Karkeat virheet ilmenevät samaa kohdetta mitattaessa, mittaajaa vaihdettaessa. (Rantanen 2015, 306–307.)

Mitattavaa aineistoa kasattaessa otoksen koko voi vaikuttaa virheeseen. Tarkkuuteen eli otantavirheeseen vaikuttavat otoskoko, perusjoukon vaihtelevuus sekä perusjoukon koko (Euroopan komissio 2017, 19.) Otoksessa kuvioden sisällä mitattiin mahdollisimman monta koealaa riippuen kuvion pinta-alasta. Karkeaa virhettä pyrittiin minimoimaan vaihtamalla mittaajaa kuvioden sisällä, koealojen välillä. Tutkimuksessa ei otettu huomioon systemaattisia virheitä, jotka voivat syntyä esimerkiksi hypsometrin virheellisestä toiminnasta.

3.3 Luottamusväli ja luottamustaso

Tilastollisen päättelyn avulla voidaan arvioida kuinka hyvin otoksesta saadut tulokset pitävät paikkansa perusjoukossa. Kyse on siis siitä, kuinka todennäköisesti otoksen avulla saadut tulokset voidaan yleistää koko perusjoukkoa koskeviksi tuloksiksi. Tilastollisen päättelyn kaksi keskeistä käsitettä ovat luottamusväli ja luottamustaso. (Taanila 2010.)

Luottamusväli (*confidence interval*) kertoo millä välillä todellinen perusjoukon tunnusluvun arvo on tietyllä todennäköisyydellä. Luottamustaso (*confidence level*) kertoo, millä todennäköisyydellä perusjoukkoa kuvaava tunnusluku on jollain tietyllä luottamusvälillä. Luottamustaso ja luottamusväli ovat täysin toisiinsa sitoutuneita käsitteitä. Tieto luottamusvälistä ei ole mielekäs, jos ei ole tietoa luottamustasosta ja päinvastoin. Olennaista on, että luottamustason kasvaessa laajenee myös luottamusväli. Tämä tarkoittaa siis sitä, että mitä suuremmalla varmuudella halutaan tietää, millä välillä jokin perusjoukon tunnusluku sijaitsee, sitä suurempi on luottamusväli. (KvantiMOTV 2004.)

4 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

4.1 Aineisto

Toimeksiantajan ohjeistuksen mukaisesti otantaan poimittiin mukaan 36 kappaletta kuvioita. Näistä kahdeksan kappaletta on tuoreen kankaan ensiharvennuksia, yksitoista kappaletta tuoreen kankaan harvennuksia, kahdeksan kappaletta kuivahkon kankaan ensiharvennuksia sekä yhdeksän kappaletta kuivahkon kankaan harvennuksia. Mitattavien kohteiden kehitysluokat ovat nuorta (02) ja vartunutta (03) kasvatusmetsää.

Ennen varsinaisia ja opinnäytetyössä tarkasteltavia mittauksia keräsimme puustotietoa kymmeneltä kuviolta ennen harvennusta. Tällä tarkistettiin, onko lähtöpuusto oikein järjestelmässä. Lähtöpuuston puustotiedoista otimme näyttökuvat, jotka tallensimme aineistoa varten Microsoft Excel -taulukkolaskentaohjelmaan kuvion 5 mukaisesti.

Maaluokka	Maaluokan tarkenne	Kasvupaikka	Kasvupaikkatyyppin tarkenne	Kehitysluokka
1 - Metsämaa	1 - Kangas	4 - Kuivahko	0 - Ei Tarkennuksia	02 - Nuori kasvatusmetsikkö

Käytönrajotteita	Asiakirjoja	Koalatietoja siirtämättä	Säästöpuita
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Kasvupaikka	Puustotiedot	Hakkuuehdotus	Metsänhoitotyöt
01 - Mänty			

Pääpuulaji	Syntytapa	Kehitysluokka	Valtapiisuus	Rinnankorkeusikä
01 - Mänty	3 - Istutus	02 - Nuori kasvatusmetsikkö	14,1 m	22 v

Puustotietojen lähde				
Inventoidut tiedot, inventointipvm ja inventoija	Arviointitapa	Kasvatetut tiedot pvm	Hae inventoidut tiedot	Hae kasvutiedot
11.10.2016 5441	1 - Enllisinventointi	1.10.2020		

Jakso	Puulaji	%	Ikä	Yks	Ppa	Yks	Rluku	Yks	Kpit	Yks	Kpm	Yks	Tukki %	T% Kor	Laatu	Tila- vuus	Yks	Tila- vuus	Yks	Kas- vu	Yks	Arvo- kasvu-%
1 - Vallitse	01 - Mänty	89	31 v	24	m ² /ha	1400	kpl/ha	13,0	m	15,0	cm	3	2 - Huon	143	m ³ /ha	544	m ³ /ku	6,4	m ³ /ha/v	5,2		
1 - Vallitse	02 - Kuusi	5	31 v	1	m ² /ha	50	kpl/ha	10,3	m	11,7	cm	1	0 - Norm	7	m ³ /ha	28	m ³ /ku	0,5	m ³ /ha/v	7,1		
1 - Vallitse	04 - Hiesko	6	31 v	2	m ² /ha	200	kpl/ha	12,1	m	10,9	cm	0	0 - Norm	10	m ³ /ha	39	m ³ /ku	0,9	m ³ /ha/v	9,4		
Yhteensä			31 v	27	m ² /ha	1650	kpl/ha	12,8	m	14,6	cm	3			161	m ³ /ha	611	m ³ /ku	7,7	m ³ /ha/v	5,5	

Kuvio 5. Yksittäisen kuvion puustotiedot

Lähtöpuustosta mitattiin ennalta karttaan suunnitellun koelaverkon mukaisilta koelaloilta pohjapinta-ala, keskiläpimitta, pituus sekä runkoluku. Päivitimme nämä järjestelmään, joka laskee valmiiksi kuviota ja hehtaaria kohden puuston tilavuuden sekä arvokasvuprosentin. Tämän avulla todettiin, että vuoden 2018 jälkeen maastossa inventoitujen kuvioiden puustotiedon olivat ajan tasalla.

Ensiharvennuksen ja alaharvennuksen jälkeen lähdettiin mittaamaan työmme kannalta tarvittavia puustotietoja. Harvennetuille kuvioille suunniteltiin samalla tavalla kartoille koealaverkot, joiden mukaan edettiin maastossa. Koealojen määrä kuviolla määräytyi mitattavan pinta-alan hehtaarien mukaan (Taulukko 1), tässä käytimme apuna Tapion hyvän metsänhoidon suositukset maastotaulukkoa. (Tapio 2014, 44).

Taulukko 1. Koealojen määrän määräytyminen

Kuvion pinta-ala (ha)	Koealojen määrä
0,5–1,9	5
2–3,9	6
4–5,9	7
6–7,9	8
8–9,9	9
10+	10(+)

Koealalta mitattiin ensin relaskoopilla pohjapinta-ala. Tässä eriteltiin samalla puulajit, jotka osuivat relaskoopikoealalle. Seuraavaksi laskettiin 3,99 metriä mittaa apuna käyttäen puolelta aarilta runkoluku. Tästä saatiin runkoluku hehtaaria kohden kertomalla saatu arvo luvulla 200. Koealan valtapuun sekä silmämääräisesti valitun mediaanipuun pituudet mitattiin hypsometrin avulla. Keskiläpimitta määräytyi relaskoopikoealalle osuvista puista valikoituneeseen mediaanipuuhun ja sen keskiläpimittaan. Mittauksien ohella tarkkailtiin korjuujäljen laatua ja harvennuksen onnistumista hyvän metsänhoidon suositusten mukaisesti. Mittauksia tehdessä otettiin huomioon metsäkoneen ajourien vaikutus mittaustulokseen.

4.2 Aineiston käsittely

Mittauksista saatu aineisto siirrettiin Exceeliin. Kerätystä tiedosta laskettiin kuviokohtaiset keskiarvot vertailtavissa olevaan muotoon. Kuviossa 6 ylimmässä rivissä on puuston lähtötiedot (Liite 1) ennen hakkuuta, keskellä maastossa mitaamamme tieto ja alimpana on simulaattorin antama tulos. Tuloksista laskettiin

mitattujen ja simuloitujen tulosten erotukset sekä niiden itseisarvot vertailua varten.

Palsta	Kuvio	A	Puulaji	Ikä	PPA	Runkoluku	KPIT (m)	KLPM (cm)	Tilavuus (m ³ /ha)	Tilavuus (m ³ /kuvio)	Kasvu (m ³ /ha/v)	Arvokasvu%
301678	601.0		Mänty	57	25	622	18.7	23.8	217	1129	4.9	3.5
	Tuore		Hieskoivu	57	2	150	12.4	12.6	9	45	0.2	2.5
						27	772		226	1174	5.1	
Mitattu tulos			Mänty	57	17	402	18.2	22.9	147	762	4	4
			Hieskoivu	57	2	70	13.4	14.2	13	65	0.3	2.8
						19	472		160	827	4.3	
Simulaattorin tulos			Mänty	58	19	425	19	24.9	170	882	4.1	3.6
			Hieskoivu	58	1	74	14.2	13.4	5	28	0.1	2.5
						20	499		175	910	4.2	
Simulaation ja mitatun tuloksen erotus						1	27		15	83	-0.1	
Luvut itseisarvoina (keskiarvon määrittämistä varten)						1	27		15	83	0.1	

Kuvio 6. Vertailtavia aineistoja

Maastossa mitattu aineisto koostuu ylempänä kuvatulla tavalla mitattuun metsävaratietoon, josta laskettiin puuston tilavuus kuutioittain hehtaaria sekä kuvion pinta-alaa kohden. Tästä koostettiin aineisto, joka on muodoltaan samanlainen kuin simulaation tuottama, jotta vertailu saatiin toteutettua.

Simulaatio päivittää automaattisesti harvennuksen jälkeen kasvatetut tiedot. Tähän simulaatioon on syötetty yhtälö (Liite 2), jonka mukaan se laskee pohjapinta-alaa ja valtapituutta käyttäen arvion vuosittaisesta kasvusta ja harvennuksen jälkeisestä puustosta. Sama yhtälö on käytössä molemmilla harvennuksilla. Vuosittaisessa automaattisessa kasvatuksessa se lisää myös puuston ikää ja arvioi arvokasvua.

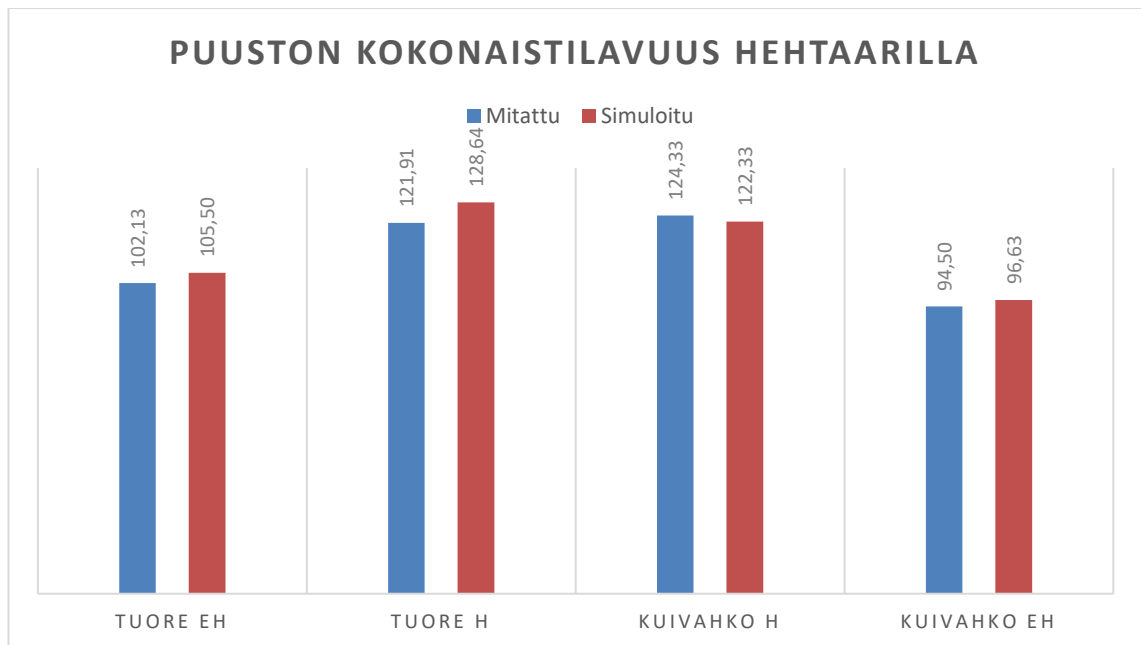
Vertailtaviksi yksiköiksi valittiin tilavuus hehtaaria kohden, vuosittainen kasvu hehtaaria kohden, puuston pohjapinta-ala (ppa) sekä keskiläpimitta. Tilavuus hehtaaria kohden valittiin, koska sen määrittämisessä käytetään kaikkia puuston mittauksessa kerättäviä tietoja (ppa, pituus, läpimitta sekä runkoluku). Näin ollen se antaa parhaan kuvan siitä, miten hyvin simulaatio toimii.

Excelissä laskut toimitettiin laskemalla muuttujien erotukset. Nämä luvut visualisoitiin kaavioilla, jotka helpottavat eroavaisuuksien havainnointia. Näin toimittiin myös kahden muun yksikön kohdalla. Lisäksi erotuksista laskettiin tilastollinen merkitsevyys.

5 TULOKSET

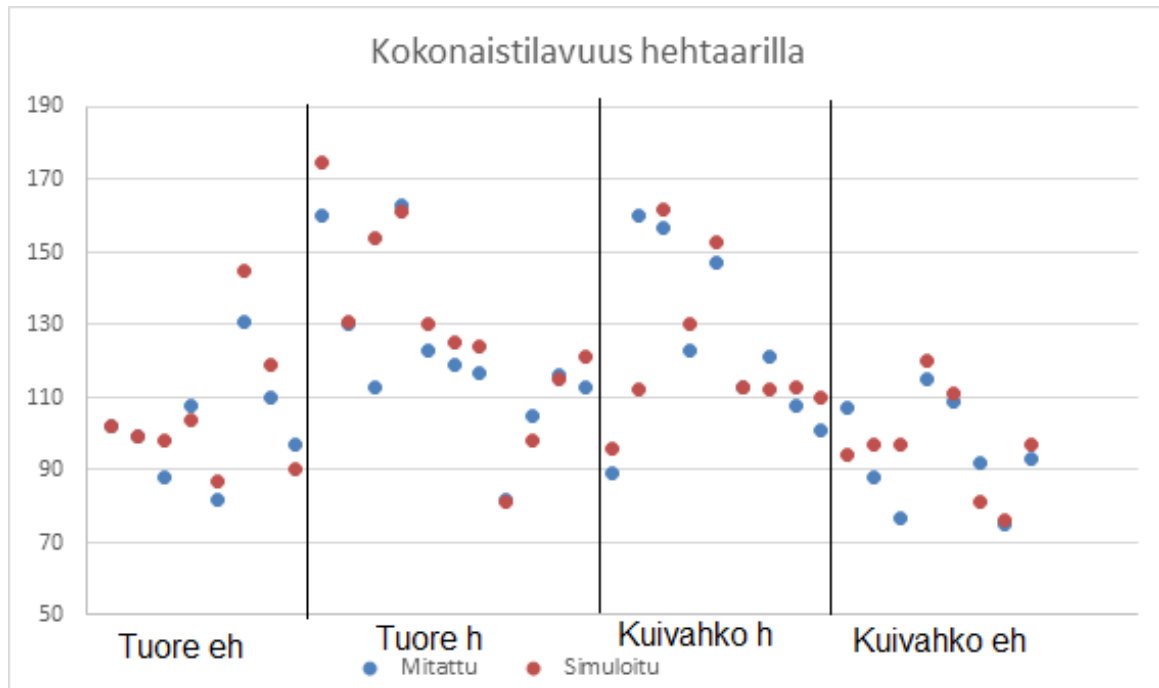
5.1 Puuston kokonaistilavuus hehtaaria kohden

Tilavuudella hehtaaria kohtaan ilmaistaan metsän puuaineksen määrää kuutioina hehtaarilla. Eroavaisuudet tilavuudessa mitatun ja simuloitun datan välillä olivat kasvupaikkatyypeittäin seuraavat: tuoreen kankaan harvennuksilla $8,73 \text{ m}^3$, tuoreen kankaan ensiharvennuksilla $6,13 \text{ m}^3$, kuivahkon kankaan harvennuksilla 2 m^3 ja kuivahkon kankaan ensiharvennuksilla $8,13 \text{ m}^3$. Alla olevasta kuviosta 7 sekä liitteestä 3 on luettavissa eroavaisuudet simuloitussa ja mitatussa tiedossa kasvupaikkatyypeittäin sekä harvennustavoittain.



Kuvio 7. Puuston kokonaistilavuuksien keskiarvot hehtaarilla

Alla oleva kuvio 8 havainnollistaa (m^3/ha) simuloitun ja mitatun tuloksen verrattuna saman harvennustavan ja kasvupaikkatyyppin keskiarvoon. Keskiarvot ovat vasemmalta oikealle luettuina seuraavat: tuore harvennus, tuore ensiharvennus, kuivahko ensiharvennus ja kuivahko harvennus. Kuvion pisteistä on luettavissa, että mitatut ja simuloitun arvot ovat hyvin lähellä toisiaan.

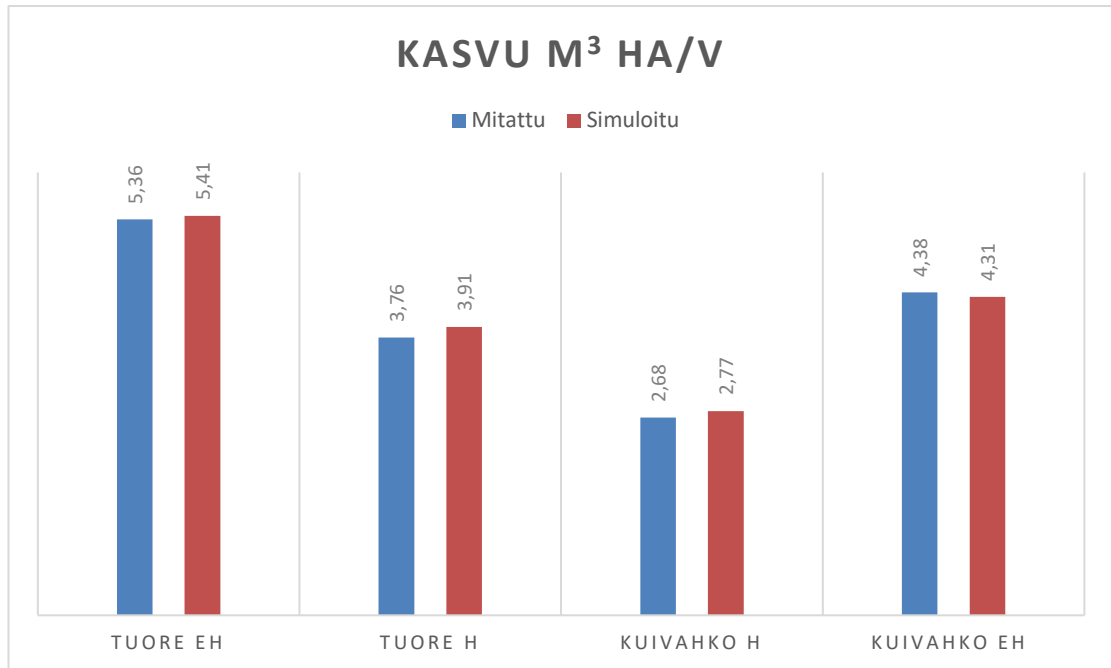


Kuvio 8. Puuston kokonaistilavuus hehtaarilla pistepilvi

Erotus simulaation ja mitatun välillä on koko populaatiosta 99 prosenttin varmuudella välillä $-2,76-8,31 \text{ m}^3/\text{ha}$. Koko otannalla simulaation antama arvo on keskiarvoltaan yhteensä $2,29 \text{ m}^3/\text{ha}$ suurempi kuin mitattu (Liite 4).

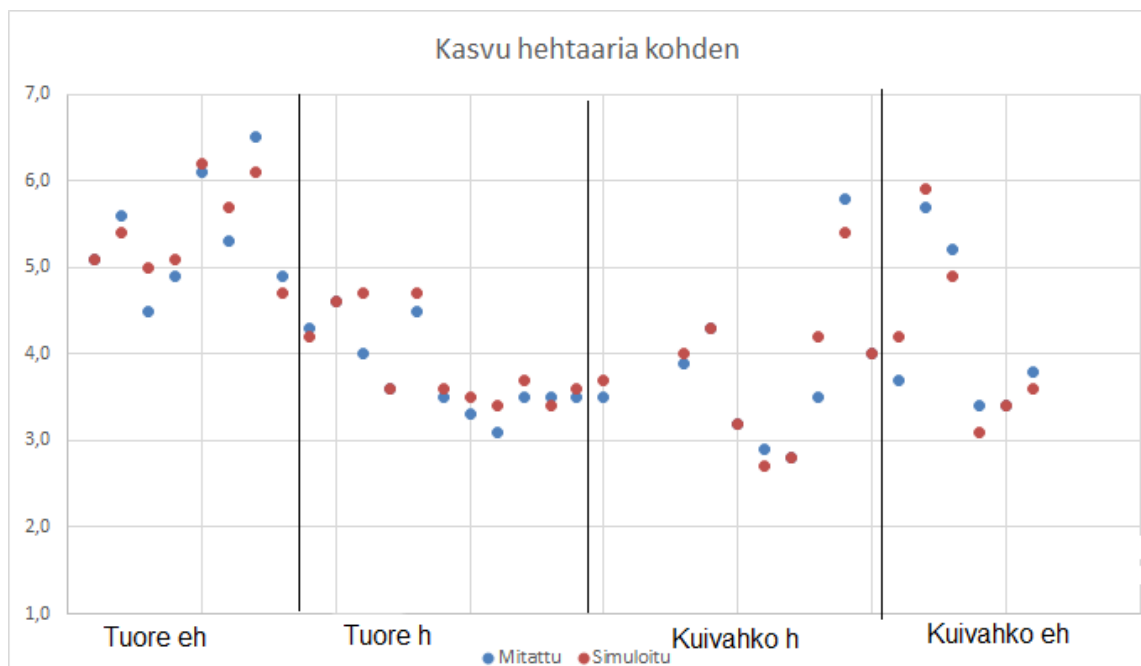
5.2 Kasvu hehtaaria kohden vuodessa

Kasvu hehtaaria kohden ilmaisee kuinka paljon puuaineksen tilavuus kasvaa vuosittain alueella hehtaaria kohden. Tämä on simulaattorin laskema ennuste kasvusta. Kuivahkon ensiharvennuksen kuvioita lukuun ottamatta simulaattori antoi mitattua tulosta suuremman ennusteen kasvulle. Eroavaisuudet tilavuudessa mitatun ja simuloidun datan välillä olivat kasvupaikkatyypeittäin seuraavat: tuoreen kankaan harvennuksilla $0,15 \text{ m}^3$, tuoreen kankaan ensiharvennuksilla $0,05 \text{ m}^3$, kuivahkon kankaan harvennuksilla $0,09 \text{ m}^3$ ja kuivahkon kankaan ensiharvennuksilla $0,07 \text{ m}^3$. Alla olevasta kuviosta 9 sekä liitteestä 5 on luettavissa eroavaisuudet simuloidussa ja mitatussa tiedossa kasvupaikkatyypeittäin sekä harvennustavoittain.



Kuvio 9. Vuosittaisen kasvun vertailu

Alla oleva kuvio 10 havainnollistaa kasvun simuloitun ja mitatun tuloksen verrattuna saman harvennustavan ja kasvupaikkatyyppin keskiarvoon. Keskiarvot ovat vasemmalta oikealle luettuina seuraavat: tuore harvennus, tuore ensiharvennus, kuivahko ensiharvennus ja kuivahko harvennus.

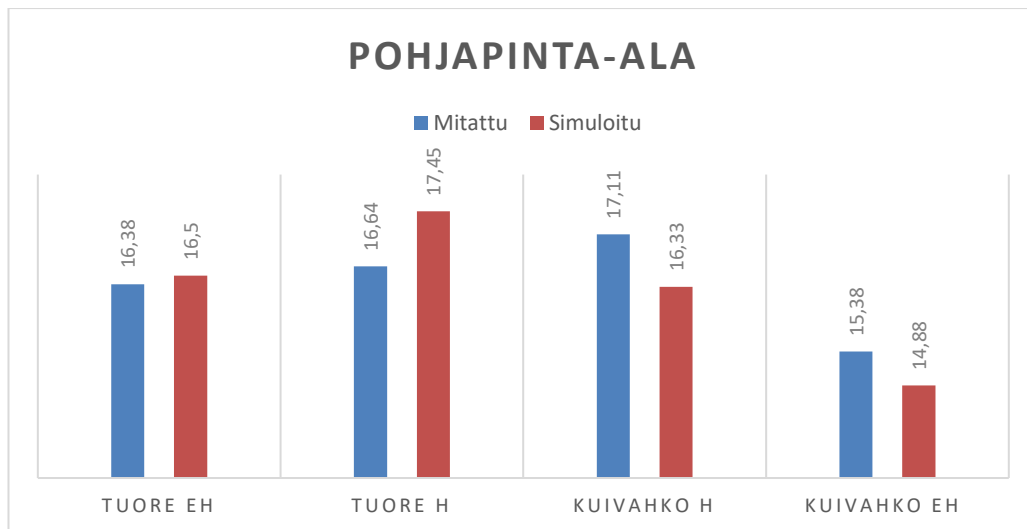


Kuvio 10. Vuosittaisen kasvun pistepilvi

Erotus simulaation ja mitatun välillä on koko populaatiosta 99 prosenttin varmuudella välillä $-0,05-0,18 \text{ m}^3/\text{ha}$. Koko otannalla simulaation antama arvo on keskiarvoltaan yhteensä $0,06 \text{ m}^3/\text{ha}$ suurempi kuin mitattu (Liite 6).

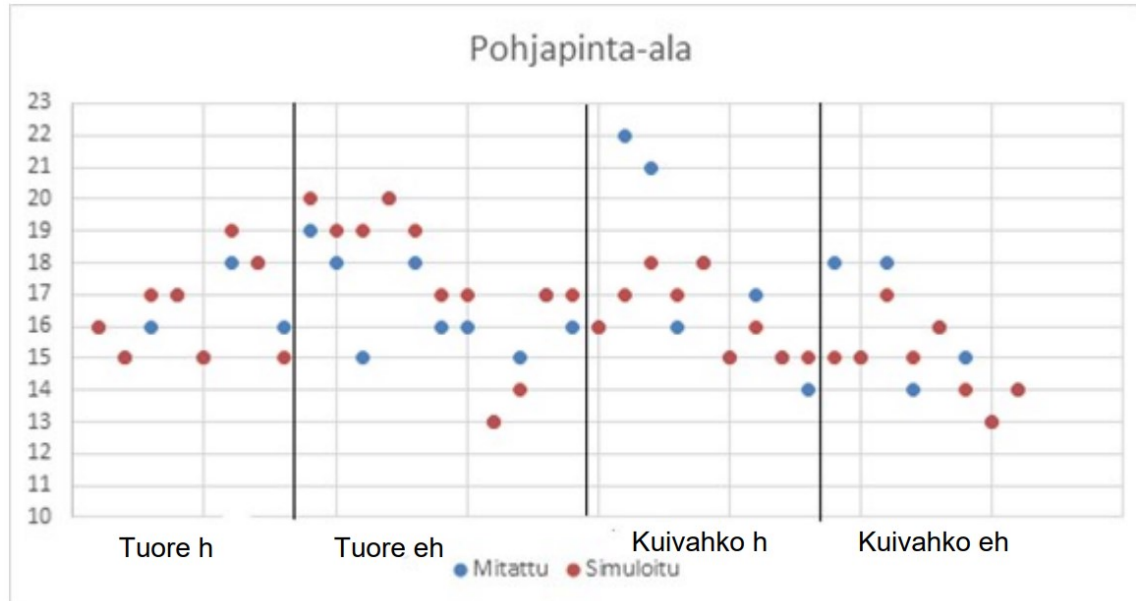
5.3 Pohjapinta-ala

Myös pohjapinta-alaa tarkastellessa erot mitatun ja simuloitun tiedon välillä ovat hyvin lähellä toisiaan. Samoin kuin vuosittaisen kasvun vertailussa, kuivahkon ensiharvennuksen kuvioita lukuun ottamatta mitattu tulos on pienempi kuin simulaattorin tuottama tulos. Suurin eroavaisuus muodostui tuoreiden harvennusten kuvioilla. Eroavaisuudet pohjapinta-alassa mitatun ja simuloitun datan välillä olivat kasvupaikkatyypeittäin seuraavat: tuoreen kankaan harvennuksilla $0,81$, tuoreen kankaan ensiharvennuksilla $0,12$, kuivahkon kankaan harvennuksilla $0,78$ ja kuivahkon kankaan ensiharvennuksilla $0,5$. Alla olevasta kuvioista 11 sekä liitteestä 7 on luettavissa eroavaisuudet simuloitussa ja mitatussa tiedossa kasvupaikkatyypeittäin sekä harvennustavoittain.



Kuvio 11. Pohjapinta-alan vertailu

Alla oleva kuvio 12 havainnollistaa pohjapinta-alan simuloitun ja mitatun tuloksen verrattuna saman harvennustavan ja kasvupaikkatyyppin keskiarvoon. Keskiarvot ovat vasemmalta oikealle luettuina seuraavat: tuore harvennus, tuore ensiharvennus, kuivahko ensiharvennus ja kuivahko harvennus.

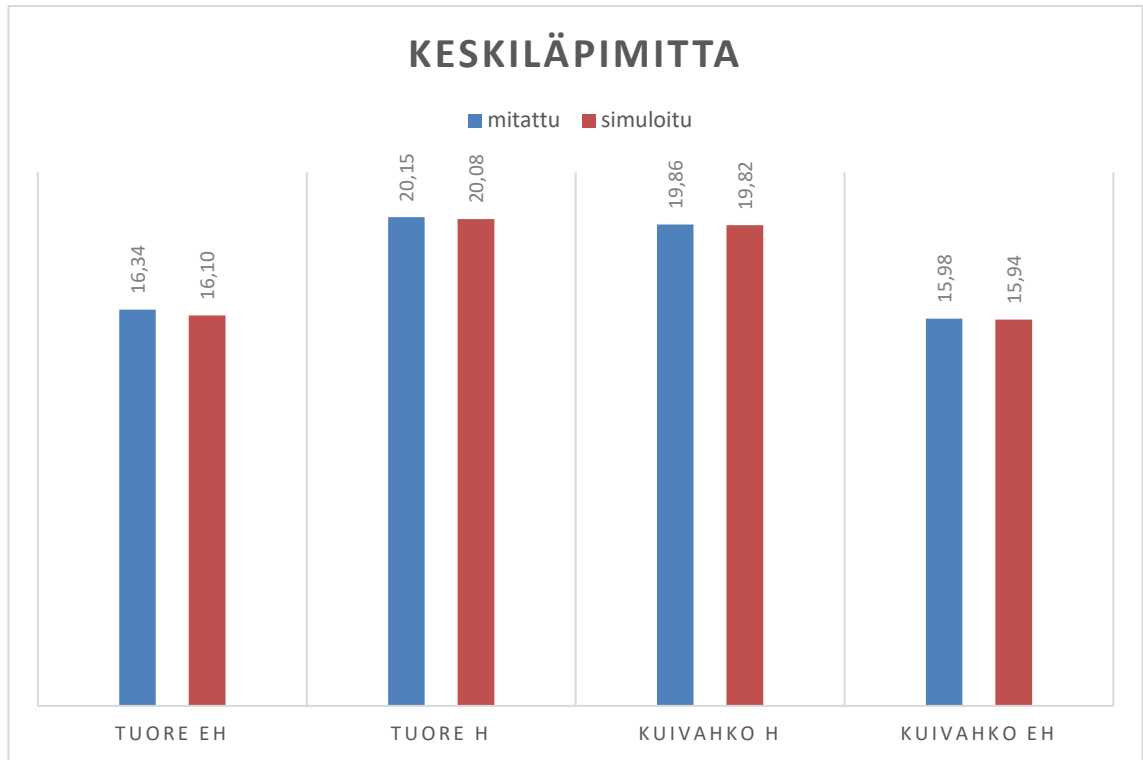


Kuvio 12. Pohjapinta-alan vertailun pistepilvi

Erotus simulaation ja mitatun välillä on koko populaatiosta 99 prosentin varmuudella välillä $-0,63-0,69$. Koko otannalla simulaation antama arvo on keskiarvoltaan yhteensä $0,03$ suurempi kuin mitattu (Liite 8). Pohjapinta-alat harvennuksen jälkeen mitattuna, sekä simuloituna osuvat hyvin lähelle simulaation pääpuulajin perusteella laskemaa tavoite pohjapinta-alaa. (Liite 9).

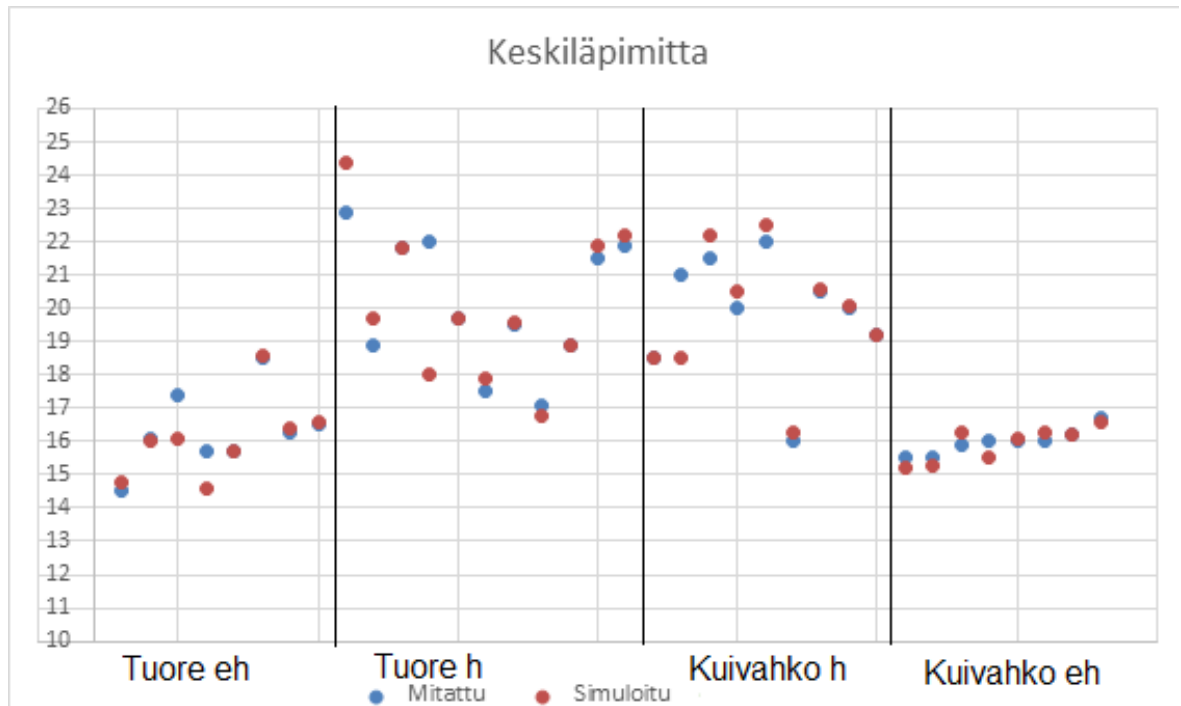
5.4 Keskiläpimita

Eroavaisuudet keskiläpimitassa mitatun ja simuloidun datan välillä olivat kasvu- paikkatyypeittäin seuraavat: tuoreen kankaan harvennuksilla $0,07$ cm, tuoreen kankaan ensiharvennuksilla $0,24$ cm, kuivahkon kankaan harvennuksilla $0,04$ cm ja kuivahkon kankaan ensiharvennuksilla $0,04$ cm. Simulaatio antaa keskiarvoisesti pienemmän keskiläpimitan kuin mitattu tulos. Alla olevasta kuviosta 13 sekä liitteestä 10 on luettavissa eroavaisuudet simuloidussa ja mitatussa tiedossa kasvu- paikkatyypeittäin sekä harvennustavoittain.



Kuvio 13. Keskiläpimittojen vertailu

Alla oleva kuvio 14 havainnollistaa keskiläpimitan simuloitun ja mitatun tuloksen verrattuna saman harvennustavan ja kasvupaikkatyypin keskiarvoon. Keskiarvot ovat vasemmalta oikealle luettuina seuraavat: tuore harvennus, tuore ensiharvennus, kuivahko ensiharvennus ja kuivahko harvennus.



Kuvio 14. Keskilämpimittojen pistepilvi

Erotus simulaation ja mitatun välillä on koko populaatiosta 99 prosentilla välillä $-0,49-0,31$ senttimetriä. Koko otannalla simulaation antama arvo on keskiarvoltaan yhteensä $0,09$ senttimetriä pienempi kuin mitattu (Liite 11).

5.5 Johtopäätökset

Aiheen saimme toimeksiantajalta, koska sillä oli herännyt syy epäillä simulaation olevan optimistisempi metsikön todelliseen harvennuksen jälkeiseen tilanteeseen verrattuna. Tätä epäilyä ei tuotu ennen mittauksia meille ilmi, jottei se vaikuttaisi tekemäämme tutkimukseen. Näin ollen meille ei syntynyt ennakkoluuloja, jotka olisivat voineet ohjata tutkimuksen lopputulosta.

Tuloksista käy ilmi, että eroavaisuus mitatun ja simuloitun metsävaratiedon välillä harvennuksen jälkeen on prosentuaalisesti hehtaaria kohden niin pieni, ettei simulaattori tarvitse jatkotutkimuksia Kainuun alueella. Puuston tilavuudessa erot menevät mittaustiedon epävarmuuden sisään. Simulaation tuottama harvennuksen jälkeinen laskentapuusto on tällä otannalla luotettavaa.

Pohtiessamme syitä eroavaisuuksille huomattiin, että lähtöpuuston oikeellisuudella on merkitystä simulaation toimintaan (Liite 1). Jos lähtöpuusto oli ennen harvennusta käyty päivittämässä, saatiin simulaation tuottamasta ja mitatusta aineistosta lähes samat tulokset. Vuoden 2018 jälkeen päivitetty tiedot olivat niin ikään ajan tasalla ja poikkeama oli vähäistä. Kuvioilla, jotka käytiin mittaamassa ennen harvennusta, oli automaattinen vuosipäivitys jättänyt puustoa hieman pienemmäksi kuin maastossa.

Tutkimusten mukaan puuston laskennallisessa kasvatuksessa on inventoinnin tai toimenpidepäivitysten virheillä suurempi vaikutus toimenpide-ehdotusten oikeellisuuteen kuin kasvumalleilla. Jos lähtötiedoissa on merkittäviä virheitä, saattaa kasvunlaskenta korostaa poikkeamia entisestään. Varhaiskehitysmallien epävarmuustekijöiden vuoksi taimikkovaiheessa olevien metsien kasvattaminen on epäluotettavampaa kuin varttuneemman puuston kasvattaminen. (Metsäkeskus 2021, 11–12.)

Lisäksi pohdittiin mittaajan vaikutusta lähtöpuuston oikeellisuuteen. Maastossa arvioitu ja mitattu tieto on peräisin eri mittaajilta. Tässä syntyy mahdollisuus mittausvirheelle. Myös meidän suorittamiimme mittauksiin liittyy satunnaista epävarmuutta sekä mahdollisuus systemaattisesta virheestä.

Metsäyhtiön näkökulmasta aihetta simulaation lisätutkimuksille ei ilmene, koska eroavaisuudet ovat selitettävissä ihmisen mittausvirheellä. Simulaatio toimii luotettavasti ja parhaiten silloin, kun lähtöpuusto on kunnossa ja harvennus toteutetaan ohjeiden mukaisesti. Simulaatio ottaa huomioon harvennusmallit ja pääpuulajit sekä määrittää valtapituuden ja pohjapinta-alan mukaan jäävän puuston hakuun jälkeen. Nämä tulokset ovat linjassa meidän mittauksiemme kanssa.

6 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia toimeksiantajan käytössä olevan simulaatio-ohjelman luotettavuutta harvennushakkuun jälkeisessä automaattipäivityksessä. Työn otannan sekä tutkimustulosten pohjalta voidaan päätellä, että simulaatio Kainuun alueella toimii odotetusti. Tulosten perusteella toimeksiantajalla ei ole tarvetta simulaation toiminnan jatkotarkasteluun. Tutkimuksen tulokset ovat suoraan toimeksiantajan hyödynnettävissä.

Omana tavoitteenamme työn suhteen oli oppia johdonmukaista ja systemaattista työskentelyä. Lisäksi metsävaratiedon automaattipäivityksen tutkiminen on meille hyödyllistä tulevaisuuden ammattejamme varten, koska se on osa muuttuvaa metsäalaa. Tutkimuksen aikana pääsimme perehtymään tarkemmin simulaation toimintaan, joka kasvatti luottamustamme sitä kohtaan.

Työssä haastavinta oli sopivien kohteiden löytäminen nopealla aikataululla. Myös oikeanlaisen rutiinin löytäminen työpäiviin sekä mittaamisen suorittamiseen tuotti alussa haasteita. Meillä molemmilla oli kuitenkin entuudestaan jo kokemusta mittaamisesta, joten tehokkain tapa mitata ja kirjata koealat löytyivät nopeasti. Kahden mittajaan yhteistyö nopeutti mittaamista huomattavasti. Työn suorittamista olisi voinut helpottaa pitämällä tiheämmin yhteyttä korjuuyrittäjiin, jotta olisimme saaneet ajankohtaista informaatiota hakkuiden etenemisestä. Tällä tavoin työpäivien suunnittelu olisi ollut entistä jouhevampaa.

Työtä olisi ollut mahdollista laajentaa kasvattamalla otantaa. Otantaa olisi voinut ottaa mukaan kuvioita myös muilta kasvupaikkatyypeiltä sekä kangasmaiden kuvioiden lisäksi ulottaa tutkimus myös turvemaalle. Kangasmaan ja turvemaan simulaatio toimii kuitenkin eri tavalla, joten vertailut olisi täytyntä tehdä erillisinä. Tässä työssä keskityttiin ainoastaan alaharvennuksina suoritettuihin hakkuisiin. Tutkimuksessa olisi voinut ottaa huomioon myös esimerkiksi yläharvennuksella suoritettuja hakkuita, jotta olisi saatu tietää vaikuttaako harvennustapa simulaation toimintaan.

7 LÄHTEET

Euroopan komissio 2017. Otantamenetelmiä koskevat ohjeet tarkastusviranomaisille. Viitattu 9.4.2022 https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/informat/2014/guidance_sampling_method_fi.pdf.

Hotanen, J-P., Nousiainen, H., Mäkipää, R., Reinikainen, A. & Tonteri, T. 2018. Metsätyypit – kasvupaikkaopas. Helsinki: Metsäkustannus Oy.

Härkönen, S. 2020. Digitalisaatio metsäammattilaisen matkassa. Viitattu 31.3.2022 <https://bitcomp.com/fi/2020/09/22/digitalisaatio-metsaammattilaisten-matkassa/>.

Jyrkilä, J. 2019 Metsäinen paikkatieto kattaa nyt koko maan. Viitattu 2.4.2022 <https://www.maanmittauslaitos.fi/tietoa-maanmittauslaitoksesta/ajankoh-taista/lehdet-ja-julkaisut/positio/metsainen-paikkatieto-kattaa-nyt-koko-maan>.

Kaihlainen, J. 2019. Metsäkeskus neuvoo: Mittakeppi mukaan taimikonhoitoon raivaussahan lisäksi – näin säästyy myöhemmiltä mittaustöiltä. Viitattu 31.3.2022 <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/metsa/artikkeli-1.479251>.

Kangas, A., Päivinen, R., Holopainen, M. & Maltamo, M. 2011. Metsän mittaus ja kartoitus. Silva Carelica. 3. uudistettu painos. Itä-Suomen Yliopisto: Metsätieteiden osasto.

KvantiMOTV 2004. Tilastollinen päättely. Viitattu 28.2.2022 <https://www.fsd.tuni.fi/metelmaopetus/paattely/paattely.html>.

Metsäkeskus 2021. Metsävaratiedon laatuseloste. Viitattu 28.2.2022 <https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/document/metsavaratiedon-laatuseloste.pdf>.

Metsälaki 20.12.2013/1085.

Pajula, T. 2021. Metsänmittaus. Viitattu 2.4.2022 <https://www.tuomaspa-jula.fi/2021/03/02/metsanmittaus/>.

Rantanen, P. 2015. Maastomittauksen perusteet. 1.–3. painos. Tampere: Juvenes Print.

Simosol Oy 2015. Metsikkösimulaattori. Viitattu 9.4.2022 https://www.simo-project.org/documentation/manual/simulators/stand_simulator.html.

Taanila, A. 2010. Tilastollinen päättely. Viitattu 31.3.2022 <https://docplayer.fi/18759135-Aki-taanila-tilastollinen-paattely.html>.

Talkkari, A. & Lehmonen, H. 2021. Metsävaratieto – Hankinta ja hyödyntäminen. Tapion julkaisuja. Helsinki: Tapio Palvelut Oy.

Tapio 2014. Maastotaulukot. Hyvän metsänhoidon suositukset. 5. painos. Hämeenlinna: Metsäkustannus Oy.

UPM Metsä 2022. Miten FSC-sertifiointi näkyy hakkuukohteella? Viitattu 8.4.2022 <https://www.upmmetsa.fi/tietoa-ja-tapahtumia/artikkelit/fsc-sertifiointi/>.

UPM Yhteismetsä 2022. Metsien FSC-sertifiointi. Viitattu 8.4.2022 <https://www.upmyhteismetsa.fi/tietoa-upm-yhteismetsasta/fsc-sertifiointi/>.

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (toim.) 2019. Metsänhoidon suositukset. Viitattu 28.2.2022 https://tapio.fi/wp-content/uploads/2020/09/Metsanhoidon_suosituksset_Tapio_2019.pdf.

LIITTEET

Liite 1. Lähtöpuusto

Liite 2. Simulaation sisältämät yhtälöt

Liite 3. Puuston kokonaistilavuus hehtaaria kohden vertailu

Liite 4. Puuston kokonaistilavuus hehtaaria kohden luottamusvälit

Liite 5. Kasvu vuodessa hehtaarilla vertailu

Liite 6. Kasvu vuodessa hehtaarilla luottamusvälit

Liite 7. Pohjapinta-ala vertailu

Liite 8. Pohjapinta-ala luottamusvälit

Liite 9. Kuvioiden tavoite pohjapinta-alat

Liite 10. Keskiläpimitta vertailu

Liite 11. Keskiläpimitta luottamusvälit

Liite 1 Lähtöpuusto

	Palsta	Mänty	Kuusi	Koivu	PPA yhteensä	Valtapituus (m)	Keskiläpimitta (cm)	Inventointivuosi
Tuoreet eh	282991	32	1	1	34	13,9	14,6	2016
Tuoreet eh	282991	28	1	2	31	15,4	13,7	2016
Tuoreet eh	305318	20	0	1	21	13,1	15	2018
Tuoreet eh	305318	20	0	1	21	13,7	14,1	2018
Tuoreet eh	240483	24	2	1	27	12,7	15,6	2018
Tuoreet eh	286403	22	1	1	24	16,7	17,4	2014
Tuoreet eh	263762	19	1	2	22	15,6	16,1	2016
Tuoreet eh	283882	23	2	3	28	12,6	14,9	2015
Tuoreet h	301678	25	0	2	27	20,2	23,2	2016
Tuoreet h	305318	21	1	3	25	16,3	18,7	2017
Tuoreet h	239645	17	5	1	23	18,6	21,8	2019
Tuoreet h	297109	17	2	2	21	19,2	22,6	2017
Tuoreet h	230675	23	4	3	30	16,7	20	2014
Tuoreet h	292408	11	7	3	21	16,7	17,2	2017
Tuoreet h	292408	18	2	2	22	16,7	18,5	2017
Tuoreet h	292360	6	4	14	24	14,4	15,5	2015
Tuoreet h	292360	8	5	11	24	16,1	17,4	2015
Tuoreet h	283136	23	1	2	26	15,2	19,9	2015 (Avoin metsävaratieto)
Tuoreet h	283136	16	6	4	26	16,4	20,1	2015 (Avoin metsävaratieto)
Kuivahko h	282994	17	1	1	19	14,7	19	2016
Kuivahko h	240483	10	5	9	24	16,3	16,4	2014
Kuivahko h	240483	25	1	1	27	19,4	20,9	2014
Kuivahko h	239645	16	7	1	24	17,6	19,2	2014
Kuivahko h	297109	22	2	1	25	19,9	22,3	2017
Kuivahko h	292376	24	0	0	24	15,7	15	2015
Kuivahko h	292408	20	2	1	23	16,7	19,2	2017
Kuivahko h	292408	17	2	2	21	16,6	18,9	2017
Kuivahko h	292360	10	4	10	24	16,7	18	2015
Kuivahko eh	301678	24	1	2	27	14,1	14,6	2016
Kuivahko eh	282994	20	2	1	23	13,5	14,5	2016
Kuivahko eh	263762	21	1	2	24	15,7	16,4	2020
Kuivahko eh	249063	20	1	1	22	13,8	14,2	2015
Kuivahko eh	276340	20	2	3	25	15,4	15,9	2016
Kuivahko eh	292376	20	1	0	21	12,8	14,6	2016
Kuivahko eh	279215	19	2	1	22	13	14,9	2016
Kuivahko eh	279215	19	2	1	22	14,7	15,5	2016

Liite 2 Simulaation sisältämät yhtälöt

MT	Kuusi ja mänty					
Valtapituus	Pohjapinta-ala			f(x)=ax ³ +bx ² +cx+d		
	Harv.raja	Hak.jälk.		Harv.raja	Hak.jälk.	
12	22,00	14,50	a	6,9444x10 ⁻⁰³	-1,736x10 ⁻⁰³	
14	25,25	16,25	b	-0,44345230	0,04166666	
16	27,25	18,00	c	9,60912698	0,70932539	
18	28,25	19,00	d	-41,44047600	2,97619047	
20	29,00	20,00				
22	29,25	20,25				
VT	Mänty					
Valtapituus	Pohjapinta-ala			f(x)=ax ³ +bx ² +cx+d		
	Harv.raja	Hak.jälk.		Harv.raja	Hak.jälk.	
12	21,00	13,50	a	1,7361x10 ⁻⁰³	2,3148x10 ⁻⁰³	
14	22,75	15,25	b	-0,13988090	-0,16493050	
16	24,25	16,50	c	3,68353174	3,99322089	
18	25,00	17,25	d	-6,08333330	-14,67063400	
20	25,50	17,75				
22	25,75	18,00				

Liite 3 Puuston kokonaistilavuus hehtaaria kohden vertailu

m3/ha	Mita- tut	Simu- loidut	Erotus (simu- loitu - mi- tattu)	Ero- tuksen itseis- arvo	Palsta/kuvio
tuoreet eh	102	102	0	0	282991
tuoreet eh	99	99	0	0	282991
tuoreet eh	88	98	10	10	305318
tuoreet eh	108	104	-4	4	305318
tuoreet eh	82	87	5	5	240483
tuoreet eh	131	145	14	14	286403
tuoreet eh	110	119	9	9	263762
tuoreet eh	97	90	-7	7	283882
tuoreet h	160	175	15	15	301678
tuoreet h	130	131	1	1	305318
tuoreet h	113	154	41	41	239645
tuoreet h	163	161	-2	2	297109
tuoreet h	123	130	7	7	230675
tuoreet h	119	125	6	6	292408
tuoreet h	117	124	7	7	292408
tuoreet h	82	81	-1	1	292360
tuoreet h	105	98	-7	7	292360
tuoreet h	116	115	-1	1	283136
tuoreet h	113	121	8	8	283136
Kuivahko h	89	96	7	7	282994
Kuivahko h	160	112	-48	48	240483
Kuivahko h	157	162	5	5	240483
Kuivahko h	123	130	7	7	239645
Kuivahko h	147	153	6	6	297109
Kuivahko h	113	113	0	0	292376
Kuivahko h	121	112	-9	9	292408
Kuivahko h	108	113	5	5	292408
Kuivahko h	101	110	9	9	292360
Kuivahko eh	107	94	-13	13	301678
Kuivahko eh	88	97	9	9	282994
Kuivahko eh	77	97	20	20	249063
Kuivahko eh	115	120	5	5	263762
Kuivahko eh	109	111	2	2	276340
Kuivahko eh	92	81	-11	11	292376
Kuivahko eh	75	76	1	1	279215
Kuivahko eh	93	97	4	4	279215
Summat	4033	4133			
Keskiarvot	112,03	114,81	2,78	8,50	
Keskihajonnat	23,38	24,47	12,89	9,99	

Varianssit	546,83	598,85	166,18	99,80
Keskiarvon keskivirhe	3,90	4,08	2,15	1,66
Mediaani			5,0	

**Keskiarvojen simulaatio -
mitattu ero**

2,78 m³/ha

**Summien simulaatio - mi-
tattu ero**

100

**Ei vielä kerro kokonais-
kasvun eroa**

15,67 28,56

**Kokonaiskasvu: simulaa-
tio - mitattu**

-10,11 -23,00

**Prosentuaalinen ero kes-
kiarvossa**

2,48

Liite 4 Luottamusvälit puuston kokonaistilavuus hehtaaria kohden

Alla luottamusväli sekä itseisarvolla, että erotuksella itseisarvolla	Luottamusväli ala	Luottamusväli ylä																	
99% varmuudella erotuksen todellinen keskiarvo (erotuksen itseisarvolle) on välillä	4,21	12,79	Erotuksen itseisarvo simulaation ja mitatun välillä on koko populaatiosta (metsästä) 99% varmuudella välillä 4,21m ³ /ha - 12,79m ³ /ha																
95% varmuudella erotuksen todellinen keskiarvo (erotuksen itseisarvolle) on välillä	5,24	11,76	Erotuksen itseisarvo simulaation ja mitatun välillä on koko populaatiosta (metsästä) 95% varmuudella välillä 5,24m ³ /ha - 11,76m ³ /ha																
90% varmuudella erotuksen todellinen keskiarvo (erotuksen itseisarvolle) on välillä	5,76	11,24	Erotuksen itseisarvo simulaation ja mitatun välillä on koko populaatiosta (metsästä) 90% varmuudella välillä 5,76m ³ /ha - 11,24m ³ /ha																
Erotuksella																			
99% varmuudella erotuksen todellinen keskiarvo on välillä	-2,76	8,31	Erotus simulaation ja mitatun välillä on koko populaatiosta (metsästä) 99% varmuudella välillä -2,76m ³ /ha - 8,31m ³ /ha																
95% varmuudella erotuksen todellinen keskiarvo on välillä	-1,43	6,99	Erotus simulaation ja mitatun välillä on koko populaatiosta (metsästä) 95% varmuudella välillä -1,43m ³ /ha - 6,99m ³ /ha																
90% varmuudella erotuksen todellinen keskiarvo on välillä	-0,76	6,31	Erotus simulaation ja mitatun välillä on koko populaatiosta (metsästä) 90% varmuudella välillä -0,76m ³ /ha - 6,31m ³ /ha																

Liite 5 Kasvu vuodessa hehtaarilla vertailu

m3/ha	Mitatut	Simuloidut	Erotus (simuloitu - mitattu)	Erotuksen itseisarvo	Palsta/kuvio
tuoreet eh	5,1	5,1	0	0	282991
tuoreet eh	5,6	5,4	-0,2	0,2	282991
tuoreet eh	4,5	5,0	0,5	0,5	305318
tuoreet eh	4,9	5,1	0,2	0,2	305318
tuoreet eh	6,1	6,2	0,1	0,1	240483
tuoreet eh	5,3	5,7	0,4	0,4	286403
tuoreet eh	6,5	6,1	-0,4	0,4	263762
tuoreet eh	4,9	4,7	-0,2	0,2	283882
tuoreet h	4,3	4,2	-0,1	0,1	301678
tuoreet h	4,6	4,6	0	0	305318
tuoreet h	4,0	4,7	0,7	0,7	239645
tuoreet h	3,6	3,6	0	0	297109
tuoreet h	4,5	4,7	0,2	0,2	230675
tuoreet h	3,5	3,6	0,1	0,1	292408
tuoreet h	3,3	3,5	0,2	0,2	292408
tuoreet h	3,1	3,4	0,3	0,3	292360
tuoreet h	3,5	3,7	0,2	0,2	292360
tuoreet h	3,5	3,4	-0,1	0,1	283136
tuoreet h	3,5	3,6	0,1	0,1	283136
Kuivahko h	3,5	3,7	0,2	0,2	282994
Kuivahko h	0,0	0,0	0	0	240483
Kuivahko h	0,0	0,0	0	0	240483
Kuivahko h	3,9	4,0	0,1	0,1	239645
Kuivahko h	4,3	4,3	0	0	297109
Kuivahko h	3,2	3,2	0	0	292376
Kuivahko h	2,9	2,7	-0,2	0,2	292408
Kuivahko h	2,8	2,8	0	0	292408
Kuivahko h	3,5	4,2	0,7	0,7	292360
Kuivahko eh	5,8	5,4	-0,4	0,4	301678
Kuivahko eh	4,0	4,0	0	0	282994
Kuivahko eh	3,7	4,2	0,5	0,5	249063
Kuivahko eh	5,7	5,9	0,2	0,2	263762
Kuivahko eh	5,2	4,9	-0,3	0,3	276340
Kuivahko eh	3,4	3,1	-0,3	0,3	292376
Kuivahko eh	3,4	3,4	0	0	279215
Kuivahko eh	3,8	3,6	-0,2	0,2	279215
Summat	143,4	145,7			
Keskiarvot	3,98	4,05	0,06	0,20	
Keskihajonnat	1,37	1,36	0,27	0,19	

Varianssit	1,87	1,85	0,07	0,04
Keskiarvon keskivirhe	0,23	0,23	0,04	0,03
Mediaani			0,0	

**Keskiarvojen simulaatio -
mitattu ero** 0,06 m³/ha

**Summien simulaatio - mi-
tattu ero** 2,3

**Ei vielä kerro kokonaiskas-
vun eroa** 0,33 0,60

**Kokonaiskasvu: simulaatio
- mitattu** -0,21 -0,48

Prosentuaalinen ero kes- kiarvossa	1,60
---	-------------

Liite 6. Kasvu vuodessa hehtaarilla luottamusvälit

Alla luottamusväli sekä itseisarvolla, että erotuksella	Luottamusväli ala	Luottamusväli ylä	
Itseisarvolla			
99% varmuudella erotuksen todellinen keskiarvo (erotuksen itseisarvolle) on väliillä	0,11	0,28	Erotuksen itseisarvo simulaation ja mitatun väliillä on koko populaatiosta (metsästä) 99% varmuudella väliillä 0,11 - 0,28
95% varmuudella erotuksen todellinen keskiarvo (erotuksen itseisarvolle) on väliillä	0,13	0,26	Erotuksen itseisarvo simulaation ja mitatun väliillä on koko populaatiosta (metsästä) 95% varmuudella väliillä 0,13 - 0,26
90% varmuudella erotuksen todellinen keskiarvo (erotuksen itseisarvolle) on väliillä	0,14	0,25	Erotuksen itseisarvo simulaation ja mitatun väliillä on koko populaatiosta (metsästä) 90% varmuudella väliillä 0,14 - 0,25
Erotuksella			
99% varmuudella erotuksen todellinen keskiarvo on väliillä	-0,05	0,18	Erotus simulaation ja mitatun väliillä on koko populaatiosta (metsästä) 99% varmuudella väliillä -0,05 - 0,18
95% varmuudella erotuksen todellinen keskiarvo on väliillä	-0,02	0,15	Erotus simulaation ja mitatun väliillä on koko populaatiosta (metsästä) 95% varmuudella väliillä -0,02 - 0,15
90% varmuudella erotuksen todellinen keskiarvo on väliillä	-0,01	0,14	Erotus simulaation ja mitatun väliillä on koko populaatiosta (metsästä) 90% varmuudella väliillä -0,01 - 0,14

Liite 7 Pohjapinta-ala vertailu

ppa	Mitatut	Simuloidut	Erotus (simuloitu - mitattu)	Erotuksen itseisarvo	Palsta/kuvio
tuoreet eh	16	16	0	0	282991
tuoreet eh	15	15	0	0	282991
tuoreet eh	16	17	1	1	305318
tuoreet eh	17	17	0	0	305318
tuoreet eh	15	15	0	0	240483
tuoreet eh	18	19	1	1	286403
tuoreet eh	18	18	0	0	263762
tuoreet eh	16	15	-1	1	283882
tuoreet h	19	20	1	1	301678
tuoreet h	18	19	1	1	305318
tuoreet h	15	19	4	4	239645
tuoreet h	20	20	0	0	297109
tuoreet h	18	19	1	1	230675
tuoreet h	16	17	1	1	292408
tuoreet h	16	17	1	1	292408
tuoreet h	13	13	0	0	292360
tuoreet h	15	14	-1	1	292360
tuoreet h	17	17	0	0	283136
tuoreet h	16	17	1	1	283136
Kuivahko h	16	16	0	0	282994
Kuivahko h	22	17	-5	5	240483
Kuivahko h	21	18	-3	3	240483
Kuivahko h	16	17	1	1	239645
Kuivahko h	18	18	0	0	297109
Kuivahko h	15	15	0	0	292376
Kuivahko h	17	16	-1	1	292408
Kuivahko h	15	15	0	0	292408
Kuivahko h	14	15	1	1	292360
Kuivahko eh	18	15	-3	3	301678
Kuivahko eh	15	15	0	0	282994
Kuivahko eh	18	17	-1	1	249063
Kuivahko eh	14	17	3	3	263762
Kuivahko eh	16	16	0	0	276340
Kuivahko eh	15	14	-1	1	292376
Kuivahko eh	13	13	0	0	279215
Kuivahko eh	14	14	0	0	279215
Summat	591	592			
Keskiarvot	16,42	16,44	0,03	0,92	

Keskihajonnat	2,06	1,86	1,54	1,23
Varianssit	4,25	3,45	2,37	1,51
Keskiarvon keskivirhe	0,34	0,31	0,26	0,20
Mediaani			0,0	

**Keskiarvojen simulaatio -
mitattu ero** 0,03 m³/ha

**Summien simulaatio - mi-
tattu ero** 1,0

**Ei vielä kerro kokonaiskas-
vun eroa** 1,57 3,11

**Kokonaiskasvu: simulaatio -
mitattu** -1,51 -3,05

Prosentuaalinen ero kes- kiarvossa	0,17
---	-------------

Liite 8 Pohjapinta-ala luottamusvälit

Alla luottamusväli sekä itseisarvolla, että erotuksella itseisarvolla	Luottamusväli ala	Luottamusväli ylä												
99% varmuudella erotuksen todellinen keskiarvo (erotuksen itseisarvolle) on välillä	0,36	1,37	Erotuksen itseisarvo simulaation ja mitatun välillä on koko populaatiosta (metsästä) 99% varmuudella välillä 0,36 - 1,37											
95% varmuudella erotuksen todellinen keskiarvo (erotuksen itseisarvolle) on välillä	0,48	1,24	Erotuksen itseisarvo simulaation ja mitatun välillä on koko populaatiosta (metsästä) 95% varmuudella välillä 0,48 - 1,24											
90% varmuudella erotuksen todellinen keskiarvo (erotuksen itseisarvolle) on välillä	0,54	1,18	Erotuksen itseisarvo simulaation ja mitatun välillä on koko populaatiosta (metsästä) 90% varmuudella välillä 0,54 - 1,18											
Erotuksella														
99% varmuudella erotuksen todellinen keskiarvo on välillä	-0,66	0,60	Erotus simulaation ja mitatun välillä on koko populaatiosta (metsästä) 99% varmuudella välillä -0,66 - 0,60											
95% varmuudella erotuksen todellinen keskiarvo on välillä	-0,51	0,45	Erotus simulaation ja mitatun välillä on koko populaatiosta (metsästä) 95% varmuudella välillä -0,51- 0,45											
95% varmuudella erotuksen todellinen keskiarvo on välillä	-0,43	0,37	Erotus simulaation ja mitatun välillä on koko populaatiosta (metsästä) 90% varmuudella välillä -0,43 - 0,37											

Liite 9 Kuvioden tavoite pohjapinta-alat

Mitattu PPA	Simuloitu PPA	Tavoite PPA	Erotus		
16	16	16,25	-0,25	tuoreet eh	282991
15	15	16,5	-1,5	tuoreet eh	282991
16	17	16,25	0,75	tuoreet eh	305318
17	17	16,25	0,75	tuoreet eh	305318
15	15	14,5	0,5	tuoreet eh	240483
18	19	18	1	tuoreet eh	286403
18	18	16,5	1,5	tuoreet eh	263762
16	15	14,5	0,5	tuoreet eh	283882
19	20	20	0	tuoreet h	301678
18	19	18	1	tuoreet h	305318
15	19	19	0	tuoreet h	239645
20	20	19,5	0,5	tuoreet h	297109
18	19	18	1	tuoreet h	230675
16	17	18	-1	tuoreet h	292408
16	17	18	-1	tuoreet h	292408
13	13	12	1	tuoreet h	292360
15	14	13	1	tuoreet h	292360
17	17	16,5	0,5	tuoreet h	283136
16	17	18	-1	tuoreet h	283136
16	16	15,25	0,75	Kuivahko h	282994
22	17	16,5	0,5	Kuivahko h	240483
21	18	17,5	0,5	Kuivahko h	240483
16	17	17	0	Kuivahko h	239645
18	18	17,5	0,5	Kuivahko h	297109
15	15	16	-1	Kuivahko h	292376
17	16	16,5	-0,5	Kuivahko h	292408
15	15	16,5	-1,5	Kuivahko h	292408
14	15	16,5	-1,5	Kuivahko h	292360
18	15	15,25	-0,25	kuivahkot eh	301678
15	15	14,5	0,5	kuivahkot eh	282994
18	17	16	1	kuivahkot eh	263762
14	15	14,5	0,5	kuivahkot eh	249063
16	16	16	0	kuivahkot eh	276340
15	14	13,5	0,5	kuivahkot eh	292376
13	13	14,5	-1,5	kuivahkot eh	279215
14	14	15,25	-1,25	kuivahkot eh	279215

Liite 10 Keskiläpimitta vertailu

m3/ha	Mitatu	Simuloidut	Erotus (simuloitu - mitattu)	Eroituksen itseisarvo	Palsta/kuvio
tuoreet eh	14,5	14,8	0,3	0,3	282991
tuoreet eh	16,1	16	-0,1	0,1	282991
tuoreet eh	17,4	16,1	-1,3	1,3	305318
tuoreet eh	15,7	14,6	-1,1	1,1	305318
tuoreet eh	15,7	15,7	0	0	240483
tuoreet eh	18,5	18,6	0,1	0,1	286403
tuoreet eh	16,3	16,4	0,1	0,1	263762
tuoreet eh	16,5	16,6	0,1	0,1	283882
tuoreet h	22,9	24,4	1,5	1,5	301678
tuoreet h	18,9	19,7	0,8	0,8	305318
tuoreet h	21,8	21,8	0	0	239645
tuoreet h	22	18	-4	4	297109
tuoreet h	19,7	19,7	0	0	230675
tuoreet h	17,5	17,9	0,4	0,4	292408
tuoreet h	19,5	19,6	0,1	0,1	292408
tuoreet h	17,1	16,8	-0,3	0,3	292360
tuoreet h	18,9	18,9	0	0	292360
tuoreet h	21,5	21,9	0,4	0,4	283136
tuoreet h	21,9	22,2	0,3	0,3	283136
Kuivahko h	18,5	18,5	0	0	282994
Kuivahko h	21	18,5	-2,5	2,5	240483
Kuivahko h	21,5	22,2	0,7	0,7	240483
Kuivahko h	20	20,5	0,5	0,5	239645
Kuivahko h	22	22,5	0,5	0,5	297109
Kuivahko h	16	16,3	0,3	0,3	292376
Kuivahko h	20,5	20,6	0,1	0,1	292408
Kuivahko h	20	20,1	0,1	0,1	292408
Kuivahko h	19,2	19,2	0	0	292360
Kuivahko eh	15,5	15,2	-0,3	0,3	301678
Kuivahko eh	15,5	15,3	-0,2	0,2	282994
Kuivahko eh	15,9	16,3	0,4	0,4	249063
Kuivahko eh	16	15,5	-0,5	0,5	263762
Kuivahko eh	16	16,1	0,1	0,1	276340
Kuivahko eh	16	16,3	0,3	0,3	292376
Kuivahko eh	16,2	16,2	0	0	279215
Kuivahko eh	16,7	16,6	-0,1	0,1	279215
Summat	658,9	655,6			
Keskiarvot	18,30	18,21	-0,09	0,49	
Keskihajonnat	2,45	2,58	0,93	0,79	

Varianssit	5,99	6,66	0,86	0,63
Keskiarvon keskivirhe	0,41	0,43	0,15	0,13
Mediaani			0,1	

**Keskiarvojen simulaatio -
mitattu ero** -0,09 m³/ha

**Summien simulaatio - mi-
tattu ero** -3,3

**Ei vielä kerro kokonaiskas-
vun eroa** 0,84 1,76

**Kokonaiskasvu: simulaatio
- mitattu** -1,02 -1,95

Prosentuaalinen ero kes- kiarvossa	-0,50
---	--------------

Liite 11 Keskiläpimitta luottamusvälit

Alla luottamusväli sekä itseisarvolla, että erotuksella	Luottamusväli ala	Luottamusväli ylä																	
Itseisarvolla																			
99% varmuudella erotuksen todellinen keskiarvo (erotuksen itseisarvolle) on välillä	0,15	0,83	Erotuksen itseisarvo simulaation ja mitatun välillä on koko populaatiosta (metsästä) 99% varmuudella välillä 0,15cm - 0,83cm																
95% varmuudella erotuksen todellinen keskiarvo (erotuksen itseisarvolle) on välillä	0,23	0,74	Erotuksen itseisarvo simulaation ja mitatun välillä on koko populaatiosta (metsästä) 95% varmuudella välillä 0,23cm - 0,74cm																
90% varmuudella erotuksen todellinen keskiarvo (erotuksen itseisarvolle) on välillä	0,27	0,70	Erotuksen itseisarvo simulaation ja mitatun välillä on koko populaatiosta (metsästä) 90% varmuudella välillä 0,27cm - 0,70cm																
Erotuksella																			
99% varmuudella erotuksen todellinen keskiarvo on välillä	-0,49	0,31	Erotus simulaation ja mitatun välillä on koko populaatiosta (metsästä) 99% varmuudella välillä -0,49cm - 0,31cm																
95% varmuudella erotuksen todellinen keskiarvo on välillä	-0,39	0,21	Erotus simulaation ja mitatun välillä on koko populaatiosta (metsästä) 95% varmuudella välillä -0,39cm - 0,21cm																
90% varmuudella erotuksen todellinen keskiarvo on välillä	-0,35	0,16	Erotus simulaation ja mitatun välillä on koko populaatiosta (metsästä) 90% varmuudella välillä -0,35cm - 0,16cm																