

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Metsätalouden koulutusohjelma

Timo Lassi

POHJAPINTA-ALAN SUODATUKSEN VAIKUTUS KAUKOKARTOITUKSESTA  
SIMULOITUUN TOIMENPIDE-EHDOTUKSEEN

OPINNÄYTETYÖ

2012

# TIIVISTELMÄ

## KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

### Metsätalouden koulutusohjelma

LASSI, TIMO	Pohjapinta-alan suodatuksen vaikutus kaukokartoituksesta simuloituun toimenpide-ehdotukseen
Opinnäytetyö	41 sivua + 3 liitesivua
Työn ohjaaja	lehtori Jyri Mulari
Toimeksiantaja	Suomen Metsäkeskus
Joulukuu 2012	
Avainsanat	laserkeilaus, toimenpide-ehdotus, metsävaratieto

Metsävaratiedon keruujärjestelmä perustuu laserkeilaukseen, ilmakuvaukseen, koealamittauksiin sekä kohdennettuun maastoinventointiin. Puustotulkinta tehdään 16 x 16 metrin hilaruuduille. Metsikkökuvioiden hilaruutujen tiedot yleistetään koskemaan koko kuvioita. Yleistys tuottaa puustotunnukset männylle, kuuselle ja lehtipuulle. Kaukokartoituksesta tuotettujen puustotietojen avulla pystytään metsikkökuvioille simuloimaan toimenpide-ehdotuksia.

Opinnäytetyössä suodatettiin erilaisilla prosenttimäärillä laserkeilauksen hilaruutujen pohjapinta-aloja. Suodatukset kohdistuivat harvempiin puustohiloihin. Suodatukset tapahtuivat kumulatiivisesti, ja uudet puustotunnukset lasketaan jäljelle jäävistä hiloista. Opinnäytetyössä vertailtiin, millä pohjapinta-alan suodatusmäärällä saadaan kaikista parhaimmat simuloitut toimenpide-ehdotusajankohdat verrattaessa niitä metsäsuunnittelijan maastossa antamiin ajankohtiin.

Tavoitteena tällä pohjapinta-alan suodatuksella oli saada virheitä luovat hilat pois. Näitä virheitä luovia hiloja voivat esimerkiksi olla kalliot, tyhjät varastopaikat ja ojalinjat hakuuut. Nämä kyseiset hilat vaikuttavat siten simuloituihin toimenpide-ehdotusten ajankohtiin. Toimenpide-ehdotuksien ajankohdat käsiteltiin vuoden tarkkuudella. Pohjapinta-alan suodatukset ja puustotunnusten uudelleen laskeminen tapahtuivat kuvioittain Exceliin tehdyssä pivot taulukossa. Uudet puustotunnukset syötettiin käsin pmt-tiedostoon. Tämän jälkeen kuviot ajettiin Motti-laskentaohjelmasta läpi. Motti antaa simuloitun toimenpide-ehdotus ajankohdan. Myös SIMO-laskentaohjelmalla simuloitiin ehdotusajankohtia. Jokaista suodatuserää verrattiin metsäsuunnittelijan maastossa antamaan ehdotusajankohtaan.

Kuvioiksi valittiin pinta-alaltaan vähintään yhden hehtaarin kokoisia kuvioita. Tällä pyrittiin vähentämään muita virhelähteitä. Kaikki kuviot ovat mäntyvaltaisia. Työhön valitut kuviot ovat kehitysluokiltaan 02 ja 03.

Työn tuloksena selvisi, että pohjapinta-alan suodatus vaikuttaa harvennushakkuiden ehdotusajankohtiin. Parhaan keskihajonnan työssä antoi 40 %:n pohjapinta-alan suodatusaste.

## ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Forestry

LASSI, TIMO

Effect of basal area filtering to simulated fellings

Bachelor`s Thesis

41 pages + 3 pages of appendices

Supervisor

Jyri Mulari, MSc (For.)

Commissioned by

The Finnish Forest Centre

December 2012

Keywords

laser scanning, draft measure, forest resource data

Forest resource data collection is based on laser scanning, aerial photography, sample areas as well as target field surveys. Laser scanning produces data to a hila panel which is 16 x 16 meters in size. From these panels tree layer data is generalized to the whole stand. Forest data is produced to pine, spruce and hardwood. From laser scanning data it is possible to simulate fellings to each stand.

In this study the basal area was filtered with different percentage shares. This filtering was aimed at panels where the basal area was not very high. The filtration occurred cumulatively and the new stand attributes were calculated from the remaining panels. The aim of this basal area filtering is to eliminate the panels, which could create mistakes. These error panels can be rocks or empty storage facilities. The filtering is aimed at getting a simulated felling as close as possible to the felling given in location. The thesis compares which basal area filtering percentage gives the best simulated felling in comparison to a ranger`s felling proposal.

The basal area filtering was carried out in Microsoft Excel in which a pivot table was created. Also other tree data were calculated in the pivot table. These new tree data were then fed manually to a pmt file. After this the pattern was driven through the Motti calculation program. Motti gives a simulated draft measure time. Also another program, SIMO, was used to simulate the timing of the proposal.

The patterns were chosen from areas of not less than one hectare in size in order to reduce other possible sources of error. The selected patterns were dominated by pine and classified as development class 02 and 03.

The results show that the bottom area of the filtering effects the simulated felling proposed dates. In this study 40% basal area filtering gave the best result in simulated felling times.

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 METSÄVARATIETO	7
2.1 Kaukokartoitus	7
2.1.1 Puustotulkinta	9
2.1.2 Aluepohjainen ja yksittäisten puiden menetelmä	10
2.1.3 Paikkatietojärjestelmät	10
2.2 Kohdennettu maastoinventointi	11
2.3 Puustotunnukset	12
2.4 Simulointi	14
2.4.1 Motti-metsänkasvatusohjelma	15
2.4.2 SIMO-simulointi	16
2.5 Metsävaratiedon julkaisu ja hyödyntäminen	16
2.5.1 Metsäsuunnittelu	17
3 AINEISTOT JA MENETELMÄT	18
4 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELUT	23
4.1 Harha	33
4.2 Tulosten vertailu ensiharvennustarpeen suoratulkintaan	34
5 JOHTOPÄÄTÖKSET	37
LIITTEET	
1 Virhematriisit	

## 1 JOHDANTO

Yhteiskunnalliset ja taloudelliset olot ovat eri aikakausina vaikuttaneet suomalaisten tarpeisiin ja tapoihin käyttää metsää. Jotta tiedetään, missä hyödynnettäviä metsävarantoja on, tarvitsee niitä kartoittaa. Valtakunnallinen metsien inventointi alkoi 1920-luvulla. Nykyään metsävaratietoa kerätään koko maassa, vuonna 2012 noin 1,4 miljoonaa hehtaaria. Metsävaratieto on paikkatietoa, joka kuvaa metsiä sekä niiden käyttöä ja hoitoa. Se voidaan jakaa kahteen osaan: suuralueinventointiin ja kuviokohtaiseen suunnitteluun. Metsävaratiedon keruujärjestelmä perustuu laserkeilaukseen, ilmakuvaukseen, koealamentauksiin sekä kohdennettuun maastoinventointiin. Näiden avulla pystytään tuottamaan luotettavaa metsävaratietoa. (1, s. 5-7; 2)

Metsävaratiedon keruun ensimmäisessä vaiheessa tehdään laserkeilaus, ilmakuvaukset sekä maastossa mitataan referenssikoealat. Laserkeilaus on helikopterista tai lentokoneesta tehtyä kaukokartoitusta. Laserkeilaimesta saatu pisteparvi kuvaa puiden latvuston ja metsän rakennetta. (3, s. 312-315)

Inventoitavalle alueelle luodaan 16 m x 16 m hilaruudukko ja puustotunnukset yleistetään kaikille ruuduille maastokoealojen ja ilmakuvien avulla. Jokaiselle hilaruudulle tulee omat puustotunnukset. Hilaruuduilta puustotunnukset yleistetään koskemaan koko kuviota. Yleistys tuottaa kuvoille keskimääräiset puustotunnukset kuuselle, männylle ja lehtipuulle. Aukeista, pienistä taimikoista, siemenpuumetsistä ja ylispuustoisista taimikoista ei pystytä vielä tuottamaan tarpeeksi luotettavaa tietoa kaukokartoituksella, joten ne on käytävä usein tarkastamassa maastossa (kohdennettu maastoinventointi). Mikäli tieto voidaan tuottaa viranomaistiedon kautta esimerkiksi taimikonperustamisilmoituksen avulla, ei maastossa tarvitse käydä. Ennen kuin metsävaratieto on käytössä, tarvitsee aineistolle tehdä korjaukset, täydennykset ja saattaa se hyödynnettävään muotoon. (3, s. 312-315)

Kaukokartoituksesta tuotettujen puustotietojen avulla pystytään metsikkökuvioille simuloimaan toimenpide-ehdotuksia. Näiden toimenpide-ehdotusten luotettavuus on täysin kiinni puustotietojen laadusta. Toimenpiteitä pystytään simuloimaan kuvioille erilaisilla laskentaohjelmilla.

Metsävaratiedon keruusta vastaa Metsäkeskuksen julkistenpalvelujen puoli. Metsäkeskus jakautui vuoden 2012 alusta kahteen yksikköön: julkisiin palveluihin sekä metsäpalvelui-

hin. Metsäkeskuksen metsäpalvelupuoli tuottaa päätuotteinaan metsäsuunnittelua, yksityistie- ja suometsäpalveluja. Metsäkeskuksen metsäpalvelupuolen toimipisteitä on ympäri Suomea. (4)

Metsäkeskus on ottanut käyttöön Metsään.fi – palvelun, jossa on tuotettua metsävaratietoa. Metsänomistajat pääsevät tätä kautta hyödyntämään metsävaratietoa. Metsävaratietoa voidaan käyttää puunhankinnan strategisessa ja operatiivisessa suunnittelussa, puun korjuussa, metsäkiinteistöjen arvonmäärittämisessä sekä metsänhoitotöiden suunnittelussa ja seurannassa. (5)

Laserkeilaus on muuttanut myös tavallista tilakohtaista metsäsuunnittelua. Mikäli suunniteltava tila on laserkeilatulla alueella, on metsäsuunnittelijalla maastotallentimella käytössä kaukokartoituksesta tuotettua puustotietoa. On suunnittelijasta itsestään kiinni, käyttääkö hän näitä pohjatietoja vai ei. Tällä hetkellä metsäsuunnittelijalla ei vielä ole valmiiden puustotietojen lisäksi valmiita toimenpide-ehdotuksia mukana maastotallentimessa. Näitä toimenpide-ehdotuksia pystytään kyllä jo simuloimaan erilaisilla laskentaohjelmilla. Tärkein asia metsänomistajille ovat juuri nämä toimenpide-ehdotukset ja niiden ajankohdat. Metsänomistajat haluavat tietää, koska heidän pitäisi tehdä hakkuita tai hoitotöitä.

Työn toimeksiantaja on Suomen metsäkeskus. Työn tavoitteena on tutkia, saadaanko pohjapinta-alaa suodattamalla kaukokartoituksesta simuloituja kasvatushakkuiden ehdotusajankohtia lähemmäksi maastossa annettuja ajankohtia.

## 2 METSÄVARATIETO

Metsävaratiedolla tarkoitetaan paikkatietoa, joka kuvaa metsiä sekä niiden käyttöä ja hoitoa. Metsän tietoihin kuuluvat puusto, kasvupaikka, lakisääteisesti suojeltavat kohteet ja muut erityispiirteet. (6)

Metsävaratieto pitää sisällään myös tiedot seuraavan kymmenen vuoden metsänhoitotoista sekä hakkuista. Hakkuut määritetään kuvioille laskennallisesti Tapion hyvien metsänhoitosuosituksien mukaisesti. (6)

Suomen metsäkeskuksessa on käytössä metsävaratiedon keruujärjestelmä, joka perustuu laserkeilaukseen, ilmakuvaukseen, koealamittauksiin sekä kohdennettuun maastoinventointiin. Laserkeilaus tuottaa komiulotteista tietoa metsästä. Laserkeilauksella pystytään inventoimaan noin 100 000 hehtaarin kokoisia, puustoltaan yhtenäisiä alueita. (6)

Laserkeilauksesta kestää noin kaksi vuotta, ennen kuin metsävaratieto on hyödynnettävissä. Tiedot täytyy tarkastaa, täydentää sekä käsitellä hyödynnettävään muotoon. (6)

Ensimmäisenä vuonna metsävaratiedon keruussa tapahtuu ilmakuvaukset ja laserkeilaus. Ilmakuvat ja laserkeilaus tarvitsevat tuekseen maastossa mitatut koealat. Talvella metsäneuvojat kuvioivat alueet metsikkökuvioiksi. Tämän jälkeen puustotiedot yleistetään 16 x 16 metrin hilaruuduille. Inventoitava alue koostuu hilaruuduista. (6)

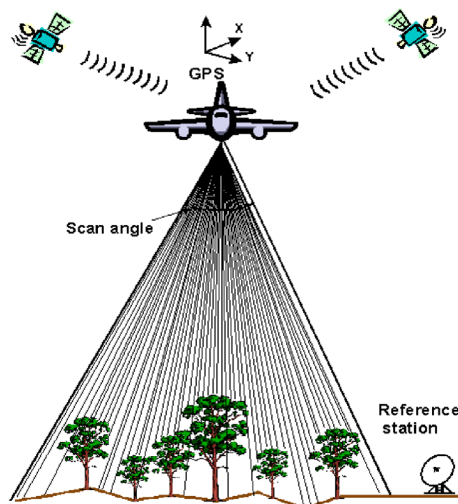
Toisena kesänä keilauksesta tehdään kohdennettu maastoinventointi kuvioille, joille laserkeilaus ei pystynyt tuottamaan tarpeeksi luotettavaa tietoa. Pääosin tarkistettavat kohteet ovat aukkoja, pieniä taimikoita, siemenpuumetsiä ja ylispuustoisia taimikoita. Tämän lisäksi kohdennettuun maastoinventointiin saattaa tulla mukaan kohteita, jotka ovat puustoltaan hyvin epätasaisia tai harvoja. (6)

### 2.1 Kaukokartoitus

Kaukokartoituksella tarkoitetaan etäällä olevan kohteen tunnistamista ja sen määrän, laadun sekä tilan arviointia. Kaukokartoitus on myös tietojen keräämistä sähkömagneettisen

säteilyn avulla. Kaukokartoitusmuoto metsävarojen inventoinnissa on laserkeilaus. Lentokone tai helikopterikäyttöinen laserkeilain toimii lähi-infran aaltopituudella. Laser koostuu kolmesta osasta: keilainosasta, laserpulssit tuottavasta lasertykistä sekä ilmaisinosasta. Ilmaisinosasta tulkitsee vastaanotetun signaalin ja määrittää sen perusteella etäisyyden kohteeseen. Kun lasertykin lähettämä pulssi osuu kohteeseen ja palaa takaisin ilmaisimelle, voidaan määrittää kohteen ja laserin etäisyys pulssin kulkuajan perusteella. Mitattu etäisyys voidaan muuttaa korkeudeksi, kun tunnetaan tarkasti lasertykin paikka ja asento. (7, s. 129-145)

Pulsseja lähetetään keskimäärin 0,5 – 2 jokaista neliömetriä kohden. Laserin asento ja paikka määritellään inertiajärjestelmän ja GPS-mittauksen avulla. Analysoimalla mittauksia pystytään tuottamaan maastomalli ja puiden latvamalli. Näiden kahden erotuksena saadaan puuston pituusmalli. (7, s. 129-145)



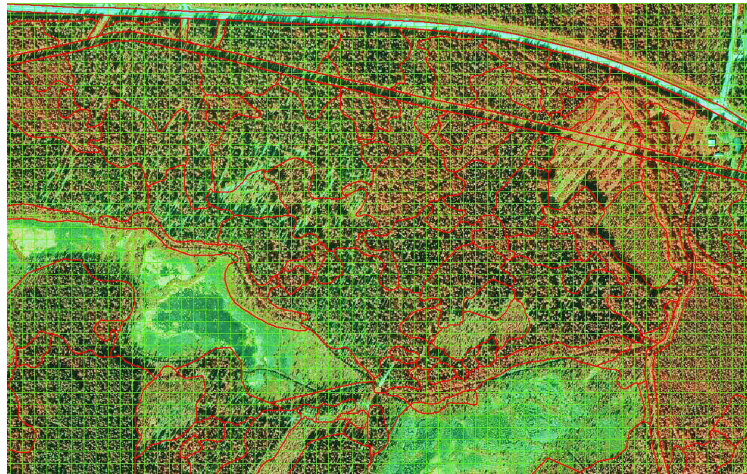
Kuva 1. Laserkeilaus. (8)

Laserkeilattavalta alueelta täytyy mitata referenssikoealoja. Nämä koealat kuvaavat alueen puustoa ja kasvupaikkoja. Referenssikoealat ovat ratkaisevassa asemassa puustotulokintatietojen luotettavuudessa. Koealoilta mitataan rinnankorkeudelta kaikki yli 5 cm puut ja määritetään puulaji sekä latvuskerros. Taimikot mitataan myös. Jokaiselle puulajille ja latvuskerrokselle mitataan mediaanipuun pituus. Koealalta määritetään myös kasvupaikka ja kehitysluokka. Koealan lukupuille saadaan pituudet pituusmalleilla. (7, s. 129-145)



### 2.1.1 Puustotulkinta

Puustotulkinnat tehdään 16 x 16 metrin hilaruudukolle. Mallinnuksessa koealan puustotiedot yleistetään kaikille hilan ruuduille käyttämällä ei-parametrissa menetelmää. Jokaiselle hilalle haetaan laser- ja ilmakuvamuuttujien avulla parhaiten vastaavat koealaruudut. Niiden avulla estimoidaan puustotiedot kullekin hilalle. Edellä mainitulla menetelmällä voidaan ennustaa suoraan kaikki puustotiedot puulajeittain (mänty, kuusi, lehtipuu). Hilaruuduille voidaan johtaa kasvupaikkatiedot vanhasta maastoinventointiaineistosta tai VMI-rastereista. Myös sähköisistä käyttöilmoituksista saadaan tietoja, joista kasvupaikkatieto tuodaan kuvioille. Toimenpidekuvioille puustotunnukset lasketaan kuvion sisälle jäävistä hilaruutujen tiedoista. Laserkeilaus ja ilmakuvauus tehdään kesäaikaan. (3, s. 312-315; 7, s. 129-145; 9)



Kuva 2. Hilaruudukko. (10)

Ilmakuvauus tehdään mieluiten samana vuonna kuin inventointi, jos se vain on mahdollista. Tällöin talven aikana metsäneuvoja pystyy valmistelevaan kesän maastotöitä. Ilmakuvauksessa käytetään digitaalikameroita. Analogisista ilmakuvista siirryttiin digitaalisiin eli numeerisiin ilmakuviin 1990-luvun lopulla. Kameran tallentavat kohteet vääräväri eli väri-infrakuvina, jotta puuston, kasvillisuuden ja maanpinnan erot korostuvat. Erojen korostuminen helpottaa kuviointia. Numeerinen ilmakuva mahdollistaa oikaisun haluttuun koordinaatistoon. Oikaisu tapahtuu tunnettujen tukipisteiden, kameran kalibrointitietojen ja numeeristen korkeusmallien avulla. Ilmakuvista pystytään tekemään numeerista tai visuaalista tulkintaa metsikkö- tai puutasolla. Ilmakuvissa lehtipuut ovat punaisia. Ilmakuvauus tehdään siis silloin, kun puissa on vielä lehdet. Havupuut näyttävät ilmakuvissa taas

punavihreiltä. Vääräväri-ilmakuvia on käytetty metsäsuunnittelussa 1980-luvulta lähtien. (3, s. 312-315; 11, s. 35- 41)

### 2.1.2 Aluepohjainen ja yksittäisten puiden menetelmä

Metsien laserkeilausinventoinnissa on aluepohjaiseen ja yksittäisten puiden mittaukseen perustuvat menetelmät. Aluepohjainen menetelmä on tilastolliseen mallintamiseen perustuva. Siinä käytetään kaukokartoitustulkinnan periaatteita, kuten otosyksiköitä tietyn kokoisista rasteriruuduista ja lasketaan kaukokartoituspiirteitä. Kaukokartoituspiirteiden avulla estimoidaan puusto- ja metsikkötunnuksia. Yksittäisten puiden mittaukseen perustuvassa menetelmässä mitataan puiden pituutta, latvuksen kokoa ja puulajia. Näiden tietojen avulla pystytään estimoimaan muita puustotunnuksia, kuten rinnankorkeusläpimittaa ja tilavuutta. Aluepohjaista puustotietojen tulkintaa pystytään tekemään harvapulssisella laserkeilausaineistolla (pulssitiheys on 0,5 – 2 pulssia / neliömetri), kun taas yksittäisten puiden tulkinta vaatii tiheämpipulssista aineistoa (pulssitiheys yli 2 pulssia / neliömetri). Harvapulssinen aineisto on halvempaa tuottaa verrattuna tiheämpipulssiseen. (3, s. 312-315; 7, s. 129-145)

Metsävaratiedon keruussa hyödynnetään harvapulssista laserkeilausta. Se perustuu aluepohjaisten piirteiden irrotukseen ja ei parametriseen estimointiin. Estimointimenetelmässä kukin otosyksikkö liitetään laserpiirteitään ja ilmakuvapiirteiltään lähimpiin maastossa mitattuihin koealoihin. Koealojen ansiosta jokaiselle tutkittavalle otosyksikölle saadaan liitettyä maastomittaustieto. Aluepohjainen harvapulssinen metsävaratieto vaatii tarkasti mitatun maastoaineiston. Estimoinnin apuna voidaan käyttää vääräväri-ilmakuvia. Aukeista, pienistä taimikoista, siemenpuumetsistä ja ylispuustoisista taimikoista ei pystytä vielä tuottamaan tarpeeksi luotettavaa tietoa kaukokartoituksella, joten ne on käytävä aina tarkastamassa maastossa (kohdennettu maastoinventointi). (3, s. 312-315; 7, s. 129-145)

### 2.1.3 Paikkatietojärjestelmät

Paikkatiedolla tarkoitetaan tietoa, joka on sidottu tiettyyn paikkaan. Paikkatietojärjestelmällä tarkoitetaan tietokoneohjelmia, joilla voidaan kerätä, tallentaa, muokata, analysoida ja esittää paikkatietoa. Paikkatietojärjestelmistä käytetään lyhennettä GIS (Geographic Information System). Metsäala tuottaa valtavasti paikkaan sidottua aineistoa. Metsäkeskuk-

sen julkisten palvelujen puolella on käytössä Aarni-niminen paikkatietojärjestelmä. (12, s. 16-80)

Paikkatietojärjestelmän tietokannassa erilaisia kohteita pyritään kuvaamaan mahdollisimman tarkasti. Tietomalli, joka kuvaa kohteita ja niiden toimintaa sisältää identiteetin, geometrian, ominaisuudet ja suhteet muihin kohteisiin. Geometrian kuvaamiseen on kaksi erilaista tietorakennetta: vektori- ja rasterimuto. Rasterimuotoisessa kuvauksessa alue kuvataan matriisin avulla. Vektorimuodossa kohteet kuvataan pisteiden ja viivojen avulla, joiden sijainti tunnetaan tarkasti. (12, s. 16-80)

Topologia kuvaa kohteiden sijaintia ja hierarkiaa suhteessa toisiinsa. Topologiaa voidaan kuvata matemaattisesti. (12, s. 16-80)

Metsien käsittely on muuttunut entistä enemmän metsänomistajien tavoitteiden mukaiseksi. Käsittelyä koskevia päätöksiä on pystyttävä tekemään nopeasti ja mahdollisimman pienillä kustannuksilla. Käsittelyjä pitää pystyä tekemään oikeaan aikaan, jotta päästään kannattavampaan metsätalouteen ja metsien käyttöön. Nämä seikat asettavat suuret vaatimukset käsittelyjen päätöksenteossa käytettävän tiedon kattavuudelle ja laadulle. (12, s. 16-80)

Tulevaisuudessa metsäammattilaisten maastoarviointikäynnit vähenevät entistä enemmän. Tarpeeksi kattavaa ja laadukasta päätöstukiaineistoa on tuotettava yhä enemmän muilla menetelmillä. Metsätietojärjestelmissä on tehokkaat menetelmät tiedon keräämiseen, ajantasaistamiseen ja analysointiin. (12, s. 16-80)

Metsien käsittelyä koskevissa simuloinneissa lähtötietoina käytettävän metsää kuvaavan tiedon laatu on tärkeä simulointien tulosten luotettavuuden kannalta. (12, s. 16-80)

## 2.2 Kohdennettu maastoinventointi

Kohdennettu maastoinventointi eli komi on yksi osa metsävaratiedon keruuta. Komilla täydennetään puutteelliseksi jääneitä tietoja. Kohdennettuun maastoinventointiin valikoituvat aukeat, pienet taimikot, varttuneet taimikot ja siemen ja suojuspuu metsät. Kuviot,

joille on saatavissa Metsäkeskuksen viranomaistietoa, eivät tule komivalintaan. Tällaisia tietoja ovat metsänkäyttöilmoitukset, taimikonperustamisilmoitukset sekä kemera-kohteet.

Kohdennetussa maastoinventoinnissa metsäneuvoja määrittää maastossa tarkastettaville kuviolle puustotiedot. Puustotietojen lisäksi perustiedot tarkistetaan ja korjataan mikäli virheitä on. Tämän jälkeen metsäneuvoja määrittää kuvioille mahdollisen hoitotyön tai hakkuun vuoden tarkkuudella seuraavalle kymmenvuotiskaudelle. Tärkeintä kohdennetussa maastoinventoinnissa on hoitotyön oikea aikainen ajoittaminen. Kohdennetussa maastoinventoinnissa metsäneuvoja voi myös muuttaa ja tarkentaa kuviointia.

### 2.3 Puustotunnukset

Metsän mittauksessa tarkasteltavaan kohteeseen liitetään sen erilaisia ominaisuuksia kuvaava luku tai symboli. Esimerkiksi voidaan tarkastella yksittäisen puun erilaisia mitattavia ominaisuuksia, kuten pituutta. Mitattavia ominaisuuksia kutsutaan tunnuksiksi, kun taas mitattavia kohteita havainnoiksi. Yleensä mitattavan tunnuksen mukaan määräytyy mitta-asteikko. Mitta-asteikkoja on monia erilaisia, ja niistä täytyy aina valita haluttua tunnusta parhaiten kuvaava asteikko. (1, s. 23-54)

Kun ihminen suorittaa mittauksia, pitää aina ottaa huomioon erilaiset mittausvirheet. Virheitä sattuu kaikille, myös joskus kokeneimmillekin. Mittausvirheitä on kahden tyyppisiä: satunnaisia virheitä ja systemaattisia virheitä. Satunnainen virhe tarkoittaa yksittäistä mittausvirhettä, joka ei ole toistuva. Tehtäessä paljon mittauksia satunnaisvirheiden keskiarvo on lähes nolla. Systemaattinen virhe on toistuva mittausvirhe. Systemaattinen virhe voi olla esimerkiksi se, että relaskoopin naru on ollut solmussa koko päivän ja loppupäivästä vasta huomataan se. Kaikki sen päivän tulokset sisältävät siis mittausvirheitä. (1, s. 23-54; 7, s. 63-96)

Yksittäisestä puusta voidaan mitata erilaisia puutunnuksia, joilla pystytään kuvaamaan puuta hyvinkin tarkasti. Alla olevasta taulukosta löytyy kaikki yksittäisestä puusta mitattavat tunnukset.

Taulukko 1. Yksittäisestä puusta mitattavat tunnuksset.

Lyhenne	Tunnus
d 1,3	rinnankorkeusläpimitta 1,3 metrin korkeudelta mitattuna (cm)
d 6	puun läpimitta kuuden metrin korkeudesta (cm)
d s tai d k	kantoläpimitta (cm)
g	puun pohjapinta-ala (m <sup>2</sup> )
h	puun pituus (m)
v	tilavuus (m <sup>3</sup> )
f	muotoluku
t	puun ikä (v)
i r	sädekasvu (mm)
i h	pituuskasvu (dm)
i v	tilavuuskasvu (m <sup>3</sup> )
P v	suhteellinen kasvu (%)

Yksittäisten puiden lisäksi metsää tarkastellaan isompana yksikkönä eli metsikkönä. Käsite metsikkö tarkoittaa metsäaluetta, joka erottuu ympäröivistä metsiköistä esimerkiksi puulajin tai puuston tasaikäisrakenteen ansiosta. Myös metsikköä pystytään kuvaamaan erilaisilla tunnuksilla. Taulukossa 2 esitelty kaikki metsiköstä mitattavat tunnuksset.

Taulukko 2. Metsiköstä mitattavat tunnuksset.

Lyhenne	Tunnus
D	keskiläpimitta (cm)
G	puuston pohjapinta-ala (m <sup>2</sup> )
H	keskipituus (m)
H dom	valtapituus (m)
N	runkoluku (kpl/ha)
V	puuston tilavuus (m <sup>3</sup> /ha)
I	tilavuuskasvu (m <sup>3</sup> /ha/v)
T	puuston ikä (v)
A	pinta-ala (ha)
kl	kehitysluokka
B	biomassa (t/ha)

Kaukokartoituksen puustohilalle tulevat alla olevan taulukon mukaiset tiedot

Taulukko 3: Puustohilalle tulevat tiedot.

Sisältö/selite
Kehtyluokka
Pääpuulaji
Taimikonhoidon kiireellisyys
Harvennuksen kiireellisyys
Puustotietojen mittauspäivämäärä
Laserkorkeus, m
Lasertiheys, %
Männyn keski-ikä
Männyn pohjapinta-ala, m <sup>2</sup> /ha
Männyn runkoluku, kpl/ha
Männyn keskiläpimitta, cm
Männyn keskipituus, m
Männyn tilavuus, m <sup>3</sup> /ha
Männyn tukkiosan tilavuus, m <sup>3</sup> /ha
Männyn kuituosan tilavuus, m <sup>3</sup> /ha
Kuusen keski-ikä
Kuusen pohjapinta-ala, m <sup>2</sup> /ha
Kuusen runkoluku, kpl/ha
Kuusen keskiläpimitta, cm
Kuusen keskipituus, m
Kuusen tilavuus, m <sup>3</sup> /ha
Kuusen tukkiosan tilavuus, m <sup>3</sup> /ha
Kuusen kuituosan tilavuus, m <sup>3</sup> /ha
Lehtipuun keski-ikä
Lehtipuun pohjapinta-ala, m <sup>2</sup> /ha
Lehtipuun runkoluku, kpl/ha
Lehtipuun keskiläpimitta, cm
Lehtipuun keskipituus, m
Lehtipuun tilavuus, m <sup>3</sup> /ha
Lehtipuun tukkiosan tilavuus, m <sup>3</sup> /ha
Lehtipuun kuituosan tilavuus, m <sup>3</sup> /ha
Kokonaispuuston keski-ikä
Kokonaispuuston pohjapinta-ala, m <sup>2</sup> /ha
Kokonaispuuston runkoluku, kpl/ha
Kokonaispuuston keskiläpimitta, cm
Kokonaispuuston keskipituus, m
Kokonaispuuston tilavuus, m <sup>3</sup> /ha
Kokonaispuuston tukkiosan tilavuus, m <sup>3</sup> /ha
Kokonaispuuston kuituosan tilavuus, m <sup>3</sup> /ha

## 2.4 Simulointi

Metsävaratiedon kuvio on laskennan ja tulosten esittämisen perusyksikkö. Kaukokartoituksesta tuotettujen puustotietojen avulla pystytään metsikkökuviolle simuloimaan toimenpide-ehdotuksia. Näiden toimenpide-ehdotusten luotettavuus on täysin kiinni puustotietojen laadusta. Simuloinnin on pystyttävä tuottamaan puuttuvat puustotunnukset, kasvatamaan puustoa ja yleistämään tiedot mallien avulla. Metsätietojärjestelmissä ehdotettavien toimenpiteiden tulee perustua tiettyihin käsittelysääntöihin. Näitä käsittelysääntöjä ovat Tapion hyvän metsänhoidon suositukset. Erilaisissa simulointijärjestelmissä voidaan määritellä itse harvennusmallien leimausraja tai jäljelle jäävän puuston pohjapinta-ala. Simuloinnissa pystytään säätämään harvennustapoja, harvennusvoimakkuutta ja sitä, koska harvennusmallit otetaan käyttöön. Harvennusten lisäksi pystytään tekemään myös päätehakkuita. Metsävarojen laskennallisessa ylläpidossa tarvitaan kattava tieto metsissä tehdyistä erilaisista toimenpiteistä. Tietojärjestelmä mahdollistaa toimenpiteiden simuloinnin, joka perustuu hakkuukertymään tai harvennusmalliin. Jos kuviolla on harvempia kohtia, kuvion hehtaariohtainen puusto jää harvemmaksi, minkä takia harvennushakkuu ei simuloidu tarpeeksi aikaisin. (13)

Simuloinnissa metsää kuvataan matemaattisilla malleilla. Mallit kuvaavat metsiköiden luontaista kehitystä ja ennustavat kuvioiden kehitystä erilaisten käsittelyjen toteutuessa. Simuloinnin tuloksena saadaan kuvioille hakkuuehdotus. Metsävaratiedossa hakkuumahdotto määrittää toimenpiteen. Hakkuuta ehdotetaan aina, kun ohjelmien ehdot täyttyvät. Näitä ehtoja voi olla hakkuukertymä tai harvennusmalli. Harvennusmalleja säätämällä pystytään vaikuttamaan siihen, milloin hakkuuta ehdotetaan. Laskentaohjelmissa toimenpiteiden tuottaminen perustuu ennalta annettaviin sääntöihin. Puun ja puuston rakenne sekä kehitys antavat simuloinnille tarvittavat mallit. Puuston kehitystä kuvaavat puun läpimitta ja pituuden kasvumallit. (3, s. 179-191; 13)

Harvennushakkuu on tärkein kasvatusmetsien metsänhoidollinen toimenpide. Sillä vaikuttaa metsän tulevaan kehitykseen, sillä yleensä elinvoimaisin ja taloudellisesti arvokkain puusto jätetään kasvamaan. Poistettavaksi valitaan valitun puuston kehitystä hidastavat puut. Harvennustuloilla on suuri taloudellinen merkitys metsän kasvatuksessa. Metsikön koko kiertoajan hakkuupoistumasta harvennuspuun osuus on 30 – 40 %. (3, s. 179-191)

Harvennustavalla tarkoitetaan sitä, minkä mukaan harvennuksessa valitaan poistettavat puut. Yksinkertaisin harvennustapa on systemaattinen harvennus. Siinä poistettavat puut valitaan järjestelmällisesti ennalta määrätyn periaatteen mukaisesti. Yleisin harvennustapa on alaharvennus, jossa poistetaan kilpailussa häviölle jääneitä pienempiä puita. Yläharvennuksessa poistetaan pienempien puiden lisäksi metsikön suurimpia valtapuita. Laatuharvennuksessa valitaan jätettäväksi puiksi kaikkein parhaimmat yksilöt. (3, s. 179-191)

Harvennuksen tarve riippuu metsänkasvatuksellisista tavoitteista. Harvennuksen ajoittaminen ja voimakkuus riippuu metsikön puuston ominaisuuksien lisäksi metsänomistajan tavoitteista. Tapion hyvän metsänhoidon suosituksissa on esitetty harvennusmallit, jotka osoittavat rajat, joiden sisällä metsikön käsittelyssä tulisi pysyä. Harvennusmalleja on eri puolajeille ja kasvupaikoille. (3, s. 179-191)

#### 2.4.1 Motti-metsänkasvatusohjelma

Motti-ohjelmisto tuottaa tutkimustietoa metsikön kasvatusmenetelmien puuntuotannollisista ja taloudellisista puolista. Motti-ohjelmalla pystytään tarkastelemaan ja havainnollis-

tamaan erilaisten kasvatusohjelmien vaikutuksia metsikköön sen kiertoajan aikana. Motti antaa tietoa myös hakkuukertymistä ja taloudellisista asioista. Motti-ohjelmistolla pystytään esimerkiksi laskemaan ja vertailemaan samalle metsikölle tehtyjä erilaisia toimenpiteitä. Motti tuottaa metsikön puustolle kehitysennusteita erilaisten kasvu- ja tuotosmallien avulla. (14)

#### 2.4.2 SIMO-simulointi

SIMO (SIMO = SIMulointi ja Optimointi) on yritysryhmähanke, jossa ovat mukana: Metsähallitus, metsäkeskukset, Metsämännut Oy, Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio, Tornator Oy ja UPM – Kymmene Oyj. Simolla pystytään simuloimaan hakkuita ja kasvatamaan metsikköjä. Metsäkeskuksen julkisten palvelujen puoli käyttää SIMOa. (13)

#### 2.5 Metsävaratiedon julkaisu ja hyödyntäminen

Metsäkeskuksen julkisten palvelujen puoli vastaa metsävaratiedon keruusta ja hyödyntämisestä. Laki Suomen metsäkeskuksen metsätietojärjestelmästä säätelee tiedon keruuta, hallinnointia sekä luovuttamista. Metsävaratiedon luovuttamiselle on tullut uusi palvelu nimeltään Metsään.fi. Se on sähköinen asiointipalvelu. Metsään.fi-palvelu sisältää myös metsäkeskusten vuoden 2004 jälkeen laatimia metsäsuunnitelmia, mikäli tuoreempaa metsävaratietoa ei ole. Uutta metsävaratietoa kerätään koko ajan. Palvelu ei edellytä voimassa olevaa metsäsuunnitelmaa. Metsänomistaja kirjautuu palveluun sisään omilla pankkitunnuksillaan, jotta väärinkäytökset pystytään estämään. Palvelussa metsänomistaja pääsee tarkastelemaan omien metsätilojensa metsävaratietoa. Metsävaratieto sisältää kuvioittaisten perus- ja puustotietojen lisäksi tietoa hakkuu ja hoitotoista. Hakkuita simuloidaan SIMO laskentaohjelmalla. Hoitotyöt taimikoille ovat tulleet kohdennetusta maastoinventoinnista. Tulevaisuudessa Metsään.fi palveluun odotetaan mukaan myös metsäalan toimijoita, mikä luo palveluun uuden ulottuvuuden. Toimijoiden mukaan tulo edistää hoito ja hakkuutöiden tarjontaa ja kilpailutusta. (5)

Metsävaratietoa käyttävät metsänomistajien ja toimijoiden lisäksi kaavoittajat sekä muut viranomaiset. On tärkeää, että metsävaratietoa käytetään ja hyödynnetään. Tulevaisuuden puuntuotannon kannalta on tärkeää tehdä metsässä oikeita hoitotoita oikeaan aikaan. Näin puuntuotanto pystytään turvaamaan jatkossakin. (15)



### 2.5.1 Metsäsuunnittelu

Metsäsuunnitelma on hyvän metsänhoidon ja kestävän metsätalouden perusta. Perinteisesti metsäsuunnitelma tehdään tilakohtaisesti. Suunnittelun kohteena voi olla myös esimerkiksi tila, kunta, metsäkeskusalue tai koko maa. Tilakohtainen metsäsuunnitelma laaditaan kuvioittaisena arviointina. Suunnitelmassa metsänomistajalle esitetään kuvaus hänen metsäalueensa tilasta, puuston arvioidusta kehitymisestä, hakkuumahdollisuuksista, metsänhoitotöistä ja arvio metsän tuloista ja menoista. Metsänomistajan tavoitteet vaikuttavat metsäsuunnitelmaan. Tavoitteet voivat myös olla luonnonhoidollisia. (1, s. 57-98; 3, s. 316-333)

Metsäsuunnitelman teon ensimmäiset työvaiheet ovat selvittää maanomistusolot, rajata suunnittelualaue ja katsoa ilmakuvat. Suunnitelmien markkinointi aloitetaan näiden vaiheiden jälkeen. Markkinointi on tärkeä osa tätä prosessia. (1, s. 57-98)

Valmisteluvaiheessa on tärkeää katsoa, onko suunniteltavasta alueesta olemassa vanhaa kuvioaineistoa. Mikäli on, päivitetään se tehdyillä hakkuilla ja metsänhoitotöillä. Tämän jälkeen pystytään päivittämään puustotiedot nykyhetkeen kasvumallien avulla. Vanhoista kuviotiedoista saattaa myös löytyä metsä- ja luonnonsuojelulakien tarkoittamia metsäluonnon arvokkaita elinympäristöjä. (3, s. 316-333)

Ennen maastoon lähtemistä siirretään aineistot maastotallentimelle. Aineistoilla tarkoitetaan tilan rajoja, ennakkokuviointia, maastokarttaa, ilmakuvia sekä ajantasaistettuja kuvioiden puusto- ja kasvupaikkatietoja. Mikäli suunniteltava alue on laserkeilatulla alueella, on suunnittelijalla laserkeilatusta aineistosta tuotettua puustotietoa mukana maastotallentimessa. Yksityismetsien metsäsuunnittelua varten tarvittava inventointitieto hankitaan kuvioittaisella arvioinnilla. Kuvioittaisessa arvioinnissa metsäalue jaetaan kartan ja ilmakuvien perusteella kuvioiksi. Kuviot rajataan myös kasvupaikan, puuston ja mahdollisten käsittelytarpeiden suhteen mahdollisimman homogeenisiksi. Maastotyön edetessä suunnittelija tarpeen mukaan korjaa ennakkokuviointia maastotallentimella. (1, s. 57-98 )

Maastossa metsäsuunnittelija käy jokaisen tilan kuvion läpi. Kuviolla tarkastetaan kuvion rajat ja määritellään keskimääräiset kasvupaikka ja puustotunnukset. Puustotunnukset tukeutuvat relaskooppi-, läpimitta-, pituus- ja ikämittauksiin. Kokenut metsäsuunnittelija pystyy silmävaraisesti arvioimaan kyseisiä tunnuksia. Mikäli suunniteltava tila on laser-

keilatulla alueella, on maastotallentimessa keilauksesta tuotettua puustotietoa valmiina. Näiden puustotietojen luotettavuus vaihtelee kuvioittain. On itse suunnittelijasta kiinni, käyttääkö hän näitä laserkeilauksen tietoja vai ei. Joillain kuvioilla niiden käyttäminen saattaa nopeuttaa suunnittelutyötä huomattavasti. Tehtäessä suunnittelua maastossa puustoa kuvataan puulajeittain sekä latvuserroksittain. Puustotietojen perusteella metsästä täytyy saada selkeä kuva. Maastossa tehdään myös ehdotuksia hoitotöistä ja hakkuista. Toimenpide-esitykset perustuvat yleisiin hyvän metsänhoidon suosituksiin sekä metsänomistajan tavoitteisiin. Metsänomistajalla on yleensä mahdollisuus olla mukana maastossa, kun hänen tilaansa suunnitellaan. Metsänomistajan mukana olo maastossa antaa suunnittelijalle jonkunlaisen kuvan hänen arvomaailmastaan ja tavoitteistaan. Näiden perusteella suunnittelija osaa jo vähän sovittaa toimenpide-ehdotuksia metsänomistajan tavoitteiden mukaisiksi. Hakkuu ja hoitotöitä suunniteltaessa täytyy myös ottaa huomioon metsä- ja luonnonsuojelulakien tarkoittamat monimuotoisuuden kannalta erityisen arvokkaat elinympäristöt. Mikäli tällaisia kohteita tulee maastossa vastaan, tulee ne kirjata muistiin. Kaikista maastossa tehtävistä mittauksista huolimatta puuston määrä on arvio, jonka oikeellisuus riippuu suunnittelijan huolellisuudesta ja ammattitaidosta. (1, s. 57-98; 3, s. 316-333)

Metsäsuunnitelman laskennat voidaan jakaa kahteen eri vaiheeseen, jotka ovat nykytilan laskenta ja metsäsuunnitelmalaskenta. Nykytilalaskennassa tuotetaan maastossa mitatuista tunnuksista johdettuja puustoa kuvaavia tunnuksia. Metsäsuunnitelmalaskennassa päätetään lopulliset toimenpide-ehdotukset. Toimenpide-ehdotuksia pystytään laskemaan laskentaohjelmilla tai ne voivat perustua suunnittelijan maastoehdotuksiin. (1, s. 57-98; 3, s. 316-333)

### 3 AINEISTOT JA MENETELMÄT

Metsikkökuvioilla puusto ei ole koskaan täysin samanlaista. Metsikkökuvioilla on aina harvempia kohtia, mikä saattaa johtua esimerkiksi ojalinjoista, sähkölinjoista tai kallioista. Kun tämmöiseen edellä mainittuun kohtaan sattuu hilaruutu (16 x 16 m), tarkoittaa se puustotiedoista simuloidun toimenpide-ehdotuksen luotettavuuden heikkenemistä. Vaikka kuvioilla olisikin harvempia alueita, voivat puustotiedot kuitenkin olla suhteellisen luotettavia, mutta niille simuloituihin toimenpiteisiin voi tulla virheitä. Simulointi määrittää hakkuutarpeen puustotiedoista. Kun harvemmat hilat saataisiin suodatettua pois, saadaan

simuloitu toimenpide-ehdotus oletettavasti lähemmäksi metsäsuunnittelijaa. Metsässä toimenpiteen määrittäjä ei ota huomioon näitä harvempia puustokohtia, vaan määrittää toimenpiteen muun kuvion mukaan. Harvempien hilojen suodatuksella saadaan aikaan samanlainen ajatus. Harvemmat puustokohdat vaikuttavat toki puustotietoihin sekä hakkuukertymiin.

Työn tavoitteena oli saada kaukokartoituksen puustotiedoista simuloitun harvennuksen ehdotusajankohta lähemmäksi maastossa annettua ehdotusajankohtaa. Näin ollen työssä lähdettiin suodattamaan pohjapinta-alaa kumulatiivisesti. Suodatus kohdistuu kuvioiden puustoltaan harvempiin hiloihin eri voimakkuuksilla.

Työhön valittiin kuvioksi kehitysluokkien 02 ja 03 männiköitä. Kuvioiden pääpuulajina on mänty, jonka metsäsuunnittelija on maastossa määrittänyt. Kaukokartoituksen puustotietojen pääpuulajina saattaa ennen suodatuksia olla muitakin pääpuulajeja (mänty, kuusi, lehtipuu). Pääpuulaji tulee kuviolle hilojen pääpuulajien mukaan siten, mitä puulajia on eniten. Puulajisuhteet eivät kuitenkaan aina ole oikein.

Työssä käytetyissä kuvioissa on kahden eri metsäsuunnittelijan toimenpide-ehdotuksia. Kuvioiden minimikoko työssä on 1 hehtaari. Tällöin saadaan hilayleistyksen laatu hyväksiksi. Reunahiloista otettiin mukaan vain sellaiset, jotka ovat pinta-alan puolesta 80 % kuvion sisäpuolella. Näin ollen reunahilojen vaikutus puustotiedoissa saatiin minimoitua. Hiloja ei painotettu niiden leikkauspinta-alalla.

Työn aineistot tulivat Suomen metsäkeskukselta. Tarkemmin sanottuna kuviot ovat Kouvolan kunnan alueelta Jaalasta. Sopivat kuviot työhön valittiin samana vuonna tehdyistä tilakohtaisista metsäsuunnitelmista. Tarkastelun kohteeksi valittiin kuvioita, joille metsäsuunnittelija oli antanut toimenpide-ehdotuksen 2 - 8 vuoden sisään. Nämä vuodet valittiin sen takia, että pyrittiin välttämään ääripäistä aiheutuvia vääristymiä simuloituissa toimenpide-ehdotuksissa. Heti kiireellisyydet on jätetty pois, koska se olisi vääristänyt keskihajontaa. Ei olisi ollut mitään hyötyä suodattaa kyseisiä kuvioita ja todeta joka suodatuksella hakkuun tulevan heti. Heti kiireelliset kuviot simuloituvat joka tapauksessa suhteellisen lähelle maastossa annettua ehdotusajankohtaa. Kahdeksaa vuotta myöhempiä kuvioita ei otettu mukaan, koska toimenpiteen ennustaminen maastossa oikealle vuodelle on vaikeampaa kymmenvuotiskauden lopulla. Kasvumallien virheet myös korostuvat ääripäissä. Näille kuvioille simuloitavat toimenpiteet sijoittuvat kauas todellisesta toimenpi-

teen ehdotusajankohdasta. Tämän vaikuttaa keskihajontaan negatiivisesti. Metsäsuunnittelija on maastossa antanut toimenpide-ehdotukset vuoden tarkkuudella.

Työn perusosassa oli mukana 33 kuvion joukko. Perusosan simuloitujen toimenpide-ehdotukset tehtiin Motti-metsänkasvatusohjelmalla. Jokainen näistä 33 kuvioista oli kivennäismaita. Tämä johtui siitä, että Motti ei ollut kasvatusmalleja turvemaille. SIMOlla pystyttiin simuloimaan toimenpiteitä turvemaille. SIMOlla simuloituja kuvioita on mukana suodattamattomissa kuvioiden toimenpide-ehdotuksissa sekä parhaan keskihajonnan saaneessa joukossa, ja näiden mukana on muutamia turvemaita. SIMOa ja Mottia pystyttiin vertaamaan työssä toisiinsa niiden antamien ehdotusajankohtien myötä. Työn perusosassa käytettiin motti- metsänkasvatusohjelmaa teknillisistä syistä. Motti oli työn perusosassa toimivin ratkaisu, sillä SIMOn käyttö työssä laajassa mittakaavassa olisi ollut vaikea toteuttaa. SIMOn versiointi päivittyy suhteellisen tiheään tahtiin. Mikäli työssä olisi käytetty SIMOa, olisi työn kaikki kuviot jouduttu suodattamaan ja simuloimaan lyhyessä ajassa, jotta tulokset olisivat olleet vertailukelpoisia.

Kumulatiivinen suodatus tarkoittaa sitä, että kuvioiden pohjapinta-alan hilat laskettiin summaan. Varsinainen suodatus tapahtui tästä pohjapinta-alan summasta. Suodatukset tapahtuivat aina pohjapinta-alan summan pienimmästä päästä. Mikäli kuvioilla on hiloja, joilla ei ole pohjapinta-alaa, suodattuvat ne automaattisesti pois. Voidaan siis sanoa, että joillain kuvioilla pohjapinta-alan suodatusprosentti voi todellisuudessa olla paljonkin isompi kuin hilojen suodatuksen lukumäärä. Tämä tietenkin vaihtelee kuvioittain. Suodatukset tapahtuivat viiden prosenttiyksikön välein. Suodatukset lähtivät liikkeelle 0 %:sta ja jatkuivat aina 45 % :iin asti. Kun pohjapinta-alaa suodatettiin, piti tietenkin kuvioille laskea muutkin uudet puustotunnukset. Exceliin luotiin pivot taulukko jossa suodatukset tapahtuivat kuvioittain ja puulajeittain. Taulukko laski myös muut uudet puustotunnukset. Ne laskettiin jäljelle jäävistä hiloista. Alla olevasta kuvasta näkyy Excelin pivot-tilin taulukko ja puustotunnusten suodattaminen kuvioittain.

The image shows a screenshot of a Microsoft Excel spreadsheet. The spreadsheet contains a large table with columns labeled V, X, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z, AA, AB, AC, AD, AE, AF, AG, AH, AI, AJ, AK. The table has multiple rows of numerical data. Some cells contain text labels like 'INNOUDA.F'. The spreadsheet is titled 'Puustotiedosto\_020022012'.

Kuva 3. Exceliin tehty pivot taulukko.

Kun suodatus oli tehty ja saatu tietää kuvioiden uudet puustotunnukset, ne syötettiin käsin pmt-tiedostoon. Pmt-tiedostotyppi on Motti-metsänkasvatuserohjelman kanssa yhteensopiva. Tietojen syöttämisen jälkeen simuloitiin uudestaan harvennuksien ehdotusajankohdat Motti-metsänkasvatuserohjelmalla. Motista saadulla simuloidulla toimenpideehdotuksella saatiin tietää, vaikuttiko pohjapinta-alan suodatus mihinkään suuntaan harvennuksen ehdotusajankohdissa. Puustotiedoista simuloituja ehdotusajankohtia verrattiin aina metsäsuunnittelijan maastossa antamaan ehdotusajankohtaan. Tästä vertailusta laskeettiin keskihajonta. Keskihajonta kuvaa havaintoarvojen poikkeamaa keskiarvosta. Oletuksena oli, että keskihajonta laskee suodatusten edessä tiettyyn pisteeseen asti ja tämän jälkeen keskihajonta alkaa taas kohota koska pohjapinta-alaa on suodatettu jo liikaa. Tätä alinta keskihajonnan pistettä työssä alettiin etsiä. Kun keskihajonnan kautta osumat on saatu yhteen kasaan, onnistuu niiden säätämisen simuloitiohjelmissa esimerkiksi leimausrajan avulla.

Kuvion numero 12

Metsikön uudistamistapa:  Istutettu  Kylvetty  Luontainen

Ositteet:

Osite	Puulaji	Kerros	%[PP]/lkä	PPA	Hg	Dg	H	D	N	Syntytyyppi
1	kuusi	Vallitseva ja	38,9	34	6,30	11,70	14,00			luontainen
2	rauduskoivu	Vallitseva ja	32,1	32	5,20	13,30	12,90			luontainen
3	mänty	Vallitseva ja	29,0	40	4,70	12,20	15,10			luontainen

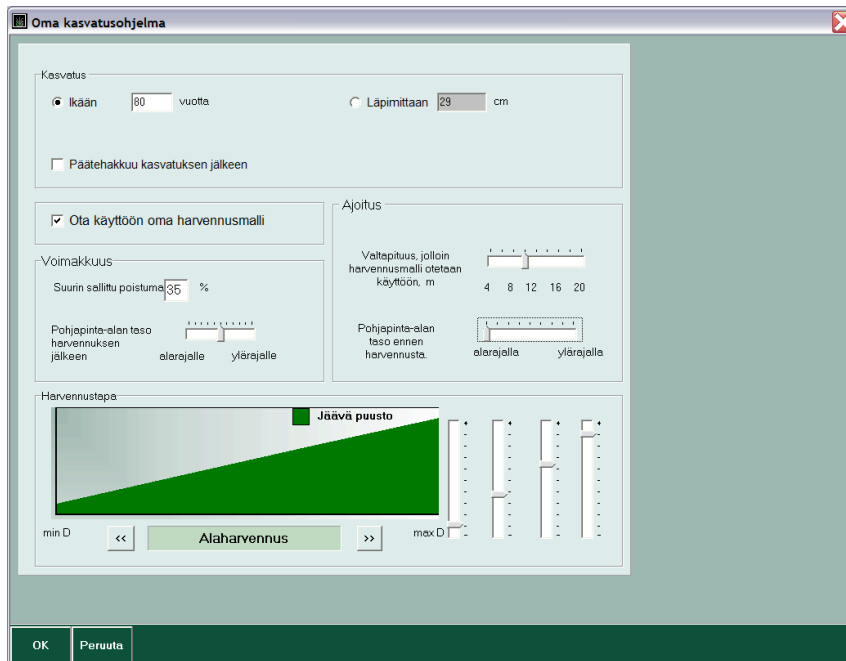
Aika harvennuksesta

Aika lannoituksesta

Kuva 4. Puustotunnukset Motissa.

Suodatukset ja simuloinnit tehtiin 33 kuvion perusjoukolla. Tällä perusjoukolla selvitetiin, missä vaiheessa keskihajonta ehdotusajankohdissa on pienimmillään. Kun parhaan tuloksen antanut suodatusprosentti oli saatu selville, ajettiin sillä vielä 32 kuvioita lisää läpi, eli parhaalla pohjapinta-alan suodatuksella tehtiin yhteensä 65 kuvioita.

Motissa simuloituille toimenpide-ehdotuksille täytyi tehdä oma kasvatusohjelma. Ideana oman kasvatusohjelman laatimisessa oli saada Motti lähemmäksi SIMOn asetuksia. Tämä johtui siitä, että SIMO on metsäkeskuksen julkisella puolella käytössä.



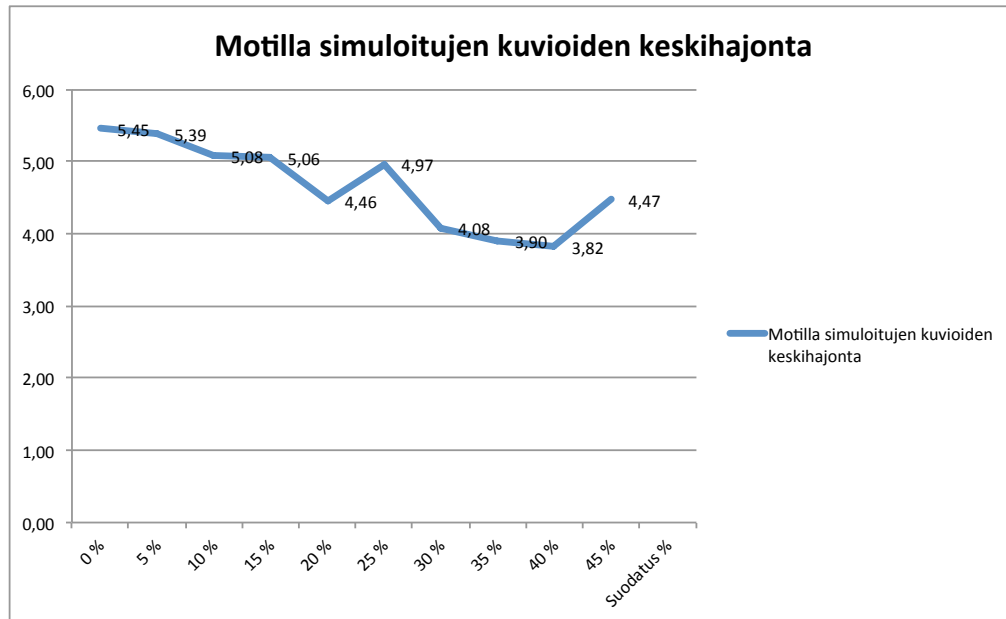
Kuva 5. Motin kasvatusohjelman asetuksia.

Motissa tehtiin oma kasvatusohjelma, jossa oli seuraavat asetukset:

- kasvatus ikään: kuvioiden korkein ikä + 20 vuotta
- suurin sallittu poistuma: 50 %
- pohjapinta-ala harvennuksen jälkeen: tasan puolessa välissä
- valteipituus, jolloin harvennusmalli otetaan käyttöön: 10 metriä.
- pohjapinta-ala ennen harvennusta: alaraja

#### 4 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

Paras pohjapinta-alan suodatusprosentti saatiin selville, kun simuloituista toimenpideehdotuksista laskettiin keskihajonta verrattuna metsäsuunnittelijan maastossa antamiin ehdotusvuosiin. Tämä tehtiin 33 kuvion perusjoukolle, joiden toimenpideehdotukset oli simuloitu Motti- metsänkasvatusohjelmalla. Tälle 33 kuvion perusjoukolle parhaan keskihajonnan antoi 40 %:n suodatusaste. Keskihajonta laski suodattamattoman aineiston 5,45:n keskihajonnasta aina 40 %:n suodatusasteen 3,82. Ero näiden kahden välillä on merkittävä.



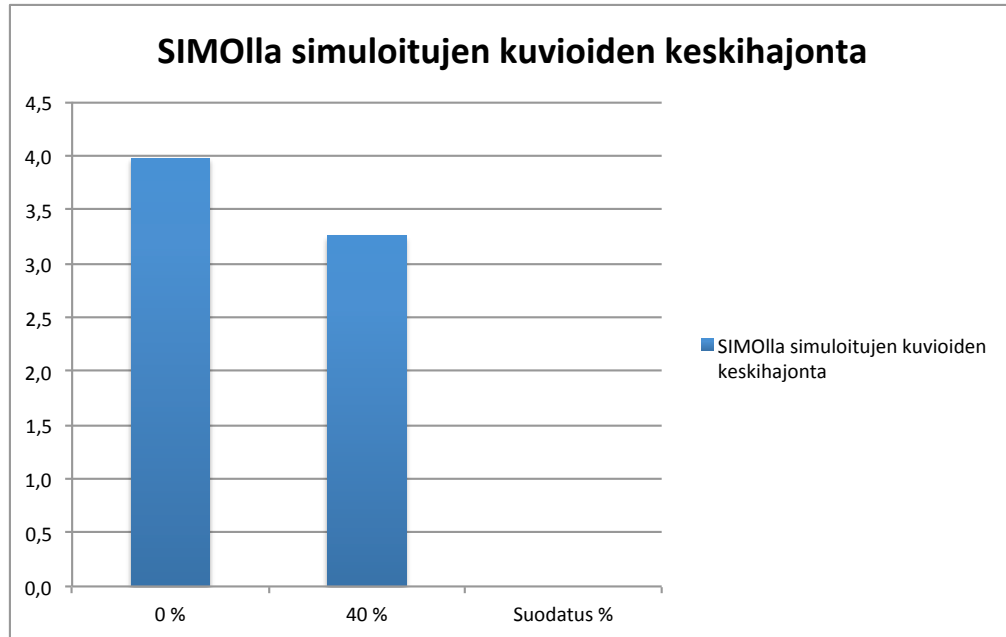
Kuva 6. Motilla simuloitujen kuvioiden keskihajonta.

Kuvasta 6 näkyy Motilla simuloitujen kuvioiden keskihajonta verrattaessa sitä metsäsuunnittelijan maastossa antamaan toimenpide-ehdotukseen. Keskihajonta käyttäytyi oletusti, sillä se laski tiettyyn pisteeseen asti, minkä jälkeen se alkoi taas nousta. Keskihajonnan nousun jälkeen suodatuksia ei ollut enää järkevä jatkaa. Yllättävää oli se, että juuri tämä 40 %:n suodatus antoi parhaan tuloksen. Oletuksena oli, että joku pienempi suodatusaste olisi ollut parempi, sillä 40 %:n suodatusaste pohjapinta-alasta on jo aika paljon.

Kun oli saatu selville paras suodatusaste (40 %), ajettiin sillä vielä lisää kuvioita läpi, siksi että saatiin hieman isompi otanta. Tästä sitten taas laskettiin keskihajonta. Motilla simuloituna keskihajonta oli 33 kuvion perusjoukolla 3,82, ja nyt kun siihen lisättiin 32 kuvioita, saatiin keskihajonnaksi 3,47. Eli keskihajonta laski vielä, kun saatiin lisää kuvioita joukkoon. Tämä vahvisti ajatuksen että tämä 40 %:n suodatusaste on näistä käyttökelpoisin.

SIMOlla simuloitiin suodatusasteista vain suodattamaton aineisto ja parhaan suodatuksen antanut 40 %:n aineisto. SIMO antoi keskihajonnaksi 0 % suodatuksella 3,98, kun taas 40 %:n suodatuksella keskihajonta oli 3,26. Seuraavasta taulukosta näkyy kuinka paljon SIMOlla simuloitujen harvennuksien keskihajonta laski verrattaessa sitä metsäsuunnittelijan maastossa antamaan ehdotukseen.





Kuva 7. SIMOlla simuloitujen kuvioiden keskihajonta

Motti- metsänkasvatusohjelman antamilla keskihajonnoilla on eroa SIMOn antamiin keskihajontoihin. Eroja pystytään selittämään ohjelmien eroilla. Ohjelmissa käytetään eri parametreja ja malleja. Erot johtuvat myös osittain ajourien avaamisesta. Motilla toimenpide-ehtotuksia simuloitaessa ei pystytty vaikuttamaan ajourien avaamiseen. Motilla simuloitaessa mukana kuviojoukossa oli pelkkiä kivennäismaita. SIMOlla simuloitaessa mukana oli myös muutamia turvemaita, mikä selittää keskihajontojen eroja.

Kuten tulokset osoittavat, on pohjapinta-alan suodatus on hyödyllistä. Suodatusten avulla päästään parempaan ja todenmukaisempaan tulokseen simuloitaessa hakkuita. Kun suodatettuja ehdotusvuosia verrattiin ehdotusvuosiin, joita ei ollut suodatettu, oli ero selkeä.

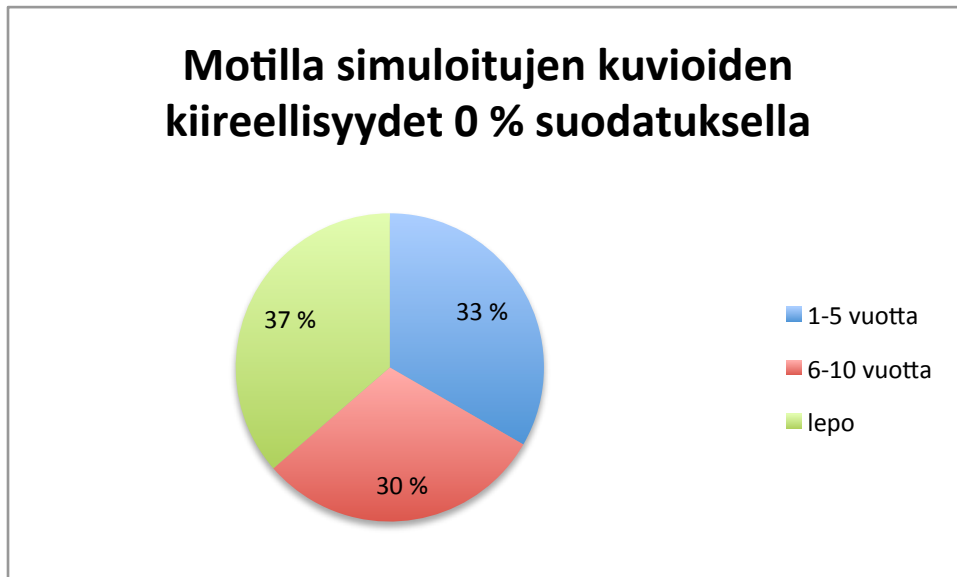
Kuvio nro	Motti 0%	Motti 40%	ERO	Kuvio nro	Simo 0%	Simo 40%	ERO	Kuvio nro	Suunnittelijan ehdotusvuosi
9	2022	2019	-3	9	2022	2019	-3	9	2016
10	2015	2011	-4	10	2012	2011	-1	10	2013
11	2021	2015	-6	11	2021	2015	-6	11	2013
12	2026	2022	-4	12	2020	2015	-5	12	2017
14	2017	2015	-2	14	2018	2013	-5	14	2015
16	2019	2015	-4	16	2020	2015	-5	16	2014
18	2019	2015	-4	18	2018	2012	-6	18	2013
20	2016	2015	-1	20	2016	2011	-5	20	2013
22	2015	2011	-4	22	2015	2011	-4	22	2015
24	2021	2017	-4	24	2024	2018	-6	24	2016
26	2015	2015	0	26	2014	2011	-3	26	2017
28	2031	2025	-6	28	2027	2020	-7	28	2017
30	2011	2011	0	30	2012	2011	-1	30	2014
32	2017	2015	-2	32	2018	2014	-4	32	2014
36	2011	2011	0	36	2012	2011	-1	36	2015
38	2024	2015	-9	38	2021	2012	-9	38	2013
40	2021	2015	-6	40	2015	2011	-4	40	2013
42	2017	2015	-2	42	2017	2011	-6	42	2013
44	2021	2016	-5	44	2018	2017	-1	44	2015
46	2015	2011	-4	46	2015	2011	-4	46	2014
48	2032	2025	-7	48	2026	2018	-8	48	2018
50	2018	2015	-3	50	2013	2011	-2	50	2015
52	2015	2011	-4	52	2012	2011	-1	52	2015
58	2019	2015	-4	58	2015	2011	-4	58	2015
60	2011	2011	0	60	2012	2011	-1	60	2013
62	2011	2011	0	62	2012	2011	-1	62	2014
64	2011	2011	0	64	2012	2011	-1	64	2014
66	2028	2020	-8	66	2019	2013	-6	66	2014
68	2019	2020	1	68	2018	2016	-2	68	2015
70	2023	2017	-6	70	2022	2017	-5	70	2014
72	2020	2015	-5	72	2020	2013	-7	72	2015
76	2011	2011	0	76	2012	2011	-1	76	2016

Kuva 8. Kuvioiden simuloituja toimenpide-ehdotuksia.

Kuvasta 8 näkyy Motilla ja SIMOlla simuloidut 0 %:n ja 40 %:n suodatukset. Taulukossa on myös näkyvissä metsäsuunnittelijan maastossa antamat toimenpide-ehdotuksien vuodet. Näin ollen vertailu simuloitujen ehdotusajankohtien välillä on helppoa. Kuvassa 8 näkyvä ero-sarake kertoo 0 %:n ja 40 %:n suodatuksien erotuksen sekä Motilla että SIMOlla simuloituna.

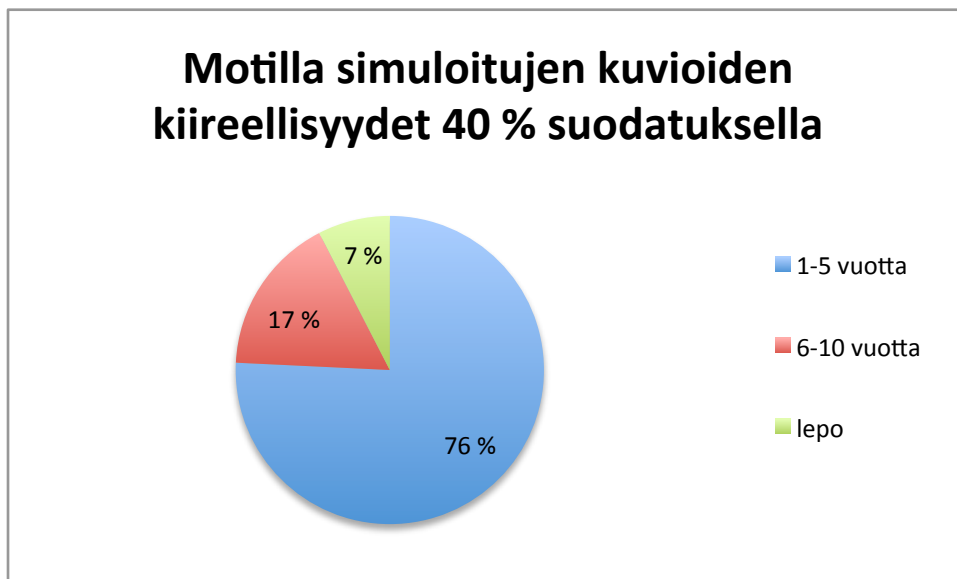
Motilla simuloitujen hakkuiden ehdotusajankohdat muuttuivat enimmillään 9 vuotta, kun verrataan suodattamattomaan ehdotusajankohtaan. SIMOlla isoin ero oli myös 9 vuotta.

Seuraavissa kaavioissa ja taulukoissa kiireellisyydet on esitetty seuraavasti: 1 (1-5 vuotta) 2 (6-10) 3 (lepo).



Kuva 9. Ehdotusvuodet Mottilla 0 % suodatuksella.

Motti- metsänkasvatusohjelma simuloi suodattamattomalla aineistolla 33 % kuvioista ensimmäiselle kiireellisyydelle. Toiselle kiireellisyydelle simuloitui 30 % kuvioista. Lepo kuvioiksi luokiteltiin 37 %.



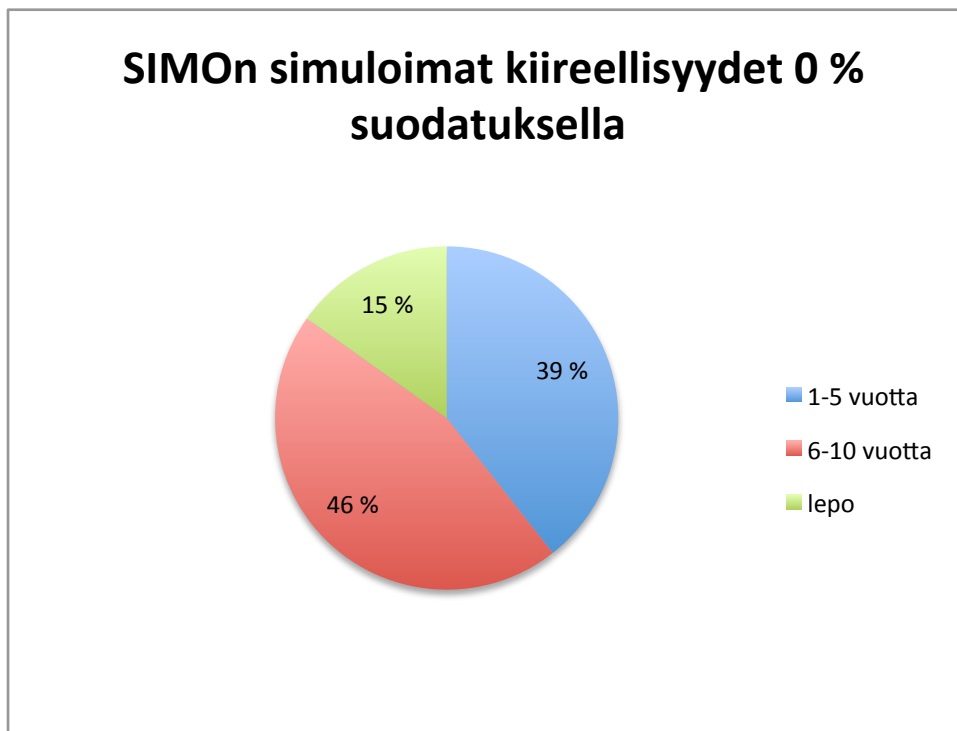
Kuva 10. 40 %:n suodatuksen kiireellisyydet Motilla.

Motti- metsänkasvatusohjelma simuloi parhaan keskihajonnan saaneella 40 %:n suodatusasteella 76 % kuvioista ensimmäiselle kiireellisyydelle. Toiselle kiireellisyydelle simuloitui 17 % kuvioista. Lepokuvioita oli 7 %.



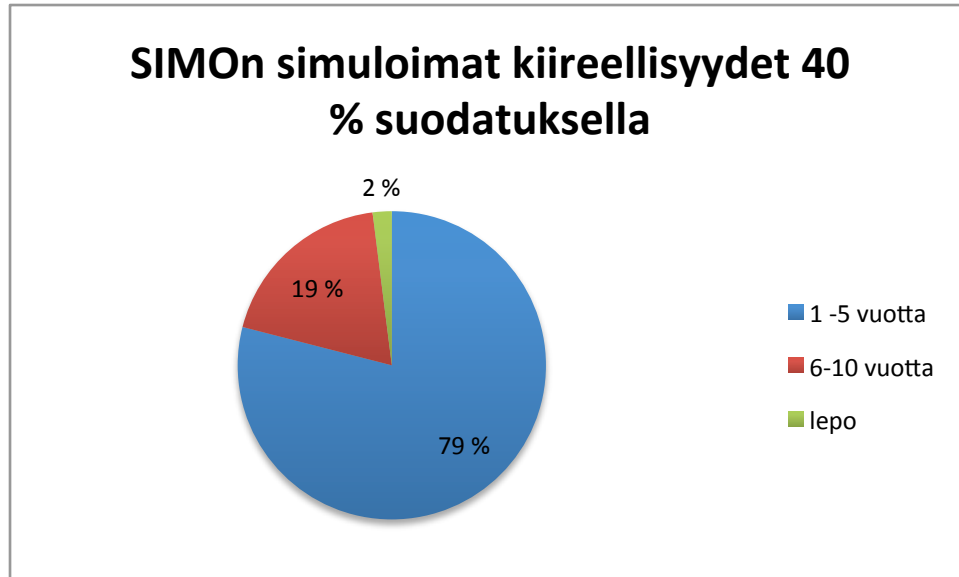
Kuva 11. Suunnittelijan ehdotusvuodet eri kiireellisyysasteilla.

Metsäsuunnittelija oli maastossa antanut ensimmäisen kiireellisyyden 77 % kuvioista. Toiselle kiireellisyydelle tuli 23 % kuvioista. Yhtään kolmannen kiireellisyyden kuvioita ei ollut, koska ne rajattiin työn aineistosta pois.



Kuva 12. SIMOn simuloimat kiireellisyydet 0 % suodatuksella.

SIMO antoi suodattamattomalle aineistolle ensimmäiselle kiireellisyydelle 39 % kuvioista. Toiselle kiireellisyydelle tuli 46 % kuvioista. Lepo kuvioiksi luokiteltiin 15 % kuvioista.



Kuva 13. SIMOn antamat kiireellisyydet 40 %:n suodatus asteella.

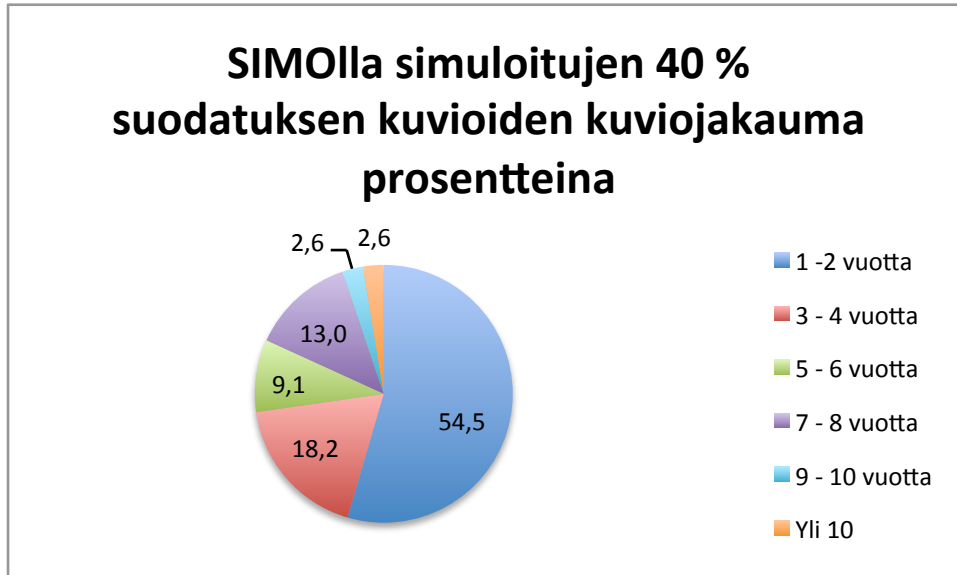
SIMO simuloi 40 %:n suodatusasteella 79 % kuvioista ensimmäiselle kiireellisyydelle. Toisen kiireellisyyden sai 19 % kuvioista. Lepokuvioiksi luokiteltiin vain 2 % kuvioista.

Toimenpide-ehdotusajankohdat jaettiin kolmeen luokkaan: 1 (1-5 vuotta) 2 (6-10) 3 (lepo). Suunnittelija oli antanut 77 %:lle kuvioista toimenpide-ehdotuksen ensimmäiselle kiireellisyydelle. Motilla ensimmäiselle kiireellisyydelle tuli 40 %:n suodatuksella 76 % kuvioista. SIMOlla vastaava luku oli 79 %. Molemmilla ohjelmilla päästiin siis hyvin lähelle metsäsuunnittelijan maastossa antamia kiireellisyysluokkien jakaamaa.

Metsäsuunnittelija oli antanut toisen kiireellisyydelle 23 % kuvioista. Motilla vastaava luku 40 %:n suodatuksella oli 17 %, SIMOlla taas 19 %. SIMOlla simuloituilla ehdotusajankohdilla päästiin siis lähemmäksi metsäsuunnittelijaa kuin Motti-metsänkasvatusohjelmalla, kun tarkastellaan tulosta kiireellisyysluokissa ja ilman harhaa.

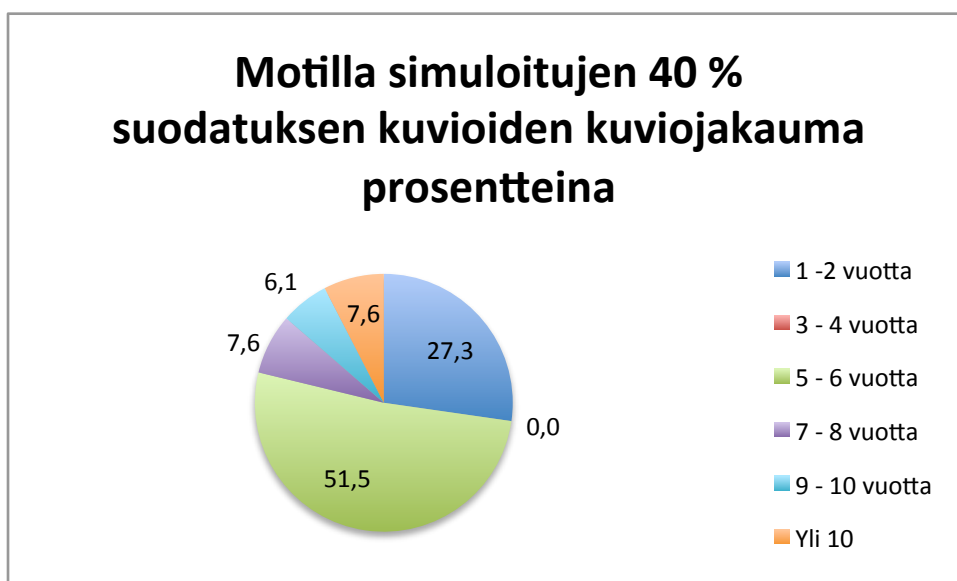
Metsäsuunnittelija ei ollut antanut kolmatta kiireellisyyttä yhdellekään kuviolle, koska ne oli rajattu pois työn aineistoista. Motti ja SIMO antoivat 40 %:n suodatuksella kolmannen kiireellisyyden muutamille kuviolle. Motilla kuvioden määrä oli 7 % ja Simolla 2 %. SIMOlla siis päästiin parempaan tulokseen.

Jotta toimenpide-ehdotuksia voidaan tarkastella vielä paremmin, jaettiin ne kuuteen luokkaan. Tuloksia ei ole korjattu harhalla. Luokat menevät kahden vuoden välein. Alla olevissa kuvioissa on Motin ja SIMOn 40 %:n suodatuksella saatujen toimenpide-ehdotuksien kuviojakauma prosentteina.



Kuva 14. SIMOlla simuloitujen 40 %:n suodatuksen kuvioiden kuviojakauma.

Kuvasta 14 näkyy SIMOlla simuloitujen kuvioiden kuviojakauma prosentteina. Luokat on jaettu kahden vuoden välein. Luokan 1-2 vuotta osuus on 54,5 %. Toiseksi isoin luokka on 3-4 vuotta, joka sai 18,2 %. Muut luokat ovat jakautuneet tasaisemmin.



Kuva 15. Motilla simuloitujen 40 %:n suodatuksen kuvioiden kuviojakauma

Kuvasta 15 näkyy Motilla simuloitujen kuvioiden kuviojakauma prosentteina. Suurin luokka on 5-6 vuotta, joka on saanut 51,5 %. Toiseksi isoin luokka on 1-2 vuotta, joka on saanut 27,3 %. Muut luokat ovat jakautuneet tasaisemmin.



Kuva 16. Suunnittelijan kuviojakauma prosentteina.

Keskihajontaa laskettiin myös eri kiireellisyyksille 40 %:n suodatuksen tuloksilla verrattaessa sitä metsäsuunnittelijan ehdotusvuosiin. Kiireellisyydet ovat 1 (1 – 5 vuotta) ja 2 (6 – 10 vuotta). SIMOn simuloimille kuvioille 40 %:n suodatuksella keskihajonta ensimmäiselle kiireellisyydelle oli 1,86. Toiselle kiireellisyydelle tuli keskihajonnaksi 1,70.

Motilla keskihajonta ensimmäiselle kiireellisyydelle 40 %:n suodatuksella oli 2,33. Toiselle kiireellisyydelle Motilla simuloituna tuli keskihajontaa 40 %:n suodatuksella 2,72. Johtopäätöksenä voidaan sanoa, että SIMOlla päästiin parempiin tuloksiin keskihajonnan osalta.

Kaukokartoitusperustaisen metsien kuviotason laadunarviointiohjeessa simuloidut kasvatushakkuuajankohdat saavat poiketa todellisesta ajankohdasta korkeintaan viisi vuotta. Tässä työssä parhaan keskihajonnan antaneen 40 %:n suodatuksen simuloidut kasvatushakkuut mahtuvat pääosin tämän viiden vuoden sisään. Tätä ei kuitenkaan pysty suoraan vertaamaan, sillä se tarvitsisi harhan korjaamista. Hakkuuehdotuksien täytyy olla hyvä metsänhoidon suositusten mukaisia. Laadunarviointiohjeen avulla pystytään vertaamaan kaukokartoituksen ja maastoinventointiin perustuvan tiedonkeruun laatua. (17)

NRO	KASVUP_LK	MAALAJI	KEH_LK	PAAPUULAJI	HAKKUUTAPA	EHDOTUSVUO	KERTYMA
2	2	60	03	1	3	2014	83,61
3	3	60	03	1	3	2018	80,79
4	4	60	02	1	2	2013	43,60
5	4	10	02	1	3	2016	49,32
6	3	10	03	1	3	2014	63,24
7	4	10	02	1	2	2017	38,07
8	3	10	02	1	2	2018	45,11
9	4	10	02	1	3	2019	52,36
10	3	10	03	1	3	2011	79,50
11	4	10	02	1	3	2015	40,50
12	3	10	02	2	3	2015	49,84
13	4	10	03	1	3	2011	64,15
14	3	10	02	1	2	2013	44,51
15	4	10	03	1	3	2011	85,08
16	4	10	03	1	3	2015	66,14
17	4	30	03	1	3	2011	57,39
18	4	30	03	1	3	2012	64,98
19	4	10	03	1	3	2011	68,14
20	4	10	03	1	3	2011	63,13
21	4	10	03	1	3	2011	63,13
22	4	30	03	1	3	2011	81,72
23	4	10	03	1	3	2014	65,48
24	3	20	03	1	3	2018	70,66
25	3	30	03	1	2	2011	48,49
26	3	30	03	1	3	2011	52,98
27	4	30	03	1	3	2014	47,16
28	4	30	03	1	3	2020	60,99
29	4	10	03	1	3	2013	53,27
30	3	20	02	3	2	2011	60,03
31	4	10	02	1	2	2011	38,13
32	3	10	03	1	3	2014	57,55
33	3	10	03	1	3	2016	67,40
34	4	60	03	1	3	2011	73,50
35	4	10	03	1	3	2011	102,43
36	4	10	03	1	3	2011	96,01
37	3	10	03	1	3	2011	119,42
38	4	30	03	1	3	2012	54,03
39	3	30	03	1	3	2011	68,25
40	3	30	03	1	3	2011	66,79
42	3	10	03	1	3	2011	56,16
43	4	10	03	1	3	2014	66,16
44	4	10	03	2	3	2017	61,50
45	4	10	02	1	3	2018	50,15
46	3	10	03	1	3	2011	64,42
47	3	10	03	1	3	2013	70,17
48	4	30	03	1	3	2018	56,47
49	5	30	02	1	2	2011	34,01
50	4	30	03	1	3	2011	54,17
51	3	30	03	1	3	2022	75,76
52	3	10	03	1	3	2011	84,27
53	3	10	03	1	3	2011	65,62
54	5	60	03	1	3	2017	47,68
55	4	10	03	1	3	2017	62,40
56	4	60	03	1	3	2012	60,63
57	4	60	03	1	3	2015	49,13
58	3	10	03	1	3	2011	51,68
59	3	10	02	2	2	2011	53,12
60	3	10	02	3	2	2011	61,11
61	4	10	03	3	3	2011	122,47
62	4	10	03	1	3	2011	73,85
63	3	10	03	1	3	2011	78,74
64	3	20	02	3	3	2011	98,14
65	4	10	02	3	3	2011	40,04
66	4	30	02	1	2	2013	36,32
67	4	60	03	1	3	2011	62,20
68	3	10	03	2	3	2016	60,61
69	4	10	03	1	3	2013	64,29
70	4	10	03	1	3	2017	61,84
71	4	10	03	1	3	2013	50,14
72	4	10	03	1	3	2013	62,94
73	3	10	03	3	3	2011	91,12
74	4	60	03	2	3	2011	72,45
75	3	60	03	2	3	2011	124,21
76	3	20	03	3	3	2011	131,47
77	4	60	03	1	3	2024	62,75
78	3	60	03	3	3	2011	129,04
79	3	10	02	3	3	2011	41,27

Kasvuaikka	
2	Lehtomainen kangas tai vastaava suo
3	Tuore kangas tai vastaava suo
4	Kuivahko kangas tai vastaava suo
5	Kuiva kangas tai vastaava suo
Maalaji	
10	Keskikarkea tai karkea
20	Hienojakoinen
30	Kiivinen
60	Turvemaa
Pääpuulaji	
1	Mänty
2	Kuusi
3	Rauduskoivu
Hakkuutapa	
2	Ensiharvennus
3	Harvennus

Kuva 17. SIMOn antamat harvennusajankohdat ja kertymät 40 %:n suodatuksella.



SIMOn antamat kertymät 40 %:n suodatusasteella ovat suuruusluokiltaan kohdillaan. Täytyy muistaa, että ensiharvennuksia ja harvennuksia ei pienillä kertymillä kannata alkaa tehdä, elleivät ne kuulu johonkin isompaan kokonaisuuteen. Metsävaratiedoissa simuloituista hakkuuajankohdista saatua kertymää ei hyödynnytä. Metsävarakuvioille voidaan kuitenkin laskea kertymä suodattamattomasta aineistosta siksi, ettei kertymä mene liikaa yläkanttiin suodatetun aineiston vuoksi.

#### 4.1 Harha

Harha kertoo työn arvojen poikkeavuutta perusjoukosta. Tässä työssä laskettiin absoluuttista ja suhteellista harhaa. Alla ovat työssä käytetyt kaavat.

$$\text{Harha (absoluuttinen)} = \frac{(\text{mitattu arvo} - \text{ennustettu arvo})}{\text{kuvioiden lukumäärä}} \quad \text{Kaava 1}$$

$$\text{Harha (suhteellinen)} = \frac{\text{absoluuttinen harha}}{\text{maastossa mitattujen tulosten keskiarvo}} \times 100 \quad \text{Kaava 2}$$

Absoluuttinen ja suhteellinen harha laskettiin Motin sekä SIMOn 40 %:n suodatusasteille. Seuraavissa taulukoissa kiireellisyys 1 on 1-5 vuotta ja 2 on 6-10 vuotta.

#### MOTTI

Kiireellisyys	Harha (absoluuttinen)	Harha (Suhteellinen) %
1	0,73	15,81
2	0,02	0,33

Kuva 18. Motin harhat kahden luokan kiireellisyydellä.

Kuvasta 18 näkyy Motin antamat harhat kahden luokan kiireellisyydellä. Ensimmäiselle kiireellisyydelle tuli absoluuttista harhaa 0,73, toiselle kiireellisyydelle 0,02. Suhteellista harhaa tuli ensimmäiselle kiireellisyydelle 15,81, toiselle kiireellisyydelle 0,33.

SIMO

Kiireellisyys	Harha (absoluuttinen)	Harha (Suhteellinen) %
1	1,81	38,56
2	-0,03	-0,66

Kuva 19. SIMOn harhat kahden luokan kiireellisyydellä.

Kuvasta 19 näkyy SIMOn antamat kiireellisyydet kahden luokan luokituksella. Ensimmäiselle kiireellisyydelle tuli absoluuttista harhaa 1,81. Toiselle kiireellisyydelle tuli 0,03. Suhteellista harhaa ensimmäiselle kiireellisyydelle tuli 38,56 ja toiselle kiireellisyydelle -0,66.

Motilla päästiin harhan osalta parempaan tulokseen. Harhaa voidaan kuitenkin korjata.

#### 4.2 Tulosten vertailu ensiharvennustarpeen suoratlukintaan

Työn tuloksia vertailtiin Arbonautin tekemän ensiharvennustarpeen suoratlukintaraportin tuloksiin. ”Suoratlukinnassa estimoitava tunnus on se tunnus josta ollaan kiinnostuneita. Toimenpiteiden suoratlukinnassa estimoitava tunnus on siis esimerkiksi taimikonhoitotarve tai harvennustarve”. Suoratlukinta ja pohjapinta-alan suodatus ovat toistensa vasa-kohtia. Suoratlukinnalla ei pystytä tuottamaan luotettavaa toimenpide-ehdotustietoa ensimmäisten viiden vuoden jälkeen. Suoratlukinnan ja pohjapinta-alan suodatuksen vertailu ei anna kuin suuntaa antavia tuloksia, koska kuvioaineistot ovat töissä erilaisia. Vastaavia tutkimuksia ei ole tehty, joissa verrattaisiin kyseisiä menetelmiä. (16)

Pohjapinta-alan suodatuksia verrattiin suoratlukinnan tuloksiin virhematriiseissa, jotka oli tehty Aarnin toimenpide-ehdotusten mukaan. Taulukoissa on kolmen luokan luokittelu, jossa välitön tarve on 1-5 vuotta, tarve kohta 6 -10 ja lepo muut.

		Ennustettu			
		välitön tarve	tarve kohta	lepo	yhteensä
Mitattu	välitön tarve	12,8	3,5	15,1	31,4
	tarve kohta	2,3	4,7	9,3	16,3
	lepo	8,1	1,2	43,0	52,3
	yhteensä	23,3	9,3	67,4	100,0 %

Kuva 20. Suoratlukinnan maastotarkastuskohteiden virhematriisit prosentteina kolmen luokan luokittelulla.

Suoratulkinnan maastotarkastuskohteiden virhematriisissa suurimman prosenttimäärän kuvioita on saanut kohta, jossa on ennustettu ja mitattu lepo kiireellisyydeksi. Tämä luokka on saanut 43 % kaikista kuvioista.

		SIMO 40%			
		välitön tarve	tarve kohta	lepo	yhteensä
Suunnittelija	välitön tarve	65,6	9,4	1,6	76,6
	tarve kohta	14,1	9,4	0,0	23,5
	lepo	0,0	0,0	0,0	0,0
	yhteensä	79,7	18,8	1,6	100,0 %

Kuva 21. Pohjapinta-alan suodatuksen virhematriisi kolmen luokan luokittelulla.

Pohjapinta-alan suodatuksesta SIMOlla tehdyssä virhematriisissa isoin luokka on saanut 65,6 % kuvioista. Tässä luokassa SIMO-simulointi sekä metsäsuunnittelija ovat antaneet 65,6 %:lle kuvioista välittömän harvennustarpeen. Luokka on isompi verrattaessa sitä suoratulkinnan isoimpaan virhematriisiluokkaan kolmen luokan luokituksella. Pohjapinta-alan suodatuksen virhematriisiin ei tullut lepo-kohtaan yhtään prosenttia, koska työhön valituissa kuvioissa metsäsuunnittelija oli antanut kiireellisyydet kymmenvuotiskaudelle.

		MOTTI 40%			
		välitön tarve	tarve kohta	lepo	yhteensä
Suunnittelija	välitön tarve	63,6	12,1	1,5	77,3
	tarve kohta	12,1	4,5	6,1	22,7
	lepo	0,0	0,0	0,0	0,0
	yhteensä	75,8	16,7	7,6	100,0 %

Kuva 22. Pohjapinta-alan suodatuksen virhematriisi kolmen luokan luokittelulla.

Pohjapinta-alan suodatuksesta Motti- metsänkasvatusohjelmalla tehdyssä virhematriisissa isoin luokka on saanut 63,6 %. Tässä luokassa sekä metsäsuunnittelija että simuloitujen toimenpide-ehdotukset antoivat harvennustarpeen ensimmäiselle kiireellisyydelle. Luokka on prosenttimäärältään SIMOlla tehtyä virhematriisia pienempi mutta kuitenkin suurempi kuin suoratulkinnan isoin luokka.

Kun lasketaan, paljonko välitön tarve-kohta on koko rivin prosenttimäärästä, saadaan mielenkiintoisia tuloksia. Suoratulkinnalla välitön tarve-kohta on koko rivin prosenttimäärästä 40,76. SIMOlla vastaava luku on 85,64 ja Motilla 82,28. Voidaan siis sanoa, että pohjapinta-alan suodatuksella päästiin tässä vertailussa parempiin tuloksiin.

Virhematriisit eivät kerro kuitenkaan koko totuutta, vaan ovat vain suuntaa antavia. Kun osumat on saatu nippuun, voidaan niitä säätää simulointiohjelmissa. Alla olevissa taulukoissa harvennustarve on 1-5 vuotta ja muut ei tarvetta.

		Ennustettu		
		Harvennustarve	Ei tarvetta	Yhteensä
Mitattu	Harvennustarve	12,79	18,6	31,39
	Ei tarvetta	10,46	58,15	68,61
	Yhteensä	23,25	76,75	100 %

Kuva 23. Suoratulkinnan maastotarkastuskuvioiden virhematriisit prosentteina Aarnin toimenpide-ehdotusten mukaan kahden luokan luokittelulla.

Kuvasta 23 näkyy suoratulkinnan vertailu Aarnin toimenpide-ehdotuksiin virhematriisi prosentteina kahden luokan luokittelulla: harvennustarve 1-5 vuotta, ei tarvetta muut. Aineistosta ennustettu ja mitattu ei tarvetta on 58,15 %:n osuudella suurin luokka. Muut luokat ovat selvästi tasaisemmin jakautuneet.

Suoratulkinnan virhematriiseja verrataan samalla kahden luokan luokittelulla tehtyihin pohjapinta-alan suodatuksen virhematriiseihin.

		Simo 40 %		
		Harvennustarve	Ei tarvetta	
Suunnittelija	Harvennustarve	65,62	10,94	76,56
	Ei tarvetta	14,06	9,38	23,44
	Yhteensä	79,68	20,31	100 %

Kuva 24. Pohjapinta-alan suodatuksen virhematriisi kahden luokan luokittelulla.

Kun katsotaan SIMOlla suodatettujen kuvioiden ja metsäsuunnittelijan maastossa antamista toimenpide-ehdotuksista koostettua virhematriisia, huomataan, että suurin luokka on saanut 65,62 %. Tässä suurimman prosenttimäärään saaneessa luokassa sekä metsäsuunnittelija että SIMO ovat antaneet kuvioista 65,62 %:lle harvennustarpeen. Kun tätä lukua verrataan suoratulkinnasta virhematriisista saatuun isoimpaan luokkaan, huomataan,

että pohjapinta-alan suodatuksella on saatu enemmän yhtäläisyyksiä. Muut luokat ovat jautuneet pohjapinta-alan suodatuksesta tehdyssä virhematriisissa tasaisesti.

Motti 40 %

		Harvennustarve		Ei tarvetta	
Suunnittelija	Harvennusta	63,08	15,38	78,46	
	Ei tarvetta	7,69	13,85	21,54	
Yhteensä		70,77	29,23	100 %	

Kuva 25. Pohjapinta-alan suodatuksen virhematriisi kahden luokan luokittelulla.

Motti- metsänkasvatusohjelmalla ja metsäsuunnittelijan maastossa antamista toimenpide-ehdotuksista koostuvassa virhematriisissa isoin luokka on saanut 63,08 % kuvioista. Tässä luokassa sekä Motti että metsäsuunnittelija ovat antaneet harvennustarpeen. Tämä tarkoittaa sitä, että luku on pienempi verrattaessa sitä SIMOn vastaavaan taulukkoon, mutta suurempi kuin isoin luokka suoratulkinnan virhematriisissa.

Kahden luokan luokittelulla tehdyistä virhematriiseista päätellen pohjapinta-alan suodatuksella päästään parempiin tuloksiin, kun verrataan suoratulkinnan vastaaviin matriiseihin.

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Pohjapinta-alan suodatuksella ja uusien puustotietojen laskemisella on vaikutusta simuloitujen toimenpide-ehdotuksen ajankohtaan. Pohjapinta-alan suodatuksesta parhaan tuloksen antoi 40 %:n suodatus. Suodatusten keskihajonta laski aina 40 %:n suodatusasteeseen asti. Kun suodatusta jatkettiin 45 %:lla, tulokset heikkenivät selvästi. Kuvioiden simuloitujen toimenpide-ehdotukset saatiin lähemmäksi metsäsuunnittelijan maastossa antamia ehdotusajankohtia. Tämä tarkoittaa sitä, että pohjapinta-alaa suodattamalla päästään parempiin tuloksiin, kun sitä verrataan suodattamattomaan aineistoon.

Vaikka työn tulokset ovat harhaisia, kertoo keskihajonta kuitenkin paljon enemmän. Kun osumat on saatu keskihajonnan kautta nippuun, voidaan niitä säätää simulointiohjelmissa esimerkiksi leimausrajalalla.

Työssä hakkuita simuloitiin sekä Motilla että SIMOlla. Motilla simuloitiin hakkuita jokaisessa suodatusvaiheessa, mutta SIMOlla pelkästään 0 %:n ja 40 %:n suodatukset. Simo antoi näissä suodatuksissa simuloitua hakkuuajankohdat lähemmäksi metsäsuunnittelijaa.

Työssä käytettyjen kuvioiden määrä oli pienehkö. Isommalla kuvio määrällä olisi saatu ehkä selväpiirteisempiä tuloksia. Nyt esimerkiksi 35 %:n ja 40 %:n suodatusten keskihajonnat olivat aika lähellä toisiaan. Suurempi otanta olisi myös tuonut kuvioihin isompaa vaihtelua.

Kaikki uudet puustotunnukset syötettiin käsin pmt-tiedostoon, joten inhimilliset näppäilyvirheet ovat mahdollisia. Motilla kuvat jouduttiin simuloimaan yksi kerrallaan, mikä myös lisäsi virheen mahdollisuutta.

Työssä kokeiltiin vain yhtä keinoa saada simuloitua toimenpide-ehdotusta lähemmäksi metsäsuunnittelijan maastossa antamaa ehdotusta. Ennen kuin voidaan sanoa, että pohjapinta-alan suodatus on käyttökelpoisin tapa, täytyy tutkia myös muita menetelmiä. Näitä muita menetelmiä voisi olla kuvion jokaiselle hilalle tuotettu toimenpiteen ehdotusvuosi. Siitä sitten tuotettaisiin koko kuvioille toimenpide-ehdotus. Toinen kokeiltava menetelmä voisi perustua pohjapinta-alan ja pituuden suhteeseen.

Metsäsuunnittelijan maastossa antamaan toimenpide-ehdotukseen on voinut vaikuttaa metsänomistajan tavoitteet. Ne voivat olla niin taloudellisia kuin luonnonhoidollisiakin. Nämä tavoitteet ohjaavat toimenpide-ehdotusajankohtia. Metsänomistaja on myös voinut haluta tehdä metsässään suuria metsänkäsittelytoimia saamaan aikaan. Tämä saattaa johtaa siihen, että osa kuvioista hakataan vasta, kun viereiselle kuvioille tulee käsittely tai päinvastoin. Tämä siirtää kuvioiden toimenpide-ehdotusajankohtia.

Työssä käytettiin kahden eri metsäsuunnittelijan antamia harvennushakkuun ehdotusajankohtia. Suunnittelijoiden välillä ei tehty mitään vertailuja.

Metsäsuunnittelija on maastossa antanut kuvioille harvennustarpeen vuoden tarkkuudella maastotallentimelle, mutta kuitenkin metsäsuunnitelmassa harvennukset esitetään kolmen luokan kiireellisyydellä. Voi siis olla, että metsäsuunnittelija ei maastossa ole keskittynyt sen tarkemmin ehdotusvuoteen vain ajatellut kiireellisyyksiä kolmen luokan luokittelulla.

Pohjapinta-alan suodatusten virhematriiseja verrattiin suoratulkinnan virhematriiseihin. Virhematriisit eivät kuitenkaan kerro koko totuutta, vaan ovat vain suuntaa antavia. Tuloksia ei voitu luotettavasti vertailla, koska molemmissa töissä on eri kuvioaineisto. Mielenkiintoista olisi verrata pohjapinta-alan suodatusta ja suoratulkintaa samalla aineistolla. Sama aineisto mahdollistaisi menetelmien suoran vertailun.

## LÄHTEET

- (1) Bamberg, M; Hemmilä, T & Vettenranta, A. 2000. Metsäsuunnittelu. Opetushallitus
- (2) Ylimartimo Jukka. 2012. Metsävaratiedon tuottaminen ja hyödyntäminen yksityismetsätaloudessa. Metsäkeskus. Saatavissa:  
[http://www.smy.fi/smy/Materiaalitdeve.nsf/allbyid-PMA/8E0D9E8BB71A2446C2257A8A003C02A3/\\$file/PMA33\\_Jukka%20Ylimartimo.pdf](http://www.smy.fi/smy/Materiaalitdeve.nsf/allbyid-PMA/8E0D9E8BB71A2446C2257A8A003C02A3/$file/PMA33_Jukka%20Ylimartimo.pdf) (viitattu 20.12.2012)
- (3) Tapion Taskukirja. 2008. Metsäkustannus Oy
- (4) Metsäkeskus. Metsäpalvelut. 2012. Saatavissa:  
<http://www.metsakeskus.fi/ammattilaiset/metsapalvelut> ( viitattu 16.12.2012)
- (5) Metsäkeskus. Metsään.fi- palvelu. 2012. Saatavilla: <http://www.metsaan.fi/tietoa-palvelusta> (viitattu 20.12.2012)
- (6) Metsäkeskus. Metsätilojen tiedot. 2012. Saatavilla:  
<http://www.metsakeskus.fi/metsatilojen-tiedot/tietojen-keruu> (viitattu 20.12.2012)
- (7) Kangas, Annika; Päivinen, Risto; Holopainen, Markus & Maltamo, Matti. 2011. Metsän mittaus ja kartoitus. Joensuun yliopisto, metsätieteen tiedekunta
- (8) Laserkeilauskuva, 2010, Saatavilla: [http://www.fgi.fi/osastot/projektisivut/kk\\_www\\_portaali/rswww/lasercase1.html](http://www.fgi.fi/osastot/projektisivut/kk_www_portaali/rswww/lasercase1.html) (viitattu 16.08.2010)
- (9) UPM. 2012. Laserkeilaus mittaa puuvarat tarkasti. Saatavilla:  
<https://www.metsamaailma.fi/fi/News/Sivut/laserkeilaus.aspx> (viitattu 20.12.2012)
- (10) Hilaruudukko. 2010. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio
- (11) Tokola, Timo; Hyppänen, Harri; Miina, Saija; Vesa, Lauri & Anttila, Perttu. 1998. Metsän Kaukokartoitus. Joensuun yliopisto, metsätieteen tiedekunta



(12) Tokola, Timo; Soimasuo, Janne; Turkia, Ari; Talkkari, Ari; Store, Ron & Uuttera, Janne. 2000. Metsät paikkatietojärjestelmissä. Joensuun yliopisto, metsätieteen tiedekunta

(13) Metsätieteen aikakauskirja 1/2006. Metla Saatavilla:  
<http://www.metla.fi/aikakauskirja/ff061.htm> (viitattu 20.12.2012)

(14) Motti- metsänkasvatusohjelma. 2012. Metla. Saatavilla:  
<http://www.metla.fi/metinfo/motti/> (viitattu 12.12.2012)

(15) Metsäteollisuus. 2012. Uusi metsätietolaki tehostaa metsäpalvelujen markkinointia Saatavilla:  
<http://www.metsateollisuus.fi/Infokortit/Metsävaratietojenkaytontehostaminen/Sivut/default.aspx> (viitattu 23.12.2012)

(16) Peuhkurinen, J. 2012. Ensiharvennustarpeen suoratulkinta. Suomen metsäkeskuksen tilaamaan selvitystyön loppuraportti. Arbonaut Oy

(17) Kaukokartoitusperusteisen metsien inventoinnin kuviotason laadunarvontaohje (versio 1.0). Metsäkeskus

## LIITTEET

## Virhematriisit

KUVIOT					PROSENTIT						
		SIMO						SIMO			
		vältön tarve	tarve kohta	lepo	yhteensä			vältön tarve	tarve kohta	lepo	yhteensä
Motti		11	0	0	11	Simo ja motti 0 %	Motti	33,3	0,0	0,0	33,3
		2	8	0	10			6,1	24,2	0,0	30,3
		2	5	5	12			6,1	15,2	15,2	36,4
		15	13	5	33			45,5	39,4	15,2	100,0 %
		SIMO						SIMO			
		vältön tarve	tarve kohta	lepo	yhteensä			vältön tarve	tarve kohta	lepo	yhteensä
Motti		12	1	0	13	Simo ja motti 5%	Motti	36,4	3,0	0,0	39,4
		2	7	2	11			6,1	21,2	6,1	33,4
		1	3	5	9			3,0	9,1	15,2	27,3
		15	11	7	33			45,5	33,3	21,3	100,0 %
		SIMO						SIMO			
		vältön tarve	tarve kohta	lepo	yhteensä			vältön tarve	tarve kohta	lepo	yhteensä
Motti		12	1	0	13	Simo ja motti 10%	Motti	36,4	3,0	0,0	39,4
		2	8	3	13			6,1	24,2	9,1	39,4
		1	2	4	7			3,0	6,1	12,1	21,2
		15	11	7	33			45,5	33,3	21,2	100,0 %
		SIMO						SIMO			
		vältön tarve	tarve kohta	lepo	yhteensä			vältön tarve	tarve kohta	lepo	yhteensä
Motti		12	3	0	15	Simo ja motti 15%	Motti	36,4	9,1	0,0	45,5
		1	6	4	11			3,0	18,2	12,1	33,3
		2	2	3	7			6,1	6,1	9,1	21,3
		15	11	7	33			45,5	33,3	21,2	100,0 %
		SIMO						SIMO			
		vältön tarve	tarve kohta	lepo	yhteensä			vältön tarve	tarve kohta	lepo	yhteensä
Motti		12	5	0	17	Simo ja motti 20%	Motti	36,4	15,2	0,0	51,5
		2	4	5	11			6,1	12,1	15,2	33,3
		1	2	2	5			3,0	6,1	6,1	15,2
		15	11	7	33			45,5	33,3	21,3	100,0 %
		SIMO						SIMO			
		vältön tarve	tarve kohta	lepo	yhteensä			vältön tarve	tarve kohta	lepo	yhteensä
Motti		12	6	0	18	Simo ja motti 25 %	Motti	36,4	18,2	0,0	54,5
		2	3	5	10			6,1	9,1	15,2	30,3
		1	2	2	5			3,0	6,1	6,1	15,2
		15	11	7	33			45,5	33,3	21,2	100,0 %
		SIMO						SIMO			
		vältön tarve	tarve kohta	lepo	yhteensä			vältön tarve	tarve kohta	lepo	yhteensä
Motti		14	6	0	20	Simo ja motti 30 %	Motti	42,4	18,2	0,0	60,6
		0	3	5	8			0,0	9,1	15,2	24,3
		1	2	2	5			3,0	6,1	6,1	15,1
		15	11	7	33			45,4	33,4	21,2	100,0 %
		SIMO						SIMO			
		vältön tarve	tarve kohta	lepo	yhteensä			vältön tarve	tarve kohta	lepo	yhteensä
Motti		14	6	0	20	Simo ja motti 35 %	Motti	42,4	18,2	0,0	60,6
		0	3	5	8			0,0	9,1	15,2	24,3
		1	2	2	5			3,0	6,1	6,1	15,1
		15	11	7	33			45,4	33,4	21,3	100,0 %
		SIMO						SIMO			
		vältön tarve	tarve kohta	lepo	yhteensä			vältön tarve	tarve kohta	lepo	yhteensä
Motti		14	7	2	23	Simo ja motti 40%	Motti	42,4	21,2	6,1	69,7
		0	3	3	6			0,0	9,1	9,1	18,2
		1	1	2	4			3,0	3,0	6,1	12,1
		15	11	7	33			45,4	33,3	21,3	100,0 %
		SIMO						SIMO			
		vältön tarve	tarve kohta	lepo	yhteensä			vältön tarve	tarve kohta	lepo	yhteensä
Motti		14	8	2	24	Simo ja motti 45 %	Motti	42,4	24,2	6,1	72,7
		0	1	3	4			0,0	3,0	9,1	12,1
		1	2	2	5			3,0	6,1	6,1	15,2
		15	11	7	33			45,4	33,3	21,3	100,0 %

## Motti 0%

		Harvennustarve	Ei tarvetta	
Suunnittelija	Harvennustarve	10	17	27
	Ei tarvetta	1	5	6
	Yhteensä	11	22	33

## Motti 5%

		Harvennustarve	Ei tarvetta	
Suunnittelija	Harvennustarve	12	15	27
	Ei tarvetta	1	5	6
	Yhteensä	13	20	33

## Motti 10%

		Harvennustarve	Ei tarvetta	
Suunnittelija	Harvennustarve	13	17	30
	Ei tarvetta	0	3	3
	Yhteensä	13	20	33

## Motti 15%

		Harvennustarve	Ei tarvetta	
Suunnittelija	Harvennustarve	14	13	27
	Ei tarvetta	1	5	6
	Yhteensä	15	18	33

## Motti 20%

		Harvennustarve	Ei tarvetta	
Suunnittelija	Harvennustarve	16	11	27
	Ei tarvetta	1	5	6
	Yhteensä	17	16	33

## Motti 25%

		Harvennustarve	Ei tarvetta	
Suunnittelija	Harvennustarve	17	10	27
	Ei tarvetta	1	5	6
	Yhteensä	18	15	33

## Motti 30%

		Harvennustarve	Ei tarvetta	
Suunnittelija	Harvennustarve	18	9	27
	Ei tarvetta	1	5	6
	Yhteensä	19	14	33

## Motti 35%

		Harvennustarve	Ei tarvetta	
Suunnittelija	Harvennustarve	19	8	27
	Ei tarvetta	1	5	6
	Yhteensä	20	13	33

## Motti 40%

		Harvennustarve	Ei tarvetta	
Suunnittelija	Harvennustarve	22	5	27
	Ei tarvetta	1	5	6
	Yhteensä	23	10	33

## Motti 45%

		Harvennustarve	Ei tarvetta	
Suunnittelija	Harvennustarve	23	4	27
	Ei tarvetta	2	4	6
	Yhteensä	25	8	33

## Simo 40%

		vältön tarve	tarve kohta	lepo
Motti 40%	vältön tarve	73,4	1,6	1,6
	tarve kohta	1,6	15,6	0,00
	lepo	3,1	3,1	0,00
	yhteensä	78,09	20,33	1,60

		suunnittelija			
		vältön tarve	tarve kohta	yhteensä	
Motti	vältön tarve	9	2	11	Suunnittelija ja motti 0 %
	tarve kohta	10	0	10	
	lepo	8	4	12	
	yhteensä	27	6	33	

		suunnittelija			
		vältön tarve	tarve kohta	yhteensä	
Motti	vältön tarve	12	2	14	Suunnittelija ja motti 5 %
	tarve kohta	9	1	10	
	lepo	6	3	9	
	yhteensä	27	6	33	

		suunnittelija			
		vältön tarve	tarve kohta	yhteensä	
Motti	vältön tarve	13	0	13	Suunnittelija ja motti 10 %
	tarve kohta	12	2	14	
	lepo	3	3	6	
	yhteensä	28	5	33	

		suunnittelija			
		vältön tarve	tarve kohta	yhteensä	
Motti	vältön tarve	13	2	15	Suunnittelija ja motti 15 %
	tarve kohta	10	1	11	
	lepo	4	3	7	
	yhteensä	27	6	33	

		suunnittelija			
		vältön tarve	tarve kohta	yhteensä	
Motti	vältön tarve	15	2	17	Suunnittelija ja motti 20 %
	tarve kohta	10	1	11	
	lepo	2	3	5	
	yhteensä	27	6	33	

		suunnittelija			
		vältön tarve	tarve kohta	yhteensä	
Motti	vältön tarve	17	1	18	Suunnittelija ja motti 25 %
	tarve kohta	9	2	11	
	lepo	2	2	4	
	yhteensä	28	5	33	

		suunnittelija			
		vältön tarve	tarve kohta	yhteensä	
Motti	vältön tarve	18	2	20	Suunnittelija ja motti 30 %
	tarve kohta	7	1	8	
	lepo	2	3	5	
	yhteensä	27	6	33	

		suunnittelija			
		vältön tarve	tarve kohta	yhteensä	
Motti	vältön tarve	18	2	20	Suunnittelija ja motti 35 %
	tarve kohta	7	1	8	
	lepo	2	3	5	
	yhteensä	27	6	33	

		suunnittelija			
		vältön tarve	tarve kohta	yhteensä	
Motti	vältön tarve	21	2,00	23,00	Suunnittelija ja motti 40 %
	tarve kohta	5,00	1,00	6,00	
	lepo	1,00	3,00	4,00	
	yhteensä	27,00	6,00	33,00	

		suunnittelija			
		vältön tarve	tarve kohta	yhteensä	
Motti	vältön tarve	22	2,00	24,00	Suunnittelija ja motti 45 %
	tarve kohta	3,00	1,00	4,00	
	lepo	2,00	3,00	5,00	
	yhteensä	27,00	6,00	33,00	



