

*arbonaut*

**Metsätieto 2020 -  
Tavoitetila**

25.6.2015

## SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ .....	3
1 JOHDANTO.....	4
2 HANKKEEN TAVOITTEET .....	4
3 AINEISTOT JA MENETELMÄT .....	5
4 NYKYTILAN KUVAUS.....	6
4.1 Valtakunnan metsien inventointi.....	6
4.2 VMI:n metsävarakartat .....	8
4.3 Suomen metsäkeskuksen metsävaratiedon keruu .....	9
4.3.1 Yleistä .....	10
4.3.2 Kaukokartoituksen hyödyntäminen.....	11
4.3.3 Maastomittauskoealat .....	12
4.3.4 Puustotulkinta ja kuviointi .....	14
4.3.5 Kohdennettu maastoinventointi ja metsävaratietojen laskenta.....	16
4.3.6 Puustotulkinnan laatu .....	18
4.3.7 Metsävaratietojen julkaisu .....	21
5 HAASTATTELUT JA TIETOTARVESELVITYKSET .....	21
5.1 Metsäteollisuuden vastaukset (8).....	23
5.2 Omien metsien palvelut (3).....	24
5.3 Metsäpalveluyritysten vastaukset (5).....	24
5.4 Metsänhoitoyhdistysten vastaukset (7).....	25
5.5 Koneyrittäjien vastaukset (1) .....	26
5.6 Metsänomistajien vastaukset (1).....	27
5.7 Suomen ympäristökeskuksen vastaukset (1).....	27
5.8 Maanmittauslaitoksen vastaukset (3).....	28
5.9 Tilastokeskuksen vastaukset (1).....	29
5.10 Pelastuslaitoksen vastaukset (1).....	30
5.11 Metsähallituksen luontopalvelujen vastaukset (1).....	31
5.12 Kaavoituksen vastaukset (2).....	32
5.13 Kuntien vastaukset (2).....	33
5.14 Luonnon virkistyskäytön vastaukset (1).....	33
6 TIETOTARVESELVITYSTEN JA HAASTATTELUJEN YHTEENVETO JA TIETOTARPEIDEN KUVAUS 34	
7 TIEDONKERUUTEKNIKOIDEN ANALYYSI .....	35
7.1 Vaihtoehtojen kuvaus .....	35
7.1.1 Kaukokartoitus .....	35
7.1.2 Kaukokartoituksen käyttö Suomen metsätaloudessa ja vaihtoehdot.....	40
7.1.3 Maastomittaukset ja niiden vaihtoehdot .....	43
7.1.4 Maastomittauksen teknisten laitteiden piirteitä.....	44
7.2 Kaukokartoitusperusteisten tiedonkeruumenetelmien analyysi .....	47
7.3 Metsävaratiedon tuottamisen kustannuksien analyysi .....	50
7.4 VMI:n ja SMK:n koealojen yhteiskäyttö .....	52

## Tavoitetila

7.5	Päätelmät .....	53
8	TAVOITETILA .....	55
8.1	Metsätiedon tietoinfrastruktuurin kehittyminen yleisesti .....	55
8.2	Tietosisältö .....	56
8.3	Tiedon keruu ja ylläpito.....	58
8.4	Palvelut, rajapintaratkaisut ja tiedon hyödyntäminen .....	60
8.5	Julkisen ja yksityisen sektorin roolit tavoitetilassa ja niiden tehtävät metsätiedon keräämisessä ja ylläpitämisessä sekä tiedon hyödyntämisessä .....	62
8.6	Tavoitetilan merkittävimmät muutokset nykytilaan .....	63
LÄHTEET.....		64
LIITTEET.....		64

## TIIVISTELMÄ

Hankkeen kohteena on määritellä tavoitetila seuraavan sukupolven metsätiedolle sekä laatia kehittämissuunnitelma tavoitetilaan pääsemiseksi. Hankkeen väliraportointivaiheessa (1.1.–30.6.2015) tuotettiin koko metsäsektorin hyväksymä tavoitetila seuraavan sukupolven metsätiedolle. Tavoitetilan kartoituksessa ja määrittelyssä käytettiin tiedonkeruumenetelminä kyselylomakkeita (Suomen metsäkeskuksen ja Luonnonvarakeskuksen tietotarvekyselyt) ja käyntihaastatteluita (Metsätieto 2020 hankkeen täydentävät haastattelut) joiden lisäksi toimijoita osallistettiin tavoitetilan määrittelyyn työpajassa ja toimijoille tarjottiin mahdollisuus kommentointiin hankkeen wiki-sivustolla.

Tavoitetilan yleisiä piirteitä ovat toimijoiden keskittyminen ydintehtäviin, avoimien aineistojen käytön lisääminen ja tiedonjakelun organisointi siten, että tieto on nykyistä paremmin saatavilla. Merkittävimpinä muutoksina nykyisiin käytäntöihin tavoitetilassa on tiedon ajantasaisuuden parantaminen tihentämällä inventointikiertoa ja ottamalla käyttöön automaattiset menetelmät tehtyjen toimenpiteiden päivytykseen, tiedon tuottamisen ja keräämisen automatisointi mm. hakkuukoneen tiedonkeruun avulla, standardien käyttöönotto ja metatietojen lisäämien kaikkiin tietotuotteisiin, omavalvonnan ja osallistavan tiedonkeruun lisääminen tiedonkeruussa, aineistojen yhteiskäytön lisääminen ja siirtyminen enemmän kohti tietotarvetta vastaavaa tiedonkeruuta. Tietosisällöllisiä muutoksia on runkolukusarjatiedon ja olosuhdetiedon lisääminen Suomen metsäkeskuksen metsävaratietoon. Tavoitetilassa metsätieto sisältää metsävaratiedon lisäksi myös luontotiedot, kaavat, tiestön ominaisuustiedot ja muut metsien päätöksentekoon liittyvät paikkatietoaineistot. Tiedonjakelussa siirrytään suurimpien toimijoiden yhdessä ylläpitämään tiedonjakelupalveluun, jonka kautta on saatavilla eri tietovarastoissa sijaitsevat tiedot ja jonka kautta metsävaratietoja voidaan päivittää automaattisesti. Tiedon avoimuuden lisääminen vaatii lainsäädännöllisiä muutoksia sekä toimijoiden yhteistyön lisäämistä ja yhteisistä pelisäännöistä sopimista.

Tavoitetilassa metsätieto antaa nykyistä paremmat lähtötiedot puun monipuoliselle käytölle ja luonnon monimuotoisuuden turvaamiselle. Tiedon avoimuuteen ja helppoon saatavuuteen tähtäävä tavoitetila mahdollistaa lisäarvotuotteiden syntymisen ja aineistojen nykyistä tehokkaamman hyödyntämisen.

## 1 JOHDANTO

Tämä väliraportti on tehty Maa- ja metsätalousministeriön (MMM) Luonnonvaraosaston hankkeeseen Metsätieto 2020. Hanke kestää koko vuoden 2015 ja tämä raportti kattaa aikajakson 1.1.2015–30.6.2015. Työn pääkonsulttina on Arbonaut Oy ja alikonsulttina Inforex Oy. Hankkeessa luodaan tavoitetila seuraavan sukupolven metsätiedolle sekä laaditaan kehittämissuunnitelma tavoitetilaan pääsemiseksi. Tässä raportissa esitellään tavoitetilan laatimisessa käytetyt selvitykset ja tavoitetila. Syksyn 2015 aikana laaditaan hankkeen kehittämissuunnitelma. Raportin laatimisesta ovat vastanneet Timo Tokola ja Jussi Peuhkurinen. Raportissa on käytetty soveltuvilta osin suoria lainauksia mm. ”Geoinformatiikka luonnonvarojen hallinnassa” -kirjasta ja organisaatioiden omista kuvauksista. Lähteet listataan kootusti loppuun, eikä niitä täysin yksilöidä.

Suomen metsätiedon päävastuu on Suomen metsäkeskuksella (SMK) ja Luonnonvarakeskuksen (Luke) valtakunnan metsien inventoinnilla (VMI). Luontotietoa kerätään Luonnontieteellisessä keskusmuseossa ja Suomen ympäristökeskus (Syke) kerää monia metsiin kohdistuvia tietotasoja. Maanmittauslaitos (MML) ylläpitää yleistä kansallista paikkatietoinfrastruktuuria ja jakaa tietoa keskitetysti.

SMK kerää ja pitää ajan tasalla kuvioittaista ja hilamuotoista metsävaratietoa. Metsävaratietoa kerätään laserkeilaukseen pohjautuvalla kaukokartoitusmenetelmällä vuosittain noin 1,5 miljoonan hehtaarin alalta. Kuvioittaista metsävaratietoa hyödynnetään pääosin metsänomistajien neuvonnassa, toimenpiteiden suunnittelussa ja metsälakien valvonnassa.

Luke kerää valtakunnan metsien inventoinnilla tietoa koko maan metsistä ja metsävaroista. Inventoinnissa mittaukset tehdään systemaattiseen koelaotantaan perustuvilta maastokoealoilta. Tietoja hyödynnetään kansallisen ja kansainvälisen metsäpoliittisen päätöksenteon pohjana, alueellisen ja kansallisen metsätalouden suunnittelun perustietona, metsäteollisuuden investointipäätösten tukena, metsätalouden kestävyuden arvioinnissa ja metsien sertifiointissa, hiilivaraston muutosten ja kasvihuonekaasupäästöjen arvioinnissa, tutkimusaineistona ja kansainvälisissä raportoinneissa. Maa- ja metsätalousministeriö on viime vuosina edistänyt metsätietojen keruun integrointia ja pyrkinyt kustannustehokkaaseen tiedon ylläpitoon ja jakeluun. Tekniset mahdollisuudet ja taloudelliset rajoitukset vaativat ajoittaisen strategisen linjauksen, jonka työstämistä tuetaan tässä hankkeessa.

## 2 HANKKEEN TAVOITTEET

Hankkeen kohteena on määritellä tavoitetila seuraavan sukupolven metsätiedolle sekä laatia kehittämissuunnitelma tavoitetilaan pääsemiseksi. Hankkeen tulee esitellä tavoitetilan kuvaus ja kehittämissuunnitelma kansallisessa metsäneuvostossa ennen niiden valmistumista. Lisäksi hankkeen etenemisestä raportoidaan ohjausryhmälle. Tavoitetilan tulee olla koko metsäsektorin hyväksymä, minkä johdosta hanke toteutetaan vahvassa vuorovaikutuksessa metsäalan

## Tavoitetila

toimijoiden kanssa. Hankkeessa tulee tehdä yhteistyötä muun muassa metsänomistajien edustajien, SMK:n, metsäalan tutkimuslaitosten ja yliopistojen sekä metsäteollisuuden ja muiden yksityisen sektorin toimijoiden kanssa. Maa- ja metsätalousministeriön tarkoituksena on hyödyntää hankkeessa tehtyä kehittämissuunnitelmaa julkisen metsäkonsernin kehittämistoiminnan suuntaamisessa. Hankkeessa tulee tehdä ehdotus julkisen ja yksityisen sektorin rooleista, tehtävistä ja rahoitusvastuista kehittämissuunnitelman toteuttamisessa ja metsätietojärjestelmien rakentamisessa ja ylläpidossa. Hankkeen tavoitteena on edistää metsätietoinfrastruktuurin kehittämistä ja välttää päällekkäisen työn tekemistä. Hankkeessa tulee hyödyntää metsätiedon ympärillä tehtävää kehittämistyötä.

Hankkeen ensimmäisessä vaiheessa (1.1.–30.6.2015) hankkeen tulee tuottaa koko metsäsektorin hyväksymä tavoitetila seuraavan sukupolven metsätiedolle. Tavoitetilasta laaditaan kuvaus. Kuvauksen tulee sisältää esitys seuraavan sukupolven metsätiedon tietoinfrastruktuurista sisältäen tietosisällön, tiedon keruun, ylläpidon ja hyödyntämisen. Tietoinfrastruktuurin tulee kattaa tietotarpeet, palvelut ja rajapintaratkaisut. Tavoitetilassa tulee kuvata myös julkisen ja yksityisen sektorin roolit ja tehtävät metsätiedon keräämisessä ja ylläpitämisessä sekä tiedon hyödyntämisessä. Tavoitetilan luomisessa tulee hyödyntää SMK:n ja Luken tekemiä selvityksiä tulevaisuuden tietotarpeista. Tietotarveselvitykset sisällytetään tavoitetilakuvauksen liitteeksi.

Hankkeessa tulee kartoittaa millä tekniikoilla tulevaisuuden tietotarpeita vastaavat metsävaratiedot voidaan kustannustehokkaasti kerätä ja ylläpitää. Teknologian kartoituksen tulokset ja niiden käytettävyyden arviointi sisällytetään raporttiin.

### 3 AINEISTOT JA MENETELMÄT

Aineistot koostuivat kyselylomakkeiden ja käyntihaastatteluiden vastauksista, VMI:n laskenta-alueiden puustotiedoista, taustakirjallisuudesta ja selvityksistä ja SMK:n antamista kirjanpitoon, työajanseurantaan ja metsävaratietokantaan perustuvista kustannustiedoista. Lisäksi hyödynnettiin osallistamalla saatua asiantuntijatietoa, jota kertyi työpajatyöskentelystä ja wiki-sivuston kommentteista. Merkittävä tausta-aineiston lähde oli myös osallistuminen Digilen D2I SHOK -hankkeen Forest Big Data -osahankkeeseen ja siinä tuotettu aineisto. Taustakirjallisuudesta ja selvityksistä on käytetty erityisesti teoksia Geoinformatiikka luonnonvarojen hallinnassa (Holopainen ym. 2015) ja Metsäalan tietoinfrastruktuuriselvitys (Tapio Oy 2014).

Tavoitetilan kartoituksessa ja määrittelyssä käytettiin tiedonkeruumenetelminä kyselylomakkeita (SMK:n ja Luken tietotarvekyselyt) ja käyntihaastatteluita (Metsätieto 2020 hankkeen täydentävät haastattelut). Luken ja SMK:n tietotarvekyselyistä toimitettiin hankkeeseen valmiit koosteet (liitteet 1 ja 2). Myös täydentävistä haastatteluista laadittiin kooste. Kyselyjen ja haastattelujen koosteiden tulokset arvioitiin vastaajaryhmittäin päähavaintojen selvittämiseksi.

## Tavoitetila

Hankkeeseen liittyen tutustuttiin myös Ruotsin Skogsstryrelsenin toimintamalleihin Lahdessa järjestetyssä kahden päivän seminaarissa ja osallistuttiin Forest Big Data hankkeeseen ja hyödynnettiin hankkeessa tuotettua materiaalia seuraavan sukupolven metsätietojärjestelmän vaatimuksista.

Hankkeessa järjestettiin tavoitetilan työpaja, johon osallistui vähintään yksi edustaja seuraavista organisaatioista: Luke, SMK, Tapio Oy, Luonnontieteellinen keskusmuseo, Metsäteho, Maa- ja metsätaloustuottajien keskusliitto (MTK) ja MMM. Lisäksi konsultit, Arbonaut Oy ja Inforex Oy osallistuvat työpajatyöhön myös ryhmien jäseninä. Työpajassa käytettiin skenaariomenetelmää yhteisesti tavoiteltavan tavoitetilan laatimiseksi. Menetelmässä annettiin työpajaan osallistujille 5 etukäteen laadittua skenaariota, jotka olivat:

1. Business-as-usual
2. Tehostettu tiedonkeruu
3. Julkisen sektorin roolin keventäminen
4. Avoin data
5. Selkeämpi työnjako ja automaatio

Työpajat jalostivat etukäteisskenaarioiden pohjalta pienryhmissä (3 ryhmää) kunkin ryhmän tavoiteskenaarioiden pohjalta laadittiin yksi tavoiteskenaario, josta tavoitetilan määrittelyn aikana muokattiin tiedonkeruumenetelmällä saadun tiedon ja kommenttien perusteella tavoitetilan kuvaus.

Tietotarvevaatimusten ja tiedonhankinnan teknisten mahdollisuuksien yhteensovittamisen selvittämiseksi sovellettiin kaksivaiheisen otannan regressiolla laskentamenetelmää ja olemassa olevaan tutkimuksen tuloksia. Tavoitetilan laatimisen yhteydessä menetelmä esitellään ja sitä sovellettiin alustavasti esimerkkitapauksiin. Varsinainen menetelmän hyödyntäminen tehdään kehittämissuunnitelman laadinnan yhteydessä. Käytetty tausta-aineisto perustui VMI-koaloista laskettuihin puulajeittaisiin keskitunnuksiin.

## 4 NYKYTILAN KUVAUS

### 4.1 Valtakunnan metsien inventointi

VMI:n tuottamat metsävaratiedot perustuvat monipuolisiin maastomittauksiin. Ensimmäisissä inventoinneissa käytettiin linja-arviointia mutta myöhemmissä inventoinneissa siirryttiin systemaattiseen koalaotantaan. Mittaukset tehdään ryppäinä sijaitsevilla maastokoealoilla, ja koealarypäistä muodostuva säännöllinen verkko kattaa koko Suomen. VMI:n maastomittausten perusteella tulokset saadaan luotettavasti koko maalle ja suuralueille (yli 200 000 hehtaaria). Pienempiä alueita varten 80-luvun lopussa alettiin kehittää satelliitti-kuvapohjaista

## Tavoitetila

monilähdeinventointia. Kun maastomittauksiin yhdistetään satelliittikuvaa ja muuta numeerista tietoa, tuloksia voidaan laskea entistä pienemmille alueille kuten kunnille tai muille pienalueille.

Valtakunnan metsien inventointien tuloksia käytetään laajasti kansallisen ja kansainvälisen metsäpoliittisen päätöksenteon pohjana, alueellisen ja kansallisen metsätalouden suunnittelun perustietona, metsäteollisuuden investointipäätösten tukena, metsätalouden kestävyuden arvioinnissa ja metsien sertifiointissa, hiilivaraston muutosten ja kasvihuonekaasupäästöjen arvioinnissa ja tutkimusaineistona. Nykyisin myös lukuisten kansainvälisten tilastojen (esim. FAO ja Eurostat), prosessien (esim. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, MCPFE) ja sopimusten (esim. Kioton sopimus) vaatimukset edellyttävät Suomen tuottavan tilastotietoja metsien kehityksestä.

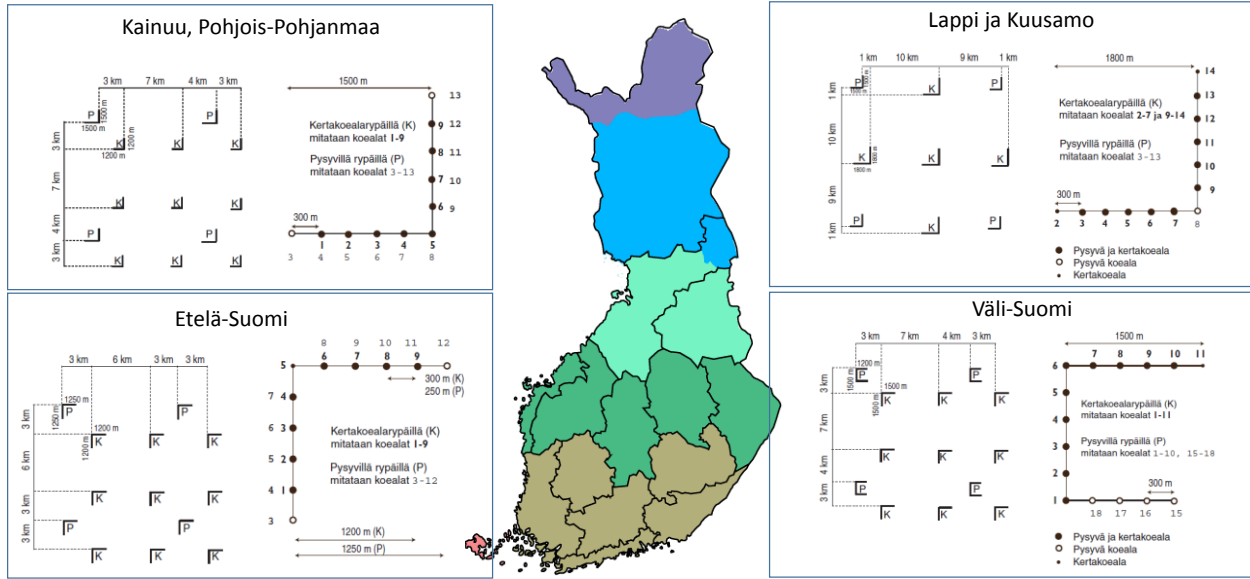
VMI:n pohjana on maasto-otanta. Systemaattinen, rypäissä sijaitsevien maastokoealojen verkko kattaa koko maan. Maastomittauksissa arvioidaan sekä metsikkökuviota että yksittäisiä puita kuvaavia tunnuksia. Koealan metsikkökuvioita mitataan tai arvioidaan yli 100 tunnusta, jotka kuvaavat mm. kasvupaikkaa, puustoa, tuhoja ja metsänhoidollisia tarpeita. Kaikista koealalle osuvista puista mitataan tunnuksia, joiden avulla määritetään puuston tilavuus ja kasvu. VMI:n tulokset julkaistaan perinteisissä metsävararaporteissa ja Luken tietopalvelun kautta. Tällä hetkellä on menossa järjestyksessään kahdestoista VMI. Tuoreimmat julkaistut tiedot perustuvat 11. inventointiin (VMI11), jonka maastotyöt tehtiin vuosina 2009 - 2013. VMI11:ssa inventoidaan myös Ylä-Lappi, jota ei tehty edellisessä inventoinnissa.

VMI10:een verrattuna inventointiin tehtiin VMI11:ssa seuraavia muutoksia:

1. Otanta-asetelmaa muutettiin siten, että rypäiden lukumäärää lisättiin 25 %. Rypäitä pienennettiin siten, että koealamäärä pysyi samana.
2. Kuviorivin puustokuvauksessa otettiin käyttöön puusto-ositteet. Jokaiselle puusto-ositteelle (puulaji, jakso) kirjataan omat keskitunnuksensa. Muutos parantaa erityisesti nuorten metsien tilan ja kehitysvaihtoehtojen arviointia.
3. Puut mitataan kaikkien maaluokkien koealoilta. Aiemmin puut on mitattu vain metsä- ja kitumaan koealoilta. Metsän ulkopuolella kasvavan puuston (Trees outside Forests, ToF) tietoja tarvitaan erityisesti hiilivarastojen arvioinnissa.
4. Metsien yleiseuroppalainen terveydentilan seuranta tehdään VMI:n yhteydessä. Samalla VMI:n tuhojen kuvausta tarkennettiin hieman.

VMI11:n otannassa koealat sijaitsevat systemaattisesti sijoitetuissa rypäissä. Ryväsoitannan asettelu – koealarypäiden etäisyys toisistaan, rypään muoto, koealojen määrä ja etäisyys yhdessä rypäessä – vaihtelee eri osissa maata metsien rakenteellisen vaihtelun ja tieverkoston tiheyden mukaan (Kuva 1.).





Kuva 1. VMI11:n otanta eri osissa Suomea (kuva Luke).

#### 4.2 VMI:n metsävarakartat

Monilähdeinventoinnissa eli VMI:n karttatuotannossa käytetään maastotietojen lisäksi satelliittikuvia ja muita numeerisia tietolähteitä, esimerkiksi numeerisia peruskarttoja ja korkeusmalleja. Niiden avulla koaloilta mitatut tiedot voidaan yleistää suhteellisen harvan koalaverkon väliin jääville alueille. Menetelmänä käytetään ns. k:n lähimmän naapurin luokitusta. Satelliittikuvien käytön keskeisiä etuja ovat tulosten saaminen maastoinventointia pienemmille alueille, esimerkiksi kunnittain, ja tulosten saaminen paikkaan sidottuna. Inventoinnin tulokset voidaan siten esittää sekä tilastoina että teemakarttoina. Nykyisin teemakarttoja tuotetaan runsaasta 40 tunnuksesta, jotka kuvaavat mm. metsien puuston määrää ja rakennetta.

VMI:ssä on käytetty pääasiassa Landsat TM -satelliittikuvia. Numeerista karttatietoa käytetään mm. metsätalousmaan ja muun maan erottamisessa, laskentayksiköiden rajaamisessa ja tulosten luotettavuuden parantamisessa. Numeerisen korkeusmallin avulla voidaan välttää maanpinnan muotojen aiheuttamia virhetulkintoja. Lähtöaineistojen ja tuloskuvien kuvanalkioiden koko maastossa on 20 m x 20 m. Osoitteessa [www.paikkatietoikkuna.fi](http://www.paikkatietoikkuna.fi) on karttapalvelu, jossa pääsee tutkimaan Luken metsävarakarttojen sisältöä. Karttoja pääsee lataamaan GeoTIFF-tiedostoina Luken omasta tiedostopalvelusta osoitteessa [karta.metla.fi](http://karta.metla.fi). Tiedostojen katselu ja käsittely vaativat erityisen ohjelmiston. Tällä hetkellä viimeisin palveluissa julkaistu metsävarakarttatieto on vuodelta 2011.

### 4.3 Suomen metsäkeskuksen metsävaratiedon keruu

Viimeisen reilun kymmenen vuoden aikana kaukokartoituksessa on koettu merkittävä teknologiaharppaus, kun laserkeilaukseen perustuva menetelmä on mullistanut luonnonvarojen kartoituksen ja inventoinnin. Laserkeilaukseen perustuva inventointimenetelmä on tuotu käytäntöön nopeasti ensimmäisten lupaavien tutkimustulosten julkaisun jälkeen. Ensimmäinen laserkeilausinventoinnin operatiivinen (6000 ha) testi tehtiin Norjassa vuonna 2001, jota seurasi 46 000 ha kaupallinen inventointisopimus vuonna 2002. Ruotsissa ja Suomessa vastaavia operatiivisia testejä tehtiin vuosina 2003 ja 2004. Vuonna 2008 UPM-Kymmene laserkeilasi Suomessa metsiään jo 450 000 ha. Laserkeilaukseen perustuva yksityismetsien inventointi alkoi Suomessa operatiivisesti vuonna 2010, jolloin metsävaratiedon keruuta varten keilattiin yli 2 miljoonaa ha.

Metsävarojen inventoinnin näkökulmasta laserkeilauksen etuna on etenkin se, että perinteiset puustotunnukset voidaan tuottaa ainakin kasvatus- ja uudistuskypsissä metsissä entistä tehokkaammin tinkimättä estimointitarkkuudesta. Toisena, mielenkiintoisena etuna on, että suunnittelussa päästään eroon etukäteen määritetyistä kuviorajoista. Inventointiyksiköistä (hilaruutu, pienkuvio) voidaan inventoinnin jälkeen muodostaa joustavasti halutunlaisia toimenpidekuvioita. Laserkeilaus mahdollistaa myös tiedonkeruun jopa yksittäisten puiden tasolla. Yhteenvetoja laserkeilauksen metsäsovelluksista ovat esittäneet mm. tutkijat Erik Naasset, Matti Maltamo, Juha Hyypä ja Markus Holopainen tutkimusryhmineen. Vuonna 2013 julkaistiin myös ensimmäinen suomenkielinen metsien laserkeilaukseen liittyvä oppikirja "Laserkeilaus metsävarojen hallinnassa" (Holopainen, M., Hyypä, J. & Vastaranta, M. 2013. University of Helsinki Department of Forest Sciences Publications 5.)

Lentolaserkeilaukseen perustuva inventointi hyödyntää tietolähteinä harvan pulssitiheyden laserkeilausaineistoa, digitaalisia ilmakuvia sekä tarkasti mitattua ja GPS-paikannettua maastokoealaa. Yhden inventointialueen koko on esimerkiksi 100 000 ha ja sinne sijoitetaan 500 - 700 ympyräkoealaa, joilla puista luetaan puulaji, läpimitta ja puulajeittaisista koepuista pituus. Puustotunnusten ennustaminen tehdään ns. aluepohjaista menetelmää käyttäen. Tällöin koealojen puustotunnuksia mallinnetaan tilastollisesti, joko regressioestimoinnilla tai ei-parametrisella k-nn menetelmällä. Käytetyt puustotunnukset ovat tilavuus, pohjapinta-ala, runkoluku sekä keskiläpimitta, -pituus ja -ikä puulajiositteittain (mänty, kuusi ja lehtipuut). Lisäksi aineistosta voidaan suoraan ennustaa empiiriset läpimittajakaumat maastokoeala-aineiston avulla tai hyödyntää teoreettisia läpimittajakaumia. Mallin selittäjinä hyödynnetään ilmakuvista ja laserkeilausaineistoista laskettuja tunnuslukuja (piirteitä).

Aluepohjaisella laserkeilaustulkinnalla pystytään tuottamaan koko inventointialueen kattava tulkinta ilman otantavirhettä. Menetelmän tarkkuus on kokonaistunnusten (esim. puuston keskitilavuus) osalta tarkempi kuin perinteinen metsävaratietojen kuvioittainen arviointi, ja puulajitasollakin vähintään yhtä tarkka.

Seuraavassa käsitellään tarkemmin SMK:n (yksityismetsien) metsävaratiedon hankintaprosessia.

#### 4.3.1 Yleistä

SMK:n yhtenä keskeisenä tehtävänä on metsävaratietojen keruu ja ajantasaistus Suomen metsistä. Metsien inventointi perustuu kaukokartoitukseen (laserkeilaus ja ilmakuvaus), koealamittauksiin ja kohdennettuun maastoinventointiin. Ensimmäisenä vuonna hankitaan kaukokartoitusaineisto, mitataan maastokoealat sekä tehdään puustotulkinnan laadunvarmistukseen liittyviä maastomittauksia. Talvikaudella hankitaan puustotulkinta ja tehdään kuviointi, mihin kuuluu automaattikuvioinnin (mikrokuviointi) hankinta ja toimenpidekuvioinnin viimeistely. Toisena vuonna tehdään kohdennettu maastoinventointi, kuviotason laadunvarmistus sekä lopullisten kuviotietojen koostaminen ja laskennat. Tietoja julkaistaan vaiheittain sitä mukaa, kun tietoja valmistuu.

Kaukokartoitukseen perustuva yksityismetsien inventointi aloitettiin valtakunnallisesti vuonna 2010. Tavoitteena on 1,5 milj. ha vuotuinen inventointiala, jolloin saman alueen kierto on maksimissaan 10 vuotta. Inventointialueista on laadittu pidemmän ajan suunnitelma, jonka lähtökohtana ovat tavoitepinta-alat, valtionrahoitus sekä käytettävissä olevat resurssit. Lisäksi alueiden valintaan vaikuttaa olemassa olevan metsävaratiedon ikä sekä yhteistyö muiden toimijoiden kanssa. Näistä esimerkkeinä ovat MML:n kanssa tehtävä kaukokartoitusyhteistyö sekä Metsähallituksen, metsäyhtiöiden ja metsänhoitoyhdistysten aineisto- ja inventointitarpeet. Metsävaratietojen saatavuutta voi tarkastella Metsäkartta.fi-palvelusta.

Kaukokartoitukseen perustuvassa tiedonkeruussa on kustannustehokkainta valita laajoja aluekokonaisuuksia. Alueiden rajaamisessa käytetään karttalehtijakoa, mikä mahdollistaa joustavan kaukokartoitusaineistojen hankintayhteistyön. Kunkin inventointialueen tulee olla metsiltään riittävän samantyyppisiä, jotta puustotulkintaan riittää yksi koeala-aineisto. Tämä pyritään varmistamaan tarkastelemalla olemassa olevasta aineistosta alueen metsien rakennetta. Inventoitavan alueen kokosuositus on noin 100 000 - 200 000 ha (nettoala), josta kaukokartoitettava alue (bruttoala) on yleensä noin kaksinkertainen. Mikäli määritetään laajempia inventointialueita, tulee tarkastella myös tarvetta kattavamman tai useamman erillisen koeala-aineiston mittaamiselle.

Metsävaratiedon ylläpitoon kuuluu inventoinnin lisäksi metsissä tehtävien toimenpiteiden jatkuva ajantasaistus, jota tehdään SMK:n saamien hakemusten ja ilmoitusten sekä muiden metsänomistajien tai metsäalan toimijoiden lähettämien tietojen perusteella. Toimenpidepäivitysten lisäksi ajantasaistukseen kuuluu puuston laskennallinen kasvatusta. Koska toimenpidepäivitys perustuu nyky menetelmässä metsänomistajilta ja toimijoilta saatujen hakemusten ja ilmoitusten käsittelyyn, on siinä paljon manuaalisia tarkistuksia vaativia työvaiheita. Muun muassa kuvionrajaus ja tehty toimenpide pitää tarkastaa ja varmistaa, että toimenpide kohdistuu oikealla kohteelle oikeanlaisena.

#### 4.3.2 Kaukokartoituksen hyödyntäminen

Kaukokartoitus, puustotulkinta ja mikrokuviointi ovat SMK:lle hankintalain mukaisesti kilpailutettavia palveluja. Julkiseen hankintaan liittyy hankintailmoitus (Hilma), tarjouspyyntö, tarjousten käsittely, hankintapäätökset ja -sopimukset sekä hankinnan jälki-ilmoitus. SMK tekee laserkeilauksen ja ilmakuvaus osalta hankintayhteistyötä MML:n kanssa. Metsien inventointiin soveltuu sekä kevät- että kesäkeilaus, mutta ilmakuvaus tehdään kesäaikaan lehtien ollessa puussa.

Vuosittaisten inventointien kaukokartoitusaineistojen ja koealamittausten osalta suositellaan, että kaikki aineistot ovat samalta vuodelta. Eri vuosien kaukokartoitus- ja koeala-aineistot aiheuttavat riskin puustotulkintaan, koska tulisi pystyä varmistamaan, että tilanne koealalla on sama kuin laser- ja ilmakuva-aineistossa (ei esim. harvennusta välissä). Eri ajankohdan aineistot aiheuttavat virheitä myös metsävaratietoon johtuen metsissä tehdyistä toimenpiteistä ja tapahtuneista muutoksista.

Jotta laajat alueet ehditään ilmakuvaata kesällä riittävällä maastonerotuskvyyllä (30 - 50 cm) ja auringon korkeuskulmalla (vähintään 25 astetta), käytetään kuvauksessa 30 % sivupeittoa. Pituuspeittona käytetään 80 %, jolloin se kompensoi osittain pienempää sivupeittoa ja kuva-aineistoa saadaan enemmän nadiirista. Kameroiden teknisestä kehityksestä huolimatta kuvauskorkeus pyritään pitämään maltillisena (6 - 7 km), jotta varmistetaan kuvien laatu. Mitä korkeammalta kuvataan, sitä enemmän on välissä ilman epäpuhtauksia. Puustotulkinnassa voidaan hyödyntää myös 1 - 2 vuotta vanhoja ilmakuvia, mutta tällöin tulkinta on puulajisuhteiden (erityisesti lehtipuu) osalta ilmakuvaus osalta ajankohdalta. Tärkeintä ilmakuvaus osalta on inventointialueen sama kasvukauden vaihe, sopivat sääolosuhteet sekä yhtenevät kuvausparametrit koko alueella.

Laserkeilaus tulee tehdä myös koko inventointialueelta samaan kasvukauden aikaan. Mikäli hyödynnetään keväällä ennen lehden tuloa keilattua aineistoa, sitä ei voi käyttää yhdessä kesällä keilatun aineiston kanssa, koska laserpiirteet ovat merkittävästi erilaiset. Keilauksen osalta voidaan käyttää myös eri vuoden aineistoa kuin maastossa mitatut koealat (maks. 2 kasvukautta). Koealan puita voidaan tarvittaessa kasvattaa malleilla taakse- tai eteenpäin niin, että ne ovat samalta ajankohdalta laseraineiston kanssa. Jotta saadaan kattavasti mahdollisimman tasalaatuinen puustotulkinta, on ensisijaisen tärkeää, että lentojen aikana keilausparametreja ei muuteta (esim. lentokorkeus 2 - 2,5 km, pistetiheys 0,5 - 1,0 p/m<sup>2</sup>, keilauksen avauskulma maks. 40 astetta ja sivupeitto 20 %). Suositeltavaa on, että koko alue keilataan samalla keilainyksilöllä. Mikäli joudutaan käyttämään kahta eri keilainyksilöä, tarvitaan aineistojen kalibrointiin yksi päällekkäinen lentolinja. Lisäksi eri merkisiä keilaimia ei suositella samalle inventointialueelle.

Kaukokartoituksen osalta toimittajat tekevät ilmakuvien orto-oikaisun, mosaikoinnin ja pilkkomisen karttalehtiin sekä prosessoivat laseraineiston. Lisäksi kaukokartoitustoimittaja tai puustotulkitsija prosessoii laseraineistosta maaston laserkorkeusmallin (DTM, digital terrain model) ja puuston laserpituusmallin (CHM, canopy height model). Toimittajilla tulee olla oman

## Tavoitetila

laatujärjestelmänsä mukainen tarkistusprosessi, josta toimitetaan laaturaportti. SMK:ssa ortokuville tehdään visuaaliseen tarkasteluun perustuva vastaanottotarkastus. Laseraineistojen osalta MML tekee pisteaineiston (pistepilvi) laatukontrollin.

#### 4.3.3 Maastomittauskoealat

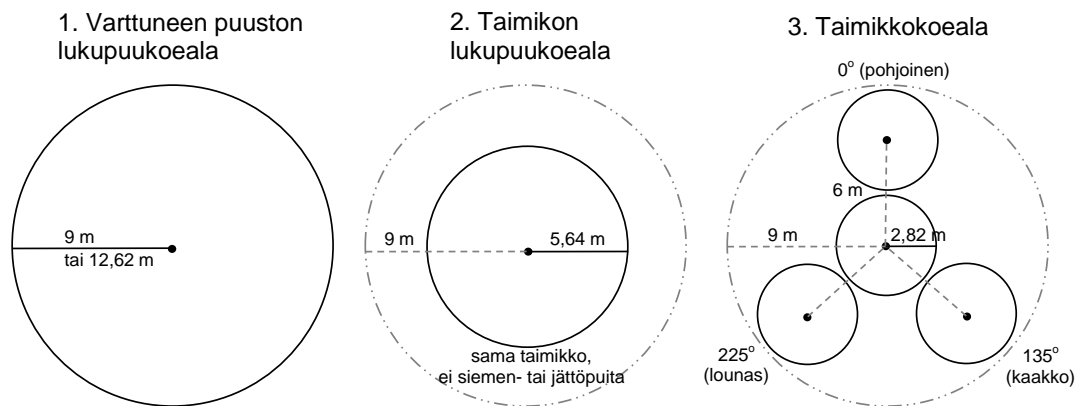
SMK sijoittelee ja mittaa puustotulkinnassa käytettävät maastokoealat. Soveltuvien osien täydentävinä koeloina voidaan käyttää myös Luken VMI-koaloja. Koalojen ennakkosijoittelussa käytetään olemassa olevaa kuvioaineistoa. Ennen sijoittelua kuvioaineisto päivitetään mahdollisimman hyvin, ettei sijoiteta koaloja turhaan kohteille, jotka on esim. päätehakattu. Koelasijoittelun optimointiohjelman iteratiivinen laskentaprosessi perustuu ositettuun ryväotantaan. Koalapisteet sijoitetaan alueelle niin, että otos vastaa mahdollisimman hyvin koko alueen metsien vaihtelua keskeisten tunnusten osalta (alaryhmä, pääpuulaji, pääpuulajin osuus, ppa ja lpm). Koalojen ei tarvitse edustaa alueen metsiä pinta-alan suhteessa, mutta niitä tulee mitata kaikäntyyppisistä metsiköistä puustotulkinnan mallinnuksen tarpeisiin. Ryvästyksellä koalamittausta saadaan tehokkaammaksi (noin 1 työpäivän rypäitä, 6 - 9 koalaa).

Inventointialueelle sijoitetaan noin 500 - 600 koalaa kasvatus- ja uudistuskypsiin metsiin sekä noin 100 - 200 taimikoihin. Mukana tulee olla pieni määrä myös pienempiä taimikoita ja joitain aukkojakin, jotta koala-aineisto on kattava. Vaikka pienistä taimikoista ei saada luotettavaa puustotulkintaa, voi pienialaisia aukkoja olla myös varttuneemman puuston kuvioilla, jolloin niillekin löytyy vastaavia maastokoealoja. Mikäli inventointialue on normaalia laajempi tai puustoltaan erityisen vaihteleva, suositellaan mitattavaksi 100 - 200 kasvatus- ja uudistuskypsin metsän koalaa enemmän kattavuuden varmistamiseksi.

Koalamittausten kuluessa tarkastellaan vastaako mitattu aineisto ennakkosijoittelun mukaista otosta. Lisäksi mittausten loppuvaiheessa puustotulkitsija tekee koalojen kattavuustarkastelun, jossa kontrolloidaan jäikö jonkin tyyppisiä metsiköitä mittaamatta ja sijoitetaan tarvittaessa lisäkoaloja. Tulkitsijan tekemä kattavuustarkastelu perustuu kaukokartoitusaineistoon (lähinnä laseraineisto). Tarkastelu tulee tehdä viimeistään loppusyksystä, jotta lisäkoaloja voidaan mitata vielä ennen lumen tuloa.

Sijoitetut koalapisteet siirretään metsävaratietojärjestelmästä (Aarni) maastotietokoneelle, jossa on oma koalamittaus- ja paikannussovellus. Kunkin koalan keskipiste paikannetaan vähintään 1 metrin tarkkuudella (tavoite 0,5 m). Tähän tarvitaan tarkkuuslaitteita ja erillistä sijaintikorjauspalvelua. GNSS-laitteen avulla määritetään koalan keskipiste, johon laite jätetään vastaanottamaan tarkempaa paikannusdataa puustomittausten ajaksi. Maastotyön jälkeen koalat siirretään takaisin Aarniin, jossa tehdään lopullisten koalakoordinaattien laskenta ja sijaintikorjaus. Jos koalapaikannuksen tarkkuusvaatimukset eivät täyty, koala hylätään tai paikannetaan uudelleen.

Kiinteäsäteisen koealan säde on 9 metriä ja se vastaa pinta-alaltaan puustotulkintayksikköä (16 m hilaruutu). Harvoissa metsissä käytetään isompaa 12,62 metrin sädettä, jotta saadaan parempi kuvaus puustosta. Riukuvaiheen varttuneissa taimikoissa mitataan vastaavasti pienempi 5,64 metrin säteinen koeala, jonka tulee kuitenkin edustaa 9 metrin koealaa, eli ympärillä pitää olla samanlaista taimikkoa. Koealalta arvioidaan perustiedot (kasvupaikka yms.), toimenpidetarpeet, mitataan lukupuiden läpimitat vähintään 5 cm puista (varttuneen taimikon lukupuukoealalla min. lpm 3 cm). Kuolleet pystypuut erotetaan elävistä puuluokka-tunnuksella. Lisäksi mitataan puulajiositteittain ppa-mediaanipuun pituus ja ikä (koepuu) sekä koealan yleisimmistä ositteista kustakin 2 pituuden lisäkoepuuta. Varsinainen taimikkokoeala koostuu 9 metrin säteelle sijoitettavista neljästä 2,82 metrin alikoealasta, joista lasketaan runkoluku. Lisäksi taimikkokoealalta valitaan ositteittaiset mediaanipuut ja mitataan keskitunnukset (läpimitta, pituus ja ikä).



**Kuva 2.** Puustotulkinnassa käytettävät koealatyyppit (kuva SMK).

Puulajit (mänty, kuusi, koivu ja muut lehtipuut) muodostavat omat ositteet ja koealamittaussovellus laskee ja ehdottaa mitattavat koepuut. Koealamittaus voidaan tehdä joko parityönä tai yksinmittauksena. Koealamittaus on tarkkuusvaatimuksiltaan täysin erilaista työtä kuin perinteinen kuvioittainen arviointi. Koska koealojen perusteella estimoidaan puustotunnukset koko inventointialueelle, pienetkin virheet koealapaikannuksessa tai puuston mittauksessa voivat kertaantua aluetason puustotulkinnassa. Koealamittauksen laatua seurataan mittaustyön kuluessa tehtävillä tarkistusmittauksilla. Siinä eri mittaaja paikantaa ja mittaa muutamia koealoja toiseen kertaan ja tuloksia verrataan keskenään.

Koealalaskenta (mm. tilavuudet) tehdään Luken toteuttamassa laskentapalvelussa. Sen kautta voidaan hyödyntää VMI:n laskentarutiineja (mm. pituusmallien kalibrointi). Tulokset lasketaan kokonaispuustolle, männylle, kuuselle ja lehtipuustolle (kaikki lehtipuut). Laskentapalvelu mahdollistaa myös koealapuustojen kasvattamisen haluttuun ajankohtaan. Lisäksi laskennassa erotetaan mahdolliset kuolleet puut omaksi ositteeksi.

#### 4.3.4 Puustotulkinta ja kuviointi

Puustotulkinnan lähtöaineistoksi tulkitsijalle toimitetaan:

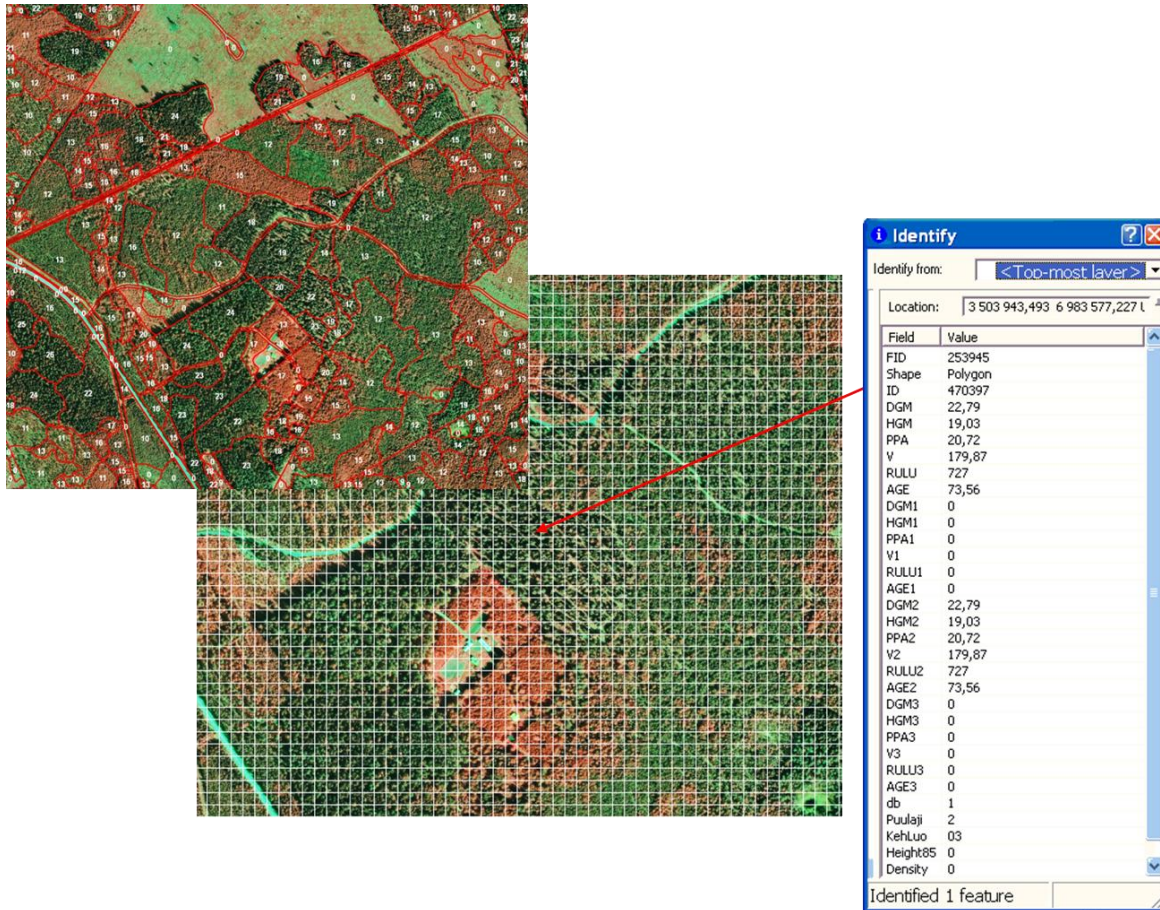
- laserkeilauksen pistepilvi sekä DTM ja CHM (1 - 2 m rasterit),
- ilmakuvat (alkuperäisillä sävyillä olevat oikaisemattomat 4-kanavakuvat orientointitietoineen),
- ortokuvat (orto-oikaistut, sävysäädetyt ja karttalehtiin pilkotut 3-kanavakuvat),
- maastokoeala-aineisto (puu- ja koealatasen tiedot),
- tulkinta-alueen rajat, kiinteistörajat (yksityismaat ja yhteistyökumppanit) ja muut tulkintaan tai mikrokuviointiin liitettävät vektoriaineistot (mm. tiet/linjat, vesistöt ja pellot),
- tarvittaessa olemassa oleva kuvioaineisto sovittavilla muuttujilla, joita voidaan mahdollisesti hyödyntää puustotulkinnan aputietona (esim. kasvupaikkatiedot tai vanhat puulajiosuudet).

Puustotulkinnassa kokonaispuustolle ja puulajiositteille (mänty, kuusi, lehtipuu) estimoidaan keskiläpimitta, keskipituus, pohjapinta-ala, runkoluku, tilavuus ja ikä. Lisäksi taimikoista ja nuorista kasvatusmetsistä voidaan tulkita taimikonhoidon tai harvennustarpeen kiireellisyys ns. suoratulkinna, joka täydentää puustotunnusten perusteella simuloitua toimenpidetarvetta. Tulkinnan mallinuvaiheessa maastossa tarkkaan paikannetuille ja mitatuille koealoille haetaan niiden sijaintia vastaavat laser- ja ilmakuvapiirteet. Koealamittausten, laserin korkeusjakauma- ja intensiteettitietojen sekä ilmakuvan sävyarvo- ja tekstuurimuuttujien perusteella laaditaan laskentamallit eri puustotunnuksille. Laser on aineistoista huomattavasti merkittävämpi, mutta ilmakuvia käytetään apuna mm. puulajitunnistuksessa. Laskentamallit ovat aina aineistokohtaisia ja ne laaditaan erikseen jokaiselle inventointialueelle.

Inventointiyksikkönä on 16 x 16 metrin hilaruutu (vektori). Puustotulkintahila tuotetaan kattavasti koko alueelle ja tulkinnasta ulos jäävät alueet ovat hilassa nollaa. Varsinainen puustotulkinta tehdään kehitysluokille varttuneet taimikot (T2), nuori- ja varttunut kasvatusmetsä (O2 ja O3) sekä uudistuskypsä metsä (O4). Aukot (A0) ja pienet taimikot (T1) ovat mukana mikrokuvioinnissa, mutta niille estimoidut puustotunnukset eivät ole käyttökelpoisia. Ennen varsinaista puustotulkintaa tulkitsija tekee laseraineistoon perustuvan erottelun, mikä on avointa, taimikkoa tai varttuneempaa metsää. Erottelun ohjeellisina raja-arvoina on käytetty seuraavia puuston pituuksia: T1 ja T2 2 metriä sekä T2 ja O2 7 metriä. Mm. kehitysluokkaerottelussa käytetyt laserkorkeus ja -tiheys toimitetaan myös omina hilaruututason muuttujina. Lasertiheys (vegetaatiotunnus) kuvaa puustosta saatavien laserhavaintojen osuutta kaikista havainnoista.

Inventointialueiden puustotulkinnassa käytetään aluepohjaisia ei-parametrisia menetelmiä kuten k-MSN (k-Most Similar Neighbor) tai harva Bayesilainen (sparse Bayesian). Harvapulssiseen laseraineistoon soveltuvilla aluepohjaisilla menetelmillä ei tulkita yksittäisiä puita, vaan estimoidaan puustotunnukset tietyille laskentayksiköille. Tällöin mallinnuksessa valittujen laser- ja ilmakuvapiirteiden perusteella haetaan inventointialueen kullekin hilaruudulle sitä parhaiten vastaavat maastokoealat (esim. k-MSN 2-5 koealaa) ja lasketaan niiden puustotietojen perusteella jokaiselle hilaruudulle omat puustotiedot. Tulkinnassa koealoja voidaan vielä

painottaa sen mukaan kuinka hyvin kunkin koelan laser- ja ilmakuvapiirteet vastaavat inventoitavaa hilaruutua.



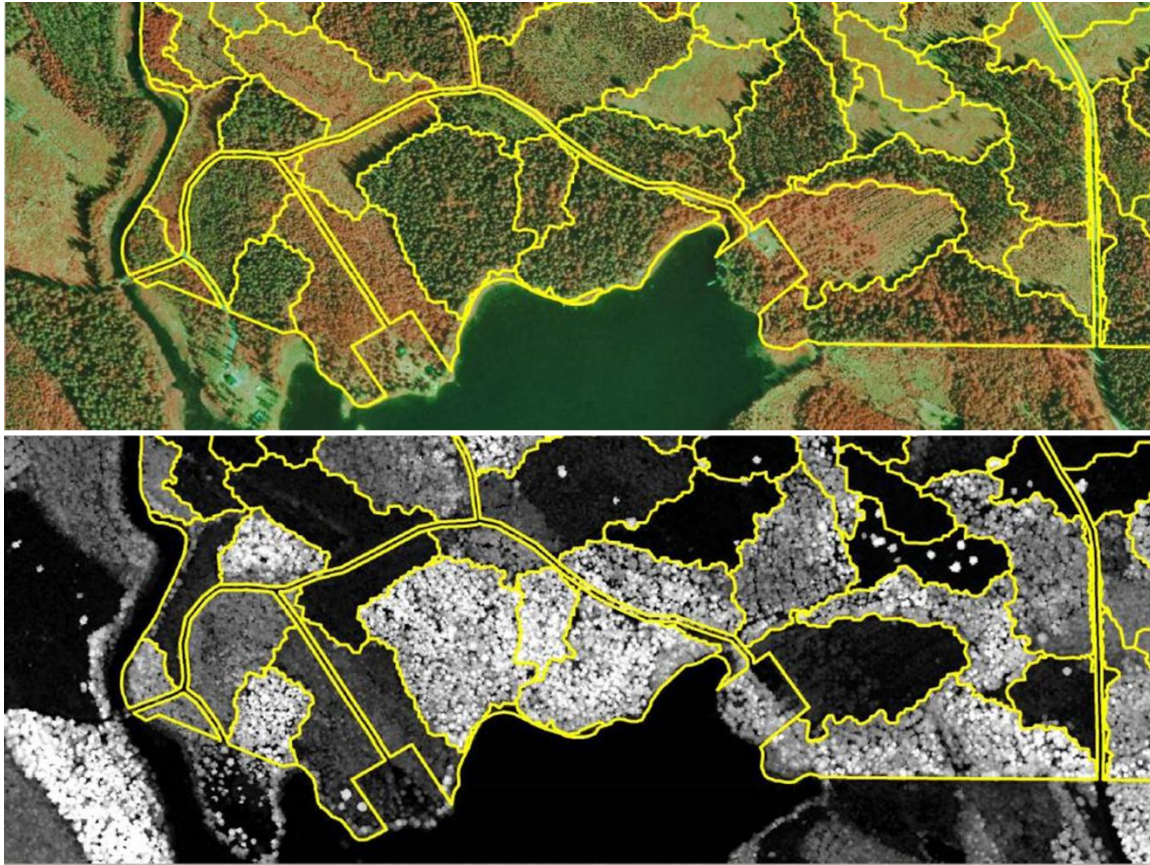
**Kuva 3.** Puustotulkinnan inventointiyksikkönä on 16 m hilaruutu. Kuviotason tiedot yleistetään kuvioille osuvien hilaruutujen summa- ja keskitunnuksina (kuva SMK/Arbonaut Oy).

Kuvioinnissa hyödynnetään tulkitsijalta hankittavaa kaukokartoitusaineiston segmentointiin perustuvaa mikrokuviointia. Segmentointi perustuu pääosin laseraineistoon, mutta lisäksi käytetään myös ilmakuvaa, jotta saadaan eroteltua paremmin esim. lehtipuuvaltaisia kuvioita. Tavoitteena on puustoltaan yhtenäiset mikrokuviot niin, että tavoiteltava keskikoko on alueesta riippuen 0,25 - 0,5 ha. Tulkitsijalle toimitetaan mikrokuviointiin leikattavat kiinteistörajat sekä muut kuviointiin upotettavat rajat (vähintään tiet, linjat, vesistöt, pellot ja mahdolliset luontokuviot). Mikrokuviorajat tulee sovittaa mahdollisimman hyvin tilarajoihin ja muihin pakotettaviin raja-aineistoihin. Lisäksi tulkitsija tarkastelee esim. CHM:n perusteella, sisältääkö peltomaski metsitettyjä pelloja, jotka tulee liittää puustotulkintaan.

Metsävaratiedon käytettävyyden kannalta mikrokuviointi on liian pienipiirteistä, joten lopulliset toimenpidekuviot yhdistellään mikrokuvioista. Mikrokuvioiden yhdistelyä on automatisoitu ja



siinä hyödynnetään erilaisia tausta-aineistoja, kuten CHM:ää ja olemassa olevaa vanhempaa kuviointia. Kuviorajauksia viimeistellään myös manuaalisesti.



**Kuva 4.** Automaattikuvioinnissa (segmentointi) käytetään sekä ilmakuvia (yllä) että laserkeilauksella tuotettua puuston pituusmallia (alla). Kuviointiin upotetaan kiinteistörajat, vesistöt, pellot, tiet, linjat ja luontokuviot. Lopulliset metsikkökuviot yhdistellään pienemmistä mikrokuvioista ja rajauksia viimeistellään manuaalisesti (kuva SMK/Blom Kartta Oy).

#### 4.3.5 Kohdennettu maastoinventointi ja metsävaratietojen laskenta

Kohdennettu maastoinventointi (komi) aloitetaan puustotulkinnan ja kuvioinnin valmistuttua mahdollisimman aikaisin keväällä, jotta metsävaratiedot saadaan kattavasti valmiiksi toisena inventointivuonna. Kuvioittaisena arviointina tehtävään inventointiin valitaan kuviot, joilta ei saada riittävän luotettavaa tietoa kaukokartoituksella tai muun olemassa olevan tiedon perusteella. Perusvalintaan kuuluvat kehitysluokkien osalta aukeat (A0), taimikot (T1, T2), siemen- ja suojuspuustot (S0 ja O5), ylispuustoiset taimikot (Y1) sekä tarvittaessa eri-ikäisrakenteiset metsiköt (ER). Puustotulkinnasta ei saada suoraan S0-, O5- ja Y1-kuvioita, vaan niitä selvitetään erikseen. Eri-ikäisrakenteisia kohteita tulee järjestelmään esim. metsänkäyttöilmoitusten kautta. Maastossa voi olla tarvetta tarkistaa myös nuoren metsän kunnostuskohteita sekä puustoltaan hyvin epätasaisia, harvoja tai muutoin poikkeavia kohteita.

## Tavoitetila

Komin määrää pyritään minimoimaan ja metsävaratiedot tuotetaan sisätöinä, jos voidaan riittävän luotettavasti päätellä metsänhoidon jälkeinen puusto ja erityisesti toimenpiteet. Tässä voidaan hyödyntää SMK:lle tulevia metsänkäyttöilmoituksia ja Kemera-hakemuksia, mahdollista tuoreempaa metsänomistajilta tai toimijoilta saatavaa toimenpidetietoa, puuston laserpituusmallia ja ilmakuvia, varttuneiden taimikoiden puustotulkintaa sekä metsäneuvojen paikallistuntemusta ja kokemusta. Komin osuus pyritään saamaan 10 - 15 % tasolle koko inventointialasta. Lähtökohtana kuitenkin on, että metsävaratiedon laatuksiteerit täyttyvät, jolloin maastotyön osuus voi vaihdella alueesta riippuen. Ennen maastoon siirtymistä valitut kuviot ja myös niitä ympäröivät kuviot siirretään Aarni-järjestelmästä maastotietokoneelle, jossa on oma kohdennetun maastoinventoinnin sovellus. Ympäröivät kuviot valitaan myös, jotta voidaan tarvittaessa korjata kuviorajausta.

Metsävaratietojen laskennassa kuviotason keski- ja summatunnukset lasketaan kuvion sisällä olevien hilaruutujen puustotietojen perusteella (hilayleistys). Puulajiositteiden lisäksi kuviolle lasketaan hilayleistyksessä myös puujakso-ositteita, jos kuviolle olevien eri hilaruutujen puustot ovat merkittävästi erimittaisia (esim. kaksijaksoinen kuvio). Jos kuviolle osuu riittävästi täysiä tai lähes täysiä hilaruutuja, puustotunnukset lasketaan niiden perusteella (suurin osa kuvioista, luotettavuus hyvä). Jos hilaruutuja ei ole tarpeeksi (määritetty minimirajat), ehtoa lievennetään ja otetaan mukaan myös osittain kuviolle osuvat hilaruudut, jolloin hilayleistyksen luotettavuus on kohtalainen tai heikko (mahdollinen maastotarkistus). Kuviotason puustotunnukset lasketaan painotettuina keskiarvoina, jossa painona käytetään kuvion sisällä olevaa hilaruudun pinta-alaosuutta sekä hilaruudun tiedon luotettavuutta kuvaavaa painokerrointa. Jälkimmäinen ottaa huomioon sen, että osin naapurikuvion puolella oleva hilaruutu antaa laadultaan huonompaa tietoa kuin kokonaan sisällä oleva ruutu.

Kuviolle haetaan myös maapohjatiedot (maaperä, kasvupaikka yms.), jotka perustuvat olemassa olevaan metsävaratietoon, metsänkäyttöilmoituksiin tai Kemera-hakemuksista poimittuihin tietoihin. Mikäli alueelta ei ole saatavissa muuta maapohjatietoa, käytetään VMI:n karttatietoa. Maapohjatiedon hallintaan ja käsittelyyn käytetään myös hilaperusteista tietorakennetta, joka muodostetaan olemassa olevasta tiedosta. Hilaperusteisena maapohjatiedot voidaan yleistää mille tahansa uusille kuviorajauksille, jolloin säilytetään paremmin alkuperäisen tiedon harvinaisemmat ja pienialaisemmat tiedot. Olemassa olevasta aineistosta metsävaratietoon yhdistetään myös metsälain erityisen tärkeiden elinympäristöjen kuviot eli ns. Mete-kohteet. Edelleen jos alueella on tuoretta metsävaratietoa, se voidaan säilyttää joko kokonaan tai osin (esim. taimikot), jolloin sitä ei korvata laserinventoinnilla.

Laskentasovelluksella täydennetään mahdolliset puuttuvat puustotunnukset ja kuvioittaiset inventointipuustot kasvatetaan nykyhetken perustuen läpimittajakaumiin ja kasvumalleihin. Puuston kasvatusta tehdään kuviotasolla ja siinä otetaan huomioon myös tehdyt toimenpiteet simuloimalla ne puustotietoihin. Simuloinnissa voidaan käyttää tietoa pelkästä hakkuutavasta (ml. harvennusmallit) tai jäävästä puustosta. Koska inventointi on 2-vuotinen, tulee päivittää myös prosessin aikana mahdollisesti tehdyt toimenpiteet. Lopputuloksena saadaan kuviokohtaiset puulajeittaiset laskentapuustot sekä kuvion puuston summa- ja keskitunnukset.

## Tavoitetila

Laskentasovelluksella simuloidaan metsänhoitosuosituksen mukaiset tulevat toimenpide-ehdotukset perustuen nykyhetkeen kasvatettuun laskentapuustoon ja mahdolliseen toimenpidehistoriaan. Lisäksi otetaan huomioon kohdennetun maastoinventoinnin yhteydessä maastossa esitetyt toimenpide-ehdotukset. Laskennassa käytetään Simo-laskentasovellusta, jota ohjataan Aarnista.

Metsävaratiedon keruun ja ajantasaistuksen prosessien useissa vaiheissa (mm. Aarni-järjestelmä, maastotyösovellukset) on erilaisia virhe- ja loogisuustarkistuksia. Esimerkiksi puustotulkintahila ja kuviotason metsävaratieto tarkistetaan paikkatietosovelluksessa ennen tietokantaan tallentamista (mm. mahdolliset puuttuvat pakolliset tiedot, puustotunnusten järkevät vaihteluvälit sekä kuviotunnusten ja toimenpiteiden loogisuus).

#### 4.3.6 Puustotulkinnan laatu

Automaattikuvioinnin laatutarkastelussa otetaan huomioon mikrokuvioiden minimikoko, kuviorajausten pehmennys sekä täsmäytys tilaraja- ja maskiaineistoihin. Kuvionrajoja tulee syntyä pääpuulajin vaihtuessa lehtipuusta havupuuksi tai kun puuston pituus/tiheys muuttuu niin paljon, että kuvion käsittelytarve muuttuu. Lisäksi tarkastellaan kuinka suuri osa kuviorajauksista on käyttökelvottomia ilmakelehtien tai puuston laserpituusmalliin verrattuna ja joudutaan korjaamaan käsin. Yli 80 % kuviorajoista tulee olla mikrokuvioiden mukaisella paikallaan.

Varsinaisen puustotulkinnan laatuvertailua tehdään kasvatus- ja uudistuskypsille metsille kahdessa eri vaiheessa. Lisäksi laadunvarmistusta tehdään toimenpidekuviotasolla.

1. Tulkitsijan tekemä koealataso tarkastelu. Keskeisten puustotunnusten keskivirhettä (RMSE, root mean square error) ja harhaa (bias) arvioidaan ristiinvalidoinnilla (leave-one-out), jossa verrataan koealalta mitattuja puustotunnuksia menetelmällä ennustettuihin vastaaviin muuttujiin. Otos on rajallinen, mutta se on tarkkaan mitattua tietoa. Sinänsä tämä voi antaa hieman positiivisen kuvan, koska mallinnusaineisto on samalla myös vertailuaineisto, mutta tarkastelu kuvaa kuitenkin hyvin puustotulkintamallien hyvyyttä.

Kokonaispuuston, vallitsevan puulajin ja sivupuulajien muuttujakohtaiset keskivirheen ja harhan tavoitetasot on määritelty yhteistyössä tulkitsijoiden ja tutkijoiden kanssa niin, että ne ovat riittävät loppukäyttäjän ja realistiset tulkitsijan kannalta. Lähtökohta on se, että koealatuosten tulee olla mahdollisimman harhattomia. Keskivirheiden osalta tarkastellaan ensisijaisesti kokonaispuuston ja pääpuulajin tarkkuutta. Pääpuulajin tarkastelussa jokaiselle koealalle määritetään mitatun tilavuuden perusteella pääpuulaji, jonka puustotunnuksia vertaillaan. Näin saadaan tarkkuustaso pääpuulajille, joka voi olla eri koealoilla eri puulaji. Puulajikohtaisten keskivirheiden tarkastelussa jätetään kunkin puulajin osalta mitättömän pienen osuuden koealat pois vertailusta (mitattu puulajiosuus alle 10 % koealan kokonaistilavuudesta). Näillä tarkasteluilla pyritään saamaan koealakohtaisista tarkkuuksista esiin käytännön metsätalouden kannalta keskeiset luvut. Suhteellisten keskivirheiden (RMSE %) koealakohtaiset tavoitetasot ovat:

## Tavoitetila

Muuttuja	h	d1.3	ppa	v
Kokonaispuusto	10	15	20	20
Pääpuulaji	10	20	30	30
Alueen yleisin havupuulaji	15	25	35	35
Toinen havupuulaji	15	25	40	40
Lehtipuu	20	30	45	45

2. Mikrokuviotason laadunvarmistus toimii puustotulkinnan hyväksymistarkastuksena. Koealatason tarkastelu ei välttämättä anna suoraan oikeantasoista tietoa aineiston käyttökelpoisuudesta, koska tulkintamenetelmä on kehitetty ja aineistoa käytetään nimenomaan kuviotasolla. Tarkistusmittaukset tehdään jo ensimmäisenä kesänä pienehköille puustoltaan yhtenäisille kuvioille. Tämän etuna on se, että laatuvertailu voidaan tehdä heti puustotulkinnan mallinnuksen yhteydessä.

Maastotarkastettavien joukkoon valitaan 30 - 50 erityyppistä noin 0,5 - 2 ha kuviota alaryhmän, pääpuulajin ja kehitysluokan mukaan. Tarkistuskuvioiden valinnassa tulee huomioida, ettei valita niin erikoisia kuvioita, ettei vastaavan tyyppiselle puustolle ole todennäköisesti edustavia puustotulkinnan koealoja. Kuvioille sijoitetaan systemaattisesti ennakkopisteet pinta-alan mukaan (4 - 6 kpl/kuvio) ja niistä mitataan kiinteäsäteiset puustotulkintakoealoja vastaavat tarkistuskoealat (ikää ei kairata). Jos ei ole käytettävissä tarkkuuslaitetta, niin koealan paikannukseen riittää muukin GPS. Tässä ei ole tärkeintä todellinen tarkka sijainti vaan se, että jokainen koealapiste on ennakkoon sijoitettu ja mitataan ilman subjektiivista valintaa. Tarkistuskoealojen ja -kuvioiden tulokset lasketaan Luken laskentapalvelussa, minkä jälkeen kuviotason summa- ja keskitunnuksia verrataan vastaaviin puustotulkinnan kuviotason estimaatteihin.

Mikrokuviotason laatua arvioidaan ensisijaisesti ns. osumatarkkuuden perusteella. Jotta osumatarkkuus olisi tilastollisesti pätevä, niin hyväksytään myös kuviot, jotka jäävät määritetyn osumatarkkuuden ulkopuolelle, mutta ovat tilastollisen 95 % luottamusvälin sisäpuolella. Kuviotason osumatarkkuuden tavoitetasot ovat:

## Kokonaispuusto

- h: +/- 2 m 80 % tapauksista,
- d1.3: +/- 3 cm 80 % tapauksista,
- ppa: +/- 3 m<sup>2</sup> 80 % tapauksista,
- v: +/- 20 % 80 % tapauksista.

## Puulajit (mänty, kuusi, lehtipuu)

- Puulajikohtainen tarkkuus on heikompi, mutta pääpuulajille voidaan käyttää samoja tavoitetasoja kuin kokonaispuustolle. Sivupuulajien puustolle ei voida määrittää selkeitä tavoitetasoja ja lisäksi estimoinnin onnistuminen on hyvin tapauskohtainen.

## Tavoitetila

- Vähimmäistavoitteena on oikea pääpuulaji, jos kuviolla on selkeästi yksi vallitseva puulaji, joka on myös maastossa havaittavissa. Puulajisuhteissa (osuus kokonaistilavuudesta) yksittäisen puulajin yli 50 % poikkeama katsotaan virheeksi.

## Muuta

- Puuston ikä ei ole mukana mikrokuviotason laatukontrollissa.
- Runkolukua tarkastellaan vain taimikossa. Tavoitteena on, että rulu on oikein 50 % tarkkuudella, mutta oleellisinta on hoitotarpeen kiireellisyyden oikea määrittäminen.
- Varttuneiden taimikoiden hoitotarpeen tai nuorten kasvatusmetsien harvennusten kiireellisyyden suoratulkinnan osalta ei voida myöskään esittää tarkempia laatutavoitteita.

Osumatarkkuuden lisäksi tarkistuskuvioille lasketaan keskivirheet samoille muuttujille kuin koealatasolla. Kuviotason keskivirheiden laskennassa otetaan huomioon myös otantavirheen poisto. Virheet eivät saa ainakaan kasvaa koealatasoon nähden, vaan yleensä ne pienentyvät jopa kolmanneksen.

3. Toimenpidekuviotason laadunvarmistuksessa arvioidaan erityisesti toimenpide-ehdotusten paikkansapitävyyttä. Maastotyö perustuu normaaliin kuvioittaiseen arviointiin ja se toimii osin hyväksymistarkastuksena, kun päätetään metsävaratiedon julkaisukelpoisuudesta. Maastotarkastuksia tehdään yksi tarkastuspäivä noin 15 000 - 20 000 ha kohden tai isoilla alueilla maksimissaan 10 tarkastuspäivää. Tarkastukset kohdennetaan niin, että varmistetaan myös kohdennettua maastoinventointia tehneiden henkilöiden työn laatu.

Tarkastukseen valitaan kaukokartoitettuja ja maastossa inventoituja kuvioita siinä suhteessa kuin koko aineistossakin on. Kuvioita valitaan kaikista kehitysluokista. Maastossa tarkastetaan kuviointia, kasvupaikkaa, puustoa sekä hakkuu- ja hoitotyöehdotuksia. Myös mahdolliset Mete-kohteet tarkistetaan. Lähtökohtana on, että metsävaratiedon keruussa noudatetaan metsälainsäädäntöä, Hyvän metsänhoidon suosituksia ja metsäsertifiointin vaatimuksia. Tavoitearvona on, että korjattavien kohteiden osuus kaikista tarkasteltavista muuttujista yhteensä on alle 5 %. Puustoarviointien tavoitetarkkuus on +/- 20 % 8:ssa tapauksessa 10:stä.

Laadunvarmistus kytkeytyy metsävaratiedon julkaisuun siten, että puustotulkintatiedot voidaan julkaista perustuen hyväksytyyn koeala- ja mikrokuviotason laatukontrolliin. Lisäksi kohdennetun maastoinventoinnin tiedot voidaan julkaista toimenpidekuviotason laadunvarmistuksen jälkeen. Vaikka koko alueen puustotulkinta hyväksytään jo mikrokuviotason laatukontrollin perusteella, niin toimenpidekuviotason laadunvarmistuksen tuloksista informoidaan tarvittaessa myös puustotulkitsijaa, joka on vastuussa toimittamastaan aineistosta vähintään sopimuksen voimassaolon ajan, jos jotain merkittäviä virheitä löytyy aluetason tulkinnasta.

#### 4.3.7 Metsävaratietojen julkaisu

Metsävaratietoa ylläpidetään Metsäkeskuksen julkiset palvelut-yksikössä (JPY). Aineiston valmistuttua se on tasavertaisesti kaikkien metsäalan toimijoiden käytettävissä mm. asiakasrahoitteiseen metsäsuunnitteluun. Metsävaratiedon ensisijainen jakelukanava metsänomistajille ja toimijoille on Metsään.fi-asiointipalvelu.

Metsävaratietojen käyttöönotto Metsään.fi-palvelussa tehdään vaiheittain, jolloin laatuksiteerit täyttävä kaukokartoitustieto julkaistaan ensin ja muulla olemassa olevalla tiedolla tai kohdennetussa maastoinventoinnissa tarkennetut kuviot myöhemmin niiden valmistuttua. Kaukokartoitustiedon julkaisuvaiheessa esitetään kuitenkin jo koko kuvioaineisto mukaan lukien maastotarkistettaviksi merkityt kuviot ilman toimenpide-ehtotuksia. Tavoitteena on, että puustotulkinnan julkaisu voidaan tehdä mahdollisimman isoissa osissa tai kerralla koko inventointialueelta. Toisessa vaiheessa julkaistaan laatuksiteerit täyttävät tiedot, jotka on täydennetty toimistolla tai kohdennetussa maastoinventoinnissa. Inventointialueen kiinteistö voidaan julkaista sitä mukaa, kun ne valmistuvat ja tavoitteena on, että kaikki on julkaistu viimeistään toisen inventointivuoden loppuun mennessä.

Metsävaratietojen valmistumisen jälkeen kaikille inventointialueen yksityisille metsänomistajille lähetetään myös Metsään.fi-tiedote, jossa on esitetty mm. kuvioiden hakkuu- ja hoitotyöehdotukset sekä havaitut luontokohteet. Varsinainen Metsään.fi-palvelu tarjoaa metsänomistajalle ja metsäalan toimijoille ajantasaisen metsävaratiedon. Yksittäiseen tilaan yhdistettävissä oleva tieto luovutetaan kuitenkin vain metsänomistajan luvalla. Metsään.fi-palveluun rekisteröityneiden toimijoiden on mahdollista hakea metsävaratietoja omiin järjestelmiinsä myös teknisen rajapinnan kautta, jolloin erillistä käyttöliittymää ei ole, vaan toimijan palvelin on yhteydessä Metsäkeskuksen palvelimeen salattujen yhteyksien kautta. Tiedonsiirrossa käytetään metsätietostandardin mukaisia XML-tiedostoja. Tietojen siirtäminen edellyttää, että metsänomistaja on antanut toimijalle suostumuksen tietojen siirtoon.

## 5 HAASTATTELUT JA TIETOTARVESELVITYKSET

SMK:n tietotarvekysely lähetettiin metsäalan toimijoille (87 organisaatiota), julkisille organisaatiolle (Luke, MML, Syke ja Maaseutuvirasto) ja kymmenelle kunnalle. Vastauksia kyselyyn saatiin 20 kappaletta metsäalan toimijoilta (vastausprosentti 30), 1 MML:tä ja 2 kunnalta. Luken kysely lähetettiin web-kyselynä VMI11 tulosten julkistustilaisuuteen ilmoittautuneille, jonka lisäksi kyselyn paperiversio jaettiin kyseisessä tilaisuudessa ja Metsätieteellisen seuran alaisen Taksaattoriklubin kevätseminaarissa. Vastauksia kyselyyn saatiin yhteensä 29 kappaletta. Luken kyselyn vastausprosentti ei ole tiedossa, koska kysely jaettiin kyseisissä tilaisuuksissa kaikille halukkaille, eli täsmällistä jakelumäärää ei ole tiedossa. Täydentävän käyntihaastattelun kutsu lähetettiin 24 henkilölle, joista 14 vastasivat haastattelupyynnöön joko itse, tai osoittivat haastattelun toiselle henkilölle organisaatiossaan. Vastausprosentti oli siten 58. Kaksi täydentävistä haastatteluista tehtiin käyntihaastattelun sijaan

puhelinhaastatteluna. Osaan täydentävän käyntihaastattelun haastattelutilaisuuksista osallistui useampi haastateltava samasta organisaatiosta. Näissä tapauksissa haastateltavien lukumäärään on laskettu kuitenkin vain yksi henkilö. Samaa laskentatapaa käytettiin SMK:n kyselyssä, eli jos samasta organisaatiosta oli useampi vastaaja, vastaukset koostettiin ja lukumäärään laskettiin vain yksi vastaus kultakin organisaatiolta. Kokonaisuudessaan tavoitetilan kyselyosiossa saatiin 66 vastausta noin 40 eri organisaatiosta. Eri organisaatioiden täsmällistä määrää ei ole tiedossa, koska kaikki vastaajat eivät määritelleet organisaatiotaan yksiselitteisesti. Otoksen kattavuuden tarkastelun helpottamiseksi organisaatiot ryhmiteltiin 20 organisaatioryhmään. Taulukossa 1 on esitetty vastaajien jakaantuminen organisaatioryhmittäin eri kyselyissä.

**Taulukko 1.** Vastausmäärät organisaatioryhmittäin.

Organisaatioryhmä	Kysely		
	Luke	SMK	Täydentävä haastattelu
Metsäteollisuus	6	7	1
Omien metsien palvelut		3	
Metsäpalveluyritykset		3	2
Metsänhoitoyhdistykset		7	
Koneyrittäjät			1
Muu metsäalan asiantuntijaorganisaatio/konsultti	2		
Metsänomistajat	1		1
Luonnonvarakeskus	6		
Suomen metsäkeskus	3		
Suomen ympäristökeskus			1
Maanmittauslaitos	1	1	2
Tilastokeskus			1
Pelastuslaitos			1
Yliopisto	6		
Metsähallitus, metsätalous	3		
Metsähallitus, luontopalvelut			1
Maa- ja metsätalousministeriö	1		
Kaavoitus			2
Kunnat		2	
Luonnon virkistyskäyttö			1

Luken kyselyn vastaajat edustavat lähes pelkästään metsäsektorin toimijoita ja tutkimusta. Esimerkiksi ympäristöhallinnon edustavuus on heikko. Myös SMK:n kyselyyn vastaajissa painottuu vahvasti metsäsektori ja nykyiset SMK:n metsävaratietojen käyttäjät. Täydentävillä haastatteluilla pyrittiin saamaan täydennystä ympäristösektorilta ja potentiaalisilta muilta metsävaratiedon käyttäjiltä sekä saamaan metsänomistajien näkökulma paremmin esiin. Täydentävissä haastatteluissa tavoitettiin näitä käyttäjäryhmiä hyvin, mutta haastattelua ei

## Tavoitetila

saatu luonnonsuojelujärjestön edustajalta, sähköverkkojen ylläpidosta vastaavalta organisaatiolta eikä metsälain valvonnan edustajilta. Lisäksi haastattelu saatiin vain yhdeltä luonnon virkistyskäytön edustajalta, kun haastattelukutsu lähetettiin neljään tämän ryhmän organisaatioon. Kokonaisuudessaan otos on varsin kattava, mutta painottuu metsäsektorin toimijoihin. Painotus pyritään huomioimaan vastausten analyysissä tarkastelemalla vastauksia organisaatioryhmittäin. Luken kyselyn tuloksista koostettiin Lukessa raportti, joka on liitteenä. Seuraavissa luvuissa on koostettu organisaatioryhmittäin vastaukset SMK:n ja täydentävien haastattelujen vastauksista. Luvun otsikon jälkeen on suluissa vastaajien lukumäärä.

### 5.1 Metsäteollisuuden vastaukset (8)

Metsäteollisuus hyödyntää toiminnassaan VMI raportteja, VMI karttatietoa ja SMK:n metsävaratietoa. VMI raportteja käytetään metsätalouden kestävyys-, hakkuiden ja hakkumahdollisuuksien arvioinnissa. Karttatietoa (VMI ja SMK) käytetään potentiaalisten ostokohteiden etsimiseen ja strategiseen ja operatiiviseen suunnitteluun sisältäen kaiken toiminnan markkinoinnista toimenpiteiden toteutukseen ja työnohjaukseen. VMI karttatietoa käytetään yhteenvedotietojen tuottamiseksi suuralueilta. Tässä käytössä VMI karttatieto olisi korvattavissa avoimella SMK metsävaratiedolla. VMI tiedon laatuun oltiin tyytyväisiä valtakunnan tasolla. SMK:n hilatiedolle olisi käyttöä yli 50 prosentilla vastaajista. SMK:n metsävaratiedon tarkkuus kokonaistunnusten osalta oli vastaajien mielestä riittävä, mutta puutteina mainittiin puulaji- ja puutavaralajitiedon epätarkkuus. Tietosisältöön tarvittaisiin tarkempi olosuhdetieto ja osalle vastaajista myös runkolukusarjat ja puuston laatua kuvaavat tunnuksat. Tulevaisuuden sähköisiä palveluita varten tarvittaisiin tarkempi metsävaratieto. SMK:n tiedon ajantasaisuus koettiin vastausten perusteella ongelmaksi. Suuri inventointifrekvenssi, puutteellinen toimenpiteiden päivitys ja kasvumallien virheet lisäävät tiedon epätarkkuutta. Historiatieto ja kehityskuva ovat riittävän hyvin saatavilla VMI tiedoista, poikkeuksena yksi vastaaja, joka haluaisi historiatiedon myös SMK:n metsävaratietoon.

Tiedonjakelupalveluna metsäteollisuus käyttää VMI tiedon osalta Luken sähköisiä palveluita, joita pidettiin hyvinä. SMK:n metsävaratietojen jakelupalveluna käytettiin teknistä tiedonsiirtorajapintaa ja/tai Metsään.fi palvelua yhtä organisaatiota lukuun ottamatta kaikissa metsäteollisuusorganisaatioissa. Tiedonjakelupalvelun käytöstä ei vielä kaikilla ollut pitkää kokemusta, mutta ongelmina mainittiin standardiversioiden muuttuminen, topologiaongelmat ja tiedon ajantasaisuus.

Metsäteollisuuden mielestä metsänkäyttöä rajoittava tieto tulisi olla saatavilla samasta palvelusta metsävaratiedon kanssa ja julkisin varoin kerätty tieto tulisi olla maksutonta. Palvelusta tulisi saada myös muut metsien käyttöön liittyvät kartta-aineistot, kuten sähkölinjat, tiet ja tiestön kunto. Tiedon avoimuuteen liittyen puolet vastaajista otti selvästi kantaa tiedon avoimuuden puolesta ja yksi vastaajista piti nykyistä käytäntöä toimivana. Loput olivat neutraalilla kannalla vastausten perusteella.



## Tavoitetila

Kustannusten lisääminen tarkemman metsävaratiedon tuottamiseksi (esimerkiksi yksittäisten puiden tarkkuudella) ei saanut varauksetonta kannatusta. Osallistavaan tiedonkeruuseen suhtauduttiin varovaisen positiivisesti, mutta tiedossa luotettavuuden arvioimiseksi tiedossa tulisi olla metatieto ja tiedon omistussuhteet pitäisi selvittää.

Toimenpidetiedon palauttamiseen tehdyistä toimenpiteistä metsävaratiedon päivittämiseksi oltiin valmiina mikäli asiasta päästään kaikkien osapuolten kesken sopimukseen. Toimenpidetiedon palauttamisen ehtona on vastavuoroisuus ja teknisten ongelmien ratkaiseminen.

## 5.2 Omien metsien palvelut (3)

Tässä koosteessa on esitetty omien metsien palvelujen SMK:n kyselyn vastaukset, joten vastaukset koskevat vain SMK:n metsävaratietoa. Suurten metsänomistajien omat metsäpalvelut käyttävät pääosin metsävaratietoja vain omista metsistään oman toiminnan suunnitteluun. Kukaan vastaajista ei käytä Metsään.fi palvelua tiedon hakuun, mutta yksi vastaajista esitti, että julkisin varoin kerätty tieto tulisi olla saatavilla WFS rajapinnan kautta toimijoille.

Hilamuotoinen metsävaratieto on jo käytössä tai sitten organisaatiossa käytetään mikrokuviointia.

Tiedon avoimuuteen liittyen yksi vastaajista oli valmis avoimeen hilamuotoiseen metsävaratietoon.

Kustannusten lisääminen tarkemman metsävaratiedon tuottamiseksi (esimerkiksi yksittäisten puiden tarkkuudella) ei saanut kannatusta.

Toimenpidetiedon palauttamiseen tehdyistä toimenpiteistä ei oltu halukkaita.

## 5.3 Metsäpalveluyritysten vastaukset (5)

Metsäpalveluyritykset hyödyntävät toiminnassaan SMK:n metsävaratietoa. VMI-tietoa tai VMI karttoja ei mainittu yhdessäkään vastauksessa. SMK:n metsävaratietoa käytetään potentiaalisten asiakkaiden etsintään, markkinointiin sekä metsäsuunnittelun ja leimikkosuunnittelun lähtö- ja apuaineistona. Hilatiedon hyödyntämiseen valmiudet olivat osalla vastaajista. Ne toimijat, jotka hilatietoa olivat käyttäneet, pitivät sitä hyvänä perusaineistona toiminnassaan. Myös ne toimijat, jotka eivät olleet hilatietoa käyttäneet näkivät hilatiedon erittäin potentiaalisena. SMK:n metsävaratiedon tarkkuuteen oltiin tyytyväisiä. Puutteina mainittiin ikätiedon epätarkkuus ja puutavaralajien puuttuminen. Tieto ei sellaisenaan ole riittävä suunnitelmien tekoon, mutta vastaajista suurin osa kuitenkin käyttää tietoa perustietona, jota tarkennetaan maastossa. Tiedon ajantasaisuutta pidettiin tärkeänä, historiatiedolle ei ollut käyttöä.

Tiedonjakelupalveluna metsäpalveluyrittäjistä vain yksi käytti Metsään.fi palvelua. Erityisesti pienemmillä toimijoilla ei ollut valmiuksia käyttää Metsään.fi palvelua ja xml-muotoista metsävaratietoa.

Metsäpalveluyrittäjien mielestä metsänkäyttöä rajoittava tieto tulisi olla saatavilla samasta palvelusta metsävaratiedon kanssa ja julkisin varoin kerätty tieto tulisi olla maksutonta. Tarkemmasta yksityisten toimijoiden keräämästä tiedosta oltiin valmiita maksamaan. Tiedon avoimuuteen liittyen yksi vastaajista otti selvästi kantaa tiedon avoimuuden puolesta ja yksi kyseenalaisti nykyisen käytännön tarkoituksellisuuden, jossa vaaditaan maanomistajan lupa tietojen luovuttamiseen. Yksi vastaajista oli neutraalilla kannalla ja 2 vastaajista piti nykyistä käytäntöä toimivana.

Kustannusten lisääminen tarkemman metsävaratiedon tuottamiseksi (esimerkiksi yksittäisten puiden tarkkuudella) ei saanut kannatusta. Osallistavaan tiedonkeruuseen suhtauduttiin kielteisesti tai varauksella. Osallistavalla tiedonkeruulla kerätyn tiedon luotettavuutta pidettiin ongelmallisena.

Toimenpidetiedon palauttamiseen tehdyistä toimenpiteistä metsävaratiedon päivittämiseksi oltiin valmiina mikäli asiasta päästään kaikkien osapuolten kesken sopimukseen ja mikäli se on tehty teknisesti helpoksi käyttäjälle.

Yksi metsäpalveluyrittäjistä esitti vaatimuksen, että laserkeilausperusteisen puustotulkinnan koealamittaus tulisi kilpailuttaa toimijoilla.

#### **5.4 Metsänhoitoyhdistysten vastaukset (7)**

Tässä koosteessa on esitetty metsänhoitoyhdistysten SMK:n kyselyn vastaukset, joten vastaukset koskevat vain SMK:n metsävaratietoa. Metsänhoitoyhdistyksistä kuusi seitsemästä vastanneesta hyödyntää SMK:n metsävaratietoa jollain tavalla. Käyttötapoja on markkinoinnin kohdentaminen, tilatason metsävarojen selvitys, metsäsuunnitelmien ajantasaistus, ennakkokuviointi ja maastotöiden pohjatietona. Yhden vastaajan mukaan heillä on muusta tietolähteestä tarkempi aineisto käytettävissä, eivätkä siten näe SMK:n metsävaratietoa millään tavalla hyödyllisenä.

Hilatietaa hyödynsi jo yksi vastaaja, joka piti sitä käyttötarkoitukseen parhaiten soveltuvana aineistona. Muut vastaajista eivät nähneet hilatietaa käyttökelpoisena aineistona.

SMK:n metsävaratiedon nykyiseen tarkkuuteen 4 vastaajista oli tyytyväisiä ja 3 pitivät tietoa liian epätarkkana. Runkolukusarjoja ei nähty tarpeellisina. Puutteina mainittiin myös tiedon ajantasaisuus ja ikätiedon epävarmuus.

## Tavoitetila

Tiedonjakelupalveluna 5 kertoi käyttävänsä Metsään.fi palvelua. Tiedon avoimuuteen liittyen kukaan vastaajista ei ehdottanut muutoksia nykyiseen käytäntöön.

Kustannusten lisääminen tarkemman metsävaratiedon tuottamiseksi (esimerkiksi yksittäisten puiden tarkkuudella) ei saanut kannatusta. Yksi vastaajista ehdotti omavalvonnan lisäämistä toimenpiteiden päivittämisessä.

Mielipiteissä toimenpidetiedon palauttamiseen tehdyistä toimenpiteistä metsävaratiedon päivittämiseksi oli suuri hajonta. Osa on ehdottomasti vastaan, osa puolesta ja osalle menettely sopii, jos yhteisistä pelisäännöistä sovitaan.

### 5.5 Koneyrittäjien vastaukset (1)

Koneyrittäjien liitto käyttää toiminnassaan VMI raportteja politiikkaohjaukseen. Koneyrittäjät käyttävät SMK:n metsävaratietoa siinä muodossa, kuin tilaaja tiedon heille toimittaa. Omaehtoinen tiedon hyödyntämien on siis hyvin vähäistä. Mikäli koneyrittäjät laajentavat jatkossa palveluitaan myös metsäpalveluluiden suuntaan, niin tilanne voi muuttua olennaisesti.

Koneyrittäjien näkökulmasta olosuhdetieto, eli korjuukelpoisuuteen vaikuttavat tekijät, ovat puustotietoa tärkeämpiä. Olosuhdetieto on dynaamista, joten metsävaratiedossa oleva pysyvä olosuhdetieto ei sinällään ole riittävä muuta kuin lähtötiedoksi. Varsinainen dynaaminen olosuhdetieto tuotetaan yhdistämällä pysyvään tietoon sadanta ja lämpötilatietoa. Olosuhdetiedon tulisi myös sisältää ennuste suuralueelle laskettuna, jolloin tietoa voitaisiin käyttää tilausten toimitusaikataulun suunnittelussa. Toiminnassa hyödynnetään myös muuta karttatietoa.

Tiedonjakelupalveluna Koneyrittäjien liitto käyttää Luken sähköisiä palveluita, jotka toimivat heidän käyttötarkoituksiinsa hyvin. Koneyrittäjille tieto tulee tällä hetkellä annettuna. Mikäli koneyrittäjän tulisi itse hakea tieto, palvelun pitäisi olla helppokäyttöinen tai esimerkiksi yrittäjille räätälöity keskitetty palvelu, jolloin jokaisen yrittäjän ei tarvitsisi itse hakea tietoa useista tietolähteistä.

Julkisin varoin kerätty tieto tulisi olla maksutonta. Yksityisten tuottamista palveluista ollaan valmiita maksamaan.

Osallistavaan tiedonkeruuseen suhtaudutaan positiivisesti ja tiedonkeruuseen ja hyödyntämiseen ollaan valmiita. Tässä tulee kuitenkin huomioida tiedon luotettavuus ja tiedon omistajuus. Hakkuukoneaineiston hyödyntämisessä tulee huomioida se, että tiedonkeruu ei ole koneyrittäjälle ilmaista, joten ei voida olettaa että koneyrittäjä luovuttaa keräämänsä tiedon vastikkeetta eteenpäin.

## 5.6 Metsänomistajien vastaukset (1)

MTK käyttää toiminnassaan VMI raportteja politiikkaohjaukseen. Metsänomistajille palveluitaan tarjoavien metsänhoitoyhdistysten osalta tiedon käyttö on esitetty kohdassa Metsänhoitoyhdistysten vastaukset. VMI ja SMK tiedon käyttötarkoitukset ovat hyvin erilaiset ja roolien selkeyttäminen on siksi tärkeää.

VMI tiedon tiedonjakelupalveluna MTK käyttää Luken sähköisiä palveluita, jotka vastaavat hyvin käyttötarpeeseen. VMI tieto soveltuu hyvin käyttötarkoitukseen. Metsänomistajien ja metsänomistajille palveluitaan tarjoavien yritysten käyttämän SMK:n metsävaratiedon laatu on parantunut. Nykyinen tiedonkeruumenetelmä on hyvä ja myös johdetut tunnuksot ovat riittävän hyviä. Tiedossa on kuitenkin puutteita koskien toimenpiteiden päivittymistä (tiedon ajantasaisuus) ja tietosisällöstä puuttuu metsien käyttöä rajoittavia tekijöitä. SMK:n metsävaratiedon saatavuus on parantunut metsänomistajan näkökulmasta Metsään.fi:n kautta. Saatavuudessa on kuitenkin edelleen hallinnollisia, teknisiä ja organisatorisia esteitä. Erityisesti puutteena mainittiin se, että metsänkättöä rajoittavien tietojen saatavuus on vaikeaa. Esimerkiksi kaavarajoitteet, suojelutiedot ja muut oikeusvaikutteiset ja käyttöä rajoittavat tiedot pitäisi olla saatavilla nykyistä paremmin yhdestä palvelusta. Tietojen siirtymisessä organisaatioiden välillä on parantamisen varaa. Aineistojen saatavuuden parantaminen mahdollistaisi myös parempien ja laajemman palvelutarjonnan metsänomistajille.

Kaikki hallinnolliset tiedot pitäisi olla aina maksuttomia ja oikeusvaikutteinen tieto pitää olla aina maksutonta metsänomistajalle. Koealatiedot pitäisi myös saada avoimiksi (SMK). Myös SMK:n koealatiedot voisivat olla maksuttomia palveluntarjoajille. Lisäarvoa tuottavat tiedot ja palvelut ovat maksullisia.

Osallistavaan tiedonkeruuseen suhtaudutaan positiivisesti ja tiedonkeruuseen ja hyödyntämiseen ollaan valmiita. Tässä tulee kuitenkin huomioida tiedon luotettavuus ja tiedon omistajuus. Lisäksi maanomistajalla tulee olla mahdollisuus poistaa järjestelmästä häntä koskeva virheellinen tieto.

## 5.7 Suomen ympäristökeskuksen vastaukset (1)

Suomen ympäristökeskuksessa hyödynnetään VMI karttatietoa mm. Copernicus maanpeiteseurantaan ja apuna fenologia ja lumipeitteen seurannassa. VMI tilastotietoa käytetään maanpeitetietojen tarkkuuden arviointiin ja kalibrointiin. VMI karttatietoja käytetään yhdessä muiden kaukokartoitus- ja karttatietojen kanssa lopputuotteen tekemisessä. VMI karttatiedon saatavuus on periaatteessa hyvä, mutta suurten aineistojen käsittely on hankalaa, koska aineisto pitää ladata paloissa ja mosaikoida itse. Rajapintapalvelu voisi olla parempi kuin latauspalvelu.

## Tavoitetila

SMK:n metsävaratieto olisi todennäköisesti hyödyllinen aineisto paremman tarkkuutensa ansiosta, mutta ei ole tällä hetkellä käytettävissä hallinnollisten esteiden takia. VMI koealaineistoa tarvittaisiin myös Copernicus maanpeitekartan validointiin. Nyt koealoja ei ole saatavissa, joten validointia varten joudutaan keräämään erillistä aineistoa tai tekemään validointi epätarkemmilla aineistoilla.

VMI karttatieto soveltuu käyttöön hyvin. Käytettävyyttä heikentää se, että aineistossa on reikiä. Aineistosta on leikattu pois joitain maankäyttöluokkia tai kaukokartoitusaineistoa on puuttunut. Aineiston metatietoa pitäisi myös parantaa. Historiatieto VMI karttoina olisi tarpeellinen vuodesta 1990 eteenpäin.

Julkisin varoin kerätty aineisto pitäisi olla maksutonta. SMK:n hilatiedon lisäksi tarvetta olisi laseraineistoista johdetuille tasoille, esimerkkinä latvuspeittävyys ja kasvillisuuden korkeus. Nämä pitäisi saada halutulla resoluutiolla (ei välttämättä 16 metrin hila, vaan esimerkiksi Sentinel2 yhteensopiva 10 metrin pikselikoko). Yleinen ehdotus tiedonkeruuseen on, että satelliittiaineiston esiprosessointi tehtäisiin esimerkiksi yhdessä Luken kanssa siten, että aineisto hyödyttäisi laajempaa käyttäjäjoukkoa. Tavoitteena on, että data prosessoitaisiin kerralla niin, että se soveltuu kaikkien käyttöön. Kaikki aineistot pitäisi olla mahdollisimman laajasti saatavilla ja tieto saada kaikkien käyttöön. Yhteistyötä tiedonkeruussa pitää lisätä. Nyt kerätään päällekkäistä dataa ja tehdään paljon päällekkäistä työtä. Suomella olisi myös hyvä tilaisuus osallistua kansainvälisiin tarjouskilpailuihin liittyen kaukokartoitusperusteiseen ympäristötiedon tuottamiseen lisäämällä yhteistyötä.

Osallistavaan tiedonkeruuseen suhtaudutaan positiivisesti ja tällä tavalla kerättyä tietoa hyödynnetään jo resurssien vähyden pakottamana. Tässä tulee kuitenkin huomioida tiedon luotettavuus ja tiedon hyödyntäminen tehdään luotettavuusarvion perusteella.

### 5.8 Maanmittauslaitoksen vastaukset (3)

Maanmittauslaitoksessa (MML) voitaisiin käyttää metsävaratietoa metsätilojen kiinteistö rakenne (MEKIRA) selvityksiin. Tällä hetkellä tarveselvitys voidaan tehdä VMI karttatiedolla, mutta tarkempi SMK:n hilamuotoinen metsävaratieto mahdollistaisi myös kauppahintatutkimuksen, tilusjärjestelyjen teon ja yhteismetsätoimituksissa osuusjaon lainmukaisuuden. Tarkempaa hilatietoa voitaisiin käyttää kiinteistötoimitusten pohjamateriaalina, joka tarkistetaan kattavalla maastoinventoinnilla. Kattavalla suhteellisen tuoreella metsävaratiedolla maastotyön luonne muuttuu perustietojen keruusta enemmänkin tietojen tarkistamiseksi, joka puolestaan nopeuttaa metsäninventointia.

SMK:n metsävaratiedon laatu on nykyisellään riittävää edellä mainittuihin käyttötarkoituksiin. Runkolukusarjoille ei ole käyttöä, elleivät laskentamenetelmät voi niitä hyödyntämällä tuottaa tarkempia laskelmia. Tiedon ajantasaisuus on tärkeää ja inventointikierto tulisi olla siksi mahdollisimman lyhyt.

## Tavoitetila

Kansallinen maastotietokanta -hankkeen myötä maastotietokantaan voitaisiin tehdä metsävaratietojen linkitys. Minimissään metsävaratiedosta tarvitaan maastotietokannan maanpeiteluokittelun mukainen tieto. Metsävaratiedon yhteydessä (laserkeilausaineistosta) maastotietokantaan tuotettavia tasoja olisivat esimerkiksi latvuspeittävyys ja kasvillisuuden pintamalli. Tasot tulisi määrittellä yhdessä metsävaratietoasiantuntijoiden kanssa siten, että aineistot sopisivat metsävaratietoasiantuntijoiden ja myös yleisemmin kansalaisten ja muiden mahdollisten käyttäjien tarpeisiin.

SMK hilatieto ei ole viranomaisille riittävän helposti saatavilla. Tarvitaan rajapinta SMK hilatietoon ilman maanomistajan lupaa. Tosin Maanmittauslaitoksen edustajan mukaan valtion metsistä tietoa on vielä vaikeampi saada. Parhaimmillaan tiedon pitäisi olla kaikille avointa. Tämä edistäisi myös tasavertaisuusperiaatetta.

Tarvittavista palveluista mainittiin hilatiedon yleistäminen halutulle geometrialle. Kaikilla organisaatioilla ei ole valmiuksia yleistyksen tekoon itse, joten se olisi hyvä saada palveluna.

MML on tekemässä yhteishanketta liittyen joukkoistamiseen, jossa selvitetään miten kansalaisia voisi käyttää tiedon keruussa. Hankkeessa kehitettävää teknologiaa ja toimintamalleja voitaisiin käyttää myös metsäsektorilla. Tiedon laatu ja luotettavuus ovat avaintekijöitä tiedon hyödyntämisen kannalta ja tiedossa pitäisi olla mukana metatieto. Tieto tulisi olla avointa, koska muuten tiedon suodatus ei toimi. Toisaalta jokin tieto voi olla myös käyttäjäryhmittäin/käyttäjittäin rajoitettua, jolloin järjestelmässä pitää olla käyttäjän tunnistus ja tiedon muokkausrajoitukset. Viranomaisten tehtävä on tuottaa perusrunko ja lisätarvetieto voidaan kerätä kansalaisilta. Kansalaisilta kerätty tieto voi olla myös viranomaiskäytössä, kun tiedon luotettavuus varmennettu.

## 5.9 Tilastokeskuksen vastaukset (1)

Tilastokeskuksen vastaukset koskevat kasvihuonekaasuinventointia. Inventaariossa käytetään Luken raportoimaa VMI metsävaratietoa vuodesta 1990 eteenpäin. Raportointitaso on Etelä-Suomi – Pohjois-Suomi. Tilastokeskuksen raportoinnissa VMI tieto yhdistetään maankäyttöhistoriaan.

Kasvihuonekaasuinventaarion kannalta on sitä parempi, mitä enemmän tietoa on kerätty. Yleisesti mitään tietoa, jota on kerätty aiemmissa inventoinneissa, ei kannattaisi poistaa myöhemmistä tiedonkeruista, koska silloin aikasarjat katkeavat. Myös menetelmällisen jatkuvuuden takaaminen on tärkeää. Nykyinen maastotyöhön perustuva VMI on hyvin soveltuva käyttötarkoitukseen. Maankäytön historia ja poistumien arviointi voisi olla parempaa. Muita puutteita ovat rakennetun maan puuston puuttuminen ja pienten ositteiden ja niiden poistuma puutteet. Metsän ulkopuolella olevien puiden, ToF, inventointi on puuttunut Suomesta ja etenkin poistuman arviointi näistä ositteista on siksi vaikeaa. Kasvihuonekaasuraportointi tehdään kerran

## Tavoitetila

vuodessa. Pysyvät koealat olisivat etu kasvihuonekaasuinventaariossa, mutta nykyinen jatkuva inventointikin toimii.

Luke toimittaa raportit suoraan Tilastokeskukselle ja tämä järjestely toimii tiedonjakeluna hyvin. Nykyiset Luken sähköiset palvelut toimivat hyvin, samoin Metsätalastollinen vuosikirja sai kiitosta. Uutena palveluna mainittiin maankäytön muutoksen seurantapalvelu esimerkiksi maakuntatasolle. Palvelua voitaisiin käyttää apuna maankäytön suunnittelun ohjauksessa.

Joukkoistamiseen ja osallistavalla tiedonkeruulla kerätyn tiedon käyttöön ei oltu valmiita.

### 5.10 Pelastuslaitoksen vastaukset (1)

Pelastuslaitoksen vastaukset koskevat metsäpalojen torjuntaa. Tällä hetkellä metsävaratietoaineistot eivät ole pelastusviranomaisella yleisessä käytössä. Joskus tilannejohtaja voi hakea eri lähteistä tietoa, jolloin on mahdollista, että nämäkin materiaalit ovat käytössä.

Metsäpalotilanteissa yleensä ennakkotietoa metsästä ei ole ollenkaan käytössä. Lisätieto metsästä parantaisi ennen kaikkea operatiivisen suunnittelun työkaluja ja saattaisi säästää työtunteja tulipalopaikalla. Nyt metsänrakenne ja olosuhteet nähdään käytännössä vasta palopaikalla.

Koska VMI aineistot ja SMK:n metsävaratieto eivät ole käytössä yleisesti pelastuslaitoksella, niiden käyttökelpoisuutta on vaikea analysoida. Pelastusviranomaisen koostaa metsäpalojentorjuntasuunnitelmaa, joka helpottaa pelastustöiden johtamista. Paikallistuntemus on tilannejohtajalle tällä hetkellä erittäin tärkeää, sillä tietoa ei ole koostettu yksiselitteisesti yhteen järjestelmään. Karttamateriaali käytettäisiin mielellään nykyistä enemmän, sillä tieto olisi havainnollisempaa ja yksinkertaisempaa esittää kartalla kuin teksti- tai taulukkomuotoisena.

Paloviranomaista erityisesti kiinnostavat seuraavat aineistot:

- Topografia
- Puuston rakenne
- Maaston kulkukelpoisuus
- Tiestö
- Vesialueet ja veden syvyys
- Maanomistajien yhteystiedot (erityisesti jälkivalvonnassa)

Pelastusviranomaisen näkökulmasta merkittävä ongelma on tiedon pirstaleisuus. Ehdotuksena on, että tarvittavat tiedot haettaisiin valtakunnallisesta tietokannasta tietyin väliajoin suoraan johtamisjärjestelmään. Johtamisjärjestelmään tieto voitaisiin päivittää esimerkiksi kerran vuodessa ennen metsäpalokautta.

## Tavoitetila

Metsävaratiedon spatiaalinen tarkkuuden vaatimus riippuu alueen ominaisuuksista. Kuvio- tai hilamuotoinen tieto voisi olla sopiva yksikkö. Hilatieto sellaisenaan voi olla liian pikkutarkka, mutta kuviotaso taas liikaa yleistävä.

Julkisena toimijana pelastuslaitos katsoo pelastuslain nojalla olevansa periaatteessa oikeutettu saamaan metsävara-aineiston virkakäyttöön maksutta. Aineiston avulla pelastuslaitos voi edistää paloturvallisuutta ja vähentää metsäpalojen tuhoja ja myös vähentää omia operatiivisia kustannuksiaan.

Historiatiedolle ei ole käyttöä. Tiedon tulisi olla mahdollisimman ajantasaista.

Pelastusviranomaisella on kartta- ja tilastoaineistoa, kuten palokohde, koordinaatit, palon pinta-ala, syttymissyy, sammutusaika ja monia muita parametreja, toteutuneista metsäpaloista. Pelastuslaitos on valmis keskustelemaan tämän tiedon julkisuudesta.

### 5.11 Metsähallituksen luontopalvelujen vastaukset (1)

Metsähallituksen luontopalveluissa metsävaratietoa käytetään luontokohteiden arvottamiseen ja etsimiseen ja luontotietojen tuottamiseen. Tärkein käytettävä aineisto on Metsähallituksen oma metsävaratieto (ensisijaisesti kuviotieto ja myös laserkeilauksella tuotettu hilatieto valtion mailta). VMI:sta käytetään valmiita raportteja taustatiedoiksi. Muita käytettäviä tausta-aineistoja ovat mm. MML:n karttatiedot, Syken aineistot ja Luken kala- ja riistatiedot. Tiedonjakelupalveluna käytetään Metsähallituksen omaa järjestelmää, johon ulkoiset tietovarastot ovat yhteydessä rajapinnan kautta.

Metsävaratiedon sopiva spatiaalinen tarkkuus on hila- ja kuviotaso. Metsävaratiedon saatavuus koettiin ongelmaksi. Omistajarajat ylittävä valtakunnallinen vapaan aineiston kattavuus olisi tärkeää nimenomaan keilaukseen perustuvan hila- ja kuviotiedon osalta. Mitä parempaa ja helpommin saatavilla aineisto on, sitä paremmin syntyy palveluja ja aineistoja otetaan käyttöön. Myös standardien käyttöönotto tässä on tärkeää.

Esimerkkeinä tarvittavista palveluista esitettiin luonto-opastus- ja luontokasvatuspalveluja kouluihin ja palveluja vapaa-ajan toimintaan. Tarkempi ja laadukkaampi aineisto (avoin laserkeilaukseen perustuva aineisto) mahdollistaisi luonnon kuvaamisen mielenkiintoisella tavalla. Nykyisistä palveluista Metsään.fi palvelua pidettiin hyvänä palveluna yksityismetsänomistajalle. Tällaisia palveluita tarvittaisiin vastaajan mielestä lisää metsäomaisuuden hallintaan. Se, että palveluntarjoajat (toimijat) voivat olla mukana palvelussa on hyvä asia ja Metsään.fi:n edelleen kehitystä pidettiin tärkeänä. Toisaalta tuotiin esiin ajatus, että palvelujen tuottamisessa pitäisi päästä eroon valtion kustantamista palveluista.

Historiatiedolle olisi käyttöä, mutta hyödyllisen tiedon aikajänne on useita kymmeniä tai satoja vuosia.



Osallistavaan tiedonkeruuseen suhtaudutaan positiivisesti. Vapaaehtoisvoimin kerättyä luontotietoa hyödynnetään jo nyt Metsähallituksessa. Tietyt rajoitteet huomioiden myös Metsähallituksen luontopalvelujen itse keräämät aineistot annetaan mahdollisimman vapaasti muiden käyttöön.

## 5.12 Kaavoituksen vastaukset (2)

Kaavoituksessa ei tällä hetkellä juurikaan käytetä metsävaratietoja. Tiedoille on kuitenkin havaittu käyttöpotentiaalia. VMI-karttojen käyttöä maakuntakaavoituksessa selvitetään parhaillaan ja kuntatason kaavoituksessa (yleiskaava, asemakaava ja ranta-asemakaava) nähdään useita mahdollisia käyttötapoja SMK:n metsävaratiedolle ja myös muille laserperusteisille tietotuotteille. Maakuntakaavoitukseen liittyvässä selvityksessä tutkitaan, miten VMI-karttoja voisi käyttää maakuntakaavoituksessa aluevarausten tekoon. Erityisesti biotalouden näkökulman huomioiminen aluevarauksissa voisi hyötyä metsävaratietojen käytöstä. Kuntatason kaavoituksessa SMK:n hilatieto voitaisiin käyttää mm. virkistysalueiden suunnittelussa, melusuunnittelussa, maisemasuunnittelussa, puistoalueiden suunnittelussa ja yleiskaavoituksessa. Metsävaratietojen käytettävyys riippuu myös suunnittelualueen koosta. Suurilla alueilla VMI-kartat voivat olla riittäviä, hyvin pienillä alueilla tarkkuusvaatimuksen takia tiedon keruu tapahtuu käytännössä maastossa. Kuntatason kaavoituksessa suurilla alueilla SMK:n hilatieto olisi hyödyllinen taustatieto. Kaavoituksessa on usein tavoitteena, että metsäalueille ei tehtäisi liikaa käytön rajoitteita kaavoituksen takia. Silloin olisi hyvä tietää metsävarojen määrä kohtalaisen tarkasti alueella.

Kaavoituksessa käytetään taustatietona suojelualue- ja virkistysaluetietoa, tietoa ekologisista vyöhykkeistä ja hiljaisista alueista, MML:n maastotietokantaa, laserkeilausaineistosta tuotettua maanpintamallia ja myös laserpisteaineistosta tuotettuja korkeuskäyriä. Tarkempi luonto- ja kasvillisuusselvitysaineisto kerätään maastohavaintojen perusteella ja muista lähteistä.

Metsävaratiedon sopiva spatiaalinen tarkkuus on hilataso, josta voidaan tarvittaessa koostaa suuremman alueen tulokset laskemalla. Tietosisältö on riittävä, mutta metatietoa voisi parantaa. Metsävaratiedon saatavuus koettiin hyväksi VMI-karttojen osalta. SMK:n hilatieto tulisi olla samalla tavalla saatavilla maksutta ja helposti. Kuntatason kaavoituksessa hilatieto on hyödyllinen taustatieto, mutta jos se ei ole helposti saatavilla tai on maksullista, niin tietoa ei hyödynnetä.

Esimerkkeinä tarvittavista palveluista esitettiin aineistoihin liittyviä neuvontapalveluita ja VMI-tiedon yleistämispalvelua vapaavalintaiselle suuraluetasolle.

Tiedon ajantasaisuus on kaavoituksen näkökulmasta tärkeää. Maakuntakaavoituksessa tieto saisi olla maksimissaan 2 vuotta vanhaa ja kuntatason kaavoituksessa 5 vuoden inventointikierto olisi riittävä, mikäli tehdyt toimenpiteet päivitettäisiin tietoon nopeasti. Puuston historiatiedolla ei ole käyttöä.

## Tavoitetila

Osallistavaan tiedonkeruuseen suhtaudutaan positiivisesti. Vapaaehtoisvoimin kerättyä luontotietoa hyödynnetään jo nyt sekä maakunta- että kuntatason kaavoituksessa. Kaavoituksessa kerätään paljon luontotietoa, joiden havainnot voisivat olla julkisia, huomioiden kuitenkin maanomistajan tietosuoja.

### 5.13 Kuntien vastaukset (2)

Vastanneissa kunnissa ei hyödynnetä VMI tietoa eikä SMK:n metsävaratietoa. Molemmat kunnat tilaavat metsäsuunnitelman metsäsuunnittelupalveluita tarjoavilta toimijoilta ja käyttävät metsäsuunnitelmaa toiminnassaan. Kaavoituksen näkökulma on esitetty edellisessä luvussa.

### 5.14 Luonnon virkistyskäytön vastaukset (1)

Luonnon virkistyskäytön vastaaja edustaa metsästyksen näkökulmaa.

Nykyiset metsävaratiedot ja tiedonjakelupalvelut eivät ole metsästyspiireissä yleisessä käytössä. Metsästäjille mielekäs metsävaratieto on metsästäjillä käytössä ennen kaikkea muistitietona. Metsästäjät tuntevat omat metsästysmaansa yleensä ottaen erittäin hyvin, joskin vaihtelua metsästyksmaiden tuntemuksessa saattaa löytyä esim. eri-ikäisten metsästäjien kesken. Vastaajalla on käytössä Metsään.fi ja sieltä haetaan alueittaisia keskitunnuksia. Nykyinen tieto ei kuitenkaan palvele metsästysyhteisöä.

Metsästyksen näkökulmasta metsävaratiedossa on eroteltavissa erilaiset tarpeet yksityisiin metsiin ja valtion metsiin. Yksityisistä metsistä ei vuokraa perinteisesti ole maksettu ja metsästäjien intressissä on säilyttää tilanne tältä osin ennallaan. Valtion maista ja suurmetsänomistajien maista taas vuokran maksuun on lähtökohdat olemassa. Yksityiset maat ovat metsästäjille yleensä tuttuja alueita, jossa metsästäjien maaston tuntemus on hyvä. Valtion mailla tilanne on yleensä toinen. Tästä näkökulmasta tarpeet metsävaratiedolle ovat erilaisia. Ikäluokkajakauma ja latvusrakenne ovat metsästyksen näkökulmasta mielenkiintoista tietoa, kuten myös topografiatieto ja tulevaisuudessa mahdollisesti 3-ulotteinen virtuaalikuvaus metsästä.

Sopiva spatiaalinen tarkkuus metsävaratiedolle on periaatteessa kuviotieto, kun mietitään missä kannattaa metsästä ja missä kannattaa kulkea. Tiesisällössä pitäisi mennä kenttäkerrokseen asti, jotta tieto kertoo riistan elinympäristöstä. Myös suojelukohteet ovat metsästäjän näkökannasta mielenkiintoisia ennen kaikkea niiden rakennepiirteiden vuoksi, joka tekee niistä usein mielekkäitä alueita riistalle. Vastaajan mielestä on kuitenkin syytä pohtia, onko riistakantojen kannalta järkevää jakaa yksityiskohtaista helposti tulkittavissa olevaa tietoa hyvistä metsästyksmaista. Riistakannan näkökulmasta voisi olla kohtalokasta jakaa tietoa parhaista riistapaikoista avoimesti. Jos metsästyks keskittyy riistantihentymäalueille riistakannat voivat olla vaarassa.

## Tavoitetila

Mahdollisia palveluja ajatellen vastaajan mielestä olisi tärkeää tuoda mahdollisuuksia uuden liiketoiminnan luomiseen. Metsävaratiedon tietomalleja tulisi miettiä uusilta kanteilta siten, että edistettäisiin innovaatiota eikä tiedonkeruuta tiedonkeruun vuoksi. Tärkeää olisi, että tietoa kerättäisiin tarvelähtöisesti ja kysyntä pidettäisiin tiedonkeruun merkittävänä kriteerinä. Lähtökohtaisesti valtion tuottaman inventointitiedon tulisi olla julkista ja tämä voisi johtaa uudentyypisiin innovaatioihin esim. maisemarakenteen kuvaamisessa.

Historiatieto itsessään ei ole metsästäjien mielenkiinnon kohteena.

Metsästäjät tekevät jo nyt vapaaehtois pohjalta riistakolmioinventointeja ja petohavainnointia. Näiden tietojen saattaminen julkisesti saataville yksityiskohtaisena karttatietona ei kuitenkaan vastaajan mielestä ole mielekäästä.

## 6 TIETOTARVESELVITYSTEN JA HAASTATTELUJEN YHTEENVETO JA TIETOTARPEIDEN KUVAUS

Vastausten perusteella kaikille nykyisille tietotuotteille on käyttötarve ja käyttäjäryhmä. VMI raportit ovat valtakunnan tasolla tilastollisesti validia faktatietoa, joka on vaikea korvata millään muulla tuotteella. VMI kartat ovat suuraluetason kattava tietolähde. SMK:n kuvio- ja hilatieto soveltuvat samoihin käyttötarkoituksiin kuin VMI kartat, mutta myös tilakohtaisen ja alueellisen suunnittelun lähtöaineistoksi sekä moniin metsäalan ulkopuolelta tuleviin tietotarpeisiin, mukaan lukien viranomaisten tietotarpeet. SMK:n hilamuotoinen metsävaratieto voisi korvata VMI karttojen käytön monessa käyttötarkoituksessa. VMI karttojen tarkkuus taas ei ole riittävä korvaamaan SMK:n metsävaratietoa.

Tietosisällöllisesti VMI tiedoissa ei ole merkittäviä puutteita. SMK:n metsävaratietoon toivottiin parempaa olosuhdetietoa, etenkin metsäteollisuuden toiveesta runkolukusarjatietoa ja metsäpalveluita tarjoavien toiveesta parempaa ikätiedon tarkkuutta. Tiedon nykyiseen tarkkuuteen oltiin pääsääntöisesti tyytyväisiä. Tietotuotteisiin pitäisi kuulua nykyistä parempi metatieto.

Merkittävänä puutteena pidettiin SMK:n metsävaratiedon ajantasaisuutta, johon toivottiin selkeää parannusta. VMI tiedossa aikasarjat ovat tärkeitä, mutta SMK:n metsävaratiedossa tiedon ajantasaisuus oli selkeästi tärkeämpää kuin historiatiedon säilyttäminen.

VMI tiedon jakeluun ja tiedon saatavuuteen oltiin tyytyväisiä. SMK:n metsävaratiedon jakelu ja saatavuus koettiin ongelmalliseksi. SMK:n metsävaratiedon jakeluun toivottiin hilatiedon avaamista. Tiedon hyödyntäjistä tiedon avaamista toivoivat teollisuus, viranomaiset ja metsäalan ulkopuoliset organisaatiot. Nykyinen maanomistajan luvalla tapahtuva tiedonjakelu sopi metsänomistajille, metsänhoitoyhdistyksille ja pienille metsäpalveluyrityksille. Myös koealatiedon saamista viranomais- ja palvelutoimintaan sopimusperusteisesti ehdotettiin.

## Tavoitetila

Tiedon saatavuuteen liittyvistä asioista usein esiin tullut asia oli metsän käyttöön liittyvän muun karttatiedon vaikeaksi koettu saatavuus. Tiedot pitää nykyisin hakea useasta eri paikasta. Tähän toivottiin ns. yhden luukun periaatetta, eli että tiedot olisivat saatavilla samasta palvelusta. Usein mainittuna periaatteena oli, että julkisin varoin kerätty tieto tulisi olla maksutonta.

Nykyisistä palveluista oltiin tyytyväisiä Luken sähköisiin palveluihin ja Metsään.fi palveluun. Jälkimmäisestä tuli tosin myös kriittistä palautetta. Tulevaisuudessa tarvittavista palveluista mainittiin VMI tiedon yleistys vapaavalintaiselle alueelle, hilatiedon yleistys halutuille geometrioille, päätöstukipalvelut, metsäomaisuuden hallintaan liittyvät monipuoliset suunnittelupalvelut, aineistoihin liittyvät neuvontapalvelut ja luonto-opastus- ja luontokasvatuspalvelut. Palvelujen toteuttamisessa toivottiin julkisten toimijoiden roolin vähentämistä ja aidosti markkinalähtöisten yksityisten palveluntarjoajien palvelujen lisäämistä.

Osallistavaan tiedonkeruuseen suhtauduttiin sekä positiivisesti että negatiivisesti. Osa toimijoista hyödynsi jo osallistavaa tiedonkeruuta ja osa oli jyrkästi sitä vastaan. Myös se, mitä osallistamalla kerättyä tietoa voi julkisesti jakaa, vaihteli vastaajien kesken.

Useat toimijat olivat itse valmiita tuottamaan tietoa yhteiseen metsävaratietokantaan. Tiedon omistamisen ja näkymisen pelisäännöistä on vain sovittava erikseen. Organisaatioryhmänä poikkeava oli omien metsien palvelut, joiden vastausten perusteella toimenpidetiedon palauttamiseen ei ollut lainkaan halukkuutta.

## 7 TIEDONKERUUTEKNIIKOIDEN ANALYYSI

### 7.1 Vaihtoehtojen kuvaus

Seuraavissa luvuissa kuvataan kaukokartoitukseen ja maastomittaukseen perustuvat vaihtoehtoiset tiedonkeruutekniikat. Lähtökohtana ovat nykyiset tekniikat ja lähitulevaisuuden kehitys.

#### 7.1.1 Kaukokartoitus

Suurin osa paikkatietojärjestelmissä hyödynnettävistä rasteriaineistoista on tuotettu kaukokartoituksen avulla. Yleensä kaukokartoituksen apuna käytetään maastossa mitattua tai muusta aputiedosta tulkittua referenssitietoa, jota tarvitaan tulkinnan avuksi, mittalaitteen kalibroimiseksi sekä tulkintatulosten oikeellisuuden varmistamiseksi.

**Numeeriset ilmakuvat:** Lentokoneesta tapahtuvassa ilmakuvauksessa voidaan käyttää näkyvän valon (0.5-0.7  $\mu\text{m}$ ) lisäksi lähi-infran (0.7-0.9  $\mu\text{m}$ ) aallonpituusalueita. Nykyisin ilmakuvat otetaan suoraan digitaalisella mittakameralla, jonka sensorina on CCD-ilmaisimatriisi (Charge Couple

Device), kuten useimmissa keilaamattomissa satelliittisensoreissa. Numeerinen ilmakekuva on mahdollista oikaista haluttuun koordinaatistoon tunnettujen tukipisteiden, kameran kalibroitietojen ja numeerisen korkeusmallin avulla. Oikaisun tuloksena syntyvän digitaalisen ortoilmakuvan etuna on, että se yhdistää ilmakekuvan informaation kartan spatiaaliseen tarkkuuteen. Lisäksi kuvan mittakaavaa on mahdollista muuttaa mielivaltaisesti. Ilmakekuville voidaan tehdä sekä visuaalista että numeerista tulkintaa joko metsikkö- tai puutasolla. Numeerisia ilmakekuvia on jo pitkään käytetty pohjamateriaalina kartta- ja GIS-sovelluksissa sekä kuvaruudulla tapahtuvassa visuaalisessa tulkinnassa. Nykyisin numeerisia ilmakekuvia hyödynnetään metsävaratiedon keruussa yhdessä laserkeilausaineiston kanssa.

**Hyperspektrikuvat:** Spektrisen erotuskyvyn merkitystä puulajeittaisen tulkinnan apuna on tutkittu mm. Aisa hyperspektrikuva-aineistojen avulla. Puulajitulkitusta on pystytty parantamaan merkittävästi ja pelkästään valitsemalla tietyt spektrin alueet (8 kpl) laitteeseen, on mahdollista merkittävästi parempaan puulajitulkitukseen kuin esimerkiksi numeerisilla ilmakekuilla. Suomessa on kehitetty Specim Oy:n toimesta uutta AisaFenix hyperspektrisensoria. Laitteen tuottamalla uudella aineistolla saadaan lisätietoa vaadittavista kuvauslaitteista ja parametreista entistä luotettavamman kaukokartoitusperusteisen tiedon keräämiseksi. Hyperspektrimateriaalin alueellinen kattavuus on kuitenkin edelleen heikko ja siksi se ei ole taloudellisesti kannattavaa. Voidaan kuitenkin arvioida, että kameravalmistajat tuovat jollain aikavälillä 8 - 10 kanavan sensorin säädettävillä kanavilla, mikä mahdollistaisi myös laajan alueellisen kattavuuden.

**Laserkeilaus:** Viime vuosien merkittävin teknologiaharppaus metsävarojen inventoinnissa on ollut lähi-infran aallonpituusalueella toimivien helikopteri- ja lentokonekäyttöisten laserkeilaimien (ALS = airborne laser scanning) hyödyntäminen. Lentolaserkeilaus tehdään yleensä lentokoneesta tai helikopterista. Metsien laserkeilausinventointi voidaan jakaa aluepohjaiseen ja yksittäisten puiden mittaukseen perustuvaan menetelmään. Aluepohjainen menetelmä (Area Based Approach, ABA tai Area Based Statistical Approach, ABSA) noudattelee perinteisen tilastolliseen mallintamiseen perustuvan kaukokartoitustulkinnan periaatteita: Osoyksiköstä, esimerkiksi tietyn kokoisesta rasteriruudusta, lasketaan (irrotetaan) kaukokartoituspiirteitä, joiden avulla estimoidaan kiinnostuksen kohteena olevia puusto- ja metsikkötunnuksia. Yksittäisten puiden mittaukseen perustuvassa menetelmässä eli yksinpuinmenetelmässä (Individual Tree Detection, ITD, Single Tree Remote Sensing, STRS) puolestaan mitataan tai estimoidaan puiden pituutta, latvuksen kokoa ja puulajia, joiden avulla voidaan arvioida muita kiinnostuksen kohteena olevia puutunnuksia, kuten rinnankorkeusläpimittaa ja tilavuutta. Aluepohjaista tulkintaa voidaan tehdä harvapulssisella laserkeilausaineistolla (pulssitiheys 0,5 - 2 pulssia / m<sup>2</sup>). Yksinpuintulkinta vaatii hieman tiheämpipulssista (kalliimpaa) aineistoa (pulssitiheys yli 2 pulssia / m<sup>2</sup>).

Metsävaratiedon keruussa on siirrytty puustoinventoinnin osalta harvapulssiseen lentolaserkeilaukseen, aluepohjaiseen piirteiden irrotukseen ja ei-parametriseen estimointiin perustuvaan inventointimenetelmään. Estimointimenetelmän lähtökohtana on, että kukin osoyksikkö liitetään ALS - ja ilmakekupiirteiltään lähimpiin maastossa mitattuihin osoyksiköihin (koaloihin). Näin jokaiselle tulkittavalle osoyksikölle saadaan liitettyä maastomittaustieto.

## Tavoitetila

Keskeistä menetelmässä on, että jokaisesta tulkittavan metsäalueen ositteesta on oltava riittävä määrä koealoja. Näin ollen aluepohjainen ALS-menetelmä vaatii tuekseen laajan, tarkasti mitatun maastoaineiston. Ainakin toistaiseksi estimoinnin apuna käytetään numeerisia vääräväri-ilmakuvia, joiden avulla voidaan parantaa puulajiositteiden tulkintatarkkuutta.

Viimeaikaisessa tutkimuksessa on pyritty yksinpuintulkittujen valtapuiden avulla kalibroimaan ja tarkentamaan aluepohjaista tulkintaa. Puittainen tulkinta parantaa erityisesti yksittäisten puutavaralajien estimaatteja ja puulajeittaisia pääpuulajien ennusteita sekä ja korjaa vähemmistönä olevien puulajien ennusteet realistisemmiksi. Toisena aluepohjaisena menetelmänä on testattu paljon täyden aaltomuodon (full wave form) laseraineistoa. Menetelmä perustuu aaltomuodon monipuolisempaan analysointiin. Aineistosta on saatu pieniä parannuksia verrattuna pistemuotoiseen (discrete return) ALS materiaaliin. Viime aikoina markkinoille on tullut monikanavakeilaimia joissa käytetään useampia aallonpituusalueita, esimerkiksi lähi-infran ja vihreän valon aallonpituusalueita. Tällaisella ns. monikanavalidarilla voidaan tuottaa numeerisen ilmakuvan tapaan havaintoaineistoa kasvillisuuden ominaisuuksista, kuten puulaji, yksikanavaista laserkeilainta paremmin. Monikanavalidar voi tuoda selvää kustannustehokkuutta, koska erillistä ilmakuvausta ei tarvita, mutta ei oletettavasti paljon paranna tulosten luotettavuutta. ALS laitteiden kehitys on kuitenkin huimaa luokkaa ja jos laitevalmistajat onnistuvat integroimaan laitteisiin nykyistä paremmin spektrisiä havaintoja, niin tulkintatulokset voivat parantua merkittävästi.

Laserkeilaus voidaan tehdä myös maalaserkeilaimia (TLS = terrestrial laser scanning) ja mobiililaserkeilaimia (MLS = mobile laser scanning) hyödyntäen. Nämä menetelmät tuottavat erittäin tiheän pistepilven kuvattavasta kohteesta, mutta niillä ei voida kustannustehokkaasti kattaa suuralueiden inventointia. Maalaserkeilaus ja hakkuukoneisiin asennettavat lasersensorit ovat olleet kehityksen kohteena ja niitä on tutkittu viimeiset viisi vuotta. Maalaserkeilaus soveltuu toistaiseksi lähinnä VMI-tyyppisen koepuumateriaalin keräämiseen. Kyseiset menetelmät vaativat pitkäaikaista laitteisto- ja menetelmäkehitystä ennen kuin niitä voidaan hyödyntää käytännön metsätaloudessa. Nopeimmin olisi sovellettavissa hakkuukoneisiin integroidut laitteet, mutta toistaiseksi ne ovat liian kalliita ja hyötyjä ei laitetoimittajien mukaan pyytää realisoimaan.

**Optisen aallonpituusalueen satelliittikuvat:** Satelliittikuva koostuu elementeistä, joiden koko maanpinnalla on vakio. Kuvaelementtiä vastaavasta maastonkohdasta heijastuva säteily mitataan satelliitissa sijaitsevalla havaintolaitteella, joka rekisteröi heijastuvaa valoa tai lämpösäteilyä spektrin eri osista eri kanaville. Tällä hetkellä avaruudessa on toiminnassa lukuisa määrä satelliitteja, joista metsän kaukokartoitustehtävissä yleisimmin käytetään Landsat-, SPOT- ja NOAA-, IRS- ja IKONOS satelliittikuvia. Näistä NOAA edustaa karkean spatiaalisen resoluution satelliittikuvia, Landsat ja SPOT keskiresoluution kuvia ja IRS sekä IKONOS korkean resoluution kuvia. Metsän ja yleensäkin kasvillisuuden inventoinnissa yleisesti käytettyä satelliittikuva-aineistoa ovat Landsat-satelliittikuvat, joista uusimmat perustuvat monikanavaiseen keilaukseen. Landsat-satelliiteissa (Landsat 4-8) tärkein havaintoväline on ollut keilain eli temaattinen kartoitin (Thematic Mapper, TM). Kullekin aallonpituusalueelle eli kanavalle on oma

## Tavoitetila

ilmaisimensa. Keilauslinjoja, joiden leveys 185 km, on yhden sijasta 6 kpl, jolloin keilaus voidaan tehdä hitaammin (jokaisella kanavalla 6 ilmaisinta).

Landsatin lisäksi muita ympäristön inventoinnissa, kartoituksessa ja seurannassa käytettyjä karkean ja keskiresoluution satelliitteja ovat mm. SPOT, NOAA ja ERS. NOAA on karkean spatiaalisen resoluution (1.1 km) sääsatelliitti, jonka sensori on AVHRR (Advanced very High Resolution Radiometer). Kanavia on viisi ja kuvia saadaan kultakin alueelta neljä kertaa päivässä.

Viimeisen 15 vuoden aikana satelliittikuvauksen merkittävimpana kehitysaskeleena on ollut spatiaalisen resoluution huomattava parantuminen. Vuonna 1999 lähetettiin ensimmäinen kaupallinen alle metrin spatiaaliseen erotuskykyyn pystyvä satelliitti, IKONOS, jonka resoluutio on pankromaattisella kanavalla 0.8 m (nadirissa) ja monikanavaisena (neljä kanavaa) 3.2 m. Satelliitti kattaa aallonpituusalueet 0.45  $\mu\text{m}$  – 0.9  $\mu\text{m}$  ja sen kuvanala on 11 km x 11 km. Vuonna 2001 laukaistiin radalleen yhdysvaltalainen QuickBird 2 -satelliitti, jonka spatiaalinen erotuskyky on pankromaattisena 0,61 metriä ja monikanavaisen 2,44 metriä.

Karkean resoluution satelliittikuvia voidaan hyödyntää erittäin laajojen alueiden, kuten Euroopan metsävarojen inventoinnissa. Esimerkiksi NOAA-kuvien avulla voidaan nopeasti ja edullisesti tuottaa tilastotietoja ja metsävarakarttoja Euroopan tasolla (Häme ym. 2002). Keskiresoluution satelliittikuvien luotettavuus on puolestaan parhaimmillaan silloin, kun arvioidaan maankäyttöluokkatason tunnuksia. Metsäluokista avohakkuut erottuvat helposti, samoin taimikot erotetaan vanhemmista metsiköistä. Metsikön sulkeutumisen jälkeen säteilyarvot muuttuvat vain vähän, minkä vuoksi runkotilavuuden ennustaminen kuviotasolla ei satelliittikuvilta ole vielä onnistunut hyvin.

Korkean resoluution satelliittikuvat ovat kilpailijoita numeerisille ilmakuville, mutta toistaiseksi kuvien korkea hinta on jarruttanut tätä kehitystä.

Spatiaalisen resoluution parantumisen ohella satelliittikuvauksen trendejä ovat suuret satelliittiohjelmat sekä kiinnostus globaaleihin ympäristöongelmiin: nykyaikaisissa kaukokartoitussatelliiteissa on hyvin monta erilaisten ilmiöiden mittaukseen ja seurantaan tarkoitettua instrumenttia. Esimerkiksi Euroopan avaruusjärjestö on kehittämässä Sentinel -ohjelmaa, joka suunnitelman mukaan koostuu seitsemästä ympäristön tilaa havainnoivasta satelliittiperheestä ja yhteensä 14 satelliittista. Metsien inventoinnin näkökulmasta mielenkiintoinen on Sentinel-2, joka tuottaa monikanavaista optisen aallonpituusalueen aineistoa 10 metrin spatiaalisella resoluutiolla. Sentinel-2A laukaistiin onnistuneesti kiertoradalle 22. kesäkuuta 2015. Sentinel-2B on tarkoitus laukaista vuoden 2016 puolessa välissä.

Nanosatelliitit kehittyvät nopeasti ja ne mahdollistavat nopearytmisen havainnoinnin. Niissä on tyypillisesti korkeailmakuvan laatua vastaava resoluutio ja spektrinen kyky. Vastaavilla ilmakuvamateriaaleilla on tehty paljon tutkimusta. Nanosatelliitit eivät paranna puustoarviointia ilmakuviin verrattuna, mutta antavat uusia mahdollisuuksia seurannan kehittämiseen.

## Tavoitetila

Muutosten tulkinta ja laajojen alueiden seurantakartoitus ilmaisilta materiaaleilta mahdollistaa tietokantojen laadun evaluoinnin.

Suomessa ei ole kaukokartoitussatelliittien vastaanottoasemia. Sen sijaan NOAA-sääsatelliittikuvia otetaan vastaan Suomessakin päivittäistä käyttöä varten. Käynnissä on myös Envibase hanke, jonka Satelliittidatakeskus -osahankkeessa kehitetään Sodankylän kansallista satelliittidatakeskusta niin, että keskukseen saapuvaa ympäristöhavaintoihin liittyvää satelliittitietoa (Sentinel-sarja) ja jo kerättyä tietoa pystytään vastaanottamaan, käsittelemään ja jakamaan yhdenmukaisin menetelmin.

**Tutkakuvat:** Tutkakuvien keskeisenä etuna optisen aallonpituusalueen kaukokartoituskuviin verrattuna on niiden saatavuus (temporaalinen resoluutio) kaikissa kuvausolosuhteissa. Tutkakuvaus, etenkin satelliitteihin sijoitetut SAR (Synthetic Aperture Radar) -tutkat, ovatkin mielenkiintoinen vaihtoehto kehitettäessä menetelmiä operatiiviseen metsävarojen inventointiin, mikäli niiden tarkkuus riittäisi koeala- ja kuviotason metsävaratiedon estimointiin.

Tutkakuvauksessa mitataan havaintolaitteen itsensä lähettämää säteilyä, eli kyseessä on aktiivinen kaukokartoitusmenetelmä. Havainnointilaitteessa oleva lähetin lähettää toistuvia mikroaaltoalueen säteilyimpulsseja tietyllä taajuudella. Laitteessa oleva vastaanotin puolestaan mittaa kohteesta takaisinsiroavaa säteilyä. Sekä säteilyn lähetys että vastaanotto tehdään yleensä samalla antennilla, jonka avulla lähetettävä säteily suunnataan kapeana keilana haluttuun suuntaan. Laitteistoon kuuluu tämän lisäksi tallennin, joka tallentaa takaisinsironneen signaalin. Tallennettu tieto käsitellään myöhemmin tietokoneella ja lopputuotteena on kohdetta esittävä kaksiulotteinen tutkakuva. Yksittäinen tutkakuva sisältää periaatteessa kolmenlaista informaatiota: 1) havaittu takaisinsironnan voimakkuus, 2) havaitun signaalin vaihe ja 3) etäisyys kohteeseen (lähetetyn ja vastaanotetun signaalin aikaeroa tutkimalla voidaan laskea kohteen etäisyys laitteistosta). Tutkat käyttävät sähkömagneettisen säteilyn mikroaaltoaluetta, joka vastaa aallonpituuksia noin senttimetristä metriin. Näin ollen sääolosuhteet ja ilmakedä eivät haittaa tutka-aaltojen etenemistä, joten tutkan etuna optisiin havaintolaitteisiin verrattuna on sen kyky kerätä aineistoa myös pimeällä ja pilvisellä säällä. Tutkan havaitsemaan takaisinsirontaan vaikuttaa ensinnäkin kohteen ominaisuudet mutta myös tutkan ominaisuudet. Käyttämällä kuvauksessa eri mikroaaltojen taajuuskaistaa, säteilyn polarisaatiota tai kuvausgeometriaa saadaan kohteesta moniulotteista tietoa.

Nykyisin myös satelliittitutkat tuottavat metsistä varsin yksityiskohtaista tietoa, sillä viime vuosina on avaruuteen lähetetty useita satelliitteja, joiden spatiaalinen erotuskyky on 1 - 3 m. Esimerkiksi TerraSAR-X -satelliitti mahdollistaa 1 m resoluution ja täydellisen polarimetrian (polarisaatio = värähtelysuunta), stereokuvauksen sekä interferometrian (kahden tutkasignaalin vaihe-erojen määrittämisen). Hyvän resoluution ja monen kanavan avulla (monta taajuutta, polarisaatiota, mittauskulmaa, mittaushetkeä) tutkasatelliiteista saatetaan lähitulevaisuudessa saada myös metsätalouden kannalta arvokasta ja varsin tarkkaa tietoa. Erityisen mielenkiintoisia sovelluksia tutkakuvien hyödyntämisen näkökulmasta ovat laajojen alueiden metsävarojen muutoksiin liittyvät seurantahankkeet.



**Taulukko 2.** Yhteenvedo metsien inventointiin soveltuvista kaukokartoitusmateriaaleista.

Materiaali	Spatiaalinen resoluutio	Spektrinen resoluutio	Temporaalinen resoluutio	Aineiston hinta	R2
Ilmakuvat, lentokorkeus 4000 m*	0,5 m	3 kanavaa, näkyvä valo + lähi-infra	Kuvaus tilattava, pilvisyys ongelma	0,05 - 0.5 €/ha	0,5
Ilmakuvat, lentokorkeus 2000 m*	0,25 m	3 kanavaa, näkyvä valo + lähi-infra	Kuvaus tilattava, pilvisyys ongelma	0,05 - 1 €/ha	0,5
korkean resoluution sat. kuvat	0,5 - 5 m	1 - 3 kanavaa	Kuvaus tilattava, pilvisyys ongelma	0,1 - 0.5 €/ha	0,4
keskiresoluution sat. kuvat	10 - 50 m	3 - 7 kanavaa, näkyvä valo, lähi-infra, lämpökanava	Kuvaus automaattinen (15-20 päivän välein), pilvisyys ongelma	vanhat ilmaisia, muut alle 0,01 €/ha	0,4
Karkean resoluution sat. kuvat	50 m - 1 km	3 - 7 kanavaa, näkyvä valo, lähi-infra, lämpökanava	kuvaus automaattinen monta kuvaa päivä - 20 päivää), pilvisyys	ilmaisia	0,1
keskiresoluution tutkasat. kuva	20 - 30 m	Mikroaaltojen aallonpituusalue, yksi kanava	Kuvaus tilattava, pilvet ei ongelma, kuvia useita päivässä	0,01 €/ha	0,3
korkean resoluution tutkasat. kuva	1 - 3 m	Mikroaallot, useita polarisaatioita ja kanavia (esim X ja L)	Kuvaus tilattava, pilvet ei ongelma, (5-20 päivää)	0,5 - 1 €/ha	0,3
Spektrometri	1 - 5 m	Satoja kanavia, näkyvä valo, lähi-infra	Kuvaus tilattava, pilvisyys ongelma	10 - 20 €/ha	0,7
Laserkeilaus		Lähi-infra, korkeus + intensiteetti, tulevaisuudessa useampikanavaista	Kuvaus tilattava, riippumaton auringon valaisuolosuhteista	0,3 - 3 €/ha (pelkkä ALS-data)	0,8

\*lentokorkeus voi olla 0,5 m resoluutiolla maksimissaan noin 7000 m ja 0,25 m resoluutiolla noin 4000 m.

### 7.1.2 Kaukokartoituksen käyttö Suomen metsätaloudessa ja vaihtoehdot

Metsiin liittyvää tietoa voidaan kerätä kaukokartoituksen avulla monella tasolla. Kartoitus on mahdollista tehdä koskien yksittäisiä puita, tietyn suuruisia ja muotoisia koealoja,

## Tavoitetila

metsikkökuvioita, metsätiloja tai suurempia metsäalueita. Kaukokartoitusta on perinteisesti käytetty apuna sekä kuvioittaisessa arvioinnissa että laajojen metsäalueiden otantapohjaisessa inventoinnissa. Uusin teknologia mahdollistaa myös puukohtaiset mittaukset. Kaukokartoitustietoa voidaan käyttää pää- tai lisätietolähteenä metsien inventoinnin lisäksi metsäsuunnittelun ja puunhankinnan strategisessa ja operatiivisessa suunnittelussa, puun korjuussa ja kuljetuksessa, metsäkiinteistöjen hallinnassa ja arvonmäärityksessä, metsänhoitotöiden suunnittelussa ja seurannassa sekä luonnon monimuotoisuuteen liittyvien tunnusten, kuten avainbiotooppien kartoituksessa.

Suomessa kehitettiin 1990-luvun alussa kaksi merkittävää menetelmäkokonaisuutta satelliittikuvien, numeeristen paikkatietoaineistojen sekä maastomittausten yhdistämiseen metsävarojen inventoinnissa: 1) ei-parametriseen k:n lähimmän naapurin (k-nn) menetelmään perustuva monilähdeinventointi, jota hyödynnetään VMI:ssa yleistettäessä maastossa mitattujen koalojen tietoja pienalueille ja 2) monilähteiseen aputietoon ja kaksivaiheiseen otantaan osituksella perustuva satelliittikuvat metsien inventoinnissa (SMI) ohjelmistokokonaisuus. Keskeisenä ideana on, että menetelmien avulla voidaan tuottaa luotettavaa metsävaratietoa kustannustehokkaasti pienemmille alueille kuin pelkästään maastomittauksiin perustuvalla koelaotannalla.

VMI:n monilähdeinventoinnissa maastossa mitattuja tietoja yleistetään keskiresoluution (Landsat TM) satelliittikuvan pikseleille ei-parametrisella k:n lähimmän naapurin (k-nn) menetelmällä. Menetelmän lähtökohta on, että kukin satelliittikuvan pikseli tulkitaan vertaamalla sen piirrearvoja (esimerkiksi sävyarvo) maastossa mitattujen koalojen piirrearvoihin. Piirreavaruudessa k:n (esimerkiksi 5) lähimmän maastomittauskoalan tiedot yhdistetään tulkittavaan pikseliin. Maastomittauskoalojen keskinäistä merkitystä voidaan säädellä painokertoimien avulla. Menetelmän tuottamien tulosten kannalta keskeistä on painokertoimien lisäksi lähimpien naapureiden lukumäärän sekä kaukokartoituspiirteiden valinta. K-nn -menetelmän etuna voidaan nähdä etenkin se, että kaikki maastossa mitatut puusto- ja kasvupaikkatunnukset (VMI:ssa yli 100) saadaan liitettyä yhdellä kertaa tulkittavaan pikseliin. Toisaalta tällöin on muistettava, että menetelmän taustalla on keskiresoluution satelliittikuvan tulkinta, eli tunnusten tulkintatarkkuus vaihtelee. Käytännössä VMI:n monilähdeinventoinnin tulos on luotettavaa yli 100 ha alueilla. Sen sijaan kuvio- ja koelatasolla virheet ovat samaa luokkaa kuin keskiresoluution satelliittikuvatulkinnassa, eli esimerkiksi puuston keskitilavuuden suhteellinen keskivirhe on yli 50 %.

Huolimatta satelliittikuvien tuomasta merkittävästä lisäarvosta suuralueiden inventoinnissa, operatiivisen metsäsuunnittelun menetelmä säilyi lähes muuttumattomina viisikymmentä vuotta, eli ilmakuvatulkintaa hyödynnettiin kuvioden rajauksessa ja varsinaiset puuston ja kasvupaikkatunnusten mittaukset tehtiin maastossa. Suurimpana syynä tähän oli se, ettei satelliitti- tai ilmakuvien numeerisella kuvatulkinnalla lukuisista yrityksistä huolimatta päästy riittävään kuvio- ja koelatasoon tarkkuuteen. Esimerkiksi keskiresoluution satelliittikuvien tulkinnalla päästään kuviotasolla keskitilavuuden osalta 45 - 55 % suhteelliseen keskivirheeseen, mikä ei ole riittävä tarkkuus operatiivista metsäsuunnittelua ajatellen.

## Tavoitetila

1990-luvun alkupuolelta lähtien on kehitetty menetelmiä numeeristen ilmakuvien hyödyntämiseen. Alkuvaiheessa keskityttiin koeala- ja kuviotason piirrepohjaiseen ilmakuvatulkintaan, myöhemmin puutason 2D- ja 3D-menetelmiin. Tavoitteena on ollut siirtyä operatiivisessa metsäsuunnittelussa visuaalisesta kuvatulkinnasta automaattiseen tai puoliautomaattiseen tulkintaan tai kuvamittaukseen joko kuvio- tai puutasolla. Piirrepohjaista metsävarojen ilmakuvatulkintaa ovat Suomessa kehittäneet mm. Markus Holopainen, Perttu Anttila, Anssi Pekkarinen, Sakari Tuominen, Pekka Hyvönen sekä Petteri Packalén. Ilmakuvien avulla on tulkittu koeala- tai kuviotasolla puustoon ja kasvupaikkaan liittyviä tunnuksia sekä niihin liittyviä muutoksia. Ilmakuvatulkinnan ongelmana ovat olleet keskusprojektiivisuudesta ja alhaisesta kuvauskorkeudesta aiheutuvat radiometriset erot kuvien sisällä ja välillä. Radiometristen ongelmien vähentäminen onkin ollut keskeinen tutkimusaihe piirrepohjaisten ilmakuvamenetelmien hyödyntämisessä. Siirtyminen skannatuista negatiiveista digitaalisten mittakameroiden käyttöön paransi ilmakuvien radiometriaa ja vähensi radiometrisia ongelmia.

Numeeristen ilmakuvien sävy- ja tekstuuripiirteisiin perustuneen koeala- ja kuviotason tulkinnan rinnalla 1990-luvun loppupuolella alettiin kehittää yksittäisten puiden mittaamiseen perustuvia menetelmiä. Alkuvaiheessa yksinpuinmittaus tapahtui 2D-tulkintana. Ideana oli hakea sävyarvomaksimien kautta yksittäisten puiden paikat ilmakuvilta, jonka jälkeen automaattisella segmentoinnilla määritettiin latvusten koko ja ilmakuvapiirteiden avulla puulaji. Latvuksen koon ja puulajin avulla voidaan allometristen mallien avulla mallintaa puun läpimittaa, jota kautta päästään kiinni koealan tai kuvion runkolukusarjaan. Ilman puiden pituustietoa allometristen mallien mallivirhe on kuitenkin niin suuri, että 2D-tulkinnan tarkkuus ei ole riittävä metsävaratietojen keruuta ajatellen.

Yhteenvedona niin piirrepohjaisista ilmakuvamenetelmistä kuin 2D-menetelmistä voidaan sanoa, että kuvatulkinnan tarkkuuden on todettu olevan keskiresoluution satelliittikuvia parempaa, mutta kuitenkin selvästi perinteistä maastossa suoritettavaa kuvioittaista arviointia huonompaa. Samaan tarkkuustasoon numeeristen ilmakuvien piirrepohjaisen tulkinnan kanssa on nykyisin mahdollista päästä myös erittäin korkean resoluution tutkasatelliittikuvien avulla, joiden etuna on niiden temporaalinen resoluutio, eli saatavuus kaikissa kuvausolosuhteissa. Hannu ja Juha Hyyppä (Comparing the accuracy of laser scanner with other optical remote sensing data sources for stand attribute retrieval. Photogrammetric Journal of Finland 16(2)) vertasivat vuonna 1999 julkaistussa tutkimuksessaan (Comparing the accuracy of laser scanner with other optical remote sensing data sources for stand attribute retrieval. Photogrammetric Journal of Finland 16(2)) lähes kaikkia metsien inventointiin tuolloin käytössä olleita kaukokartoitusaineistoja samalla tutkimusalueella ja totesivat, että ainoastaan 3D-mittauksiin perustuvilla menetelmillä voidaan päästä metsävaratiedon keruun vaatimalle tarkkuustasolle. Viimeisen reilun kymmenen vuoden aikana alalla onkin koettu merkittävä teknologiaharppaus, kun lentokoneesta tai helikopterista tehtävään laserkeilaukseen perustuva menetelmä on mullistanut niin rakennetun ympäristön kuin luonnonvarojen kartoituksen ja inventoinnin.

Niin kuviokohtaisen puustotunnusten arvioinnissa kuin yksittäisten puiden tunnusten mittaamisessa digitaaliseen fotogrammetriaan ja laserkeilaukseen perustuvilla 3D-menetelmillä

## Tavoitetila

päästään puustotunnusten estimoinnissa vähintään samaan tarkkuustasoon kuin perinteisessä maastossa tehtävässä kuvioittaisessa metsävaratiedon arvioinnissa. Laserkeilausta on hyödynnetty myös lukuisissa ekologisissa sovelluksissa, kuten puiden pituuskasvun mittauksessa, lahoppuuston määrän ja kasvupaikkojen estimoinnissa sekä puuston harsuuntumisen ja lehtipinta-alan arvioinnissa. Puulajeittaisessa tulkinnessa on edelleen epävarmuuksia ja tietyn läpimittaisten ja laatuisten puiden havaitseminen on oma tehtävänsä. Puulajitulkinnaa ja puutavaralajiestimaatteja pystytään parantamaan, kun tiheäpulsiset (5 - 10 pistettä/m<sup>2</sup>) laserit ovat kustannustehokkaita. Tutkimuksissa on myös todettu, että elävien oksien alaraja on mahdollista tulkita laserkeilausaineistosta.

Laserkeilauksen lisäksi yksi testatuimpia 3D-menetelmiä viime vuosina ovat olleet pistepilvet, jotka on laskettu ilmakuvasta, tutkakuvasta tai satelliittikuvista. Menetelmä perustuu kuvakorrelaatio-menetelmään, jota on kehitetty edelleen. Tulokset ovat parantaneet perinteisiä ilmakehän-, tutkakuvaa- ja satelliittikuvaeestimaatteja, mutta eivät yllä ALS menetelmien tasolle. 3D ilma- ja satelliittikuvamenetelmien ongelma on runsaan kuvamateriaalin tarve, joten niiden tehokas hyödyntäminen edellyttää ilmaisia aineistoja. Tyypillisesti korkearesoluutioiset paremmat materiaalit eivät ole ilmaisia. Jollain aikavälillä voidaan olettaa, että aineistojen saatavuus kuitenkin paranee. Lisäksi menetelmät vaativat aina laserkeilausaineistolla tuotetun tarkan maanpintamallin, jota menetelmillä ei voida tuottaa.

### 7.1.3 Maastomittaukset ja niiden vaihtoehdot

Metsien maastomittauksissa uutta tekniikkaa on hyödynnetty varsin hitaasti. Yksittäisiä laitteita on lähinnä räätälöity tutkimuksen tarpeisiin käytännön maastomittauslaitteiden pysyessä samanlaisina. Puuston mittaukset on jo kymmeniä vuosia toteutettu pääosin relaskoopilla, mittasaksilla, hypsometrillä ja mittanauhalla. Mittavälineistö rajoittaa myös puista mitattavia tunnuksia. Esimerkiksi rinnankorkeusläpimitta on perinteisesti keskeisin yksittäisestä puusta mitattava tunnus, mutta itse asiassa paljon kiinnostavampaa olisi pystyä mittaamaan runkomuoto. Perinteisin menetelmin yläläpimittojen mittaaminen on ollut epätarkkaa, eikä koko runkoprofiilin mittaaminen pystyistä ole ollut edes mahdollista. Kameraperusteisilla mittajärjestelmillä rungon yläläpimittoja on yritetty mitata jo 1950-luvulta lähtien. Koejärjestelyt ovat olleet monimutkaisia ja mittaukset eivät täten ole olleet käytännöllisiä. Tosin mittaustarkkuuden osalta on päästy varsin hyviin tuloksiin jo varhaisessa vaiheessa. Digitaalikameroiden yleistymisen on tehnyt kamerasta varteenotettavan laitteen metsän mittaamiseen. Kuvan skaalaukseen ja mittauksen automatisointiin liittyvät ongelmat ovat pitäneet kameraan perustuvat mittausjärjestelmät pitkään tutkimusasteella. Lisäksi pelkkä läpimitan mittausominaisuus ei riitä, samalla laitteella pitäisi saada mitattua myös muut koealalta tarvittavat tunnuksat.

Puun pituuden mittauksessa hypsometrin mittausperiaate on viety ultraääntä- tai laseria hyödyntäviin etäisyyden- ja kulman mittauslaitteisiin, joiden avulla pituuden mittaus onnistuu helposti. Elektronisia mittasaksia, joihin voidaan tallettaa mitattu läpimitta, on myös kehitetty ja

## Tavoitetila

otettu käytäntöön. Laitteiden ongelmana on, että mittaaja joutuu liikkumaan paikaltaan jokaista mitattavaa puuta varten. Niin läpimitan kuin pituuden mittauksen osalta tavoitteena pitäisi olla, että mittaaja pystyy mittaamaan kaikki koealalta tarvittavat tunnuksat liikkumatta koealan keskipisteestä.

Ympyräkoalojen puuston mittaaminen perinteisin menetelmin on työlästä. Puustotietojen mittaamiseen kuuluu yleensä koealan paikannus ja rajausta, puiden sijaintien määrittäminen, läpimittojen luku, sekä koepuiden pituuksien mittaaminen. Koealan puustosta riippuu, mikä on mittauksen työläin vaihe. Vastaaviin tehtäviin on jo olemassa automatisoituja tai puoliautomaattisia tekniikoita, mutta niistä ei ole vielä kehitetty maasto-olosuhteissa toimivia metsäsovelluksia. Uuden teknologian tuonti metsäolosuhteisiin on haasteellista. Mittalaitteen pitää olla kevyt ja helposti liikuteltava. Maastokelpoisen laitteen pitää kestää mm. vaihtelevia lämpötiloja, kosteutta ja pieniä kolhuja. Nämä laitteen mekaaniset vaatimukset ovat vaikeita toteuttaa puhumattakaan itse mittaamisen automatisoinnista, sillä metsäympäristö on monimuotoinen. Perinteisten mittavälineiden etuna on ollut ennen kaikkea niiden helppokäyttöisyys, kestävyys ja edullisuus.

Metsänmittauslaitteiden kehitystä ovat osaltaan hidastaneet rajalliset markkinat. Pitkien tuotekehitysprojektien rahoittaminen ei ole houkuttellut yrityksiä. Yksittäisten projektien rahoitus on usein loppunut jo ensimmäiseen prototyyppivaiheeseen, eikä laitteen kehityksessä ole päästy juuri ideaa pidemmälle. Metsänmittauslaitteiden kehitys ei myöskään onnistu ilman poikkeittieteellistä yhteistyötä. Metsänhoitajilla on harvoin tarvittavaa osaamista tekniikan alalta, eikä insinööreillä taasen ole riittävää näkemystä käytännön maastotöiden vaatimuksista.

Puun runkotilavuuden lisäksi puun laatu on ratkaiseva tunnus puutuoteteollisuuden lopputuotteiden arvon näkökulmasta. Tukkien laatuun vaikuttaa mm. rungon suoruus/lenkous, puuaineen tiheys sekä oksien lukumäärä ja niiden koko. Perinteisesti tukkien laatua on määritetty lähinnä visuaalisesti, sillä ei ole ollut objektiivista menetelmää arvioida tukin laatua maastossa. Laadun lisäksi puun kokonaisbiomassan määrittäminen voidaan nähdä jatkossa tärkeäksi. Runkoprofiilin, oksikkuuden, latvustunnusten ja biomassan kuvaamiseen tarvittaisiin uusia mittausmenetelmiä.

#### 7.1.4 Maastomittauksen teknisten laitteiden piirteitä

Helsingin yliopiston metsävarojen käytön laitoksella (nykyisin metsätieteiden laitos) on kehitetty lasermittaukseen perustuvia maastomittausmenetelmiä 1990-luvun lopusta lähtien, jolloin aloitettiin laserrelaskoopin kehityshanke. Tuolloin tavoitteena oli kehittää mittalaite, jolla koealan puusto voidaan mitata käymättä puiden luona. Mittalaite koostui säädettävästä relaskoopin hahlostasta, elektronisesta kompassista, kulma-anturista ja etäisyysmittarista, tiedonkeruuyksiköstä sekä GPS -vastaanottimesta. Laitteella voitiin mitata koealan runkolukusarja, puiden pituudet sekä sijainnit (suunta ja etäisyys) koealan keskipisteestä puita koskematta. Läpimitan mittaus perustui relaskoopin periaatteeseen, jossa relaskoopin hahlo säädettiin vastaamaan puun ääri viivoja, jolloin läpimita saatiin verrannon avulla, kun tiedetään

## Tavoitetila

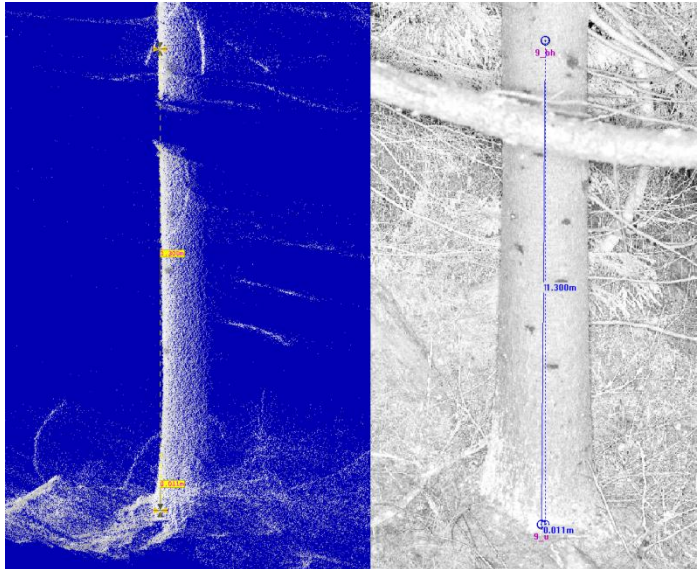
etäisyys puuhun sekä relaskoopin hahlon leveys ja varren pituus. Parhaimmillaan laserrelaskoopilla on saavutettu läpimitan mittauksessa 8,2 mm:n keskihajonta (Laasasenaho ym. 2002), mutta ongelmana oli mittauksen subjektiivisuus ja herkkyys virheille. Puun sijainti ja pituus saatiin mitattua vastaavalla tarkkuudella kuin perinteisissä maastomittauksissa. Läpimitan mittauseron poistamiseksi hankkeen seuraavassa vaiheessa kehitettiin laser- ja digikuvatekniikkaan perustuva mittalaite, laserkamera. Laserkamerassa läpimitan mittaus perustuu runkoon heijastettavaan laserviivaan ja pisteeseen, joiden avulla digitaalikuva voidaan mitata puun läpimita. Laserkameralla läpimitanmittaus on objektiivista, nopeaa sekä vaivatonta.

Vaikka laserrelaskoopissa oli vielä paljon tarvetta jatkokehitykselle, niin tulee huomioida, että laite oli jo kykenevä haastamaan tehokkuudessa perinteiset menetelmät ympyräkoalojen mittaamisessa. Yksi mittaaja pystyi mittaamaan koalan puustotiedot ja puukartan koalan keskipisteestä käsin keskimäärin 15,5 minuutissa. Aiemmin kuvioittaisessa arvioinnissa ei kuitenkaan ollut samanlaista tarvetta ympyräkoalojen tehokkaaseen mittaamiseen kuin nyt. Tähänastisten kokemusten perusteella laserrelaskoopista edelleen kehitetty laserkamera on potentiaalinen menetelmä kustannustehokkaaksi metsävaratiedon keruun tiedonkeruulaitteeksi. Etenkin mittausnopeus on parantunut uuden läpimitanmittausmenetelmän myötä. Laserkamera kaipaa vielä hieman jatko- ja tuotekehitystä ennen kuin se on valmis käytäntöön. Laserkameraan pitää yhdistää laserrelaskoopin ominaisuudet määrittää puun sijainti ja pituus. Itse mittausmenetelmä on toimiva ja suurin osa laitteen jatkokehitystä on automatiikan säätämistä, sekä ohjelman käyttöliittymän kehitystä. Tavoitteena on, että laserkamera olisi ainoa laite, jota maastomittaja tarvitsee mukanaan.

Lentokoneesta tehtävä laserkeilaus on tullut muutamassa vuodessa yleisesti tunnetuksi menetelmäksi. Laserkeilauksen muut sovellukset, kuten maalaserkeilaus metsän sisältä (TLS), on jäänyt vähemmälle huomiolle. Toimintaperiaatteeltaan TLS on vastaava kuin lentokoneeseen sijoitettava keilain: etäisyys kohteeseen mitataan laseretäisyysmittarilla, ja kun lasersäteen suunta tunnetaan, voidaan laskea kohdepisteen 3D-koordinaatit. Maalaserkeilaimet jaetaan etäisyysmittausperiaatteen perusteella kahteen luokkaan, pulssilaserkeilaimiin ja vaihe-erokeilaimiin. Pulssilaserkeilaimet määrittävät etäisyyden mittaamalla lyhyen laserpulssein kulkuajan keilaimesta kohteeseen ja takaisin. Vaihe-erokeilaimet lähettävät jatkuvaa lasersädettä, ja etäisyys määritetään lähtevän ja palaavan säteen vaihe-erosta. Pulssilaserkeilaimien voidaan katsoa sopivan paremmin laajojen alueiden kartoitusmittauksiin, jolloin etäisyys kohteeseen voi olla jopa kilometrin, kun taas vaihe-erokeilaimet ovat parhaimmillaan lähellä olevien kohteiden, kuten yksittäisten puiden ja koalojen yksityiskohtaisemmassa mittauksessa. Maalaserkeilainten sijaintimittauksen tarkkuus on parhaimmillaan alle 1 cm.

Maastolaserkeilaimella voidaan tuottaa nopeasti tiheä 3D-pistepilvi ympäröivästä puustosta. Mittausaika riippuu haluttavasta pistetiheydestä ja mittausalasta. Esimerkiksi nykyaikaisella vaihe-erokeilaimella koko ympäröivän tilan mittaus noin 70 metrin etäisyyteen asti kestää nelisen minuuttia, kun mittauksen pisteväli on 6,3 mm 10 metrin päässä keilaimesta. Yksi keilaus tuottaa

tällöin noin 40 miljoonaa 3D-pistettä. Tästä pistepilvestä voidaan periaatteessa mitata esimerkiksi näkyvien puiden sijainti, pituus, latvuspeitto, puulaji ja runkokäyrä. Tosin kaikki nämä ominaisuudet ovat mitattavissa niillä rajoituksilla, mitkä puustotiheys, -peitteisyys ja mittausgeometria asettavat. Yhdistettäessä useita koealasta tehtyjä keilauksia vältetään katveiden ja epätasaisen pistetiheyden aiheuttamilta ongelmilta. Työmäärä tosin lisääntyy huomattavasti sekä maastossa että jälkikäsittelyssä, kun eri keilauksia yhteensovitetään toisiinsa. Nykyinen menetelmä vaatii paljon prosessointia, koska menetelmät ovat vielä automatisoimatta ja kehityksen alla.

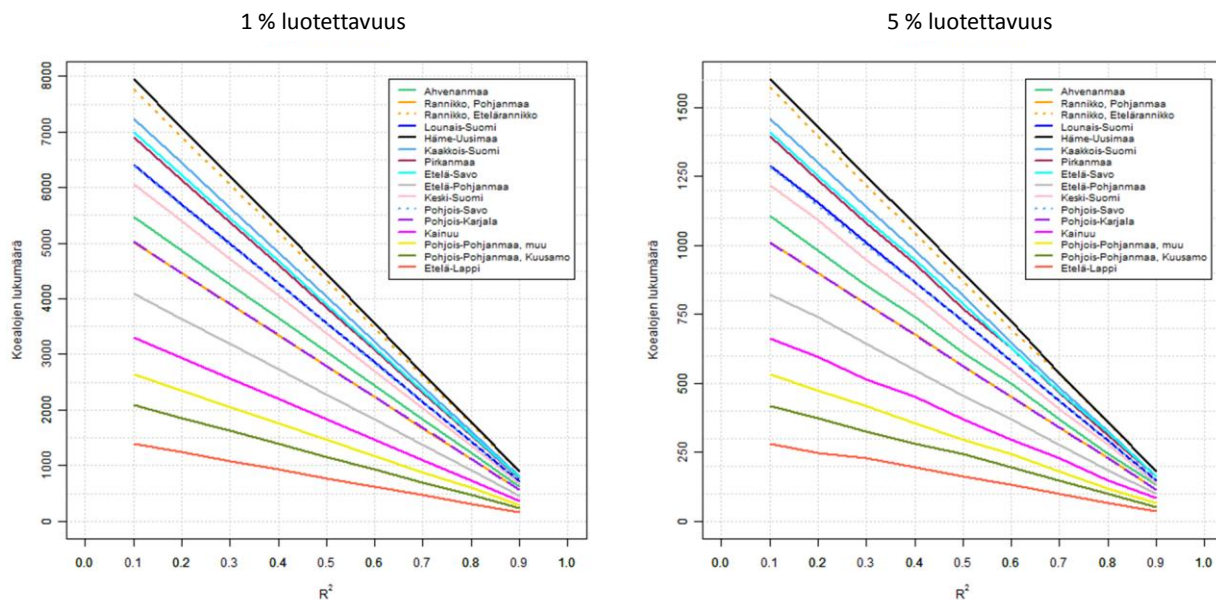


**Kuva 5.** TLS:llä mitattua kuusen runkoa, vasemmalla pistepilvi sivusta katsottuna (yläosassa näkyy rungon ja keilaimen välissä olevan oksan aiheuttama katvealue) ja oikealla pistekuva, jossa kunkin mitatun pisteen intensiteetti on kuvattu harmaasävyinä. Kuvassa näkyy myös manuaalisesti tehtyjä mittauksia (puun tyvi ja rinnankorkeus) (Kuva Holopainen ym. 2015).

Trestiman kännykkäpohjainen puustonarviointimenetelmä perustuu kännykkäkameran kuvamittaukseen. Käytännössä se perustuu relaskooppi-periaatteeseen ja fotogrammetriaan, jossa koealana toimii kännykkäkuvan kattaman alueen sektori. Mittaaja ottaa metsästä kattavasti kuvia TRESTIMA® -sovelluksella. Jokainen kuva on uusi koeala ja tarkoittaa metsäarviota, mutta yhtiön mukaan tavallisesti 5 - 10 kuvaa riittää metsäkuviota kohden. Sovellus toimii pilvipalveluna ja laskee automaattisesti kullekin puulajille tilavuudet puutavaralajeittain. Käyttämällä ajankohtaisia paikkakunnan hintatietoja, voidaan laskea myös mikä on puuston kokonaisarvo. Tiedon tarkkuus riippuu kuvien lukumäärästä ja kuvion sisäisestä vaihtelusta. Lisäämällä kuvien määrää voidaan tarkkuutta parantaa. Menetelmä on kehitetty kuviotason tiedonkeruuseen eikä se sovellu ympyräkoalojen mittaamiseen.

## 7.2 Kaukokartoitusperusteisten tiedonkeruumenetelmien analyysi

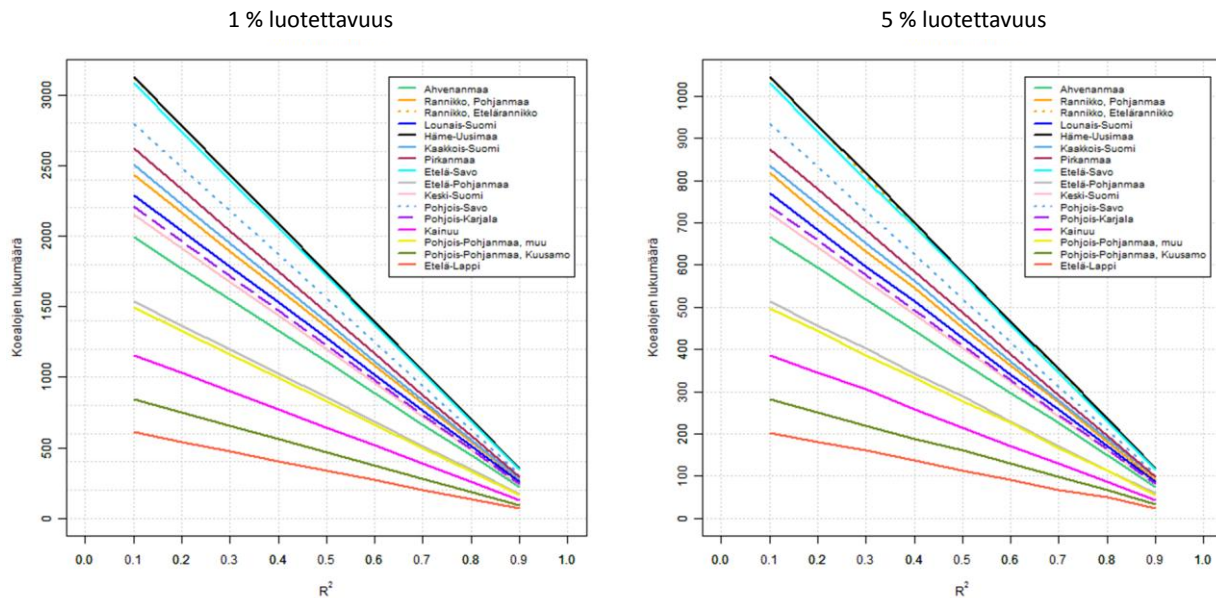
Kaukokartoituksen merkitystä ja maastokoealojen määrän tarvetta tutkittiin tässä hankkeessa VMI:n laskenta-alueiden keskitunnusten avulla. Tarkoituksena on demonstroida, miten Suomen metsien rakenne ja pirstaleisuus vaikuttaa koealojen tarpeeseen ja miten paremmalla kaukokartoitusmateriaalilla voidaan korvata osittain maastotyön määrää. Laskennat on tehty tilastollisen kaksivaiheisen otannan periaatteen ja regressio-estimaatin selityksasteen avulla. Tulokset ovat sovellettavissa VMI-tyyppiseen suuralueinventointiin, mutta ne antavat kuvaa myös SMK:n laserkeilausperusteisen metsävarojen keruun vaatimasta koealamäärästä. Kuvassa 6 on kuvattu yhden ja viiden prosentin kokonaistilavuuden keskiarvon keskivirheellä koealojen määrän tarvetta eri selityksasteilla eri osissa Suomea. Selityksaste oletetaan kokonaistilavuuden ja kaukokartoitusmateriaalin numeeristen piirteiden välille.



**Kuva 6.** Kokonaistilavuuden kartoitukseen tarvittavien maastokoealojen lukumäärä eri kaukokartoitusmateriaalien selityksasteilla vaihtelee eri osissa Suomea. Vasemmalla puolella 1 % keskiarvon keskivirheellä ja oikealla 5 % keskiarvon keskivirheellä, kun tulokset on laskettu kaksivaiheisen otannan periaatteella.

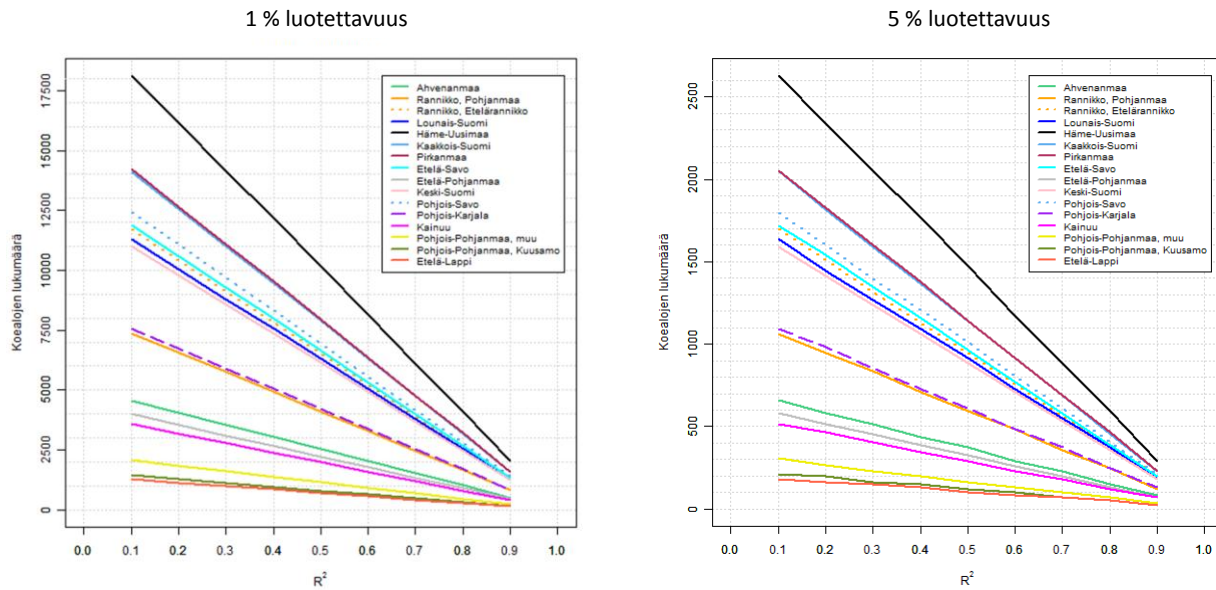
Jos kokonaistilavuuden selityksaste on noudattaa Landsat 5 - 8 satelliittien tasoa (0,5), niin voidaan arvioida, että Etelä-Suomessa ja Etelä-Savossa tarvitaan 1 % tarkkuudelle 3500 - 4500 koealaa ja 5 % tarkkuudelle 650 - 900 koealaa. Ilmakuvien ja tarkkojen satelliittien tapauksessa (0,6) säästetään 1000 ja 150 koealaa vastaavilla tarkkuuksilla. Verrattaessa Landsat 5 - 8 satelliittien tasoa tutkakuvien tapauksessa (0,4) tarvitaan vastaavasti 1 % tarkkuudelle lisää n. 500 koealaa ja 5 % tarkkuudelle 150 koealaa. Laserkeilauksen tapauksessa (0,9) 1 % tarkkuudelle tarvitaan n. 900 koealaa ja 5 % tarkkuudelle 180 koealaa. Lapissa koealojen tarve on noin kuudesosa Etelä-Suomen tarpeesta.





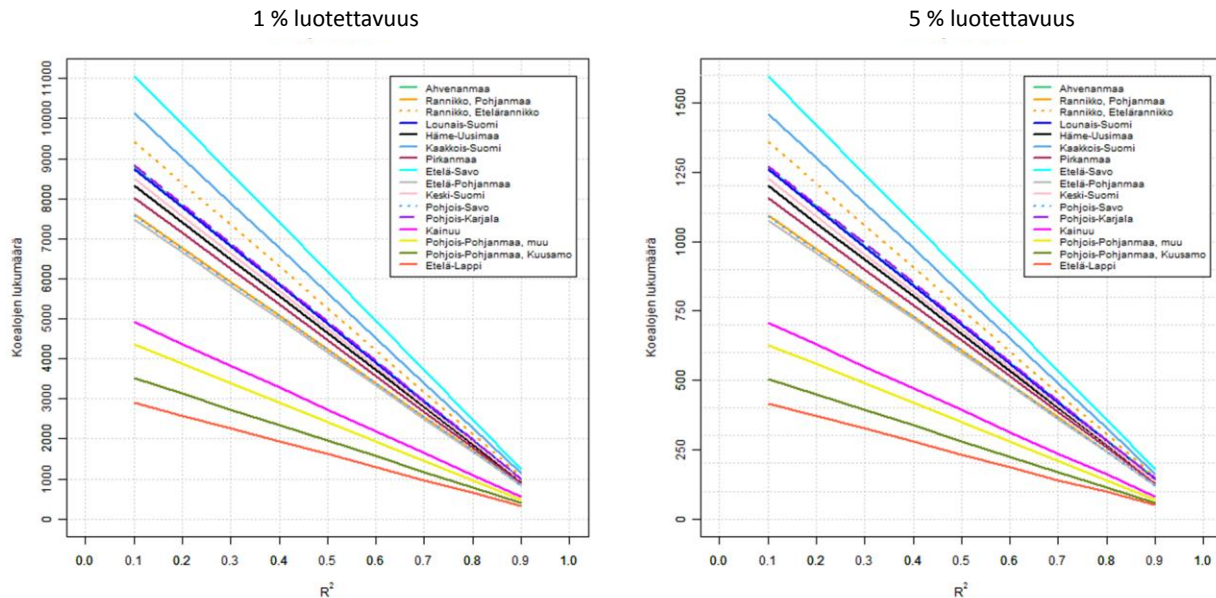
**Kuva 7.** Koivun tilavuuden kartoitukseen tarvittavien maastokoealojen lukumäärä eri kaukokartoitusmateriaalien selitysasteilla vaihtelee eri osissa Suomea. Vasemmalla puolella 1 % keskiarvon keskivirheellä ja oikealla 5 % keskiarvon keskivirheellä, kun tulokset on laskettu kaksivaiheisen otannan periaatteella.

Jos koivun tilavuuden selitysaste on noudattaa Landsat 5 - 8 satelliittien tasoa (0,5), niin voidaan arvioida, että Etelä-Suomessa tarvitaan 1 % tarkkuudelle 1200 - 1800 koealaa ja 5 % tarkkuudelle 400 - 600 koealaa. Ilmakuvien ja tarkkojen satelliittien tapauksessa (0,6) säästetään 1000 ja 150 koealaa vastaavilla tarkkuuksilla. Verrattaessa Landsat 5 - 8 satelliittien tasoa tutkakuvien tapauksessa (0,4) tarvitaan vastaavasti 1 % tarkkuudelle lisää n. 500 koealaa ja 5 % tarkkuudelle 150 koealaa. Laserkeilauksen tapauksessa (0,9) 1 % tarkkuudelle tarvitaan n. 900 koealaa ja 5 % tarkkuudelle 180 koealaa. Etelä-Lapissa koealojen tarve on Landsatille vastaavasti 350 ja 100 koealaa. Pohjois-Pohjanmaalla tarvitaan ko. materiaalilla vastaavasti 800 ja 300 koealaa. Tämä tarkoittaa, että koivun määrän arvioinnissa Pohjanmaalla, Kainuussa ja Lapissa voidaan käyttää pienempiä koealamääriä.



**Kuva 8.** Kuusen tilavuuden kartoitukseen tarvittavien maastokoealojen lukumäärä eri kaukokartoitusmateriaalien selitysasteilla vaihtelee eri osissa Suomea. Vasemmalla puolella 1 % keskiarvon keskivirheellä ja oikealla 5 % keskiarvon keskivirheellä, kun tulokset on laskettu kaksivaiheisen otannan periaatteella.

Jos kuusen tilavuuden selitysaste on noudattaa Landsat 5 - 8 satelliittien tasoa (0,5), niin voidaan arvioida, että Häme-Uusimaassa tarvitaan 1 % tarkkuudelle yli 10000 koealaa ja 5 % tarkkuudelle 1500 koealaa. Keskisessä Suomessa riittäisi vastaavasti 6000 ja 800 koealaa. Ilmakuvien ja tarkkojen satelliittien tapauksessa (0,6) säästetään 2000 ja 300 koealaa vastaavilla tarkkuuksilla. Verrattaessa Landsat 5 - 8 satelliittien tasoa tutkakuvien tapauksessa (0,4) tarvitaan vastaavasti 1 % tarkkuudelle lisää n. 2000 koealaa ja 5 % tarkkuudelle 300 koealaa. Laserkeilauksen tapauksessa (0,9) 1 % tarkkuudelle tarvitaan n. 2000 koealaa ja 5 % tarkkuudelle 300 koealaa. Etelä-Lapissa koealojen tarve on Landsatille vastaavasti 800 ja 50 koealaa. Pohjois-Pohjanmaalla tarvitaan ko. materiaalilla vastaavasti 2000 ja 300 koealaa. Tämä tarkoittaa, että kuusen määrän arvioinnissa Pohjanmaalla, Kainuussa ja Lapissa voidaan käyttää merkittävästi pienempiä koealamääriä. Lounais-Suomessa, Häme-Uusimaalla ja Kaakkois-Suomessa saadaan laserkeilauksella aikaan merkittävää koealojen tarpeen vähentymistä. Pohjanmaalla kuusen kartoituksen koealatarve on Etelä-Lapin luokkaa.



**Kuva 9.** Männyn tilavuuden kartoitukseen tarvittavien maastokoealojen lukumäärä eri kaukokartoitusmateriaalien selitysasteilla vaihtelee eri osissa Suomea. Vasemmalla puolella 1 % keskiarvon keskivirheellä ja oikealla 5 % keskiarvon keskivirheellä, kun tulokset on laskettu kaksivaiheisen otannan periaatteella.

Männyn tilavuuden kartoituksessa vähäisen koealatarpeen osalta erottuvat Etelä-Lappi, Pohjois-Pohjanmaa ja Kainuu. Etelä-Savossa ja Kaakkois-Suomessa männyn kartoituksessa koealojen tarve on suurinta. Jos männyn tilavuuden selitysaste on noudattaa Landsat 5-8 satelliittien tasoa (0,5), niin voidaan arvioida, että Etelä-Suomessa tarvitaan 1 % tarkkuudelle yli 4000 - 6000 koealaa ja 5 % tarkkuudelle 1500 koealaa. Ilmakuvien ja tarkkojen satelliittien tapauksessa (0,6) säästetään 500 - 1000 ja 300 koealaa vastaavilla tarkkuuksilla. Tutkakuvat (0,4) tarvitsevasti vastaavasti melkoisesti suuremman määrän maastokoealoja. Laserkeilauksen tapauksessa (0,9) 1 % tarkkuudelle tarvitaan n. 900 - 1300 koealaa ja 5 % tarkkuudelle 120 - 180 koealaa. Etelä-Lapissa koealojen tarve on Landsatille vastaavasti 800 ja 50 koealaa. Pohjois-Pohjanmaalla tarvitaan ko. materiaalilla vastaavasti alle 100 koealaa. Tämä tarkoittaa männyn määrän arvioinnissa Pohjois-Pohjanmaalla, Kainuussa ja Lapissa, että voidaan käyttää merkittävästi pienempiä koealamääriä. Etelä ja Keski-Suomessa saadaan laserkeilauksella aikaan merkittävä koealojen tarpeen vähentymistä.

### 7.3 Metsävaratiedon tuottamisen kustannuksien analyysi

SMK:n metsävaratiedon tuottamisessa kustannukset muodostuvat kaukokartoitusaineistojen hankinnasta, maastokoealojen hankinnasta, aineistojen tulkinna, inventointihankkeen valmistelusta ja viimeistelystä mukaan lukien komi sekä tiedon ajantasaistuksesta. Metsävaratiedon ajantasaisuuden (inventointikierto ja ajantasaistus) sekä tiedon tuottamisen

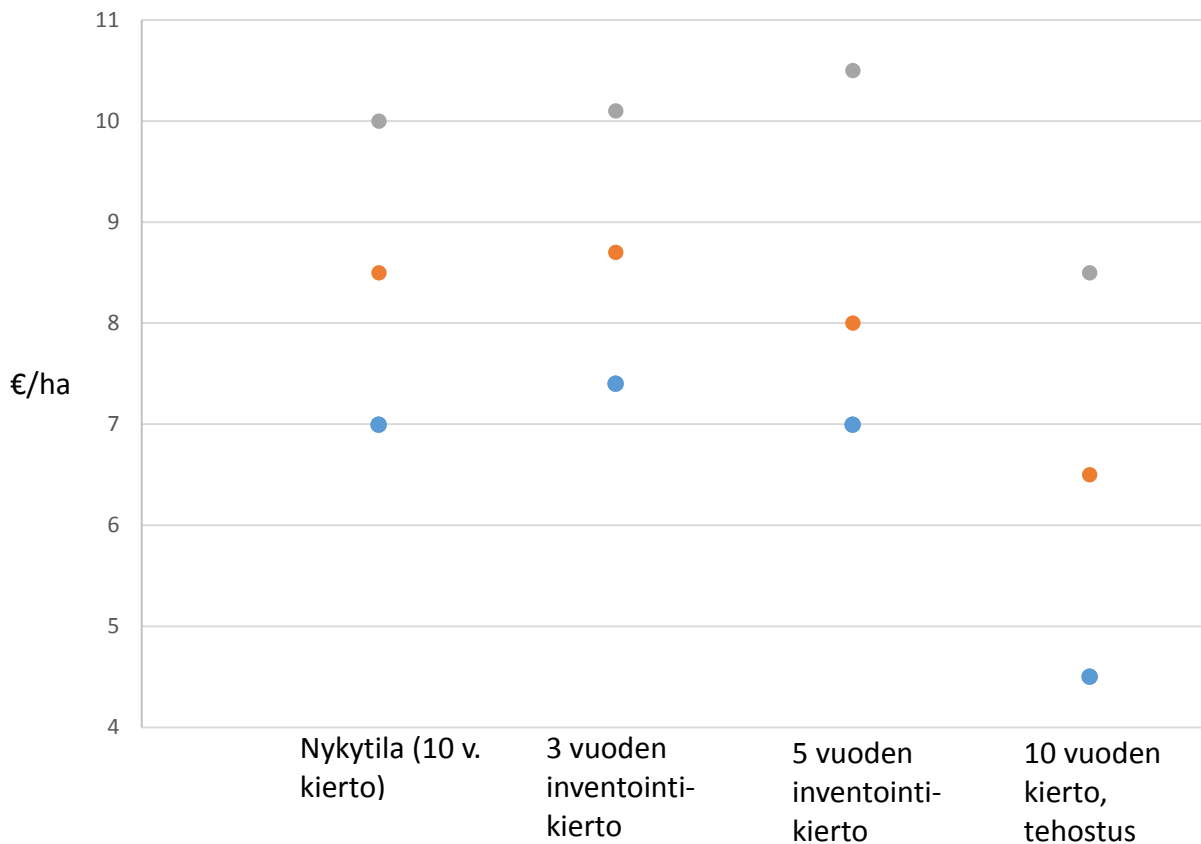
## Tavoitetila

kustannusten vertailemiseksi tehtiin kustannuslaskentaa ja herkkyyssanalyysia kahdella eri vaihtoehtoisella inventointikierrolla verrattuna nykyiseen, jonka lisäksi vertailu tehtiin nykyisellä inventointikierrolla menetelmää tehostamalla. Vertailtavat vaihtoehdot olivat:

- Nykytila (10 vuoden inventointikierto)
- 3 vuoden inventointikierto
- 5 vuoden inventointikierto
- 10 vuoden inventointikierto menetelmää tehostamalla

Kaikki laskelmat tehtiin 10 vuoden inventointikierron skaalauksella, ts. perustaso, johon skaalaus tehtiin, on 10 vuoden välein tapahtuva inventointi ja kustannukset ovat €/inventoitu hehtaari. Myös ajantasaistuskustannus on 10 vuoden ajantasaistus/inventoitu hehtaari.

Nykytilan kustannustaso perustuu SMK:n ilmoittamien keskimääräisten kustannusten vaihteluväliin. Kustannukset sisältävät ajantasaistuksen ja inventointiprosessin mukaan lukien nykytuotoinen komi. 3 vuoden inventointikierrossa luovutaan komista ja ajantasaistuksesta kokonaan ja joka toinen inventointi tehdään ns. väli-inventointi ilman ilmakuvia ja koealoja pelkkään laserkeilaukseen perustuen. Kuvioinnissa siirrytään kokonaan automaattikuviointiin ja maastokoealojen hankinta tehostuu (mittaus tehostuu ja koealamäärä optimoidaan). Herkkyyssanalyysissa huomioidaan lisäksi 20 % tehostus inventoinnin valmistelussa ja viimeistelyssä ja vaihtoehto, että vain 75 %:sta komia luovutaan ja automaattikuvioinnissa saavutetaan vain 50 % säästö nykyiseen verrattuna. 5 vuoden inventointikierrossa luovutaan 75 %:sta komia, ajantasaistus tehostuu merkittävästi automatisoimisen takia (toimenpiteiden palautus hakkuukoneilta), joka toinen inventointi tehdään ns. väli-inventointina ilman ilmakuvia ja koealoja, maastokoealojen hankinta tehostuu ja siirrytään kokonaan automaattikuviointiin. Herkkyyssanalyysissa huomioidaan lisäksi 20 % tehostus inventoinnin valmistelussa ja viimeistelyssä ja vaihtoehto, että ajantasaistuksen automatisointi ei toteudu ja automaattikuvioinnissa saavutetaan vain 50 % säästö nykyiseen verrattuna. Vaihtoehdossa 10 vuoden inventointikierto menetelmää tehostamalla lähtökohtana on nykytilan oletusarvo. Tehostamistoimenpiteissä luovutaan 75 %:sta komia, ajantasaistus tehostuu merkittävästi automatisoimisen takia, maastokoealojen hankinta tehostuu ja siirrytään kokonaan automaattikuviointiin. Herkkyyssanalyysissa joko 100, 50 tai 0 % tehostumisesta toteutuu. Vertailun tulokset on esitetty kuvassa 10.



**Kuva 10.** SMK:n metsävaratietojen tuottamisen kustannusten analyysi. Harmaa vaihtoehdon maksimikustannus, ruskea oletuskustannus ja sininen minimikustannus.

#### 7.4 VMI:n ja SMK:n koealojen yhteiskäyttö

Suomessa on kaksi valtakunnallista inventointijärjestelmää. VMI:n kustannuksissa maastokoealojen keruu on merkittävä tekijä. Sen sijaan SMK:n metsävaratiedon tuottamisen kokonaiskustannuksista maastokoealojen osuus on nykyisin vain noin 5 %. Maastotiedonkeruun päällekkäisen työn vähentämiseksi, kustannusten vähentämiseksi ja VMI:n tiedonkeruun kehittämiseksi SMK:ssa ja Lukessa on tutkittu ja testattu inventoinneissa käytettävien koealojen yhteiskäyttöä. Lukessa on tehty aiheeseen liittyviä kokeita 1150 koealan aineistolla. Seuraavassa esitetyt tulokset perustuvat Kai Mäkisaran esitykseen Taksattoriklubin kevätseminaarissa 2015. Kokeita ovat tehneet tutkijat Erkki Tomppo, Nea Kuusinen ja Matti Katila. Kokeet koskivat SMK:n kehitysluokkia 2-4 (VMI 4-6), ja koealat olivat jakamattomia. Käytetyt estimointimenetelmänä oli k-NN, jonka piirteet (laser- ja ilmakuva-piirteitä) piirrepainot oli määritetty geneettisellä algoritmilla. Tulokset laskettiin seuraaville koealatyypeille:

1. kiinteäsäteiset koealat 45 mm puiden alarajalla (SMK),
2. vaihtuva säde läpimitan mukaan 45/75 mm puiden alarajalla (k75)

3. vaihtuva säde läpimitan mukaan 45/95 mm puiden alarajalla (k95)
4. relaskooppikoealat kertoimilla 1,0, 1,5 ja 2,0 (q1, q1,5, q2)

Pääosin tutkittiin kokonaistuloksia, mutta myös erikseen tuloksia niissä tapauksissa, joissa pienten puiden pois jääminen 5,64 - 9,00 m etäisyydellä saattaisi vaikuttaa. Taulukossa 3 on vertailtu eri koeala-tyyppejä. Pienten puiden määrän mittaus korostuu SMK:n koealatyypissä. VMI:ssä ei ole tarpeen suuri pienten puiden mittaus ja sen vaikutus maastotöiden ajankäyttöön ja tehokkuuteen on merkittävä.

**Taulukko 3.** Leave-one-out -menetelmällä estimoitujen puustotunnusten keskivirheet ja harhat eri koealatyypeille (Taulukko Kai Mäkisara, Luke).

	RMSE/harha					
	SMK	k75	k95	q1	q1,5	q2
Tilavuus, $m^3/ha$	40,09	40,10	40,06	40,28	41,21	41,81
	0,21	0,19	0,22	0,50	0,89	1,36
Mänty, $m^3/ha$	47,29	47,29	47,28	47,33	47,63	47,95
	1,48	1,52	1,48	1,77	2,61	2,90
Kuusi, $m^3/ha$	44,54	44,55	44,55	44,70	44,87	44,95
	-0,30	-0,31	-0,30	-0,59	-0,92	-0,85
Lehtipuut, $m^3/ha$	20,73	20,73	20,76	20,89	21,12	21,44
	-0,96	-1,01	-0,96	-0,68	-0,80	-0,69
Keskiläpimitta, cm	2,66	2,66	2,67	2,68	2,70	2,73
	-0,18	-0,16	-0,15	-0,08	-0,00	0,04
Keskipituus, dm	13,09	13,09	13,11	13,20	13,27	13,35
	-1,23	-1,13	-1,06	-0,56	-0,29	-0,04
Ppa, $m^2/ha$	4,65	4,65	4,65	4,71	4,86	4,95
	0,15	0,15	0,15	0,18	0,25	0,27
Runkoluku, kpl/ha	479,20	488,69	492,21	517,75	540,36	556,71
	10,48	8,65	8,97	14,56	13,67	8,16

## 7.5 Päätelmät

Eri kaukokartoitustekniikoiden vertailu kertoo selkeästi, että varteenotettavat tekniikat ovat 3D-tekniikoita. Näistä nykyisin käytössä oleva harvapulssinen lentolaserkeilaus on kustannustehokas menetelmä. Tulosten tarkkuutta voidaan parantaa uusilla tekniikoilla, kuten hyperspektrikuville, monikanavalidarilla, koko aallonpituusalueen keilausaineistolla ja entistä tiheämmillä laseraineistoilla. Menetelmät ovat kuitenkin vielä osittain tutkimusasteella ja tarkkuusparannuksista ja soveltuvuudesta suurten alueiden metsävaratietojen keruuseen ei ole operatiivista näyttöä. Uudet sensorit voidaan ottaa kuitenkin hyvin pian käyttöön operatiivisessa tiedonkeruussa esimerkiksi testialueilla.

## Tavoitetila

Lentolaserkeilaukseen perustuvan menetelmän huonona puolena on heikko tiedon ajantasaisuus. Satelliittipohjaisilla menetelmillä pystyttäisiin tuottamaan tietoa huomattavasti useammin, mutta lähiaikoina ei ole nähtävissä riittävää laatuvarannusta satelliittiaineistoihin, jotta tarkkuusvaatimukseen voitaisiin päästä. Sama koskee ilmakehän aineistoja. Näiden menetelmien soveltuvuus metsävaratiedon keruuseen vaatii siis enemmän tutkimusta ja kehitystä kuin laserkeilaukseen perustuvien menetelmien ennen kuin menetelmiä voidaan harkita käytettäväksi metsävaratiedon keruussa.

VMI-karttojen tuotannossa potentiaalisin uusi teknologia on Sentinel satelliitit, erityisesti Sentinel-2. Aineisto vastaa nykyisin käytettävää satelliittiaineistoa ja on ilmaista. Sentinel-2 aineiston saatavuus ei ole vielä varmistunut, joten aineiston soveltuvuus on vielä kuitenkin epävarmaa.

Lentolaserkeilaukseen perustuvan inventointijärjestelmän mukanaan tuoma tarve tarkoille koealamittauksille luo todellisen käytännön kysynnän uusille maastomittausmenetelmille. Yksi keskeinen kysymys on se, kuinka paljon koealoja aluepohjaisessa laserkeilauksinventoinnissa lopulta tarvitaan, virallisia arvioita tästä ei vielä ole. Luvun 7.2 tilastollisen analyysin perusteella voidaan arvioida, että laserkeilaukseen perustuvien inventointien koealamääriä voidaan tiputtaa merkittävästi Pohjois-Pohjanmaalla ja Kainuussa. Toisaalta Häme-Uusimalla voisi olla tarvetta mitata suhteellisen suuria koeala-määriä. SMK:n tulisi koealatarpeen määrittelyssä huomioida alueelliset erot koealojen tehokkaammaksi hyödyntämiseksi.

VMI-tyyppisen inventoinnin osalta analyysin perusteella voidaan päätellä, että paremmalla kaukokartoitusmateriaalilla päästään n. 1/6 koeala-tarpeesta, kun tarkastellaan puustotunnuksia. Jos yksi koeala maksaa 100 euroa, niin puhutaan merkittävästä summasta (5000 koealaa = 500 000 eur).

Kustannusanalyysin, luku 7.3, perusteella SMK:n metsävaratiedon keruussa ei ole taloudellisesti kannattavaa siirtyä 3 vuoden inventointikiertoon. Lisäksi esitetyssä 3 vuoden inventointikierron luovutaan ajantasaistuksesta, joten vaihtoehdossa tiedon yleinen ajantasaisuus saattaa jopa heiketä nykyisestä ja etenkin 5 vuoden inventointikierron vaihtoehdosta. Viiden vuoden inventointikierto on mahdollinen, kun halutaan parantaa aineiston ajantasaisuutta nostamatta kustannuksia nykytasosta.

Johtopäätöksenä luvussa 7.4 esitetyistä koealojen yhteiskäytön tuloksista on, että VMI:n on tehokkaampaa käyttää omalta kannaltaan optimoituja koealoja ja SMK:n on syytä testata erilaisia koealatyyppejä eri puolella Suomea. SMK:lla voi olla mahdollista tehostaa maasto-otantaa optimoimalla koealan koko ja tyyppi.

Tarvittava määrä koealamittauksia pystytään varmasti tekemään lähivuosina myös perinteisin menetelmin, mutta jos inventointia halutaan edelleen tehostaa, onnistuu se maastomittauksia kehittämällä. Käytännön koealamittauksiin soveltuva kamera, laserkamera taikka maasto-olosuhteisiin soveltuva 2D-keilain voisivat hyvin yleistyä maastomittauksissa seuraavan

## Tavoitetila

kymmenen vuoden aikana. Kokonaan perinteisiä menetelmiä ne eivät tule syrjäyttämään vielä pitkään aikaan. Tiheät, peitteiset puustot, jotka ovat vaikeita mitata millä tahansa menetelmällä, ovat ainakin toistaiseksi optisten menetelmien ulottumattomissa.

TLS mittaukset tulevat avaamaan uusia mahdollisuuksia tutkimuskäytössä. TLS:n kyky luoda tarkkoja 3D-malleja yksittäisistä puista tai kokonaisista metsiköistä on ainutlaatuinen. TLS:n mahdollisuuksia ei kuitenkaan vielä täysin hallita. Tehokkaat keilaimet tuottavat suuren määrän aineistoa, jonka jatkokäsittely on jo sinänsä ongelma, sillä metsän mittaus TLS:n tuottamilta pistepilviltä ei ole toistaiseksi automaattista. Lisäksi laitteet ovat toistaiseksi erittäin kalliita, eivätkä sovellu sellaisinaan maasto-olosuhteisiin.

Tekniikat entistä objektiivisimpiin ja tarkempiin maastomittauksiin ovat pääosin jo olemassa ja niitä hyödynnetään laajalti rakennetun ympäristön kartoituksessa ja mittauksissa. Menetelmiä pitää kuitenkin edelleen kehittää, jotta niistä saadaan operatiiviseen mittaukseen soveltuvia. Osaltaan uusien tekniikoiden yleistymiseen metsän mittauksessa vaikuttavat myös asenteet ja tahto uudistaa perinteistä metsän mittausta: uusia menetelmiä ei pidä nähdä uhkina, vaan kehittää niistä toimivia tulevaisuuden työkaluja.

Suurin yksittäinen parannus saadaan tulevaisuudessa aikaan yhdistämällä hakkuukoneiden tietoja perinteisiin ennusteisiin. Jos hakkuukoneiden tiedonkeruu saadaan organisoitua ja ajotietokoneiden parametrien prosessointi automatisoitua, voidaan puustosta ja toimintaympäristöstä johtaa entistä tarkempia tunnuksia. Aihepiiriä on tutkittu tähän mennessä hyvin rajoitetusti. Lisäksi monia metsänhoidollisen päätöksenteon tunnuksia, kuten taimikon hoitotarvetta, on vaikea ennustaa kaukokartoitusmateriaaleilta. Aihetta on tutkittu myös erittäin tarkasti paikannetuilta spektri-havainnoilta. Siksi tiettyyn osaan metsätiedoista on viisainta kehittää omavalvontaan ja osallistavia mastotiedonkeruumenetelmiä.

## 8 TAVOITETILA

### 8.1 Metsätiedon tietoinfrastruktuurin kehittyminen yleisesti

Tavoitetilan lähtökohtana on, että metsävaratiedon korkeasta laadusta pidetään kiinni, mutta tiedonkeruun osalta järjestelmä tehostuu ja tietotuotteisiin perustuva palvelutoiminta monipuolistuu. Tehostuminen saavutetaan kun julkiset toimijat keskittyvät ydintehtäviinsä. Suurimmat kustannusvaikutukset voidaan saavuttaa lisäarvotuotteiden kaupallistamisella ja yksityispuolen osarahoituksella.

Avoin aineistopolitiikka tuodaan osaksi yksityiskohtaista metsätietoa. Lisäksi metsätoimijoiden sitoutumista automaattiseen toimenpiteiden päivitykseen pidetään tarpeellisena. Avoimessa



aineistopolitiikassa pitää päästä laajojen alueiden kattavuuteen, jotta mahdollisimman tarkkaa tietoa voidaan käyttää lisäarvotuotteissa.

Metsävaratiedon aineiston jakelu organisoidaan osana kansallista paikkatieto-infrastruktuuria ja palvelut liitetään osaksi kansallista palveluarkkitehtuuria. Toimenpideaineiston päivytyksen liittäminen osaksi metsävaratietojärjestelmää täytyy olla mahdollista. Kaikissa metsävaratietojärjestelmissä sitoudutaan yleisen metsävaratietostandardin käyttöön ja tiedonjakeluun standardin pohjalta. Metsävaratietojärjestelmissä hyödynnetään INSPIREN mukaisia standardeja aineistorajapinnoissa. Erityisesti luonto- ja kaavoitustiedon osalta integroidaan muiden viranomaisten aineistot standardeja käyttäen. Eri hallinnonalojen standardien osalta tarvitaan täydennystä ja määritelmien yhteensopivuuden testausta.

Tietojen tarkkuus ja luotettavuus paranee jonkin verran uusien kaukokartoituslaitteiden ja tekniikoiden myötä, mutta suurin parannus saadaan metsäkoneiden ajotietokoneiden aineistojen yhdistämisellä. Niistä voidaan johtaa toimenpidetiedot ja toimenpiteiden jälkeinen puusto sekä tarkentaa maaston olosuhdetietoja. Metsänhoitotoimenpiteiden osalta tiedon ylläpitoa parannetaan hyödyntämällä nykyistä paremmin omavalvontatietoa. Omavalvonnan tiedonkeruuseen ja -siirtoon kehitetään mobiilisovelluksia.

Metsävaratiedon keruussa ja aineistohankinnoissa hyödynnetään eri toimijoiden yhteistyötä. Metsävaratiedon keruu ja metsälakien valvonta yhdistetään tiedonkeruun tehostamiseksi.

Aineistojen avoimuuden osalta on tarvetta päivittää lainsäädäntöä. Lähtökohtaisesti Suomen metsäkeskuksen tuottama laserkeilaukseen perustuva hilatieto on tarpeen avata osaksi metsätiedon infrastruktuuria. SMK ja VMI koeala-aineistojen täytyy olla hyödynnettävissä viranomais- ja tutkimuskäytössä irrotuskustannuksin, sekä sopimusperusteisesti muille toimijoille aineistorajapintapalvelun kautta. Lainsäädännön päivittämisessä huomioidaan EU:n henkilötietodirektiivin edellyttämien muutosten lisäksi INSPIRE-direktiivi ja ympäristötietojen saatavuutta koskeva direktiivi.

Metsävaratietopalvelusta muodostetaan eurooppalainen edelläkävijä metsien käytön hallintaan sekä siihen, miten paikkatietoa voidaan hyödyntää monimuotoisuuden, kulttuuriperinnön ja ekosysteemipalveluiden turvaamisessa. Metsävaratietopalvelusta ja tietoinfrastruktuurin mahdollistamista kaupallisista lisäarvopalveluista muodostuu uusia vientituotteita metsien ja muiden luonnonvarojen hallinnointiin.

## 8.2 Tietosisältö

Uuden metsätiedon tietosisällön tulee parantaa tiedon käyttökelpoisuutta ja tukea etänä tehtävää metsiä koskevaa päätöksentekoa. Tietosisällön tulee antaa lähtötiedot lisääntyvälle puun monipuolisemmalle käytölle. Luonnon monimuotoisuuden sekä luontotiedon kuvaus

## Tavoitetila

paranevat. Tavoitteen on, että metsätaloudessa biodiversiteetin vähenemistä tullaan ennaltaehkäisemään lisäämällä metsänomistajan käytettävissä olevaa tietoa.

Aineistopalvelujen kautta mahdollistetaan nykyistä laajemman ympäristö- ja maankäyttötiedon yhteiskäyttö. Metsävaratietojen lisäksi tavoitetilassa on hyvin näkyvissä käytön rajoitteet: kaavat, sähkölinjat, tiet yms. Metsäautoteiden ominaisuustietoja (DigiRoad) parannetaan, niin että ne tukevat kuljetuksen ohjausta paremmin. Ideaalitulanteessa DigiRoadissa on tieto olosuhteesta. Olosuhdetiedon keruussa tutkitaan joukkoistetun tiedonkeruun menetelmiä.

Tiedon käyttäjäryhmät ja tietotarpeet VMI-tiedolle ja SMK:n metsävaratiedolle ovat hyvin erilaiset. Tämä huomioidaan tietosisällöissä siten, että VMI:n ja SMK:n metsävaratiedon tietosisältö suunnitellaan eri tiedonkäyttäjryhmien tietotarpeiden perusteella. VMI:n tietosisältö on pääosin nykyinen. VMI-tietoon saattaa tulla pieniä muutoksia johtuen kansainvälisen kasvihuonekaasuraportoinnin vaatimuksista. Myös muut ympäristön seurannan ja raportoinnin kansainväliset vaatimukset saattavat asettaa tarpeita uusille tunnuksille. VMI:n tietosisältöä ei karsita nykyisestä, koska minkä tahansa muuttujan poistaminen katkaisee poistetun muuttujan osalta aikasarjan. Tässä huomioidaan myös tulevaisuuden raportointitarpeet, jotka eivät ole tiedossa ja jotka voivat muuttua. VMI-tietosisältöön voi olla tarpeita lisätä joitain muuttujia, jotka on poistettu viimeisimmässä VMI:ssä liittyen maankäytön muutokseen.

SMK:n tietosisältöön lisätään runkolukusarjatieto (joko suoraan ennustettu tai palvelulla laskettu), puuston teknistä laatua kuvaavia tunnuksia ja olosuhdetieto. Jatkojalostustuotteina mahdollistuu puuston laadun ja olosuhdetiedon ennustaminen tarkemmin.

SMK:n metsävaratiedon sisällön osalta on kaksi tasoa:

1. Puusto- ja maapohjahila ilman toimenpiteitä (jaetaan julkisesti), ja
2. Automaattinen toimenpidekuviointi sisältäen puusto- ja maapohjatiedot sekä toimenpide-ehdotukset (jaetaan ainoastaan metsänomistajille ja metsänomistajan luvalla toimijoille). SMK:n tuottama kuviotason tieto eroaa kuitenkin selvästi ns. perinteisestä metsäsuunnitelmasta, koska SMK:n tuotteessa ei huomioida metsänomistajan tavoitteita eikä sitä ole kattavasti tarkastettu maastossa.

SMK:n toimenpidekuviointituote on hyödyllinen mm. metsäsuunnitelman laatimisen lähtöaineistona ja metsänomistajien aktivoimisena sekä esimerkiksi pienille metsäpalveluyrittäjille, joilla ei ole edellytyksiä eikä ammattitaitoa käsitellä hilatietoa. Toimenpidekuviointi tuotetaan automaattisesti. Puustohilatuote on ammattilaisille suunnattu vaativampaa jatkojalostusta ja analyysia vaativien tuotteiden ns. perusaineisto.

VMI-karttojen ja SMK:n metsävaratiedon yhdistelmänä hilalle voidaan tuottaa ns. hybridimetsävaratieto, joka sisältää lähtökohtaisesti aina tarkimman ja ajantasaisimman saatavilla olevan metsävaratiedon kohdealueelta. Tuote ei korvaa VMI-karttoja eikä SMK:n metsävaratietoa, vaan on näiden yhdistelmä käyttäjille, jotka tarvitsevat helposti valmiina

## Tavoitetila

alueellisesti kattavan ja ajantasaisen metsävaratiedon. Hybridimetsävaratiedon tuottamista helpottaa se, että VMI-kartat ja SMK-metsävaratieto tuotetaan yhtenevälle 16 x 16 m hilalle.

Aineistorajapinnan kautta ylläpidetään hakkuukoneaineistojen tietovarastoa. Hakkuukoneaineistot sisältävät toimenpiteiden rajauksen, tarkan korjatun ja jäävän puuston kuvauksen ja maasto-oloja kuvaavia automaattisesti johdettuja olosuhdetietoja (korjuukone, menetelmä, koneen kulkukelpoisuustiedot, polttoaineen kulutus, korjuukelpoisuus).

Kaikkiin tietotuotteisiin lisätään metatieto, josta käy ilmi tiedon tuottamistapa, tiedon ajantasaisuus ja tiedon tarkkuus. Tiedon tarkkuudelle kehitetään laatumalli.

Historiatieto säilytetään VMI-koeloina ja VMI-raportteina. SMK:n hilatiedosta säilytetään ja arkistoidaan inventointiajankohdan tieto.

Yhteenvedona tietotuotteet ovat seuraavat:

1. VMI-raportit valtakunnan, suuralueen tasolla
2. VMI-kartat (pikselikoko 16 x 16 m), kattava
3. SMK:n hilamuotoinen metsävaratieto (solukoko 16 x 16 m), kattava
4. SMK:n toimenpidekuviotieto ja toimenpide-ehdotukset kuvioille, yksityismetsät ja Metsään.fi julkisyhteisöt
5. Hybridimetsävaratieto hilalle (pikselikoko 16 x 16 m)
6. Rajapintapalvelun olosuhdetieto ja toimenpide-rekisteri (hakkuukoneella kerätty aineisto).
7. Digiroad-aineiston ominaisuustiedot ja olosuhdetiedot, ympäristöhallinnon tiedot, luontotiedot, kaavatiedot jne. osana metsätietoa rajapintapalvelun kautta.

### 8.3 Tiedon keruu ja ylläpito

VMI-tiedon ja SMK:n metsävaratiedon erilaiset käyttäjäryhmät ja tietotarpeiden vaatimukset huomioidaan tiedonkeruussa siten, että tiedonkeruuta ei yritetä yhdistää, vaan molempien tiedonkeruu järjestetään tiedon käyttötarpeisiin nähden mahdollisimman optimaalisella tavalla. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että VMI:n ja SMK:n metsävaratiedon maastotiedonkeruu eriytetään toisistaan. Kaukokartoitusaineistojen ja muiden aputietolähteiden yhteishankintaa ja -käyttöä kuitenkin lisätään.

VMI perustuu maastokoealaotantaan. Koelaotantaa kehitetään edelleen tarvittavien muuttujien ennusteiden parantamiseksi. VMI-karttojen tarkentamiseen ei pyritä aktiivisesti, mutta hyödynnetään kustannustehokkaat uudet aineistoratkaisut ja materiaalit, joita ovat mm. Sentinel-2 satelliitteihin perustuva korkearesoluutioinen aineisto.

## Tavoitetila

SMK:n metsävaratiedon tiedonkeruu perustuu pääosin ns. laserkeilausperusteiseen puustotulkintaan, jossa hyödynnetään ilmasta tehtävää laserkeilausta ja maastokoealoja sekä muita paikkatieto- ja kaukokartoitusaineistoja (esimerkiksi ilmakuvia, MML:n paikkatietoaineistoja ja aiemmin kerättyjä metsävaratietoja). Tiedonkeruun kaukokartoitus (laserkeilaus ja ilmakuvauus) sekä puustotulkinta on ulkoistettu alan konsulttiyrityksille. Maastokoealojen mittauksen tekee joko SMK tai konsulttiyritys.

SMK:n metsävaratiedon tuottamisen kustannustehokkuutta nostetaan maastokoealamittauksien kustannuksia pienentämällä (keinoina mm. siirtyminen kahden hengen mittausryhmästä yksinmittaukseen, riittävän koealamäärän optimoiminen ja tarvittaessa maastokoealamittauksien ulkoistaminen). Kustannustehokkuutta parannetaan myös siirtymällä vaiheittain automaattiseen kuviointiin. Tämä voi tarkoittaa kuviokoon pienentymistä, mikä puolestaan parantaa metsävaratiedon laatua, kun toimenpide-ehdotusten tuottamien ja ajantasaistus onnistuvat paremmin. Varsinaisen toimenpidekuviointin tuottaminen voi siirtyä yksityisten toimijoiden tarjoamiksi palveluiksi tai metsävaratietoa käyttäville toimijoille. Automaattikuvioinnin vaikutus kuviokokoon selviää kuitenkin vasta kehittämisen myötä.

SMK ja MML tekevät tiivistä yhteistyötä kaukokartoitusaineistojen hankinnassa ja eri organisaatioiden välistä yhteistyötä jatketaan. Lisäksi SMK:n ja Metsähallituksen välistä yhteistyötä aineistohankinnoissa tiivistetään.

Puustotulkinnan lisäksi, pääosin taimikoissa, tehtävästä nykymuotoisesta kohdennetusta maastoinventoinnista (komi) luovutaan tihentämällä inventointisykliä, ottamalla käyttöön laskennallisia ennustemenetelmiä, lisäämällä omavalvontaa ja yhdistämällä lainvalvonnan ja metsävaratiedon tiedonkeruu. Tavoitteena on, että nykymuotoisesta laserinventointialueisiin sidotusta komista luovutaan ja siirrytään erilliseen valtakunnalliseen maastotyöprosessiin, jossa lainvalvonnan ja metsävaratiedon keruun kohteet määritellään, priorisoidaan ja toteutetaan resurssien puitteissa. Taimikoiden inventointi ajoitetaan sen kehityksen ja uudistamisen valvonnan kannalta optimaaliseen ajankohtaan, rajalliset resurssit suunnataan haluttuihin kohteisiin ja työ organisoidaan nykyistä tehokkaammin maantieteellisillä vastuualueilla.

Toinen SMK:n metsävaratiedon pääprosessi tiedonkeruun ohella on ajantasaistus, jota myös kehitetään uusien tietojärjestelmien myötä. Jatkuvassa ajantasaistuksessa hyödynnetään metsänkäyttöilmoituksia (mki) ja Kemera-tietoja, joiden lisäksi yksi keskeisimmistä asioista ajantasaisen metsävaratiedon kehittämisessä on toimijoiden metsänhoito- ja hakkuutietojen hyödyntäminen.

SMK:n metsävaratiedon yleistä tarkkuutta puustotietojen osalta pyritään parantamaan uusien kaukokartoitusaineistojen ja muiden tietolähteiden avulla. Näitä ovat mm. hyperspektriskannerit, monikanavalidar ja hakkuukoneeseen integroitu tiedonkeruu. Tiedon ajallista resoluutiota parannetaan toimenpidetiedoilla päivittämisen avulla. SMK:n metsävaratiedon laatuparannukset tulee kuitenkin selvittää tutkimuksella ja käytännön piloteilla ennen kuin uudet tekniikat otetaan käyttöön. Esimerkiksi runkolukusarjatiedon hyödyntäminen

testataan tutkimuksen lisäksi käytännön testein huomioiden laskentajärjestelmien vaatimukset ja tiedon tarkkuudelle asetetut tarkkuusvaatimukset.

Inventointikierto säilytetään VMI:n osalta nykyisenä (jatkuva inventointi, raportointiväli 1 vuosi). SMK:n nykyinen suunniteltu inventointikierto on noin 10 vuotta. SMK:n inventointikierron tihentämiselle olisi tarvetta, koska ajantasainen ja tarkka metsävaratieto on suurelle osalle käyttäjistä aineiston hyödyntämisen perusedellytys ja tiedon ajantasaisuus koetaan tärkeämpänä kuin tunnusten tarkkuus. Lähtökohtaisesti aineistoa päivitetään automaattisesti toimenpide- ja olosuhdetiedoilla. Toimenpide- ja olosuhdetieto perustuu tulevaisuudessa pääosin hakkuukoneen tiedonkeruuseen, joka mahdollistaa pitkälle viedyn automatisoinnin. Koska toimenpiteiden toteutustieto ei ole kuitenkaan täydellistä ja kasvumalleilla päivitys lisää tiedon epäluotettavuutta, inventointikiertoa tihennetään siirtymällä Etelä-Suomessa 5 vuoden inventointikiertoon. Inventointikierron tihentäminen toteutetaan tekemällä laserkeilaukseen, ilmakuvaukseen ja maastokoealoihin perustuva inventointi joka kymmenes vuosi ja pelkkään laserkeilaukseen perustuva ns. päivitysinventointi 10 vuoden välein niinä inventointivuosina, jolloin ei tehdä laserkeilaukseen, ilmakuvaukseen ja maastokoealoihin perustuvaa inventointia. Ns. päivitysinventoinneissa hyödynnetään edellisen inventoinnin tietoa aputietolähteenä. Toimenpidetiedoilla varmistetaan tiedon ajantasaisuus kaikkien työläjien osalta.

Pohjois-Suomessa inventointikierto sovitetaan Metsähallituksen inventointitarpeisiin, jolla pyritään jatkamaan ja hyödyntämään kaukokartoitusaineistojen ja maastokoeala-aineistojen yhteyskäyttöä ja -hankintaa SMK:n ja Metsähallituksen välillä. Laserkeilaus- ja ilmakuva-aineistojen hankinnassa huomioidaan MML:n ja muiden aineistojen käyttävien tahojen tarpeet ja aineistohankinnat yhteensovitetaan julkisten ja muiden toimijoiden tarpeiden perusteella. Aineistohankinnan yhteensovittaminen tarkoittaa käytännössä sitä, että suunniteltu inventointikierto on keskimääräinen tavoite. Esimerkiksi MML:n suunniteltu ilmakuvauskierto voi johtaa 6 vuoden välein tapahtuvaan inventointiin.

#### **8.4 Palvelut, rajapintaratkaisut ja tiedon hyödyntäminen**

Luke keskittyy VMI:n aineiston tehokkaaseen keruuseen, VMI-raportteihin ja VMI-karttoihin. Järjestelmä tuottaa koko Suomen alueen tiedot maakuntatasolle ja yleiskarttoja.

SMK:n järjestelmä tuottaa hilatason tietoa kattavasti. Kuviotason tietoa tuotetaan kaikista yksityismetsistä sekä Metsään.fi julkisyhteisöasiakkaiden metsistä (mm. kunnat ja seurakunnat). Muut toimijat (yritykset, Metsähallitus, jne.) tuottavat saman tyyppistä aineistoa kuin SMK. Ne keräävät aineistoa omiin järjestelmiin. He jakavat aineistoaan osana liiketoimintaansa ja voisivat toimia osakkaana yhteisessä aineistorajapintapalvelussa. Yhteinen aineistopalvelu mahdollistaa uudenlaista palveluja ja tehostaa myös yritysten puunhankintaa.

Julkinen sektori käyttää metsävaratiedon jakelun osana kansallista paikkatietoinfrastruktuuria ja kansallista palveluarkkitehtuuria. Yhteistyössä suurimpien toimijoiden kanssa perustetaan ja

## Tavoitetila

pidetään yllä aineistorajapintapalvelua, joka toimii kaiken metsävaratiedon jakelukanavana. Metsävaratiedon jakeluun sisältyy tarkka hilamuotoinen metsävaratieto ja toimenpidekuviokohtainen tieto. Saman aineistorajapintapalvelun kautta voidaan jakaa myös VMI-kartat ja ns. hybridimetsävaratieto (VMI-karttojen ja SMK:n hilan yhdistelmä). Aineistorajapintapalvelun kautta jaetaan myös muiden julkisten toimijoiden aineistot, jotka liittyvät metsävarojen hallintaan ja maankäytön rajoituksiin. Näitä aineistoja ovat mm. kaavatiedot, tiestö, MML:n kartta-aineistot, luontokohteet ja suojelualueet. Tavoitteena on ns. yhden luukun periaate, eli esimerkiksi yksityinen metsänomistaja saa samasta palvelusta kaikki metsäomaisuutensa hallintaan vaadittavat tiedot.

Aineistorajapintapalvelu voidaan ulkoistaa ja jakelu hoitaa mekaanisesti. Aineistorajapintapalvelussa on sekä avointa että rajoitetun käytön tietoa, joita pystytään hyödyntämään käyttäjä roolien mukaisesti. Tietoa on myös monesta eri tietovarastosta. Erityisen tärkeää on määritellä käyttäjän tunnistus, käyttäjäroolit, aineistopolitiikka, tiedon kulku, aineistorajapinnat ja standardit. Tietojen mahdolliset käyttöä koskevat rajoitteet käydään läpi palvelua kehitettäessä. Toimenpidepäivityspalveluun toimitetaan tiedot tehdyistä toimenpiteistä ja niiden perusteella päivitetään metsävaratietoa. Järjestelmän ylläpito on aineistopalvelun käyttäjien organisoima ulkoistettu palvelu.

Metsävaratietojen aineistojen rajapintapalvelu ei voi olla yhden toimijan palvelu, vaan se tulee organisoida yhteistyön ja omistuksen kautta omaksi toiminnaksi. Toimintatapa velvoittaa osakkaat toimittamaan omia aineistojaan järjestelmään ja ohjaamaan toiminallisuutta käyttökelpoiseen suuntaan. Sekä julkisia että yksityisiä aineistoja yhdistävä rajapintapalvelu mahdollistaa sen, että yritykset voivat tuottaa uudentyyppisiä sovelluksia ja palveluita metsänomistajille ja muille toimijoille. Palveluita tarvitaan etenkin päätöstukeen (pätöstukijärjestelmät ja metsävarojen hallinnoinnin konsultointi). Lisäksi aineistorajapintapalvelun tulee mahdollistaa erilaisten sovellutusten kehittäminen tarjoamalla teknisesti ja hallinnollisesti helppo pääsy aineistoihin kohtuullisia maksuja vastaan. Aineistorajapinnan kautta ylläpidetään myös hakkuukoneaineistojen tietovarastoa ja siihen liittyviä palveluja. Sekä julkiset että yksityiset toimijat sitoutuvat toimittamaan järjestelmään tietoja maksutta, mutta aineiston jakelussa noudatetaan sovittuja rajoituksia. Hakkuukoneaineistot sisältävät sekä puusto että maasto-oloja kuvaavia olosuhdetietoja. Puustotietoja on myöhemmin mahdollista yhdistää myös muihin korkeamman jalostusasteen tuotteiden taustatiedoiksi.

Palveluiden tuottamisessa on kehityssuuntana kilpailun ja markkinaohjautuvuuden lisääminen. Julkinen sektori mahdollistaa palvelujen tuottamisen ja yksityinen sektori tuottaa palvelut markkinalähtöisesti. Uusia liiketoimintamahdollisuuksia syntyy palveluille, jotka hyödyntävät tarkempaa, ajantasaisempaa ja alueellisesti kattavampaa metsävaratietoa. Näitä ovat mm. metsänhoidon ja puunhankinnan sovellukset ja muut nykyistä tarkempaa ja/tai ajantasaisempaa metsävaratietoa vaativat sovelluskohteet. Viranomaiset ja julkiset toimijat hyötyvät tarkemmasta aineistosta ja helpommasta aineistojen saatavuudesta. Aineistorajapintapalvelusta

hyötyvät myös ekosysteemipalveluiden tuottajat ja monimuotoisuuden ja kulttuuriperinnön turvaaminen, kun ajantasaista paikkatietoaineistoa on helposti saatavilla.

Palveluiden tarjonnassa voidaan huomioida viranomaiset, metsänomistajat, puunhankkijat, palvelujen kehittäjät, kansalaiset ja tutkimuskäyttö. Lähtökohtana on, että kaikki julkinen tieto on saatavilla rajapintapalvelun kautta ja sähköinen asiointi helpottuu merkittävästi.

Esimerkkejä järjestelmän mahdollistamista käyttötapauksista ja palveluista:

1. Toimenpiteiden suunnittelu: Yksityinen palveluntarjoaja saa aineistorajapintapalvelun kautta käyttöönsä hilamuotoisen metsävaratiedon sekä käytön rajoituksia kuvaavat karttatasot. Metsänomistaja ja palveluntarjoaja tarkentavat suunnitelmaa, käyttävät kuviointityökaluja ja laativat hankesuunnitelman. Metsänkäyttöilmoitus ja tarjouspyynnöt toimijoille lähetetään sähköisesti.
2. Sähköinen puukauppa hyödyntäen spatiaalista rajausta: Puunhankkijalla on käytössä hilamuotoinen metsävaratieto. Hän rajaa hila- ja olosuhdetiedon perusteella leimikon omien kriteereidensä mukaan. Aineistorajapintaa hyödyntävän palvelun kautta puunostaja lähettää leimikon rajauksen palveluun ja palvelu lähettää kyselyn metsänomistajille myyntihalukkuudesta. Metsänomistajat vastaavat kyselyyn ja palvelu välittää vastauksen ostajalle. Jos ostaja saa riittävän vastauksen, hän ottaa yhteyttä metsänomistajiin ja sopii puukaupasta metsänomistajien kanssa.
3. Kelirikkokohteiden haku. Järjestelmään kertyneen olosuhdetiedon avulla haetaan puunhankinta-alueelta kulkukelpoisuudeltaan mahdolliset kohteet. Haussa hyödynnetään tiestön kuntoa kuvaava tasoa ja metsäkuljetuskelpoisuustasoa.
4. Luonto-opastuspalvelu kouluille. Avoimet paikkatietoaineistot tarjotaan helppokäyttöisen selainpohjaisen palvelun kautta oppilaille. Tarkoista aineistoista on tuotettu visuaalisesti mielenkiintoisia tasoja, jotka on helppo yhdistää koettuun ympäristöön. Aineistoa voi päivittää itse keräämällä tietoa mobiilisovelluksin. Palvelu sopii sekä paikkatiedon että ympäristön opiskeluun.

### **8.5 Julkisen ja yksityisen sektorin roolit tavoitetilassa ja niiden tehtävät metsätiedon keräämisessä ja ylläpitämisessä sekä tiedon hyödyntämisessä**

Julkisen sektorin toimijat, SMK ja Luke, jatkavat tiedon tuottamista ja ylläpitoa omiin tehtäviinsä liittyen. Yhteistyö VMI:n ja SMK:n laserinventoinnin välillä sisältää koealalaskentapalvelun. Koealojen yhteiskäyttöä tiedon päivytystarkoitukseen ja esimerkiksi kasvumallien kalibrointiin lisätään. Myös kaukokartoitusaineistojen yhteiskäyttöä jatketaan ja lisätään Luke:n, SMK:n, Metsähallituksen, MML:n ja muiden julkisten toimijoiden kanssa. Yksityiset organisaatiot osallistuvat tarkemman tiedon tuottamiskustannusten kattamiseen mm. rahoittamalla hakkuukoneiden tiedonkeruuta.

## Tavoitetila

Yhteistyössä suurimpien toimijoiden kanssa perustetaan ja pidetään yllä aineistorajapintapalvelua, joka toimii kaiken metsävaratiedon jakelukanavana. Metsävaratiedon jakeluun sisältyy tarkka hilamuotoinen metsävaratieto, olosuhdetieto ja toimenpidekuviokohtainen tieto. Yhtenä vaihtoehtona on, että palvelu organisoidaan MML:n palvelin-infrastruktuurin kautta, mutta sisällöllinen ja toiminnallinen vastuu olisi Luken, SMK:n, Metsätehon ja Metsähallituksen muodostaman konsortion hallinnoima. Toiminta olisi yhteisrahoitteista.

Lainsäädäntöön tarvitaan muutoksia tiedon avaamiseksi, koska nykytilanne ei mahdollista merkittävää parannusta palvelujen kehittämiseen. SMK:n hilatiedon avaaminen on näistä suurin muutos. Toimenpidekuvioiden tiedot ja toimenpide-ehdotukset ovat kuitenkin suljettua aineistoa, jota ei jaeta ilman maanomistajan nimenomaista suostumusta. Muutoksia tarvitaan myös toteutustiedon ja/tai jäävän puuston tietojen liikuttamiseen. Organisaatiot sopivat tiedon yhteiskäytöstä nykyistä enemmän ja poistavat organisaatioiden välisiä rajoitteita.

## 8.6 Tavoitetilan merkittävimmät muutokset nykytilaan

Tavoitetilan yleisiä piirteitä ovat toimijoiden keskittymien ydintehtäviin, avoimien aineistojen käytön lisääminen ja tiedonjakelun organisointi siten, että tieto on nykyistä paremmin saatavilla. Merkittävänä muutoksina nykyisiin käytäntöihin tavoitetilassa on:

- Tietosisällön tulee antaa lähtötiedot puun monipuolisemmalle käytölle ja luonnon monimuotoisuuden sekä luontotiedon kuvaus paranevat.
- Helpotetaan lisäarvotuotteiden syntymistä ja lisätään yksityispuolen osallistumista rahoitukseen.
- Edistetään avointa aineistopolitiikkaa ja lisätään sitoutumista automaattiseen toimenpiteiden päivytykseen.
- Yhteistyössä suurimpien toimijoiden kanssa perustetaan ja pidetään yllä aineistorajapintapalvelua.
- Sitoudutaan metsätietostandardeihin.
- Lainsäädäntöön tarvitaan tiedon avaamiseen muutoksia, koska nykytilanne ei mahdollista merkittävää parannusta palvelujen kehittämiseen.
- VMI:n ja SMK:n maastotiedonkeruu eriytetään ja aineistojen yhteishankintaa ja -käyttöä lisätään.
- Siirrytään automaattiseen kuviointiin.
- Taimikoiden tiedonkeruuta muutetaan kustannustehokkaammaksi.
- SMK:n tietosisältöön lisätään runkolukusarjatieta, puuston teknistä laatua kuvaavia tunnuksia ja olosuhdetieto.
- Metsäkoneiden ajotietokoneet otetaan käyttöön tiedonkeruussa.
- Omavalvonta ja mobiilisovellukset otetaan osaksi tiedonkeruukäytänteitä.



## Tavoitetila

- Hilatieto avataan ja hybridimetsävaratieto otetaan lopputuotteeksi.
- Kaikkiin tietotuotteisiin lisätään metatieto.
- Tiedon ajantasaistamisessa otetaan käyttöön automaattinen päivitys toimenpide- ja olosuhdetiedoilla.
- Siirrytään 5 vuoden inventointikiertoon Etelä-Suomessa, Pohjois-Suomessa inventointikierto sovitetaan Metsähallituksen inventointitarpeisiin.
- Metsätaloudessa biodiversiteetin vähenemistä tullaan ennaltaehkäisemään lisäämällä metsänomistajan käytettävissä olevaa tietoa.
- Aineistopalvelujen kautta mahdollistetaan nykyistä laajemman ympäristö- ja maankäyttötiedon yhteiskäyttö.
- Metsäautoteiden ominaisuustietoja (DigiRoad) parannetaan, niin että ne tukevat kuljetuksen ohjausta paremmin.

**LÄHTEET**

Holopainen, M., Tokola, T., Vastaranta, M., Heikkilä, J., Huitu, H., Laamanen, R. & Alho, P. 2015. Geoinformatiikka luonnonvarojen hallinnassa. Helsingin yliopiston metsätieteiden laitoksen julkaisuja 7: 1–152.

Kotiharju A. 2015. Metsäalan tietoinfrastruktuuriselvitys. Tapio Oy. 17 s.

Luken www-sivut: <http://www.metla.fi/ohjelma/vmi/info.htm> (VMI:n kuvaus)

Juho Heikkilän kirjallinen selvitys SMK:n metsävaratiedon keruusta

**LIITTEET**

Liite 1. Raportti\_VMI\_tietotarveselvitys07042015

Liite 2. SMK\_mv\_tiedon\_tietotarvekysely\_vastaukset\_08042015

Liite 3. Täydentävien haastattelujen haastattelulomake