

Antti Hartikka

KOEALAMITTAUSPERUSTEISET  
METSIEN INVENTOINTIMENE-  
TELMÄT

Opinnäytetyö  
Metsätalouden koulutusohjelma

Maaliskuu 2011




metsäkeskus




**MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU**

Mikkeli University of Applied Sciences

## KUVAILULEHTI

 <p><b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences</p>		<b>Opinnäytetyön päivämäärä</b>  9.3.2011
<b>Tekijä</b> Antti Hartikka	<b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b> Metsätalouden koulutusohjelma Metsätalous	
<b>Nimeke</b>  Koealamittausperusteiset metsien inventointimenetelmät		
<b>Tiivistelmä</b> Valtakunnan metsien inventointia (VMI) on tehty Suomessa jo 1920- luvulta lähtien. Uusi inventointikierros alkaa nykyisin aina viiden vuoden välein. Metlan tekemät VMI:n mittaukset perustuvat systemaattiseen koealainventointiin. Nykyään inventoinneissa käytetään myös satelliittikuvia, joiden avulla saadaan toteutettua teemakarttoja esimerkiksi taimikonhoitotarpeista ja tuotettua luotettavia tuloksia entistä pienemmille alueille.  Uutena inventointimenetelmänä Suomeen on tullut kaukokartoitusperusteinen laserkeilaus (LiDAR, Light Detection And Ranging; ALS, Airborne Laser Scanning). Laserkeilaus suoritetaan lentokoneesta käsin tehtävällä laserkeilaimella ja tarkalla GPS-paikannuksella.  Laserkeilaus vaatii myös maastokoealamittauksia. Maastokoealat pyritään sijoittamaan mahdollisimman kattavasti erilaisiin metsiköihin, jotta tulokset voidaan yleistää keilattuun aineistoon. Mittausperiaatteet ovat osittain VMI:stä johdettuja.  Laserkeilausta kehittävät mm. Tapio ja Suomen Metsäkeskukset. Metsäkeskuksilla on tavoitteena lisätä inventointimääriä ja alentaa inventoinnin aiheuttamia kustannuksia. Keilattujen alueiden tiedoista lähetetään tiedote myöhemmin metsänomistajille.  Opinnäytetyössäni tarkastelen molempia inventointimenetelmiä. Tarkastelu painottuu menetelmien maastokoealamittauksiin.		
<b>Asiasanat (avainsanat)</b>  Valtakunnan metsien inventointi, Laserkeilaus, Inventointi		
<b>Sivumäärä</b> 34 + liitteet 2s	<b>Kieli</b> Suomi	<b>URN</b> 30846
<b>Huomautus (huomautukset liitteistä)</b>		
<b>Ohjaavan opettajan nimi</b>  Heikki Lehmonen	<b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b>  Pohjois-Savon Metsäkeskus	

## DESCRIPTION

 <p><b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences</p>		<b>Date of the bachelor's thesis</b>  March 9, 2011
<b>Author</b>  Antti Hartikka	<b>Degree programme and option</b>  Degree Programme in Forestry	
<b>Name of the bachelor's thesis</b>  Forest Inventory Methods Based on Sample Plot Measuring		
<b>Abstract</b> <p>The National Forest Inventory (NFI) has been made in Finland since 1920. A new circle of inventory starts every five years. Metla's NFI measurements are based on systematic sample plot inventory. Nowadays satellite images are also used in NFI. With satellite images it is possible to produce different thematic maps such as need of clearing and produce more reliable results for smaller areas.</p> <p>The new forest inventory system in Finland is based on remote sensing Airborne Laser Scanning (ALS). Laser scanning is carried out from an aeroplane by a laser scanner and accurate GPS positioning.</p> <p>Laser scanning also requires sample plot measuring. Sample plots need to be located in different kind of forests to generalize the results for scanned areas.</p> <p>Tapio and Finnish Forestry Centres are developing laser scanning. The aim of the Forestry Centre is to increase the amount of inventory and to reduce the cost of inventing. Information about a scanned forest will be sent to forest owners.</p> <p>In my thesis I investigated both inventory methods. My research focused on measures of sample plots.</p>		
<b>Subject headings, (keywords)</b>  National Forest Inventory, NFI, Laser scanning, inventory		
<b>Pages</b> 34 p + app. 2p	<b>Language</b> Finnish	<b>URN</b> 30846
<b>Remarks, notes on appendices</b>		
<b>Tutor</b>  Heikki Lehmonen	<b>Bachelor's thesis assigned by</b>  Forestry Centre Pohjois-Savo	

# SISÄLTÖ

## KUVAILULEHDET

1	JOHDANTO .....	1
2	LASERKEILAUS .....	1
2.1	Menetelmän kuvaus .....	1
2.2	Koealojen sijoittelu .....	3
2.3	Koealan paikannus .....	5
2.4	Koealan mittaus .....	6
2.4.1	Kuviotieto .....	6
2.4.2	Puustomittaukset .....	8
2.4.3	Taimikkoeala .....	10
2.5	Kohdennettu maastoinventointi .....	11
2.6	Mittausvälineet .....	12
2.7	Puustotulkinta ja tulosten laskenta .....	16
3	VALTAKUNNAN METSIEN INVENTOINTI .....	17
3.1	Historia .....	18
3.2	Valtakunnan metsien inventoinnin tavoitteet .....	20
3.3	Koealojen sijoittelu VMII1:sta .....	20
3.4	Paikannus ja metsikkötiedot .....	21
3.5	Puustotiedot .....	23
3.6	Taimikkomittaukset .....	24
3.7	Mittausryhmän välineet .....	25
3.8	Monilähdeinventointi .....	26
3.9	Uutta tekniikkaa maastokaudelle 2011 .....	27
4	POHDINTAA .....	30
4.1	Yleistä menetelmistä .....	30
4.2	Erot maastotöissä .....	31
4.3	Kehitysmahdollisuudet .....	31
	LÄHTEET .....	33
	LIITTEET .....	35

## **1 JOHDANTO**

Suomessa on inventoitu metsää kohta vuosisadan ajan. Vuosien varrella inventointimenetelmissä on tapahtunut valtavaa kehitystä. Valtakunnan metsien inventointi (VMI) on ollut suunnannäyttävä suomalaiselle metsävaratiedon keruulle. Metsäntutkimuslaitoksen (Metla) tekemillä valtionrahoitteisilla VMI-mittauksilla saadaan jatkuvaa tietoa kaikista Suomen metsistä. VMI:ssä tutkitaan mm. puustomäärää, metsien kasvua, metsätuhojen laajuuksia, puuston laatua, tarvittavia hoitotoimenpiteitä jne. VMI:n tuloksista raportoidaan maailmanlaajuisesti ja tuloksia käytetään valtakunnallisten metsäohjelmien perustietona.

Uudempana inventointimuotona Suomeen on tullut laserkeilaus. Tapio ja Suomen Metsäkeskukset kehittävät valtionrahoitteisesti laserkeilausta metsävaratiedon hankintaan. Laserkeilaus on nopea ja kustannustehokas menetelmä, kun halutaan inventoida suuria alueita kerralla.

Sekä VMI:ssä että laserkeilauksessa tarvitaan maastomittauksia. Molemmissa perustettavat mittauskoealat ovat samankaltaisia. Laserkeilauskoealojen mittauksen toimintamenetelmät ovat osittain VMI:n mittauksista poimittuja. Myös välineistö on hyvin samankaltaista. VMI:llä ja laserkeilauksen koealamittauksilla on kouluttajina toiminut samoja henkilöitä.

Opinnäytetyöni aikana työskentelin tutkimusvirkailijana VMI-11 mittausryhmässä ja Pohjois-Savon Metsäkeskuksen mittauksissa laserkeilauksen referenssikoealoilla. Opinnäytetyöni painottuu koealamittauksien ympärille.

## **2 LASERKEILAUS**

### **2.1 Menetelmän kuvaus**

Metsäkeskusten vuotuinen metsävaratiedon inventointitavoite on 1,5 miljoonaa hehtaaria. Kaukokartoitusperusteiset yksittäiset inventointialueet ovat arviolta 50 000 – 150 000 hehtaaria. Kaukokartoitus on sitä kustannustehokkaampaa, mitä laajempia alueita voidaan inventoida kerralla, koska pinta-alasta riippumatta tarvitaan samat

maastotyöt ja puustotulkintavaiheet. Mikäli inventoitava alue jaetaan osa-alueisiin ja puustotulkinnassa halutaan hyödyntää koko alueen maastokoealoja, osa-alueiden tulee sijaita samalla kasvillisuusvyöhykkeellä (riittävän samantyyppiset metsät). Lisäksi jos samassa puustotulkinnassa käytetään eri aikana (eri sääolot tms.) kuvattuja kaukokartoitusaineistoja, on huolehdittava tarvittavasta radiometrisestä kalibroinnista (puustotulkitsija tekee). (Metsäkeskus & Tapio 2010, 2.)

Lentokoneesta suoritettavaa laserkeilaus on nopea ja kustannustehokas tapa kerätä maastotietoa. Laserkeilauksen etu optisiin kaukokartoitusmenetelmiin verrattuna on mahdollisuus tuottaa kolmiulotteista tietoa kohteesta. Laserkeilauksen toimintaperiaatteenä on se, että laserkeilaimen lasertykin lähettämä pulssi osuu kohteeseen ja palaa takaisin ilmaisimelle. Laserin ja kohteen välinen etäisyys saadaan selville laserin kulkeaman ajan perusteella ja ilmaisimella tulkitsee samalla kohteen. Laserin asentoa ja sijaintia määritetään inertiajärjestelmällä ja GPS-mittauksen avulla, sillä tarkka sijaintitieto on edellytyksenä kohteen esim. puun korkeuden mittaamiselle. (Holopainen ym. 2004, 156.) Jokaista laserpulsssia vastaava etäisyys voidaan muuntaa x-, y- ja z-koordinaateiksi (Kangas ym. 2005, 414; Honkavaara 2004).

Laserkeilauksen tuloksena syntyy kolmiulotteinen pistejoukko, pistepilvi. Pistepilvi kuvaa niitä kohteita, joista saadaan kutakin lähtenyttä laserpulsssia vastaavasti yksi tai useampia paluupulsseja. Laserkeilauksessa pistetiheys, lentokorkeus ja käytettävä keilauksen avauskulma vaikuttavat maasta takaisin keilaimeen palautuvien laserpulslien määrään ja laatuun (Tekniikka & Talous 2008). Metsien inventointiin käytetään yleensä harvapulsasilaseria, jonka pulssitiheys on 0,5 pulssia/m<sup>2</sup>. Harvapulsasilaserin käyttö on huomattavasti edullisempaa kuin tiheäpulsasilaserin, joka antaa tarkemman kuvan puustosta (Terve Metsä 2009, 24). 0,5 pulssia neliömetrille antavalla laserilla päästään noin 30 senttimetrin puuston korkeustarkkuuteen, mutta alle 1,5 metrisiä taimikoita on vaikeaa tulkita laseraineistosta maanpinnan epätasaisuuksien vuoksi. Laserkeilauksessa tavallisin lentokorkeus on noin kaksi kilometriä ja keilatun kaistan leveys on noin yksi kilometri (kuva 1). Keilauksen avauskulma saa olla enintään 40 astetta. (Honkavaara 2004; Terve Metsä 2009, 24.)



**KUVA 1. Laserkeilauksen periaate (Tekniikka & Talous 2008).**

## 2.2 Koealojen sijoittelu

Laserkeilauksen koealasijoittelumenetelmä on kehitetty Metlan kanssa yhteistyössä. Koealojen ennakkosijoittelussa hyödynnetään Metsäkeskuksen metsävarajärjestelmää. Tehokkaan mittauksen takaamiseksi koealat ryvästetään samoin kuten VMI-koealat, mutta tiheämmin. Koealojen sijoittelulla pyritään saamaan mahdollisimman edustava otos keilattavan alueen metsistä. Valtakunnan metsien inventoinnista poiketen, koealojen avulla ei lasketa suoraan alueen metsikkötunnuksia, vaan niitä käytetään ainoastaan tukiaineistona kaukokartoitustulkintaan. Otoksen ei tarvitse olla edustava erityyppisten metsien pinta-alojen suhteen, vaan tärkeintä on saada erilaisia metsiä monipuolisesti mukaan aineistoon. Koealojen sijoittelu tehdään ennakkoon myös sen vuoksi, ettei mittaja vaikuttaisi mittauspisteen valintaan. (Metsäkeskus & Tapio 2010, 2.)

Koealojen välimatkat saattavat vaihdella, koska ne sijoitetaan ositetun otannan periaatteella. Metsäkeskuksen olemassa olevaa metsikkökuvioaineistoa hyödynnetään osituksen tekemisessä. Puustotiedot lasketetaan ohjelmallisesti nykytilaan ja tehdyt

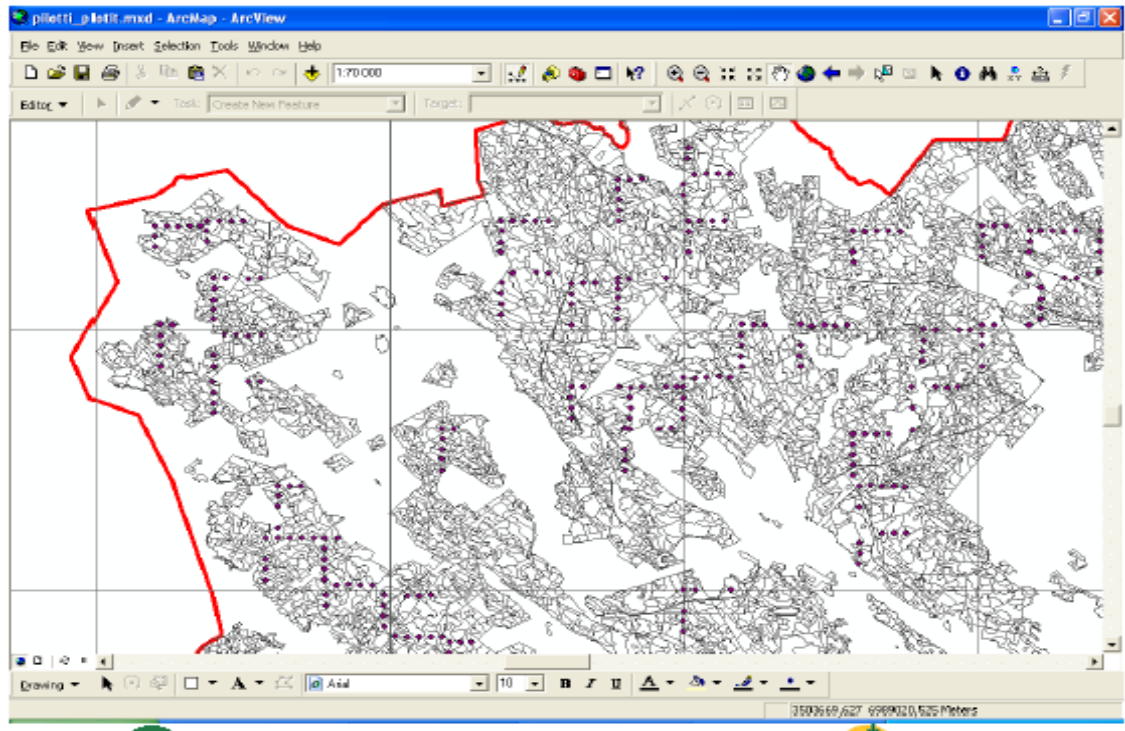
toimenpiteet päivitetään mahdollisimman tarkasti koealapisteiden sijoittamista varten. Esimerkiksi metsänkäyttöilmoituksilla ilmoitetut päätehakkuut päivitetään A0:ksi, vaikka tehdystä toimenpiteestä ei olisi todellista varmuutta. Koealojen ennakkosijoitteluun ei tarvitse ottaa mukaan epävarmoja kuvioita, koska inventointialueella niitä on kuitenkin riittävästi. Koealapisteet pyritään sijoittamaan myös puustotulkinnan hilaruudukon mukaan niin, että ne osuvat hilaruutujen keskelle (koealaväli esim. 192 m). Edelleen liian lähelle kuviorajaa osuvat pisteet siirretään kuvion sisään tai hylätään, jottei niitä tarvitse siirtää maastossa (koko koeala aina samalla kuviolla). Ruutukoko (16 x 16 m) otetaan myös huomioon, jos pistettä siirretään kuviorajan takia. Koealojen ollessa mahdollisimman keskellä hilaruutua, puustotulkinnan koealatasen tulosten vertailu on luotettavampaa, mutta tämä ei saa heikentää kuitenkaan muita edellä mainittuja avainkriteerejä. Mikäli koealaa joudutaan siirtämään maastossa, tätä ei myöskään tarvitse huomioida. (Metsäkeskus & Tapio 2010, 2–3.)

Koealojen ennakkosijoitteluun on kehitetty optimointiohjelma, jonka avulla haluttu määrä koealapisteitä sijoitetaan olemassa olevan kuviotiedon perusteella niin, että niistä lasketut ositemuuttujien jakaumat vastaavat mahdollisimman hyvin koko alueen kuviotiedosta laskettuja tavoitejakaumia. Ositemuuttujina ovat alaryhmä (suo-kangas), kehitysluokka, pääpuulaji (mänty-kuusi-lehtipuu), pohjapinta-ala ja keskiläpimitta. Sijoittelussa pyritään minimoimaan siirtymiä niin, että voidaan mitata useampi koeala päivässä. Toisin sanoen erillään olevia irtokoealoja ei lähdetä hakemaan, vaan samalta suunnalta on löydyttävä työtä koko päivälle. Pääasia on kuitenkin koealojen edustavuus, ei niinkään koealavälien minimointi. (Metsäkeskus & Tapio 2010, 3.)

Koealat sijoitetaan metsämaille, mutta mikäli kitumailla on esim. metsätaloudellista merkitystä, niille voidaan sijoittaa myös koealoja. Kitumaan koealat saattavat tuottaa ongelmia tulkinnassa iän suhteen, koska kitumaan puusto voi vastata kooltaan metsämaan huomattavasti nuorempia metsiä. Koealoja ei sijoiteta joutomaalle, eikä myöskään aukkoihin, luontaisen uudistamisen kohteisiin tai ylispuustoisiiin taimikoihin. (kehitysluokat A0, Y1, O5, S0). Käytännössä, mikäli halutaan vähintään tietty koealamäärä, ennakkoon sijoitettuja koealapisteitä tulee olla 2–3 % enemmän tavoitellusta määrästä, koska vanhasta ositusaineistosta johtuen joitakin pisteitä joudutaan hylkäämään maastossa. Koealamittausten loppuvaiheessa kontrolloidaan ristiintaulukoinneilla vastaako mitattu aineisto ennakkosijoittelun mukaista otosta ositemuuttujien suhteen. Jos vanhasta ositusaineistosta johtuen jonkin tyyppinen metsikkö on jäänyt ilman



edustusta, voidaan alueelta vielä lopuksi valita subjektiivisesti lisäkoealoja, jotka sijoitetaan mahdollisimman helppojen kulkuyhteyksien päähän. (Metsäkeskus & Tapio 2010, 3.)



**KUVA 2. Koealojen ennakkosijoittelua Pohjois-Savon Metsäkeskuksen laserkeilauksen pilottihankkeesta (Heikkilä 2009).**

### 2.3 Koelan paikannus

Mittausryhmä siirtää Metsäkeskuksen tietojärjestelmästä maastotallentimelle tiedot ennakkoon sijoitelluista koealoista. Samalla ajoreittejä ja työjärjestystä on hyvä suunnitella etukäteen koealojen ennakkotietojen ja kartan perusteella. Seuraavaksi ryhmä tulostaa lähestymiskartat, ilmakuvat ja maastokartat, joissa näkyy koealapisteen sijoittelu.

Mittaryhmä suunnistaa mittausalueelle aluksi lähestymiskarttojen avulla. Lähempänä koealoja aloitetaan koealapistelle suunnistaminen käyttäen maastotallentimen karttapohjaa ja ulkoista GPS-laitetta. Kun GPS on saatu metrin sisälle koealapistestä, mittausryhmä levittää GPS-jalustan. Jalusta tasataan suoraan jalustassa olevien vatupassien avulla. Kolmijalkojen keskellä on kiinnitettynä teleskooppiantenni, joka nostetaan

korkeimpaan asentoon (4,5 metriä) hyvän signaalin saamiseksi. Tämän jälkeen aloitetaan tarkkuuspaikannus, jossa kerätään 1 200 satelliittihavaintoa.

Metsäkeskusten maastotallentimelle on kehitetty oma koealamittaus- ja paikannussovellus. Paikannuksessa käytetään sijaintikorjausta, joka on ensisijaisesti reaaliaikainen VRS-korjaus (Virtual Reference Station), mutta korjaus voidaan tehdä myös jälkikasentana toimistolla. Sijaintitieto tallennetaan laitteen sisäisessä WGS84-koordinaatistossa, jolloin mahdollisilta muunnosparametreista johtuvilta virheiltiltä vältytään. Korjauksen jälkeen sijaintipisteen virhe tulee olla alle yksi metri. (Metsäkeskus & Tapio 2010, 3.)

## **2.4 Koealan mittaus**

### **2.4.1 Kuviotieto**

Tutkimuksissa varttuneemman puuston koealoja (keh.lk:t 02–04) on mitattu keskimäärin 7–8 kpl/pv (30–45 min/koeala). Lähtökohtana tehokkaalle tiedonkeruulle on, että puustotulkinnan kannalta epäoleellinen maastossa tehtävä työ minimoidaan. Törmättäessä esim. mahdolliseen METE-kohteeseen, se voidaan kirjata ylös ja selvittää tarkemmin toisessa yhteydessä. On arvioitu, että yhden maastotyökauden aikana yhden mittausryhmän/mittaajan koealat riittävät saman alueen puustotulkintaan (esim. kehitysluokkien mukaan n. 100 kpl taimikoihin, pääosin T2 ja 500–600 kpl 02–04). Mikäli inventointialue on laajempi tai alueen metsät vaihtelevia, suositellaan mitattavaksi 100–200 koealaa enemmän, jotta varmistetaan kattavuus. (Metsäkeskus & Tapio 2010, 3.)

Maastotyössä käytetään Solmu-koodistoa ja kiinteäsäteistä koealaa (liite 2). Puustotieto kerätään puulajiositteittain, mutta puujaksoja ei mitata erikseen. Koealalta mitataan/arvioidaan kuviotunnukset ja toimenpidetarpeet, luku- ja koepuutunnukset (kehitysluokissa 02-04) tai taimikkoealan keski- ja summatunnukset (kehitysluokissa T1 ja T2). (Metsäkeskus & Tapio 2010, 7.)

Kehitysluokissa 02–04 (nuoret ja varttuneet kasvatusmetsät sekä uudistuskypsät) käytetään säteeltään 9,0 metrin ympyräkoetalaa, jolta luetaan kaikki läpimitaltaan vähintään 5 cm puut. Taimikoissa koealasäde on 5,64 m. Koealoilta arvioidaan taimet (vä-

hintään 100 kpl/ha tarkkuudella). Mikäli taimikko on pahasti vesakoitunut, vesakko voidaan arvioida pienemmältä 2,82 m ympyrältä. Taimikkokoeala valitaan kuitenkin siten, että mitattavat tunnuksat ovat yleistettävissä 9 m säteelle. Taimikkokoeala rajataan ennakkoon sijoitetusta keskipisteestä, mutta pienempi vesakkoympyrä voidaan ottaa subjektiivisesti taimikkoympyrän sisältä edustavasta paikasta. Jos taimikkokoealalle osuu jättöpuita, siirretään keskipistettä esim. 10 metriä jättöpuista kohtisuoraan pois päin niin, että koeala on vain taimikkoa. (Metsäkeskus & Tapio 2010, 7.)

Mikäli taimikko on mittaajan ennakoarvion mukaan jo lähellä nuorta kasvatusmetsää (keskipituus havupuustolla vähintään 5 m ja lehtipuustolla 7 m), tehdään mittaukset samoin kuin varttuneemmilla puustoilla eli luetaan myös läpimitat, mutta koealan säde on 5.64 m. Tällä pyritään tasoittamaan puustotulkinnassa varttuneiden taimikoiden ja nuorten kasvatusmetsien välistä rajaa. Tässä ei kuitenkaan käytetä lukupuille 5 cm läpimittarajaa, vaan taimikosta arvioidaan ennakkoon puulajiosittaiset keskipituuudet ja alle puolet lyhyempiä runkoja ei lueta (eli esim. yo. rajojen mukaan alle 2,5 m havu- tai 3,5 m lehtipuita). (Metsäkeskus & Tapio 2010, 7.)

Jos koealaympyrä ei mahdu kokonaan samalle kuviolle, keskipistettä siirretään lyhin mahdollinen matka sellaiseen suuntaan, että koko koeala on samalla, alkuperäisen keskipisteen kuviolla (esim. kohtisuoraan 10 m päähän kuviorajasta, jotta jää hieman marginaalia). Jos ollaan kuviorajalla, eikä olla varmoja alkuperäisen koealapisteen kuviosta (esim. osituksessa käytetty kuvioraja ei ole kohdallaan), koeala siirretään ensisijaisesti osituksessa ennalta määritetyn tyyppiselle kuviolle. Lähtökohtana on, että mittaryhmä siirtää koealaa vain, jos se on selkeästi kuviorajalla. Mikäli kuvioraja on liukuva tai koeala sijaitsee paikalla, joka poikkeaa ympäröivästä kuviosta, mutta ei muodosta omaa kuviota, koealaa ei tarvitse siirtää. Samoin kuin kuviorajatapauksessa, koealaa voidaan siirtää, jos koeala sijaitsee niin hankalasti mitattavalla paikalla, että työ selkeästi hidastuu (esimerkiksi puro tms, jonka yli joutuu hyppimään mittauksen aikana). (Metsäkeskus & Tapio 2010, 7–8.)

Jos kuvion ennakkotieto on vanhaa ja kuvio on jo päätehakattu, mutta vieressä esimerkiksi muutaman kymmenen metrin päässä on selvästi samantyyppistä ennakkosuituksen mukaista metsää, voi mittaryhmä siirtää koealapistettä samoilla kriteereillä viereiseen metsään ja mitata koealan. Aikaa ei tule kuitenkaan käyttää siihen, että ver-

taillaan ja kierretään viereisillä kuvioilla. Mikäli koealakuvio on päätehakattu, eivätkä viereiset kuviot ole samantyyppistä metsää, mittaryhmä päättää mitataanko koeala vai ei. Jos mittaryhmä epäilee, että koealalla on tehty toimenpiteitä (hakkuut, harvennukset) laserkeilauksen ja koealamittauksen välillä, koeala hylätään ja siitä tehdään merkintä. Epävarmoja tapauksia on mahdollista tarkistaa metsänkäyttöilmoitusten perusteella. Jos koeala on siirrettävissä viereiselle, selkeästi ennakko-osituksen tyyppiselle kuviolle, se voidaan tehdä. Jos ympäröivällä kuviolla on tehty tai tapahtunut jotain, mutta koeala on selkeästi samassa tilassa kuvaus- ja keilausajankohdan kanssa, voidaan koeala mitata. (Metsäkeskus & Tapio 2010, 8.)

Jos osituksessa käytetystä vanhasta kuvioaineistosta johtuen ympäröivä kuvio on hakattu, eikä alkuperäisen ositustiedon kaltaista kuviota ole lähellä, mitataan koealatie-dot alkuperäisestä pisteestä seuraavasti (Metsäkeskus & Tapio 2010, 8):

- Aukkoja (A0) ei ”mitata” vaan koeala hylätään ja tieto hylkäyksestä merkitään ylös. Samoin toimitaan, mikäli koeala sijaitsee puuttomalla kitumaalla/joutomaalla tai kokonaan muualla kuin metsätalousmaalla.
- Jos kyseessä on siemenpuusto (S0) tai harva ylispuusto (Y1), mitataan ”puhdas” taimikkokoeala niin, että siirretään koealaa suoraan pois päin siemen/ylispuusta tarvittava matka (esimerkiksi koealan keskipiste 10 metrin päähän siemenpuusta/ylispuusta, jotta jää myös marginaalia).
- Jos koeala osuu taimikkoon, jossa on tiheämpi ylispuusto (Y1) tai verhopuusto/suojuspuusto (05), mitataan varttuneemman puuston normaali 9 metrin lukupuukoeala ja vain läpimitaltaan vähintään 5 cm puut. Alempaa jaksoa tulee mittaukseen mukaan, mikäli 5cm läpimittaraja täyttyy.

#### **2.4.2 Puustomittaukset**

Muissa kuin T1 ja T2 kehitysluokissa käytetään yhdeksän metrin kiinteäsäteistä koealaa. Mittaryhmä ottaa koealan keskipisteestä nähden bussolisuunnan 0 pohjoiseen. Lukupuiden mittausta aloitetaan suunnasta 0 myötäpäivään lukien ensimmäisestä puusta. Lukupuiksi luetaan kaikki yli viiden senttimetrin paksuiset elävät - ja kuolleet puut (polttopuiksi kelpaavat). Pensaita tai yli 45 asteen kulmaan kallistuneita puita ei lueta, vaikka ne olisivat eläviä. Lukupuiden tiedot kirjataan puulajiositteittain käyttäen solmukoodistoa.

Lukupuiden mittaustapahtuu siten, että toinen mittaajista mittaa lukupuiden läpimittoja ja toinen vaatii paikannusta keskellä ja samalla kirjaa läpimitat ylös. Näin toimimalla on helpompi seurata tiheillä koealoilla, että kaikki puut tulivat varmasti mitattua. Läpimittojen mittaaja kiertää koealan myötäpäivään mitaten järjestyksessä jokaisen puun koealalta tehden samalla etäisyysmittausta, jotta tietää mitkä puut ovat koealalla (kuva 3). Puun etäisyys koealan keskipisteeseen mitataan vaakasuorasti rinnankorkeudelta puun sivukyljestä ytimen kohdalta, jolloin koealan säde on kaikilla puilla sama. Myös kallistuneilla puilla etäisyys mitataan läpimitan mittauskohdasta puun ytimen kohdalta. Mikäli mitattu etäisyys on senttimetrin tarkkuudella enintään koealan säde (9,0 m), puu otetaan mukaan. Mittaaja merkkää jokaiseen mittaamaansa puuhun merkkauksynällä kohdan, josta puun läpimitta on mitattu. Myös ensimmäinen puu on hyvä merkata näkyvällä merkillä, jotta ei tule mitattua osaa puista kahteen kertaan. Ilmoittaessaan läpimittaa mittaaja kertoo kirjaajalle myös puulajin sekä onko puu vielä elossa vai jo kuollut.



**KUVA 3. Koealan etäisyyden mittaaminen ultraäänen avulla (Great Britain forestry commission 2011).**

Läpimitta mitataan rinnankorkeudelta (1,3 metrin korkeudelta puun syntypisteestä) käyttäen apuna rinnankorkeuskeppiä (liite 1). Mittaus tehdään millin tarkkuudella ja mittauksessa käytetään ensisijaisesti elektronisia mittasaksia. Läpimitta mitataan kohtisuoraan koealan keskipisteeseen nähden. Oikeaan mittaussuuntaan tulee kiinnittää huomiota, sillä esimerkiksi soikeita puita mitattaessa pieni mittaussuunnan käänös voi vaikuttaa läpimittaan huomattavasti. Vaikeissa tapauksissa läpimitta voidaan määrittää puun ympäröivän mitan perusteella. Mikäli puu on epämuodostunut, mitataan pienin

läpimitta rinnankorkeuden alapuolelta. Jos puu on haaroittunut rinnankorkeuden alapuolelta, mitataan jokainen haara omana runkonaan. Läpimitta mitataan aina kuorellisena, joten jos kuorta puuttuu, niin mitattuun läpimittaan lisätään arvioitu kuoren paksuus.

Kun paikannus on suoritettu ja läpimitat kirjattu, aloittaa keskellä ollut mittamies tietojen kirjauksen maastotallentimelle. Maastotallennin ilmoittaa, mitkä puut tulevat koepuiksi. Koepuiksi tulevat elävien puiden mediaanipuut puulajiositteittain, yksi kustakin puulajiositteesta. Koepuun edustavuutta tulee arvioida myös silmämääräisesti, sen tulee olla terve ja koealalle normaali puu. Lehtipuulajit luetaan erikseen, mutta niistä mitataan vain yksi yhteinen koepuu lukuun ottamatta koivua. Koealasovelluksen ehdottama ppa-mediaanipuun vaihdetaan tarvittaessa läpimitaltaan vastaavaksi selkeästi vallitsevimman tai metsätaloudellisesti merkittävimmän lehtipuulajin edustajaksi. (Metsäkeskus & Tapio 2010, 18.)

Koepuun pituus mitataan yleensä laserilla (Vertex), sillä perinteisemmän hypsometrin tarkkuus ei ole riittävä. Latvuksen näkyvyys tai puun kaltevuus saattavat aiheuttaa ongelmia puun pituuden mittaamiseen. Jos puulla on tapahtunut latvan vaihto ja uusi latva on vallitseva, määrää se puun pituuden.

Koepuun ikä mitataan joko laskemalla kairanlastusta tai oksakiehkuroista. Ikään lasketaan mukaan myös inventointivuosi. Kairattuun ikään lisätään myös ikälisäys, joka löytyy maastotyöoppaan taulukoista. (Metsäkeskus & Tapio 2010, 18.)

Lopuksi maastotallentimelle kirjataan koealan kuviotiedot. Lukupuukoealoilla ilmoitetaan kuviotietoihin pääryhmä (esim. metsämaa), alaryhmä (esim. kangas), kasvupaikkaluokka (esim. tuore kangas), kasvupaikan lisämääre (esim. kivinen), kuivatustilanne (esim. ojitettu), kehitysluokka ja pääpuulaji.

### **2.4.3 Taimikkoeala**

Taimikkoealoilla paikannus tehdään tismalleen samoin kuin lukupuukoealoilla. Taimikoita mitattaessa käytetään säteen määritykseen 5,64 metrin mittaista koealakeppiä (runkolukukerroin 100). Koealalta mitataan runkoluvut eläville puuntaimille puulajiositteittain. Tiheissä taimikoissa arviointi voidaan suorittaa 2,82 metrin säteeltä

(runkolukukerroin 400). Runkoluvut kirjataan maastotalentimelle 100 kappaleen tarkkuuksilla. Runkolukuun lasketaan mukaan taimet, joiden pituus on vähintään puolet taimikon keskipituudesta. Tätä pienempiä taimia lasketaan ainoastaan, mikäli ne selvästi haittaavat kasvatettavaa taimikkoa ja ne jouduttaisiin poistamaan taimikonhoidossa. (Metsäkeskus & Tapio 2010, 19.)

Taimikoissa valitaan silmävaraisesti osittaiset mediaanipuut niiden runkojen pituuksien perusteella, jotka on laskettu mukaan runkolukuun. Lehtipuun mediaanipuuksi valitaan selkeästi vallitsevimman tai metsätaloudellisesti merkittävimmän lehtipuulajin puu. Pituus mitataan ositteittain mediaanipuista. Pituuksien perusteella valituista mediaanipuista arvioidaan ikä sekä mitataan taimikolle keskiläpimitat.

Taimikoissa kuviotietoihin arvioidaan kaikki samat tiedot kuin lukupuukoealoilla, mutta lisäksi arvioidaan tarvittavia toimenpiteitä tulevalle 10-vuotiskaudelle. Tarvittavien toimenpiteiden arvioinnissa voi halutessaan käyttää Tapion runkolukutaulukoita. Mikäli taimikko arvioidaan kehityskelvottomaksi, kirjataan kuviolle tarvittavat uudistamismenetelmät maanmuokkauksineen.

Taimikko- ja lukupuukoealoilta poistuessa tulee koealan keskipiste ja koealanumero merkata näkyvään paaluun (puukeppi). Paalu helpottaa, jos koealaa tarvitsee etsiä tai paikantaa uudelleen. Korkea paalu löytyy paremmin loppukesän runsaan kasvillisuuden tai talven lumien alta.

## **2.5 Kohdennettu maastoinventointi**

Kohdennettuun maastoinventointiin valitaan ne kuviot, joilta ei saada riittävän luotettavaa tietoa kaukokartoituksella. Valinnassa otetaan huomioon metsäkeskuksen viranomaistieto (metsänkäyttöilmoitukset tms.) tai muu esim. toimijoilta saatava paikkatieto, joilla voidaan vähentää maastotarkistettavia kohteita. Inventoinnissa kerätään kuitenkin kattavasti asetetut laatukriteerit täyttävä metsävaratieto. (Heikkilä 2010, 3.)

Kehitysluokkien osalta maastoinventointiin valitaan aukeat, pienet taimikot, siemen- ja suojuustuotot sekä ylispuustoiset taimikot. Kuvioittaisena arviointina tehtävän kohdennetun maastoinventoinnin osuus on arviolta 15–25 % kokonaisalasta. Metsäkeskuksella on tavoitteena saada inventoitua ainakin osa varttuneista taimikoista kauko-

kartoituksella ja käytännössä tärkeintä on oikein määritetty hoitotarve. Aukkojen ja taimikoiden lisäksi kohdennettuun maastoinventointiin lisätään esim. puustoltaan hyvin epätasaisia kuvioita tai harvinaisempia kohteita, joille ei ole ollut tarpeeksi edustavaa puustotulkinnan koeala-aineistoa. (Heikkilä 2010, 3.)

Kohdennetun maastoinventoinnin kuviot haetaan omaksi teemakartaksi ja kuvioiden sijainnin perusteella suunnitellaan reitti. Maastossa tiedot kerätään omaan tallenninsovellukseen. Päivätuotos on alueesta riippuen 30–50 ha, koska kohteet ovat hajallaan ja siirtymisiä tulee paljon. (Heikkilä 2010, 3.)

## **2.6 Mittausvälineet**

Mittaryhmä tarvitsee useita mittausvälineitä koealojen mittaamiseen. Tämän vuoksi mittaryhmällä on hyvä olla rinkka välineiden kantamiseen. Rinkan useat taskut tarjoavat mahdollisuuden järjestellä välineistöä paikkoihin, joista ne löytyvät nopeasti, joten aikaa ei kulu tavaroiden penkomiseen. Myös tavarat pysyvät tallessa paremmin.

Mittaryhmällämme oli mukana pienikokoinen vesuri. Vesurilla paalujen teko on nopeaa ja helppoa. Tiheäöksaisella koealalla vesurilla voi avata GPS-jalustalle tilaa, sillä antenni tulee saada pystysuoraan ylöspäin ja jalusta tukevasti kiinni maahan.

Tarkan läpimitan saamiseksi mittaryhmällä on hyvä olla elektroniset mittasakset. Mitattu läpimitta ilmoitetaan millimetrin tarkkuudella, joten digitaalinen näyttö helpottaa ja nopeuttaa läpimitan lukemista. Digitaalisesta näytöstä on hyötyä erityisesti kohteilla, joissa mitattavat rungot ovat erittäin oksikkaita ja näkyvyys on huono. Mikäli elektronisia mittasaksia ei ole saatavilla, on mahdollista käyttää perinteisiä mittasaksia. Suuria tai epämuodostuneita puita varten on hyvä olla tallmeter. Tallmeterillä saadaan mitattua ne puut, joihin saksissa ei riitä läpimitta tai ne puut, jotka ovat esim. niin soikeita, että pieni saksien asennon vaihtuminen vaikuttaa suuresti läpimittaan.

Hiilikuituvartinen rinnankorkeuskeppi (1,3 metriä) nopeuttaa huomattavasti mittaus-työtä, sillä lukupuiden mittaaja saa nopeasti selville oikean mittauskohdan. Hiilikuituinen keppi on kevyt kannettava ja keveys tekee siitä myös helpon käsiteltävän. Helppo käsiteltävyys on tärkeää, sillä mittaajalla on samalla käsissään myös merkkuskynä ja mittasakset.



Puiden pituuden ja etäisyyksien mittaamiseen käytimme Vertex Laser korkeus- ja kaltevuusmittaria (kuva 4). Vertexissä on laseretäisyysmittari, kaltevuusmittari sekä ultraäänellä toimiva etäisyysmittari, joten Vertexiä voidaan käyttää hypsometrinä sekä normaalina etäisyysmittarina. Normaalisti esteettömissä olosuhteissa laitteella puu mitataan kolmipistemittauksena, jossa laserilla mitataan puun etäisyys mittaajaan ja laitteen sisäisellä kaltevuusmittarilla mitataan puun tyven ja latvan kaltevuudet. Laite laskee automaattisesti puun pituuden, kun nämä kolme edellä mainittua arvoa on mitattu.



**KUVA 4. Puun pituuden mittaaminen laser Vertexillä (Ben Meadows 2011).**

Puiden etäisyyden mittaamiseen käytimme Vertexin ultraääniominaisuutta, joka toimii kaksipistemittauksena. Ultraäänivastaanotin (transponder) kiinnitetään puusta määritettyyn 1,3m korkeuteen, josta saadaan etäisyys mittaajaan ultraäänien avulla. Etäisyyden lisäksi 2-pistemittauksessa ei tarvitse mitata kuin kaltevuus puun latvaan, koska 1,3 metrin korkeus on tiedossa jo etäisyyttä määrittäessä. Puun etäisyyden mittaamisessa ultraääni on varmempi kuin laser, jos mitattavan puun ja mittaajan välissä on paljon aluskasvillisuutta. Joissakin tilanteissa puun tyven näkeminen on hankalaa, joten laserilla mitattaessa joutuisi liikkumaan paljon nähdäkseen puun tyven. Ultraäänellä mitattaessa tyvää ei tarvitse nähdä.

Mittaryhmällämme oli teleskooppiteline transponderia varten, joka sijoitettiin koealan keskipisteeseen. Teleskooppitoiminto auttaa sijoittamaan transponderin tukevasti näkyvälle kohdalle, mutta silti teline on helppo kantaa. Kun transponder on sijoitettuna

keskipisteeseen, saa lukupuiden mittaaja mitattua kätevästi etäisyyden keskipisteeseen käyttäen ultraääntä.

Maastotallentimena mittausryhmällämme oli maastotallennin Dolphin 9500 (kuva 5). Tallennin on helppokäyttöinen, ergonominen, lujarakenteinen ja siinä on selkeä näppäimistö. Laitteen akku on pitkäkestoinen, joten akkua ei tarvitse vaihtaa pitemmään työpäivän aikana. Tallentimessa on Windows mobile -käyttöjärjestelmä. Tallentimen laadukas värinäyttö helpottaa karttojen lukemista ja näin ollen suunnistamista tallentimen avulla. Tallentimessa on sisäinen GPS, mutta Bluetooth-yhteys mahdollistaa ulkoisten laitteiden liittämisen tallentimeen. (Finn-ID 2011; Metsäkeskus 2007, 7.)



**KUVA 5. Dolphin 9500 maastotallennin (Fin-ID 2011).**

Paikannukseen tarvitaan laadukas tarkkuus GPS. Laitteen on oltava GNSS-laite (Global Navigation Satellite System), joka kykenee hyödyntämään myös muiden kuin Yhdysvaltojen satelliitteja. Tällä hetkellä ainoa käyttökelpoinen satelliittipaikannusjärjestelmä GPS:n lisäksi on venäläinen Glonass. Eri satelliitteja hyödyntämällä voidaan vähentää katveaikoja, jolloin huonojen paikannusajankohtien määrä vähenee huomattavasti. Tulevaisuudessa eurooppalainen Galileo ja kiinalainen Beidou/Compass voivat myös parantaa paikannusta. (Metsäkeskus & Tapio 2010, 4.)

Mittaryhmämme käytti paikannuksessa Trimblen valmistamaa Pathfider ProXRT paikanninta ja antennina Zephyr model 2 teleskooppiantennia, jonka pituus on 4,5 metriä (kuva 6). Laite kytketään maastossa Bluetooth-yhteyteen maastotallentimen kanssa.

Laitteessa oleva GPRS-modeemi ja sim-kortti mahdollistavat reaaliaikaisen korjaustiedon hakemisen, jolloin paikannuksesta tulee erittäin luotettava.



**KUVA 6. Trimble Pathfinder ProXRT GPS-paikannin ja Zephyr model 2 antenni (Seiler instruments 2011).**

Maastotallennin ja GPS-laitteisto kannattaa kiinnittää erilliseen kolmijalkaan, sillä se helpottaa työtä huomattavasti. Meidän käytössämme oli teleskooppijaloin ja vatupasilla varustettu kolmijalka. Jalustan sai vaikeissakin olosuhteissa säädettyä kohtisuoraan ylöspäin, mikä takasi tarkan paikannuksen. Tukeva jalusta auttaa pitämään antennia vakaana myös tuulisella säällä. Kolmijalkojen päihin asennetut terävät kärjet tekevät jalustasta vakaamman maastokäytössä.

Lisäksi tarvitaan vielä tusseja (esimerkiksi paalujen merkkaukset), vihkoja (tietojen keruu paikannuksen aikana), metsurinmitta (etäisyyksien tarkastus, Vertexin kalibrointi jne.), varakaapeleita, vara-akku, kyniä ja kartat.

## 2.7 Puustotulkinta ja tulosten laskenta

Puustotulkinnassa arvioidaan puustotunnukset kokonaispuustolle puulajeittain. Laskennallisia muuttujia ovat pääpuulaji, keskiläpimitta, keskipituus, pohjapinta-ala, ikä, runkoluku, tilavuus ja kehitysluokka. (Heikkilä 2010, 2.)

Puustotulkinnassa haetaan tarkkaan paikannetuille maastokoealoille niiden sijaintia vastaavat laser- ja ilmakuva-aineistot. Halutuille puustotunnuksille tuotetaan laskentamallit maastokoealamittausten, erilaisten laserin korkeusjakauma- ja intensiteettitietojen sekä ilmakuvien sävyarvo- ja tekstuurimuuttujien pohjalta. Pinta-alaltaan maastokoealan kokoinen eli luonnossa 16 x 16 metrin kokoinen hilaruutu on puustotulkinnan perusinventointiyksikkö, jolle tuotetaan puustotiedot. Tulkinnassa voidaan tuottaa puustotiedot myös kaukokartoitusaineiston segmentointiin perustuvalle automaattiselle kuvioinnille eli niin kutsutulle mikrokuvioinnille. (Heikkilä ym. 2008, 305; Heikkilä 2010, 2.)

Laserkeilausaineistossa on ongelmana, ettei siitä tunnista puulajeja toisistaan, koska se ei sisällä ilmakuvien kaltaisia sävyarvoja (Heikkilä ym. 2008, 304). Ilmakuvien rooli ja tekninen laatu korostuvat puulajeja tunnistettaessa, kun vertaillaan ilmakuvan värin sävyeroja, jotka ilmentävät puulajeja. Jokaiselle hilaruudulle tai automaattikuvioille arvioidaan omat puustotiedot laser- ja ilmakuvamuuttujien avulla, jotka haetaan jokaista inventointialueen hilaruutua tai kuviota parhaiten vastaavilta referenssikoealoilta. Tuloksena saadaan puustotiedot inventoitavasta alueesta hilaruuduittain tai kuvioittain. (Heikkilä 2007, 11–15.)

Puustotulkinnassa käytettävä k-MSN (k-Most Similar Neighbours) on ei-parametrinen estimointimenetelmä, jolla jokaiselle inventointiyksikölle (esim. koealan pinta-alaa vastaava hilaruutu) etsitään valittujen laser- ja ilmakuvapiirteiden perusteella k lähintä naapuria referenssikoeala-aineistosta. Näiden lähimpien naapureiden maastossa mitattujen puustotietojen perusteella estimoidaan jokaiselle inventointiyksikölle omat puustotunnukset. Koealakohtaisessa tarkastelussa menetelmällä ennustetaan kullekin koealalle puustotunnukset ja verrataan niitä saman koealan maastossa mitattuihin puustotietoihin. (Kevätlaser metsävarojen inventoinnissa 2009, 6–7.)

Laskentavaiheessa yleistetään kuviotunnukset tulkintahilalta. Summa- ja keskitunnukset lasketaan kuvion sisällä olevien hilaruutujen puustotietojen perusteella (hilayleistys). Seuraavassa vaiheessa kuvioille haetaan maapohjatiedot (maaperä, kasvupaikka jne.), jotka perustuvat vanhaan suunnittelutietoon. Jos alueelta ei ole saatavissa maapohjatietoa, se inventoidaan maastosta tai tuotetaan kaukokartoitustulkinnalla. (Heikkilä 2010, 2.)

Laskentasovelluksella täydennetään mahdolliset puuttuvat puustotunnukset ja kuviokohtaiset inventointipuustot kasvatetaan nykyhetkeen. Laskentaan liitetään myös kohdennetun maastoinventoinnin kuviot. Puuston kasvatus tehdään kuviotasolla ja siinä otetaan huomioon tehdyt toimenpiteet simuloimalla toimenpide puustotietoihin. Lopputuloksena saadaan kuviokohtaiset puulajikohtaiset laskentapuustot sekä kuvion keski- ja summatunnukset. Tämän jälkeen koko valitulle alueelle simuloidaan toimenpide-ehdotukset. Laskennan useassa vaiheessa on loogisuustarkistuksia siten, että puustotulkintahila ja kuviotason metsävaratieto tulee tarkistettua ennen tietojen tallentamista. (Heikkilä 2010, 3.)

### **3 VALTAKUNNAN METSIEN INVENTOINTI**

Valtakunnan metsien inventointi (VMI) on metsien metsävarojen seurantajärjestelmä. VMI tuottaa alueellisesti ja valtakunnallisesti tietoa puuston määrästä, laadusta ja kasvusta, maankäyttömuodoista ja metsien omistussuhteista, metsien terveydentilasta, metsien monimuotoisuudesta ja metsien hiilivarastoista ja niiden muutoksista. Systemaattiseen otantaan perustuvien maastokoealojen avulla tulokset voidaan laskea luotettavasti suuralueille. (Heikinheimo 1999, 29; Metla 2010b.)

VMI:ssä on menossa vuonna 2009 alkanut 11. kierros. Inventointikierros kestää 5 vuotta VMI10:n tapaan. VMI 11 mittaukset suoritetaan 23 mittaryhmillä. Vuodessa mitataan n. 14 000 maakoealaa, joista runsaat 10 000 metsätalousmaalla. VMI:lle keskeistä on systemaattinen otanta, joka tuottaa suuralueille luotettavat metsävaratilastot. Systemaattinen otanta on tehokas menetelmä pitkäaikaisseurannoissa. (Metla ym. 2010, 2.)

### 3.1 Historia

Maailman ensimmäinen tilastolliseen otantaan perustuva valtakunnan metsien inventointi tehtiin Suomessa professori, sittemmin akateemikko, Yrjö Ilvessalon johdolla 1920-luvun alussa. Tämän jälkeen inventointeja on toistettu noin 5–10 vuoden välein. (Metla 2010f.)

VMI1 tehtiin kaista-arviointina. Nopeasti kuitenkin huomattiin, että on taloudellisesti kannattavampaa mitata kiinteäsäteisiä ympyräkoealoja. Kun ympyräkoealojen perusteella saadut tulokset olivat luotettavuudeltaankin kilpailukykyisiä, siirryttiin käyttämään linjoittaista ympyräkoeala-arviointia. Linjat kulkivat maan läpi lounaasta koilliseen. Linjaa vedettiin jalkaisin ja mittausryhmä yöpyi matkan varrelle osuneissa taloissa tai teltassa. Pinta-ala-arviot tehtiin linjojen pituuksien perusteella. (Holopainen ym. 2004, 214.)

Neljä ensimmäistä inventointia tehtiin linjoittaisina arviointeina siten, että mittausryhmät kävelivät läpi maan lounaasta koilliseen kulkevia linjoja tehden arviointeja ja havaintoja linjalle osuneista metsiköistä. Kolmannesta inventoinnista lähtien on kerätty tietoa myös kasvillisuudesta ja vesistöstä. (Holopainen ym. 2004, 215; Metla 2010f; Tomppo 2002, 16.)

VMI5:ssä (1964–1970) mitattavat koealat ryvästettiin yhden työpäivän työpanoksen vaativiin lohkoihin. Kiinteästä koealan koosta luovuttiin ja tilalle tuli relaskooppikoealat. Tilavuusarviointeja ei tehty kaikissa linjaa leikkaavissa metsiköissä kuten neljässä ensimmäisessä inventoinnissa. Tilavuusarviointeja varten puut mitattiin linjalla tasavälein sijaitsevilta koealoilta. (Holopainen ym. 2004, 216; Metla 2010f; Tomppo 2002, 16.)

VMI6:sta lähtien maastotietoja kerättiin vain linjalla sijaitsevilta koealoilta ja koealoja sisältäviltä metsikkökuvioilta. Koealat sijoitettiin rypäisiin, ja koealarypät suunniteltiin yhden työpäivän kokoiseksi yksiköksi. Rypäiden väliseen etäisyyteen vaikuttivat inventointituloksille asetetut luotettavuusvaatimukset sekä käytettävissä olevat resurssit. Etelä-Suomessa rypäiden koko ja etäisyydet säilyivät samana VMI8:aan (1986–1994) asti. (Metla 2010f; Tomppo 2002, 16–17.)

Pohjois-Suomessa inventointimenetelmänä oli VMI5–VMI7:ssä kaksivaiheinen otanta osituksella. Ensimmäisessä otantavaiheessa käytettiin mustavalkoisia ilmakuvia. Ilmakuville paikannettiin koealat, jotka ositettiin ja kustakin ositteesta osa koealoista valittiin maastomittauksiin. Maastomittaukset yleistettiin sitten ositteen kaikille koealoille. (Metla 2010f; Tomppo 2002, 17.)

VMI8:n aikana kehitettiin satelliittikuviin pohjautuva inventointimenetelmä. VMI:n maastokoealoja käytettiin maastoaineistona, jolla estimoitiin metsikkötunnusten arvoa satelliittikuvien kanavien sävyarvojen avulla. Tavoitteena oli saada metsävaratietoja pienemmälle alueelle, kuin aiemmin ja tuottaa myös metsävarakarttoja. Uusi monilähdeinventointi ei korvannut maastoinventointia, vaan koko maan ja metsäkeskusten tilastotiedot lasketaan edelleen suoraan maastomittauksista. (Metla 2010f.)

VMI8:n inventointeihin otettiin myös lisää arvioitavia muuttujia (esim. tuhot ja har-suuntuminen). Tietoja tarvittiin metsissä tapahtuvista muutoksista, esimerkiksi metsien terveydentilan ja yleisemminkin ekosysteemien muutoksista. Erilaisten muutoksien seuraamiseksi perustettiin kahdeksannen inventoinnin alussa 3009 pysyvää koealaa. Koealat sijoitettiin neljän koealan rypäisiin pohjois-etelä -suunnassa 400 metrin välein. (Holopainen ym. 2004, 217.)

VMI9:n otanta-asetelmaa suunniteltaessa käytettiin apuna monilähteisellä inventoinnilla VMI8:n aikana tuotettua tilavuuskarttaa. Kun maaluokkien pinta-alat ja puuston puulajeittaiset tilavuudet oletettiin tunnetuiksi satelliittikuvan kuvanalkiossa, voitiin simuloida erilaisia otanta-asetelmia ja laskea niiden otantavirheet. Runkotilavuuden luotettavuusvaatimuksen simuloinneissa oli mukana myös maastotöille asetettu aikataavoite. Metsien rakenteen vaihtelun takia erilaisten otanta-asetelmien käyttö eri osissa maata osoittautui tehokkaimmaksi. (Metla 2010f.)

VMI10 aloitettiin vuonna 2004. Inventointimenetelmään tehtiin kaksi merkittävää muutosta aiempiin inventointeihin verrattuna. Ensimmäinen muutos oli siirtyminen kerralla koko maan kattavaan inventointiin, kun taas aiemmat inventoinnit toteutettiin alueittain. Toinen muutos oli inventointikierron nopeuttaminen viiteen vuoteen. Tehyjen muutosten ansiosta inventointitiedot kestävät paremmin ajan tasalla koko maan osalta. Eri alueiden tiedot ovat myös paremmin vertailukelpoisia, sillä mittaukset edustavat samaa ajankohtaa eri osissa maata. (Korhonen ym. 2006, 184.)

VMI11 on toteutukseltaan pitkälti edellistä inventointia vastaava. Tässä inventoinnissa inventoidaan myös Ylä-Lapin alueet. Edellisestä inventoinnista otanta-asetelmaa muutettiin siten, että rypäiden lukumäärää lisättiin 25 %. Rypäitä pienennettiin siten, että koealamäärä pysyi samana. Kuviorivin puustokuvauksessa otettiin käyttöön puusto-ositteet. Jokaiselle puusto-ositteelle kirjataan omat keskitunnuksensa. Tällä muutoksella parannetaan erityisesti nuorten metsien tilan ja kehitysvaihtoehtojen arviointia. Poiketen aiemmista inventoinneista, tässä inventoinnissa mitataan puut kaikilta maa-  
luokkien koealoilta (joutomaat, tontit jne.), koska tietoja tarvitaan hiilivarastojen arviointiin. Myös tuhojen kuvausta tarkennettiin hieman aiemmasta. (Metla 2010a.)

### **3.2 Valtakunnan metsien inventoinnin tavoitteet**

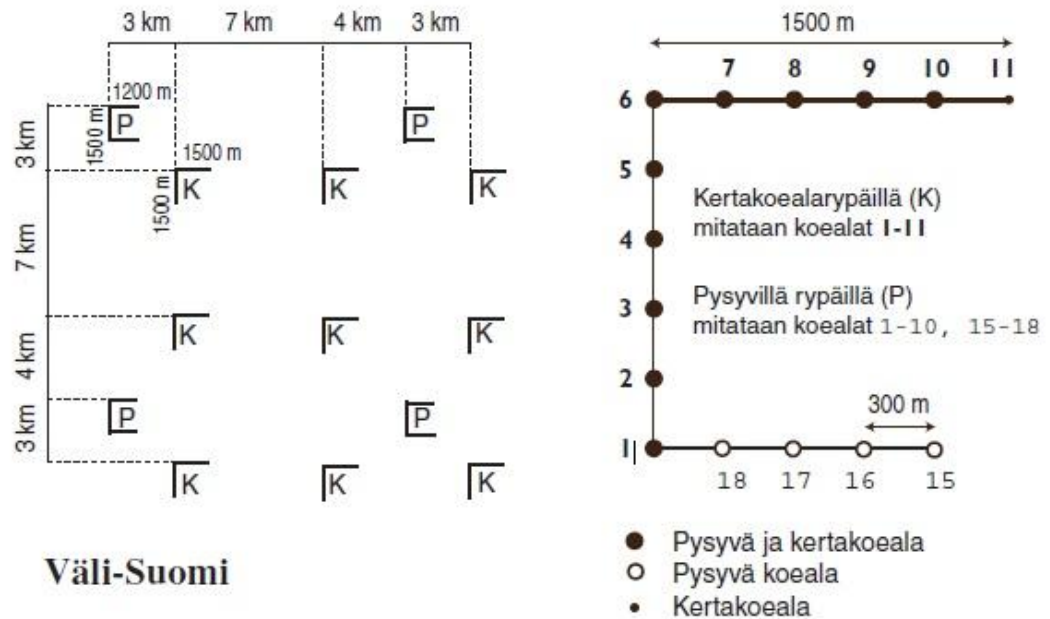
VMI:n tavoitteena on tuottaa metsäkeskustason ja valtakunnan tason tilastotiedot metsävaroista, puuston kasvusta, metsänhoidollisesta tilasta, metsien terveydentilasta ja monimuotoisuudesta. VMI:n aineistoa käytetään hakkuumahdollisuuksien arviointiin, alueellisiin ja valtakunnallisiin metsäohjelmiin, sertifiointiin, kansainvälisiin raportteihin (MCPFE/SoEF, FRA, Euroopan metsähabitaatit) ja kasvihuonekaasupäästöjen raportointiin (Kioto-sopimus, UNFCCC). MonilähdeVMI:ssä tavoite on maasto-, satelliittikuva- ja kartta-aineistoja yhdistämällä tuottaa kuntatason tilastotiedot perusmetsätunnuksista ja kattavat metsävarakartat noin 3 vuoden välein (kuva 9). Hallinnon tietotarpeiden lisäksi VMI vastaa muiden asiakkaiden tietotarpeisiin, esim. laskelmat alueittain tai suurmetsänomistajille metsävaroista, hakkuumahdollisuuksista, metsien tilasta, bioenergiapotentiaalista. (Metla ym. 2010, 1 – 2.)

### **3.3 Koealojen sijoittelu VMI11:sta**

Eteläisessä Suomessa on jokaisessa kertarypäässä 9 koealaa (numerot 1–9). Koealojen väli on 300 metriä. Pysyvillä rypäillä on 10 koealaa (numerot 3–12) ja koealojen väli on 250 metriä. Kertarypäiden etäisyys on 6 x 6 kilometriä. 12 x 12 neliökilometrin alueella on aina neljä kertaryvästä ja yksi pysyvä ryvä. (Metla 2009, 4.)

Väli-Suomessa kertarypäässä on 11 koealaa (1–11) ja pysyvillä rypäillä 14 koealaa (1–10 ja 15–18) ja koealojen väli on 300 metriä. Kertarypäiden etäisyys on 7 x 7 km. 14 x 14 neliökilometrin alueella on aina neljä kertaryvästä ja yksi pysyvä ryvä. (Metla 2009, 4.)





**KUVA 7. Koealasijoittelu Väli-Suomessa (Metla 2009, 6).**

Pohjois-Suomen eteläosassa (Kainuu ja Pohjois-Pohjanmaa pois lukien Kuusamo) on yhdessä kertarypässä 9 koealaa (1–9). Pysyvillä rypäillä on 11 koealaa (3–13). Koealojen väli on 300 metriä. Rypäiden sijoittelu vastaa välisuomen sijoittelua. (Metla 2009, 4.)

Etelä-Lapissa mukaan lukien Kuusamo on kertarypässä 12 koealaa (2–7 ja 9–14). Pysyvillä rypäillä on 11 koealaa (3–13). Koealojen väli on 300 metriä. Rypäiden etäisyys on 10 x 10 km ja 20 x 20 neliökilometrin alueella on kolme kertarypäästä ja yksi pysyvä rypäs. (Metla 2009, 4.)

### 3.4 Paikannus ja metsikkötiedot

Inventointiryhmät koostuvat yhdestä ryhmänjohtajasta ja 1–2 mittausapulaisesta. Ryhmänjohtaja hoitaa töiden suunnittelemisen ja opastaa uudet mitta-apulaiset työhönsä.

Ryhmänjohtajalla on käytössään auto, jolla mittaryhmä liikkuu mitta-alueille. Ajetuaan rypään läheisyyteen aloittaa mittaryhmä suunnistamisen koealoille käyttäen karttoja, bussolia ja reppu-GPS laitetta. GPS kertoo ryhmänjohtajalle suunnan ja etäisyyden koealapisteelle. Kun ryhmä on riittävän lähellä (alle 15m) koealan keskipistettä, pysähtyy ryhmänjohtaja ottamaan lisää satelliittihavaintoja tarkan keskipisteen

löytämiseksi. Riittävien havaintojen jälkeen tarkka keskipiste etsitään bussolisunnalla ja metsurinmitalla.

Ryhmänjohtaja aloittaa maastotyöt määrittämällä koealan maaluokkakuvion tai metsikkökuvion, jolla koealan keskipiste sijaitsee sekä mahdolliset sivukuviot. Metsikkökuvio on hallintoon liittyvien tietojen, puuntuotannon rajoitusten, kasvupaikkatekijöiden, puustotunnusten sekä tehtyjen ja ehdotettavien toimenpiteiden suhteen yhtenäinen alue. Pienimmän erotettavan kuvion koko on Etelä-Suomessa 0,25 ha ja Pohjois-Suomessa 0,5 ha. Tätä pienempiä kuvioita voidaan erottaa, jos ne kuuluvat selvästi eri maaluokkaan. Jos koeala sijoittuu kahdelle tai useammalle kuviolle, niin se kuvio, jolla keskipiste sijaitsee, on keskipistekuvio ja muut kuvattavat kuviot ovat sivukuviota. (Metla 2009, 14.)

Kertakoeala perustetaan, jos keskipiste osuu metsä-, kitu- tai joutomaalle tai jos keskipiste on jollain muulla maaluokalla ja koealalla on luettavia puita. Kertakoealan keskipiste merkataan 25 cm mittaisella puukepillä, johon merkitään koealan numero. (Metla 2009, 11.)

Pysyvä koeala voidaan perustaa keskipisteen osuessa metsä- kitu- tai joutomaalle tai jos koeala ulottuu jollekin edellä mainituista. Pysyvien koealojen löytämisen varmistamiseksi on koealaa perustettaessa etsittävä kiinnityspisteitä lähiympäristöstä. Kiinnityspisteen laatu, suunta ja etäisyys keskipisteestä kirjataan ylös. Kiinnityspisteet merkataan maalilla niiden löytämisen helpottamiseksi. Pysyvien koealojen keskipiste merkataan muoviputkella, sillä niiden on tarkoitus löytyä seuraavinakin vuosina. (Metla 2009, 11–12.)

Ryhmänjohtajan tehtäviin kuuluu kuviotietojen kirjaaminen. Aluksi ryhmänjohtaja mittaa pohjapinta-alan viidestä kohtaa keskipistekuviolta, keskipisteeltä sekä pääilmansuunnista 20 metrin etäisyydeltä. Jos kuvion raja on niin lähellä, että viereiseltä kuviolta tulee relaskooppiin puita, siirretään pohjapinta-alan mittauspaiikkaa keskipistekuviolta kuviota edustavaan paikkaan. Jos sivukuviolta tulee luettavia puita, mitataan pohjapinta-ala sivukuviolta kolmesta eri kohdasta.

Kuviolta määritetään maalaji, humuskerroksen paksuus ja sen laatu neljästä objektiivisesti valitusta kohdasta, kuitenkin ympyräkiealan sisältä. Maalaji arvioidaan 10–30

senttimetrin syvyydeltä maanpinnasta. Jos maalajiksi tulee moreeni tai lajittunut maa, arvioidaan maalajille keskimääräinen raekoko. (Metla 2009, 33–35.)

VMI 11:sta avainbiotooppeja kirjataan ainoastaan pysyviltä koealoilta. Avainbiotoopeista määritetään niiden luonnontilaisuus, luokka, käsittely, arvo, pinta-ala ja arvon muuttuminen. Määriteltävä alue on 30 m säteinen ympyrä ja keskipisteenä koealan keskipiste. (Metla 2009, 44–48.)

### 3.5 Puustotiedot

Mitta-apulaiset mittaavat lukupuut ja koepuut. Lukupuiden mittaaminen aloitetaan aina pohjoisesta (bussolisuunta 0) myötäpäivään. Toinen mitta-apulaisista seisoo keskipisteessä ja katsoo mitkä puut tulevat mukaan. Mitattavat puut valitaan relaskooppi-periaatteella. Puut, joiden tuleminen mukaan koealalle on epävarmaa, tarkistetaan käyttäen mittanauhaa. Lämpimitan mittaaminen suoritetaan 1,3 metrin korkeudelta puun syntypisteestä liitteen 1 esimerkin mukaisesti. Mittauskohta merkitään selvästi puun kylkeen käyttäen tussia. Lukupuiksi luetaan kaikki elävät ja kuolleet puut, mutta lahot puut mitataan ainoastaan pysyvillä koealoilla.

Jokainen lukupuu numeroidaan maastotallentimessa. Metsämaalla ja kitumaalla koneelle kirjataan puulaji, läpimitta, puuluokka, puuluokan tarkennus, latvuserros ja koepuunumero ja joutomaalla kuten tontilla vain tiedot läpimitaan asti. Tallennin määrää koepuiksi metsämaalla ja kitumaalla mitatuista lukupuista joka seitsemännen. Koepuulaskuri jatkuu myös seuraavilla koealoilla, eikä nolaudu koealojen välillä, näin ollen koepuiksi voi tulla vaikka koealan ensimmäinen puu. Kuolleilla ja elävillä puilla on omat koepuulaskurinsa.

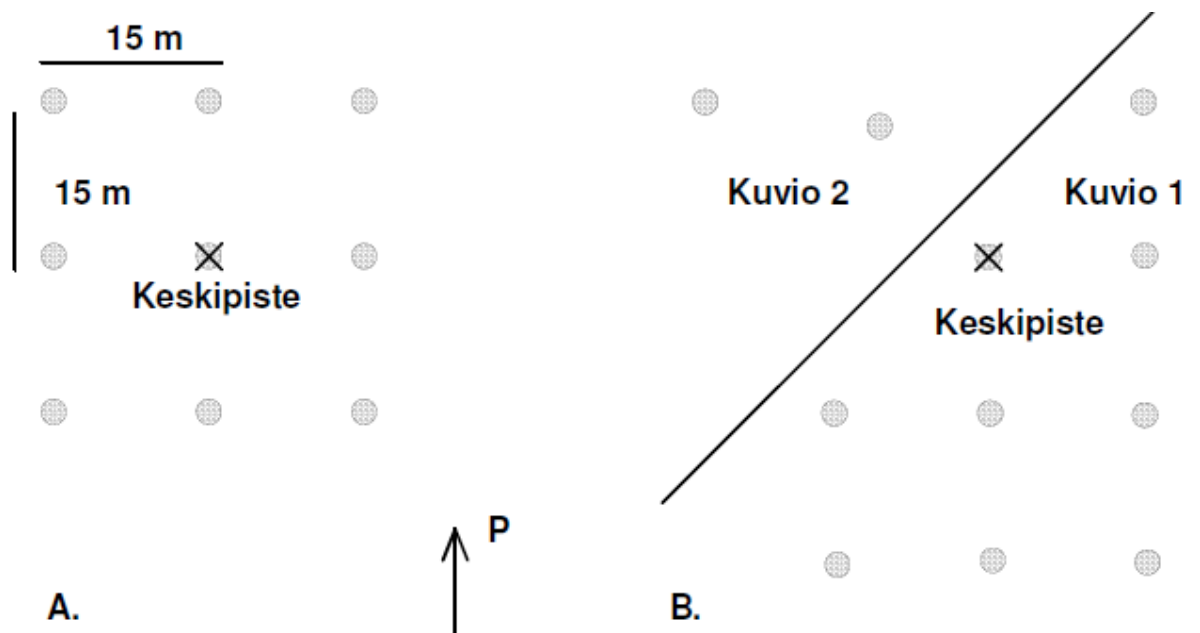
Koepuut merkataan numeroin käyttäen tussia. Koepuista mitataan lukupuutietojen lisäksi d6 (rungan läpimitta 6 m korkeudessa), pituus, yhden ja viiden vuoden kasvu, kuoren paksuus, kuivaoksaisuuden raja, elävän latvuksen raja ja kairataan ikä. Lisäksi koepuu laadutetaan pystyyn. Jokainen laatua heikentävä tekijä ilmoitetaan pystyyn laaduttamisessa. Esimerkiksi koivutukkiin seitsemän metrin korkeuteen tehtävään välivähennykseen voi tulla syyksi vaikka mutka. Lisäksi koepuusta arvioidaan syntytapa, ilmoitetaan tuohhavainnot aiheuttajineen ja ajankohtineen ja lopuksi tarkistetaan vielä koepuun puuluokka muutoksien varalta.

### 3.6 Taimikkomittaukset

Vallitsevan jakson ollessa taimikko mitataan kasvatettaville taimille runkoluku ja kokonaisrunkoluvut puulajiositteittain. Runkolukukoealoja sijoitetaan kolmesta yhdeksään kappaletta. Jos taimikko on tasainen, tarvitaan vähemmän koealoja, kun taas epätasaisissa tulee ottaa useita luotettavan mittauksen takaamiseksi. Keskipistekuviolla koealat sijoitetaan tasaiseen hilaan 15 metrin välein askelmittauksen avulla (kuva 8). Sivukuvioilla koealat pyritään mittaamaan kuviota edustavista kohdista. Runkolukukoealan säde on 2,66 m, jolloin (Metla 2009, 81):

- 9 koealan yhteenlaskettu pinta-ala on  $200 \text{ m}^2$  ja taimen edustavuuskerroin 50.
- 6 koealan yhteenlaskettu pinta-ala on  $133 \text{ m}^2$  ja taimen edustavuuskerroin 75.
- 3 koealan yhteenlaskettu pinta-ala on  $67 \text{ m}^2$  ja taimen edustavuuskerroin 150.

Runkolukumittaukset tehdään tiedonkeruulaitteella erilliselle runkolukulomakkeelle. Jokaiselta runkolukukoealalta mitataan runkojen lisäksi jokaiselle puulajille keskimääräinen pituus. Kun kaikki taimikon koealat on käyty läpi, laskee maastotallennin tietoista keskiarvot ja näyttää ne yhteenvetotaulukkona. Ryhmänjohtaja käyttää mittaus-tuloksia vallitsevan puulajin ja runkolukujen määrittämiseen.



**KUVA 8.** Esimerkki runkolukukoealojen sijoittumisesta koelaan nähden, kun kuvattavia kuvioita on a) 1 ja b) 2 (Metla 2009, 81).

Kasvatettaviksi taimiksi lasketaan kaikki kasvatettavat ja niiden lisäksi täydentäviä taimia. Laskettavien taimien välinen minimietäisyys on metri ja laskettavien taimien pituuden tulee olla vähintään puolet taimikon keskipituudesta. Havupuun taimikoissa etukasvuaisia lehtipuun taimia ei lasketa kasvatettaviksi taimiksi. Pienikokoisilla havupuuntaimikoilla kasvatettavien lehtipuiden tulee olla huomattavasti havupuita lyhyempiä. Kasvatettavia taimia voidaan lukea korkeintaan 13 kappaletta yhdelle runkolu-kukoelalle. (Metla 2009, 82.)

Kasvatettavia taimia ovat kasvupaikalle sopivat puulajit, jotka ovat elinvoimaisia sekä kokonsa ja asemansa puolesta taimikkoon sopivia. Kasvatettavat taimet ovat teknisesti hyvälaatuisia ja pääsääntöisesti näistä on mahdollista tulla kyseisellä kasvupaikalla tukkipuita. Lehtipuilla odotetaan yleensä siemensyntyisyyttä tai poikkeuksellisen hyvää laatua. (Metla 2009, 82.)

Täydentäviä taimia ovat taimet, jotka eivät täytä kaikkia kasvatettavalle taimelle asetettuja kriteereitä, mutta ovat kuitenkin riittävän elinvoimaisia ja sellaista puulajia, että voivat tuottaa markkinakelpoista puuta (kuitupuuta) kyseisellä kasvupaikalla. Taimen tulee olla sijainniltaan ja asemaltaan sellainen, että se jää seuraavassa taimikonhoidossa raivaamatta kasvatettavien taimien ohella. Täydentävien taimien etäisyys varsinaisiin kasvatettaviin taimiin tulee olla huomattavasti suurempi kuin yksi metri. (Metla 2009, 82.)

### **3.7 Mittausryhmän välineet**

Mittausryhmällä on käytössä lukuisia mittausvälineitä. Yksi tärkeimmistä välineistä on relaskooppi, sillä mittaukset perustuvat katkaistuihin relaskooppikoealoihin.

Mittaryhmällä on mukanaan kaksi maastotallenninta. Ryhmänjohtaja käyttää maastotallenninta suunnistukseen ja tietojen kirjaamiseen. Mittausapulaiset käyttävät maastotallenninta mittaustietojen kirjaamiseen.

Ryhmänjohtajalla on mukana reppumallinen GPS, jolla ryhmä suunnistaa koealoille. GPS:llä tehdään myös paikannus koealoilta. Maastotallennin on yhdistettynä GPS:ään johdon avulla.

Alumiinivartista yläkaulainta käytetään mitattaessa yläläpimittaa kuuden metrin korkeudesta. Kaulaimen varsi koostuu neljästä osasta, jonka vuoksi se on helppo kannettava. Sitä käytetään myös taimikoissa runkolukujen mittaukseen.

Puiden rinnankorkeusläpimittojen mittaamiseen käytetään yleisesti perinteisiä mittasaksia, mutta puun ollessa epämuodostunut tai liian järeä käytetään tallmeter- mittanauhaa.

Ryhmänjohtaja tarvitsee suorassia suotyypin määrittämiseen. Suorassilla saadaan koetettua suon syvyyttä noin kahteen metriin asti. Suorassi koostuu kahdesta toisiinsa liitettävästä metallivarresta.

Maalajien määrittämiseen ja humuskerrosten määrittelyyn käytetään maakairaa. Maakaira on metallinen kahvalla varustettu putki, jossa yksi sivu on avonainen. Avonaisesta sivusta näkee maan kerrostumat helposti.

VMI:ssä mitataan myös puiden kasvua. Havupuilta pituuskasvua voidaan määrittää käyttämällä kasvukiikareita. Kiikareiden linssissä on asteikko, jota lukemalla nähdään inventointikesän kasvu sekä viiden vuoden kasvu.

Mittaryhmällä on mukanaan ikäkaira metsikön iän ja koepuiden iän määrittämiseen. Jokainen elävä koepuu kairataan ja niistä otetaan talteen näytteet laboratoriotutkimuksia varten.

Lisäksi mittaryhmällä on oksasaha, kirves, bussoli, kompassi, Laser Vertex ja metsurinmitta.

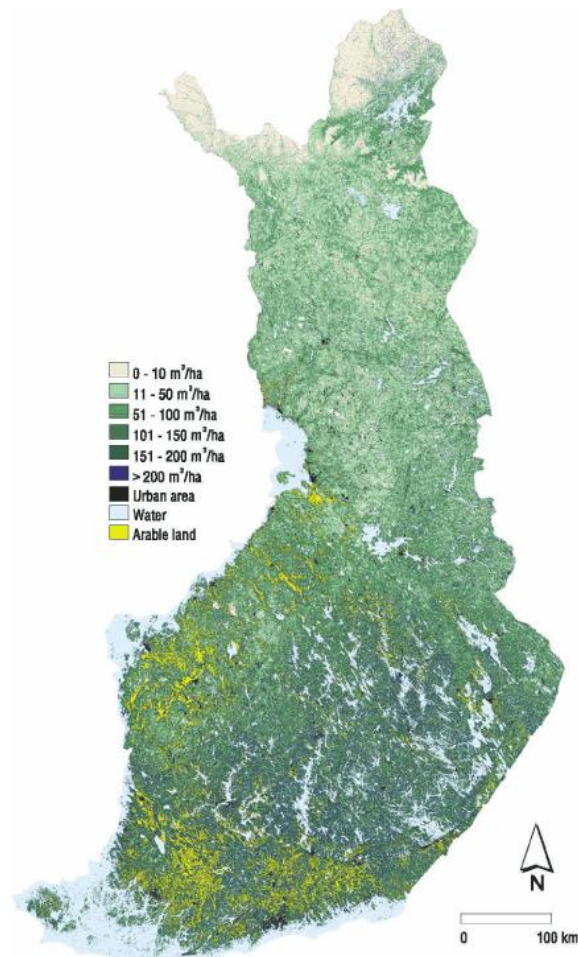
### **3.8 Monilähdeinventointi**

Monilähdeinventoinnissa käytetään maastotietojen lisäksi satelliittikuvia ja muita numeerisia tietolähteitä, esimerkiksi numeerisia peruskarttoja ja korkeusmalleja. Niiden avulla koealoilla mitatut tiedot voidaan yleistää koealaverkon väliin jääville alueille. Menetelmänä käytetään ns. k:n lähimmän naapurin luokitusta. (Metla 2010d.)

Satelliittikuvien käytön keskeisiä etuja ovat tulosten saaminen maastoinventointia pienemmille alueille, esimerkiksi kunnittain, ja tulosten saaminen paikkaan sidottuna.

Näin ollen inventoinnin tulokset saadaan sekä tilastoina että teemakarttoina (kuva 9). Tavallisesti teemakarttoja tuotetaan noin 20 tunnuksesta, jotka kuvaavat mm. metsien puuston määrää ja rakennetta. (Metla 2010d.)

VMI:ssä on käytetty pääasiassa Landsat TM -satelliittikuvia. Numeerista karttatietoa käytetään mm. metsätalousmaan erottamisesta muista maa-alueista, laskentayksiköiden rajauksessa ja tulosten luotettavuuden parantamisessa. Numeeristen korkeusmallin avulla voidaan välttää maanpinnan muotojen aiheuttamia virhetulkintoja. Lähtöaineistojen ja tuloskuvien kuvanalkioiden koko maastossa on 25 m x 25 m. (Metla 2010d.)



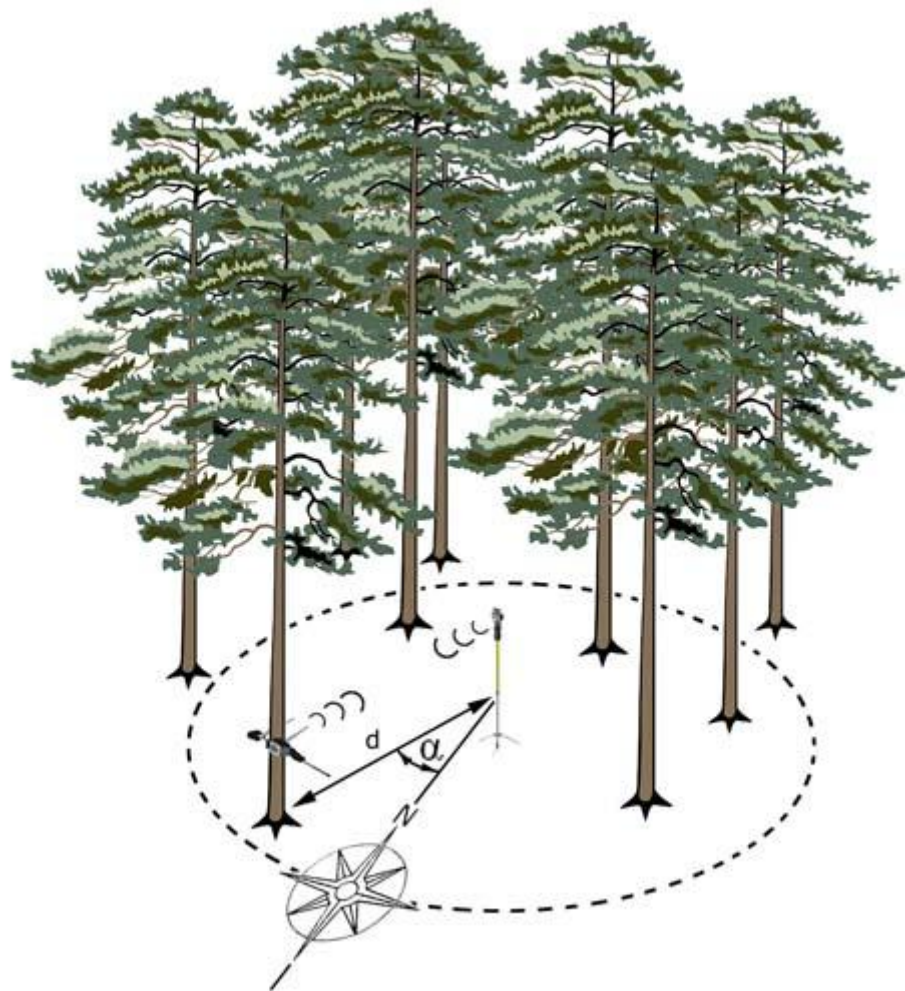
**KUVA 9. Monilähdeinventoinnilla tuotettu puustontilavuuskartta (Metla 2010c).**

### 3.9 Uutta tekniikkaa maastokaudelle 2011

Valtakunnan metsien inventointia kehitetään jatkuvasti. Nykyisellään inventointiin tarvitaan paljon työvoimaa, jotta kaikki mitattaviksi suunnitellut koalat saadaan vuo-

sittain mitattua. Nykyisillä mittausmenetelmillä puunmittauksissa tarvitaan kaksi henkilöä. (Metla 2010e.)

Tällä hetkellä on kehitteillä mittasakset, joiden avulla yksi henkilö pystyy hoitamaan koealan puumittaukset. Saksien parina toimii tiedonkeruulaite, joka ohjaa tiedonkeruuta sekä toimii tietojen tallennuspaikkana ja tietovarastona. Laitteet yhdistetään käyttäen Bluetooth-yhteyttä. VMI:n käytössä saksia käytetään ensisijaisesti mittaamiseen, tiedon syöttämiseen ja tallennettavien arvojen sekä toiminnallisten komentojen välittämiseen tiedonkeruulaitteelle. Saksien ja tiedonkeruulaitteen toiminta on kaksisuuntaista, koska mittasaksista pitää pystyä näkemään tiedonkeruulaitteen antamia mittauksellisia ohjeita. (Metla 2010e.)



**KUVA 10. Koealan mittaaminen Masser Sonar- mittasaksilla (Metla 2010e).**

Mittasaksilla pitää saada tietää puun läpimitta sekä etäisyys koealan keskipisteeseen, jotta tiedetään tuleeko puu mukaan relaskoopikoealaan. Lisäksi laitteen kompassin



avulla saadaan tietää puiden sijainti koealalla, joten koealasta saadaan muodostettua kartta. (Metla 2010e.)

Nämä uudet mittasakset tulevat muutamalle mittaryhmälle koekäyttöön maastokaudelle 2011. Maastokauden kokemusten jälkeen tiedetään, vastaavatko uudet mittasakset odotuksia ja millaisia vaikutuksia näillä saksilla on mittauksiin. Tietojen pohjalta päätetään otetaanko saksia laajemmalti käyttöön VMI:n mittauksissa. (Metla 2010e.)

## 4 POHDINTAA

### 4.1 Yleistä menetelmistä

Laserkeilaus on verrattain uusi kaukokartoitusmuoto. Siihen liittyen on tehty runsaasti kokeiluja ja tutkimuksia, jotka ovat osoittaneet laserkeilauksen lupaavaksi menetelmäksi. Laserkeilauksen kehitystyö on jatkuvaa ja seuraavia tuloksia saadaan kevään 2011 aikana Metsäkeskuksilta. Laserkeilaus tulee olemaan tärkeä osa kuvioittaisen arvioinnin tiedonkeruuta.

Metsäkeskuksilla on tavoitteena ylläpitää yksityismetsistä kattavaa, alle viisi vuotta vanhaa inventointitietoa. Kuten VMI:n aineisto, tämäkin kerätään julkisin varoin ja tiedot ovat kaikkien käytettävissä, mutta yksittäiseen tilaan yhdistettävissä oleva henkilötieto vain metsänomistajan luvalla. Yhteiskunnallisena tavoitteena on aktivoida metsänomistajia niin, että metsän monimuotoisuus on turvattua sekä edistetään metsänhoitoa ja metsien hyödyntämistä.

Toisin kuin laserkeilaus, VMI on ollut Suomessa jo kauan. VMI:tä on kehitetty vuosi vuodelta ja kehittäminen jatkuu edelleen. VMI:n kehittämisessä suuntia määrittelevät myös valtakunnalliset tietotarpeet, kuten nykyinen tarve tietää biomassan määrää. Mikäli kehitystyö kaukokartoitusmenetelmissä jatkuu entiseen malliin, voi tulevaisuudessa maastoinventointien tarve vähentyä.

Työskenneltyäni VMI:n maastotöissä ja Metsäkeskuksessa referenssikoealojen mittauksissa opinnäytetyöni puitteissa olen havainnut laserkeilauksen referenssikoealojen mittauksen olevan hyvin pitkälti samanlaista kuin VMI:n koealojen mittaaminen. Näiden kahden menetelmän yhdistäminen säästäisi paljon kustannuksia ja työvoimaa. Metla, Metsäkeskus ja Tapio tutkivat, voisiko näitä kahta menetelmää yhdistää tai mittauksia samankaltaistaa. Eräänä ongelmana yhdistämisen kannalta on kuitenkin eriaävät tietotarpeet. (Korhonen 2010, 486.)

VMI:n tietotarve on hyvin laaja ja puustomittaukset tehdään suuraluutilastoinnin vuoksi objektiivisesti määrätyiltä ja pienialaisilta koealoilta. Metsäkeskuksien tiedonkeruussa tiedontarve on taas paljon suppeampi, eikä tavoitteena ole tilastollinen otos.

## 4.2 Erot maastotöissä

Metsäkeskuksen koealoja tarvitaan kattavasti alueen erilaisista metsistä ja yksittäisen koealan paikannus tulee olla tarkka. Nykyisellään VMI:n paikannus ei ole laserkeilaukseen riittävän tarkka. Laserkeilauksessa käytetään tarkkuuslaitteita koealojen paikannuksessa ja haetaan huomattava määrä korjattua ja suodatettua satelliittidataa. VMI:n paikannus on taas huomattavasti yksinkertaisempi, eikä sillä päästä vastaaviin tarkkuuksiin.

Metsätuhojen kartoittaminen on tärkeä osa VMI:n maastomittauksia. Valtakunnallisilla mittauksilla määritetään tuhojen laajuuksia, syitä, aiheuttajia ja tuhon asteita. Laserkeilauksen kannalta tämä ei ole niinkään oleellinen tieto. Laserkeilaamalla voidaan kuitenkin tuottaa tietoa esim. myrskytuhojen laajuuksista.

Laserkeilauksen maastomittauksissa käytetään 9,0 m kiinteäsäteistä koealaa ja mitataan ainoastaan yli 5 cm paksut rungot. Tämä eroaa huomattavasti VMI:stä, jonka lukupuut valitaan katkaistuilta relaskoopikoealoilta. Puuston ollessa pientä, jää VMI:n koeala hyvin pieneksi, sillä puut valikoituvat mukaan läpimittansa perusteella, kun taas laserkeilauksessa koealan koko ja näin ollen edustavuus säilyy samana.

Taimikoiden osalta molemmat ovat samankaltaisempia. Molemmissa mitataan runkolukuja. Vaikka VMI:ssä mitataan koealat lyhyemmällä säteellä, tulee pinta-alaltaan koealojen edustavuudesta suurempi kuin laserkeilauksessa.

VMI:ssä kerätään inventointialueilta tietoa puuston laadusta ja pystyyn laaduttamista tehdään yksittäisille rungoille. Laserkeilauksen maastomittauksissa ei taas ole tarvetta kartoittaa puuston laatua.

## 4.3 Kehitysmahdollisuudet

Laserkeilauksen puustotulkintakoealojen ennakkosijoittelua voisi kehittää käyttämällä VMI:stä saatua ennakkotietoa. Ennakkotiedon perusteella voisi asettaa koealoja tasaisesti eri kehitysluokkien ja puulajien kuvioille, jolloin erilaisista metsiköistä saataisiin kattava edustus.

Nykyään VMI:n mittaustöitä ja puustotulkintakoealojen mittaustöitä on mielestäni mahdoton yhdistää mainitsemiä eroavaisuuksien vuoksi. Kuitenkin tulevaisuudessa menetelmistä voi kehittää samankaltaisempia. Samankaltaisuuden vuoksi on kuitenkin mahdollista yhdistää voimat mittausvälineiden ja ohjelmistojen kehittämisessä tehokkaampaan suuntaan. Esimerkiksi Metlalla testissä olevat Masser Sonar mittasakset voisivat mahdollistaa mittaukset suoritettavaksi ainoastaan yhdellä henkilöllä nykyisen kahden sijaan (kuva 10).

## LÄHTEET

- Ben Meadows 2011. Vertex Hypsometer. WWW-dokumentti.  
<http://www.benmeadows.com/Haglf-Vertex-III> Päivitetty 20.1.2011. Luettu 20.1.2011
- Finn-ID Oy 2011. Tuottavampaa metsäsuunnittelua maastotallentimen avulla. WWW-dokumentti. <http://finn-id.fi/case/tapio> Päivitetty 20.1.2011. Luettu 20.1.2011
- Great Britain Forestry Commission 2011. Methods and timescales WWW-dokumentti.  
<http://www.forestry.gov.uk/website/forestry> Päivitetty 20.1.2011. Luettu 20.1.2011.
- Heikinheimo, Matti (toim.) 1999. Metsäsuunnittelun tietohuolto. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 741.
- Heikkilä, Juho 2007. Laserkeilaus ja ilmakuvaus metsävarojen inventoinnissa - metsäkeskusten uusi metsävaratietojärjestelmä. Pdf-dokumentti.
- Heikkilä, Juho, Maltamo, Matti, Packalén, Petteri, Uuttera, Janne & Ärölä, Esa 2008. Laserkeilaustulkinnan hyödyntäminen metsäsuunnittelun tietolähteenä. Metsätieteen aikakauskirja 4/2008.
- Heikkilä, Juho 2009. Laserkeilaus ja korkeusmallit. Maanmittauslaitoksen seminaari 9.10.2009.
- Heikkilä, Juho 2010. Metsäkeskusten metsävaratiedon keruun prosessikuvaus. Julkaisemattoman raportin liite 2.
- Holopainen, Markus, Kangas, Annika, Maltamo, Matti & Päivinen, Risto 2004. Silva Carelica 40, Metsän mittaus ja kartoitus. Joensuun yliopisto.
- Honkavaara, Eija 2004. Luento 8: Uudet 3-d kartoitustekniikat. Alkuperäinen luento Henrik Haggrén 31.10.2002. WWW-dokumentti.  
<http://foto.hut.fi/opetus/220/luennot/8/> Päivitetty 11.0.2004. Luettu 24.1.2011.
- Kevätlaser metsävarojen inventoinnissa 2009. Joensuun Yliopisto, Metsäkeskus Pohjois-Savo, Tapio, Metsähallitus & Maanmittauslaitos. MMM:n konserniohjelmahankkeen loppuraportti 17.12.2009 (proj. n:o 311100).
- Kangas, Jyrki, Maltamo, Matti, Packalén, Petteri & Suvanto, Aki 2005. Kuviokohtaisten puustotunnusten ennustaminen laserkeilauksella. Metsätieteen aikakauskirja 4/2005.
- Korhonen, Kari T., Heikkinen, Juha, Henttonen, Helena, Ihalainen, Antti, Pitkänen, Juho & Tuomainen, Tarja 2006. Suomen metsävarat 2004–2005. Metsätieteen aikakauskirja 1/2006.
- Korhonen, Kari T. 2010. VMI:n ja metsäkeskusten metsävaratiedon keruun ja käytön yhteistyömahdollisuudet. Metsätieteen aikakauskirja 4/2010.

Metla 2009. Valtakunnan metsien 11. inventointi(VMI11). Maastotyöohjeet 2009 2. Painos.

Metla 2010a. Valtakunnan metsien 11. inventointi (VMI11). WWW-dokumentti.  
<http://www.metla.fi/ohjelma/vmi/vmi11-info> Päivitetty 7.7.2010. Luettu 24.1.2011.

Metla 2010b. Valtakunnan metsien inventointi (VMI). WWW-dokumentti.  
<http://www.metla.fi/ohjelma/vmi/info.htm> Päivitetty 17.12.2010. Luettu 25.1.2011

Metla 2010c. Teemakartta kuva. osoitteessa  
<http://www.metla.fi/ohjelma/vmi/img/nfi9> Päivitetty 24.1.2011. Luettu 24.1.2011.

Metla 2010d. Monilähteinen VMI. WWW-dokumentti.  
<http://www.metla.fi/ohjelma/vmi/vmi-moni.htm> Päivitetty 7.7.2010. Luettu 24.1.2011.

Metla 2010e. Uutiskirje osoitteessa  
<http://www.metla.fi/uutiskirje/vmi/2010-01/> Päivitetty 13.12.2010. Luettu 24.1.2011.

Metla 2010f. VMI:n historia. WWW-dokumentti.  
<http://www.metla.fi/ohjelma/vmi/vmi-historia> Päivitetty 7.7.2010. Luettu 24.1.2011.

Metla, Metsäkeskus, Tapio 2010. Julkaisematon raportti.

Metsäkeskus 2007. Metsään lehti 04/2007. Verkkolehti.  
<http://www.metsakeskus.fi/NR/rdonlyres/> Päivitetty 25.4.2007. Luettu 24.1.2011.

Metsäkeskus, Tapio 2010. Kaukokartoitusperusteisen metsien inventoinnin koalojen maastotyöopas (Versio 0.8).

Seiler Instruments 2011. Trimble Pathfinder ProXRT Receiver. WWW-dokumentti.  
<http://solutions.seilerinst.com/Catalog/> Päivitetty 24.1.2011. Luettu 24.1.2011.

Tekniikka & Talous 2010. Laserkeilaus mittaa metsät yhden puun tarkkuudella. WWW-dokumentti. <http://www.tekniikkatalous.fi/metsa/article77320.ece> Päivitetty 18.4.2008. Luettu 24.1.2011.

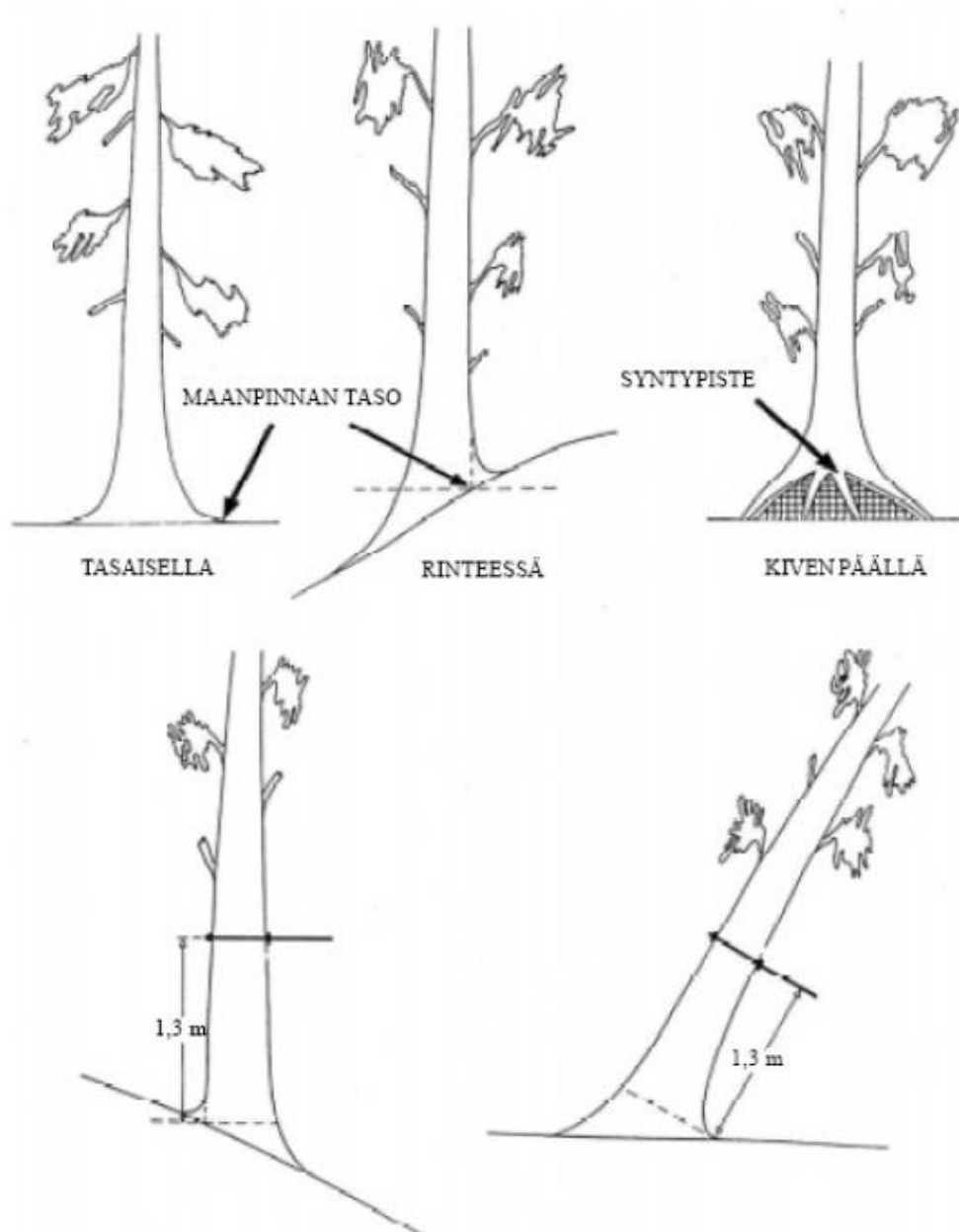
Terve Metsä 2009. Stora Enso Metsän lehti metsänomistajille. Satelliiteista laserkeilaukseen. Haastattelussa Juho Heikkilä kehittämiskeskus Tapiosta 09/2009.

Tomppo, Erkki 2002. Valtakunnan metsien inventointi. Teoksessa Tapion Taskukirja 24 uudistettu painos: Jyväskylä

## LIITTEET

## LIITE 1. Maanpinnan, syntypisteen ja rinnankorkeuden määrittäminen

## MAANPINNAN, SYNTYPISTEEN JA RINNANKORKEUDEN MÄÄRITTÄMINEN



Rinnankorkeuden määrittäminen rinteessä ja vinossa kasvavilla puilla.

## LIITE 2. Esimerkki solmukoodistosta.

Kasvupaikka, puusto ja toimen		e-ehdotukset		TAPIO 18.06.2003	
<b>PUUSTO</b>					
<b>KUVION PERUSTIEDOT</b>					
<b>PÄÄRYHMÄ</b>					
1	Metsälänsä	1	1-10 vuotta kulunut ojituksesta	1	AIKA OJITUKSESTA
2	Kotimaa	2	11-20 vuotta kulunut ojituksesta	2	1-10 vuotta kulunut ojituksesta
3	Juolomaa	3	21-30 vuotta kulunut ojituksesta	3	11-20 vuotta kulunut ojituksesta
4	Koulu metsätalousta	4	Yli 30 vuotta kulunut ojituksesta	4	21-30 vuotta kulunut ojituksesta
5	Tontti				
6	Metsätalousta				
7	Koulu maa				
8	Vesistö				
<b>ALARYHMÄ</b>					
1	Kangas				
2	Koppi				
3	Räme				
4	Neva				
5	Letto				
<b>KASVUPAIKALUOKKA</b>					
1	Letto, letto ja lehtomaisen suo (ja nuohoutuskeuhkas)				
2	Lehtomaisen kangas, vastaava suo ja nuohoutuskeuhkas				
3	Tuore kangas, vastaava suo ja mustikkaturvetuskeuhkas				
4	Kuvaheko kangas, vastaava suo ja puuhaitatuskeuhkas				
5	Kuva kangas, vastaava suo ja varpuurvetuskeuhkas				
6	Karukkokeuhkas, vastaava suo (ja jäkälävetuskeuhkas)				
7	Kalliomaa ja heikkio				
8	Lakemetsä ja tunturi				
<b>MAALAJI</b>					
10	Keskikerätkä tai kerätkä kangasmaa				
11	Kerätkä moreeni				
12	Kerätkä lahtinen maalaji				
20	Hienojakoisen kangasmaa				
21	Hieno kesämoreeni				
22	Hienojakoisen lahtinen maalaji				
30	Kivinen keskikerätkä tai kerätkä kangasmaa				
31	Kivinen keskikerätkä moreeni				
32	Kivinen keskikerätkä lahtinen maalaji				
40	Kivinen hienojakoisen kangasmaa				
60	Turvetmaa				
61	Sarvetus				
62	Rahkavetä				
63	Puuvetälinen turve				
70	Mutetmaa				
80	Leijumaa				
<b>KUIVATUSTILANNE</b>					
1	Optimaton kangas (oletusarvo)				
2	Sostunut kangas				
3	Ojitettu kangas				
6	Luonnontilainen suo				
7	Ojikko				
8	Muuttumaa				
9	Tuvetuskeuhkas				
<b>AIKA OJITUKSESTA</b>					
1	1-10 vuotta kulunut ojituksesta				
2	11-20 vuotta kulunut ojituksesta				
3	21-30 vuotta kulunut ojituksesta				
4	Yli 30 vuotta kulunut ojituksesta				
<b>KEHITYSLUOKKA</b>					
A0	Aukea				
30	Siemennuskeuhkas				
11	Taimikko alle 1,3 m				
12	Taimikko yli 1,3 m				
Y1	Ylispuuston taimikko				
02	Nuori kasvatuskeuhkas				
03	Varmuusi kasvatuskeuhkas				
04	Uudistuskeuhkas metsikkö				
05	Suojuspuumetsikkö				
<b>METSIKÖN LAATU</b>					
1	Kehityskelpoinen, hyvä (oletusarvo)				
2	Kehityskelpoinen, tydyttävä: aukkoinen, harva, vähäpuuston				
3	Kehityskelpoinen, tydyttävä: yllinvali, hoitamaton				
4	Kehityskelvoton: aukkoinen, harva, vähäpuuston				
5	Kehityskelvoton: yllinvali, hoitamaton				
6	Kehityskelvoton: kasvupaikalle metsätaloudellisesti sopimaton puulaji				
7	Kehityskelvoton: yllinvali				
8	Kehityskelvoton: huonokasvuinen, harsittu, jämenetsikkö				
9	Kehityskelvoton: tuhomettsikkö				
<b>PUULAJI</b>					
01	Mänty				
02	Kuusi				
03	Rauduskuusi				
04	Hieskuusi				
05	Haapa				
06	Hammalajoki				
07	Tarvopöytä				
08	Muu harjoitus				
09	Muu lahtinen				
10	Douglasikuusi				
11	Katko				
12	Konkianahki				
13	Konttilaiva				
14	Lehtikuusi				
15	Metsälammus				
16	Mustakuusi				
17	Paju				
18	Pihlaja				
19	Riipi				
20	Riipi				
21	Saari				
22	Serbanahki				
23	Serbanahki				
24	Tanni				
25	Tanni				
26	Tuomi				
27	Vaalherra				
28	Vaahtera				
29	Vaahtera				
30	Vuorilava				
<b>PUUSTO-OHJE</b>					
1	Kehityskelpoinen, hyvä (oletusarvo)				
2	Kehityskelpoinen, tydyttävä: aukkoinen, harva, vähäpuuston				
3	Kehityskelpoinen, tydyttävä: yllinvali, hoitamaton				
4	Kehityskelvoton: aukkoinen, harva, vähäpuuston				
5	Kehityskelvoton: yllinvali, hoitamaton				
6	Kehityskelvoton: kasvupaikalle metsätaloudellisesti sopimaton puulaji				
7	Kehityskelvoton: yllinvali				
8	Kehityskelvoton: huonokasvuinen, harsittu, jämenetsikkö				
9	Kehityskelvoton: tuhomettsikkö				
<b>TOIMENPITEEN EHDOTTOMUUS</b>					
0	Ei ehdoton toimenpide (oletusarvo)				
1/X	Ehdoton toimenpide				
<b>KUVION SAUVUTETTAVUUS</b>					
A	Myös keuhkon aikana				
K	Myös suian maan, mutta ei keuhkon aikana				
T	Vain kun maa on jässä				
<b>KÄYTTÖRAJOITUS</b>					
0	Ei rajoituksia (oletus)				
1	Ei viljelyä				
2	Ei taimikonhoitoa				
3	Ei ensilähtötoimia				
4	Ei harvennuskeuhkia				
5	Ei suojuurijätkäkeuhkia				
6	Ei siemenpuurijätkäkeuhkia				
7	Ei avohakkuuta				
8	Ei uudistuskeuhkulta				
9	Ei toimenpiteitä				
<b>PUUSTOJAKSO</b>					
1	Välittävä jakso				
2	Aikajono				
3	Ylispuusto				
<b>HAKKUUT</b>					
<b>HAKKUUTAPA</b>					
1	Ytispuuden poisto				
2	Ensiharvennus				
3	Harvennus				
4	Kalatalouskeuhkia				
5	Avohakkuu				
6	Vahvuuskeuhkia				
7	Suojuspuurijätkäkeuhkia				
8	Siemenpuurijätkäkeuhkia				
9	Ei hakkuuta				
<b>HAKKUUN KIIREELLISYYS</b>					
H	Kiireellinen				
1	1-5 vuotta metsäsuunnitelman valmistumisesta				
2	6-10 vuotta metsäsuunnitelman valmistumisesta				
3	11-15 vuotta metsäsuunnitelman valmistumisesta				
4	16-20 vuotta metsäsuunnitelman valmistumisesta				
5	Järjestän lepoon, ei hakata talouskaudella				
6	Voidaan hakata talouskaudella				
7	Voidaan hakata talouskauden lopulla				