

METSIEN ERI KÄYTTÖMUODOT YHDISTÄVÄ SUUNNITTELU

METSÄNTUTKIMUSPÄIVÄ JOENSUUSSA 1995

Kari Korhonen & Päivi Mäkkeli (toim.)



Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 568

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Kirjasto

METSIEN ERI KÄYTTÖMUODOT YHDISTÄVÄ
SUUNNITTELU

METSÄNTUTKIMUSPÄIVÄ JOENSUUSSA 1995

Kari Korhonen & Päivi Mäkkeli (toim.)

Joensuun tutkimusasema 1995

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 568

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Kirjasto

Korhonen, K.T. & Mäkkeli, P. (toim.) 1995. Metsien eri käyttömuodot yhdistävä suunnittelu. Metsäntutkimuspäivä Joensuussa 1995. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 568. 67 s. ISBN 951-40-1467-7, ISSN 0358-4283.

Toimittajien yhteystiedot: Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimusasema, PL 68, 80101 Joensuu.

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimusasema. Hyväksynyt: Matti Kärkkäinen, tutkimusjohtaja 6.7.1995.

Jakaja: Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimusasema, PL 68, 80101 Joensuu.

SISÄLLYS

JARI PARVIAINEN: Onko Suomi kestävä metsätalouden mallimaa?	5
KARI T. KORHONEN: Itä-Suomen metsävarat 1994	10
ANTTI REINIKAINEN: VMI biodiversiteetin tutkimuksen ja seurannan välineenä	17
TIMO TOKOLA: Satelliittikuvainvoinnin puuston tilavuusestimaattien luotettavuus tilatasolla	23
JYRKI KANGAS: Kansalaismielipide Suomen metsistä	36
AUVO KARVINEN: Vaivio-hanke: Monitavoitteisen metsäsuunnittelun kokeilu	44
VEIKKO HILTUNEN: Maisematason metsäsuunnittelu metsähallituksessa	47
JARI JÄMSÄ: MELAn käyttökokeuksia.....	52
TUULA NUUTINEN JA MARKKU SIITONEN: Mitä Pohjois-Karjalan metsien suojele maksaa?	58

Jari Parviainen

ONKO SUOMI KESTÄVÄN METSÄTALOUDEN MALLIMAA?

Metsätalouden kestävyys määrittely on tämän hetken tärkein kansainvälinen metsäkysymys. Meneillään on useita aloitteita, joissa kestävyys mittareita kehitellään. Valtioiden välisiä neuvotteluhankkeita ovat Helsinki-prosessi Euroopan metsille ja Montreal-prosessi lauhkean ja boreaalisen vyöhykkeen metsille Euroopan ulkopuolella. Lisäksi liikkeellä on ITTO (trooppisen puun kauppajärjestö) järjestön määrittely trooppisen vyöhykkeen metsämailla sekä useita kansalaisjärjestöjen aloitteita, joista pisimmälle kehitettynä on Forest Stewardship Councilin työ.

Euroopan metsäministerikokouksen julkilausumien seurannasta syntynyt Helsinki-prosessi on edelläkävijänä kestävyys tunnusmerkkien määrittelyssä. Pelkistäen kestävyys määriteltiin Euroopan metsille seuraavasti: "uudistuva luonnonvara säilyy, eikä sen käyttö heikennä monimuotoisuutta, tuotoskykyä, terveydentilaa ja ekologisia toimintoja pitkällä tähtäimellä, eikä käytöstä aiheudu vaaraa muulle ympäristölle".

Kestävyyttä mitataan kuuden kriteerin avulla, jotka ovat metsävarat ja hiilen kierto, metsien terveys ja elinvoimaisuus, metsien tuotannolliset toiminnot, metsäluonnon monimuotoisuus, metsien suojelutoimintojen (maaperä ja vesistö) ylläpitäminen sekä sosiaalisten ja taloudellisten toimintojen ylläpitäminen.

Jokaisen kriteerin toteutumista puolestaan arvioidaan ns. indikaattoreilla. Ne mittaavat jonkin metsän ominaisuuden, kuten esimerkiksi metsäalan tai metsien harsuuntumisen muutoksia ajan suhteen. Kaikkiaan indikaattoreita on 27. Lista ei ole luonnollisestikaan täydellinen, vaan sitä parannellaan ja täydennetään sitä mukaa, kun tutkimustietoa tai kokemusta on saavutettu riittävästi metsien tilan puolueettomalle arvioinnille. Mitattavien indikaattorien lisäksi on sovittu kuvailevista tunnuksista, joilla arvioidaan mm. toimenpiteiden huomioonottamista ja toteutumista lainsäädännössä.

Tärkein kysymys on se, kuinka kriteereitä ja indikaattoreita käytetään kestävyys arviointiin ja kuinka niiden antamia tuloksia tulkitaan. Vasta yhtenäisin menetelmin koottujen tietojen perusteella voidaan arvioida kestävyys toteutuminen. Saatavilla olevien metsä- ja ympäristötietojen perusteella Suomen metsien kestävyyttä voidaan arvioida esimerkinomaisesti Helsinki-prosessin kriteereillä seuraavasti:

Metsävaratilanne on Suomessa hyvä

Metsäala on säilynyt koko vuosisadan ajan vakaana. Metsien puuvarasto on kasvanut viimeisten 10 vuoden aikana 15 %. Etelä- ja Pohjois-Suomen välillä metsien kasvussa on suuri ero. Osa metsämaasta on ns. kitumaata ja suota. Metsät ovat yksinomaan luontaisia metsiä ja vain hyvin pieni osuus on metsitettyjä peltoja. Ulkomaisia puulajeja on istutettu vain kokeiluluonteisena. Metsien ikärakenteessa ei ole tapahtunut suuria muutoksia, vanhojen metsien ja järeiden puiden osuus on kasvanut.

Metsien hiilivaranto on kasvanut. Metsät sitovat hiiltä lähes saman verran kuin teollisuuden prosesseissa vapautuu.

Metsien terveystila toistaiseksi tyydyttävä

Etelä-Suomessa havaitaan lievää kuusen harsuuntumista. Pienialaisia paikallisia ongelmia esiintyy. Itäisimmässä Lapissa metsien terveyttä ovat vaurioittaneet Kuolan alueen päästöt. Päästöjen rajoittamista kansainvälisesti on jatkettava. Toistaiseksi ei tarvita laaja-alaisia terveyslannoituksia, sillä maaperämuutoksia ei ole laaja-alaisesti havaittu.

Bioottiset ja abioottiset tuhot eivät ole olleet ongelmallisia. Paikallisesti rajoittuneita pienialaisia tuhoja on esiintynyt silloin tällöin. Torjunta on pystytty hoitamaan.

Hirvikannat ovat suuret ja hirvet ovat aiheuttaneet taimikkotuhoja. Kantojen säätely on välttämätöntä.

Metsätase ylijäämäinen

Metsien kasvusta on hakattu 65-75 % viime vuosina. Metsien suunnittelutilanne on hyvä, lähes kaikki metsänomistajat ovat laatineet tilalleen suunnitelman. Nykyiset hakkuut ovat lähellä metsien kestäväää hakkuumahdollisuutta.

Rinnakkaistuotteiden hyväksikäyttöaste on alhainen. Marjoista ja sienistä otetaan talteen vain 10-20 %. Hyväksikäyttöaste laskenut hieman. Riistan metsästys on säilynyt vakaana.

Monimuotoisuuden huomioonottamista tulisi parantaa

Tärkein asia on tällä hetkellä vanhojen metsien kartoitus ja suojeluverkoston täydentäminen. Suojelualueiden tilanne eräitä poikkeuksia lukuunottamatta on Pohjois-Suomessa yhteisesti sovitun ohjelman mukainen. Etelä-Suomessa erityisesti vanhojen metsien suojelua tulisi lisätä. Siihen tarvitaan yhteiskunnan tukea tai muita rahoitusjärjestelyjä.

Metsien käyttörajoitusten alainen pinta-alaosuus on verraten korkea, kaikkiaan noin 10 % metsäalasta.

Uhanalaisten lajien määrän lisääntyminen sekä sekametsien osuuden pienentyminen kertovat tarpeesta kehittää metsänkasvatusmenetelmiä. Vaadittavia toimenpiteitä ovat uudet metsänhoidon suuntalinjat, valtion tukirahoitus metsänhoidon ympäristömerkityksen edistämiseksi sekä laskelmien laatiminen metsänhoidon kustannuksista monimuotoisuuden huomioonottamiseksi

Metsien suojelutoimintojen tilanne tyydyttävä

Suomessa ei ole tunnettuja laaja-alaisia maaperä- tai vesistöongelmia.

Sosiaalisten ja taloudellisten tekijöiden tilanne on melko hyvä

Metsätalouden merkitys on tunnustettu tärkeäksi Suomen taloudessa, mutta sen osuus on kansantuotteesta laskenut. Tällä hetkellä metsäteollisuus toimii hyvällä käyttöasteella. Metsätalouden työllisyys on laskenut, mikä liittyy osittain yleiseen työllisyyskehityksen heikkoon tilanteeseen Suomessa.

Jokamiehen oikeuden ansiosta metsien virkistys- ja vapaa-ajankäyttö on laaja-alaista ja mahdollista kaikille kansalaisille.

Edellisen perusteella metsiemme kestävyys asettuu eurooppalaisessa vertailussa maiden eturiviin. Suomi voi hyvin toimia kestävä metsätalouden mallimaana. Miksi myönteisen kansainvälisen imagon hankkimisen sijasta olemme kuitenkin ajautuneet keskinäiseen kiistelyyn? Vielä vuosi sitten vallinnut lievä yksituumaisuus metsien käsittelyn linjoista on kadonnut. Ympäristöasioista saamme kielteistä kansainvälistä palautetta aika ajoin sanoma- ja aikakauslehtien sensaatioartikkeleissa. On kulunut jo kuusi vuotta siitä, kun saksalainen die Zeit -lehti kertoi suomalaisen metsänhoidon olevan "shakkilautamenetelmän" ja vertasi metsätalouttamme Brasiliaan otsikolla "Wie in Brasilien?". Sitten metsätaloutemme on päässyt kielteisiin pääotsikoihin mm. The Ecologist, der Spiegel, Geo ja viimeksi New Scientist -lehdissä.

Ruotsi on metsänhoidon kehittämisessä meitä edellä. Siellä metsän ympäristöarvojen merkitys on tiedostettu markkinaetuna. Eräs kansalaisjärjestö levittää maailmalla myönteistä mielikuvaa ruotsalaisesta metsänhoidosta. Ruotsi saavuttaa ensimmäisenä uuden luonnonläheisen metsänhoidon mallimaan aseman. Samoin toimii Kanada. Rajuista metsänhoidon menetelmistään huolimatta Kanada on luonut mallimetsäalue-idean. Mallimetsiä on perustettu kymmenkunta sekä Kanadan eri provinssiin että muualle maailmaan ns. "Kanadan mallina." Laaja-alaiset suurmetsätalouden luonnonmetsien avohakkuut on käännetty voitoksi. Mallimetsäprojektin mainostuksella Kanadan imago muuttuu parhaillaan Keski-Euroopassa myönteiseksi. Ostajat uskovat kanadalaisiin tuotteisiin.

Mitä voitaisiin myönteisen imagon saavuttamiseksi tehdä, vaikka metsäasioissa onkin edetty Suomessa viime vuosina laajalla rintamalla? Myönteisiä ponnistuksia ovat olleet metsätalouden ympäristöohjelman laadinta, metsänhoidon ohjeiden kehittäminen, vanhojen metsien suojeluohjelman laadinta, metsälakien uudistamistyö ja metsätiedottamisen ja -koulutuksen tehostaminen.

Ainakin kolme asiaryhmää vaatii lisähuolenpitoa.

1. Metsäkeskustelua on jatkettava, käsitteistä ja määritelmistä olisi saavutettava kohtuullinen yhteisymmärrys. Tutkimuksella on tässä keskeinen tehtävä. Puhutaan esimerkiksi luonnonmetsistä, aarniometsistä, luonnonläheisestä metsänhoidosta, jatkuvasta kasvatuksesta tai eri-ikäisrakenteisesta metsästä, mutta mitä ne oikeastaan ovat? Keskustelijoilla on erilainen käsitys luonnonmetsästä ja siitä, milloin metsä on saavuttanut vanhuusvaiheen ansaitakseen rauhoitettavan luonnontilaisen metsän arvon.

Toisaalta olisi tunnistettava ja tunnustettava metsävyöhykkeiden erot. Suomi ei ole suurimittakaavaisen viljelymetsätalouden maa, eikä Venäjä, Kanada tai Saksa.

Suomi on pienmetsätalouden maa. Suomalaisen metsänhoidon viiteryhmä on Eurooppa. Vaikka metsämme kuuluvat samaan boreaaliseen vyöhykkeeseen kuin Kanadassa, USAssa ja Siperiassa, metsiämme leimaa kaksi täysin erilaista piirrettä. Metsämme ovat olleet vuosisatojen ajan ihmistoiminnan vaikutuksen alaisina. Täysin koskemattomia metsiä, joihin metsästys, tervaspuiden hankinta, määrämittahakkuut tai kaskitalous eivät olisi vaikuttaneet, on erittäin vähän. Toiseksi Suomen metsien omistusrakenne on pienmetsävaltainen, metsät ovat yksityisomistuksessa kuten Norjassa, Saksassa ja Ranskassa.

Harjoitamme täällä pienmetsätaloutta erotuksena Kanadan koskemattomia luonnonmetsiä käyttävästä suurtaloudesta. Keskimääräinen avohakkuualamme yksityismetsissä, 1-2 hehtaaria on samansuuruinen kuin Saksan, Ranskan ja Sveitsin käyttämä avohakkuun ala. Pienmetsätalous luo vaihtoehtoja, tavoitteena voi olla kuitupuun kustannuksella sahapuun kasvatusta, erikoispuiden tuottaminen, jalojen lehtipuiden kasvatusta tai muu erikoistuminen.

Viiljelmetsätalouden laaja-alaisia pinta-aloja hyödyntävät mallit sopivat suurmetsätalouden maille, mutta eivät Suomelle. Tosiasiassa metsämme ovat ilmastossamme luontaisten puulajien metsittämiä, ihmistoiminnan vaikutuksen alaisia talousmetsiä. Luonnonläheisesti niitä hoitaa, viljellen ja luontaisesti uudistaen luomme myönteisen imagon kyvystämme uudistuvan luonnonvaran kestävästä käytöstä vaalijana.

2. Metsävarojen inventoinnista voimme kehittää metsäympäristön seurantajärjestelmän, joka mittaa kokonaisvaltaisesti puuvarojen ohella metsien terveydentilan, monimuotoisuuden ja metsätalouden ympäristövaikutukset, kuten vesistövaikutukset. Suomessa on maailman kehittynein satelliittikuvatuokinnan ja maastomittaukset yhdistävä metsävarojen inventointijärjestelmä. Paikkaansidottuina tietoina järjestelmä pystyy antamaan kehittyessään käsityksen metsiköiden keskinäisestä ikä-, koko- ja kehitysvaiheiden mosaiikkirakenteesta, metsien, peltojen, vesistöjen ja rakennetun maan vaihteluista.

Kiistoille altis tilanne syntyy, jos esimerkiksi inventointeihin sisällytetään yksinoman vanhat metsät ottamatta huomioon niiden sijoittumista muuhun ympäristöön. Vain metsikkökuvioiden kokonaisvaltainen tarkastelu valtakunnan metsien inventointiverkon tapaan mahdollistaa puolueettoman suojelualueiden tarpeen arvioinnin.

Metsien monimuotoisuuden turvaaminen riippuu suojelun rinnalla siitä, kuinka talousmetsien hoitoa kehitetään ja kuinka runsaasti talousmetsien sisällä säilytetään arvokkaita ja ainutlaatuisia pienbiotooppeja. Ei siis ole selkeää tieteellistä perustaa, kuinka paljon jonkin maan metsistä on varattava suojeluun.

Olenaisiin metsien suojelukysymys on suojelukohteiden alueellisen verkoston olemassaolo, eri ikävaiheita sisältävien suojelualueiden määrä, edustavuus ja sijoittuminen talousmetsien rinnalle.

Rajoitusten piirissä oleva metsämaa ala Suomessa - yli 10 prosenttia - on kansainvälisesti korkea luku. Kiireisimmin suojelua kaipaavat todella arvokkaat, ainutlaatuiset vanhat metsät. Pohjois-Suomessa suojelualueverkkoa voidaan pitää eräin poikkeuksin verrattain edustavana. Etelä-Suomessa erityisesti vanhoja metsiä on suojeltu liian vähän metsien monimuotoisuuden ylläpitämiseksi.

Taloustoiminnan ulkopuolelle, suojeluun varattava metsäala jää olosuhteidemme vuoksi järkeviin lukuihin, kun metsänhoitoa kehitetään. Todella arvokkaat vanhat metsät lienevät tunnistettavissa. Yhteiskunnan velvollisuus on ottaa vastuu niiden suojelusta.

3. Metsänkasvatusmenetelmistä tarvitaan kiireesti vertailulaskelmat. Metsänhoito on muuttunut paljon tällä vuosikymmenellä. Puuntuotannon rinnalla metsiemme mosaiikkimainen pienpiirteisyys, monimuotoisuus ja ympäristö on otettu lisäantuvasti huomioon. Kuusivaltaisten metsien pienaukkohakkuut, luontainen uudistaminen, sekapuustojen suosiminen, jättöpuiden suosiminen uudistamis- ja harvennushakkuissa sekä pienbiotoopit ovat esimerkkejä uusista painotuksista. Uudistamistulokset mm. tuoreiden kankaiden karkearakenteisilla maalajeilla mäntyvaltaisissa metsissä ovat luontaisesti uudistettaessa hyviä, jos maanmuokkauksesta on huolehdittu. Toiveajattelulle ei ole sijaa, sillä tutkimustietoa on karttunut jo riittävästi luonnonläheisemmän metsänhoidon käytännön toteutukselle.

Pelkoja on luotu siitä, että uusimuotoinen metsänhoito on kallista. Maksumieheksi sanotaan joutuvan "vain" metsänomistajan. Metsänhoito voi kuitenkin olla yhtä aikaa taloudellista, luonnonläheistä ja ympäristöystävällistä. Metsänomistaja on myös ainakin osittainen edunsaaja siitä, kun puu käy kaupaksi halutun imagon perusteella ja kun sen tuottaminen on luonnonläheisten oppien mukaan edullisinta. Kiistaa metsänhoidon kustannuksista pitää yllä se, että toistaiseksi ei ole kunnollisia laskelmia puuntuotantoa korostavan ja luonnonläheisen metsänhoidon välillä. Metsänkasvatusketju-ajattelu tulisi ottaa uudelleen käyttöön, sillä niillä voidaan tuottaa laskelmia metsänhoidon kustannusten ja tuottojen selvittämiseksi. Välineitä ja perustietoja tähän on olemassa. Esimerkkinä niistä on 1980-luvulla kehitetty VILJO-järjestelmä, joka vertaili luontaisen uudistamisen ja metsänviljelyn vaihtoehtoja kokonaisketjutarkastelulla. Näihin laskelmiin tulisi nyt lisätä jättöpuiden merkitys, taimikon hoidon uudet linjaukset, luontaisten taimien syntymismahdollisuudet muokkauksen ansiosta sekä tulevan puuston laatu- ja kasvuerot.

Saattaa olla, että yli-innokkaiden metsien suojelijoiden ja suunnitelmallisesti hyvän metsänhoitokäytännön mukaan metsiään hoitavien yksityisten metsänomistajien välisiä kiistoja ei voida välttää arvokysymysten erojen vuoksi, mutta tärkeää on kumminkin myönteisen ympäristöasenteen ylläpitäminen. Suomen hoitaessa luontaisia talousmetsiään luonnonläheisesti, oikeutus hyväksyttävään toimintaan on saavutettavissa. Se pitäisi markkinoida myönteisesti ja nykyistä paremmin. Keskustelu ja toiminta olisi saatava ympäristökysymysten uhkasta ympäristöeduksi. Myytävän puun imago muuttuu ja tuotteiden ostaja vakuuttuu siitä, että puu on tuotettu paitsi kestävästi ja taloudellisesti myös ympäristöystävällisesti.

ITÄ-SUOMEN METSÄVARAT 1994

Suomen metsävarojen kehitystä on seurattu 20-luvulta alkaen valtakunnan metsien inventoinneilla. 8. inventointikierron aloitettiin vuonna 1986. Inventointi on edennyt etelästä pohjoiseen ja pohjoisimman Suomen osalta 8. inventointi saatiin päätökseen viime kesänä. Tämän inventointikierron aikana valtakunnan metsien inventointia on melkoisesti uudistettu, jopa niin, että Metsäntutkimuslaitoksen tuotekehittelyä on nimetty aggressiiviseksi. 90-luvun alusta alkaen inventoinnin maastotietoihin on yhdistetty kaukokartoitus- ja karttatietoa, joiden avulla tuloksia on rohjettu esittää myös perinteistä laskenta-alueita, metsälautakuntaa, pienemmille alueille (Tomppo 1993). Koepuiden mittauksia on kehitetty niin, että puumittauksista voidaan laskea entistä monipuolisemmin erilaisten puutavaralajien määriä.

Näitä uudistuksia ei ollut tehty, kun 8. inventointi käynnistyi. Tämän vuoksi kesän -94 aikana mitattiin osa eteläisimmän Suomen koealoista uudestaan (metsälautakunnan Helsingistä Pohjois-Karjalaan). Koealoja mitattiin joka toiselta 8. inventoinnissa perusteltua lohkolta siten, että alkuperäisestä 21 koealasta/lohko mitattiin uudestaan 16 koealaa (Valtakunnan metsien... 1994). Koko otoksen tiheydeksi tässä ajantasaisusinventoinnissa tuli 38 % 8. inventoinnin ostotiheydestä. Yksi koeala edustaa siten noin 610 hehtaaria. Koska otos on melko harva, pelkän maastotiedon avulla ei voi laskea luotettavia estimaatteja yksittäisille metsälautakunnille. Tässä esityksessä esittelen maastoaineistosta laskettuja alustavia tuloksia itäiselle Suomelle (joka on yhdistelmä metsälautakunnista Etelä-Savo, Etelä-Karjala, Itä-Savo ja Pohjois-Karjala). Mitatun aineiston käsittely on osittain kesken, siksi tuloksissa ei ole mukana kasvutietoja eikä puutavaralajeittaisia tilavuuksia. Myös kokonaistilavuudet voivat vielä jonkin verran muuttua. Luotettavuustunnuksia ei ole vielä laskettu.

Tarkastelualueen maapinta-ala on 4.19 milj.ha, josta metsämaata on 3.31 milj. ha. Tarkastelualueella suoritettiin 8. inventointi vuosien 1986-1989 aikana, pääosin vuosina 1988 ja 1989. Viime kesän ajantasaisusinventoinnin ja 8. inventoinnin ero on siis noin 6 vuotta. Alustavien laskelmien mukaan tänä aikana Itä-Suomen puuvarat ovat lisääntyneet noin 5 %. 8. inventoinnin mukaan puuston keskitilavuus metsämaalla oli noin 116 m³/ha - ajantasaisusinventoinnin alustavien tulosten mukaan keskitilavuus on 122 m³/ha. Eniten on lisääntynyt männyn keskitilavuus (kuva 1).

Keskitilavuuden kasvu selittyy puuston tihentymisellä: keskimääräinen pohjapinta-ala on kasvanut 16.2:sta m²/ha 17:ään m²/ha. Puulajeittain tarkasteltuna tulos on samansuuntainen kuin keskitilavuuksien kohdalla (kuva 2).

Eri ikäluokkien osuudet eivät ole 6 vuodessa mainittavasti muuttuneet - suurin muutos on ikäluokassa 60 - 80 vuotta, jonka osuus näyttää vähentyneen noin 2.5 %-yksikköä. Itä-Suomen metsien ikäluokkajakauma on edelleen painottunut nuoriin metsiin: alle 40 - vuotiaita metsiä on noin 45 % metsämaan alasta. Aukeita aloja on noin 2 % ja yli 120 - vuotiaita metsiä vajaan 4 % (kuva 3). Itä-Suomen metsiköt ovat enimmäkseen männiköitä - mänty on vallitseva puulaji lähes 60 % metsiköistä (kuva 4). Tässäkään jakaumassa ei ole tapahtunut oleellista muutosta inventointien välillä.

Tarkasteltaessa puuston pohjapinta-aloja ikäluokittain havaitaan (kuva 5), että puumäärän lisäys on tapahtunut ikäluokassa 20 - 40 -vuotiaissa metsissä, joiden osuus Itä-Suomen metsistä on suuri, kuten edellä todettiin. Toisaalta myös yli 100 -vuotiaissa metsissä on pohjapinta-ala kasvanut selvästi.

Läpimittaluokittain tarkasteltuna puuston lisäys on ollut suurinta pienissä läpimittaluokissa, kuten ikäluokittaisten keskitilavuuksien tarkastelu antoi aihetta olettaa. Esimerkiksi männyllä ja koivulla puumäärän lisäys on tapahtunut lähes yksinomaan läpimittaluokassa 10 - 20 cm (kuvat 6 ja 8). Kuusella lisäys on selvä myös yli 30 cm:n läpimittaluokissa (kuva 7).

Inventoinnissa kirjataan koaloilta myös tehdyt toimenpiteet. Vertailtaessa viimeisen 5 vuoden aikana tehtyjä toimenpiteitä 8. inventoinnissa ja ajantasaistusinventoinnissa havaitaan, että taimikonhoidon pinta-ala on vähentynyt samanaikaisesti kun uudistamishakkuiden määrä on kasvanut (kuva 9). Positiivinen tulkinta tuloksesta on, pelko taimikoiden muuttumisesta yhden puulajin geneettisesti köyhiksi pelloiksi on aiheeton. Ensiharvennukset ovat vähentyneet, mutta muut harvennukset lisääntyneet.

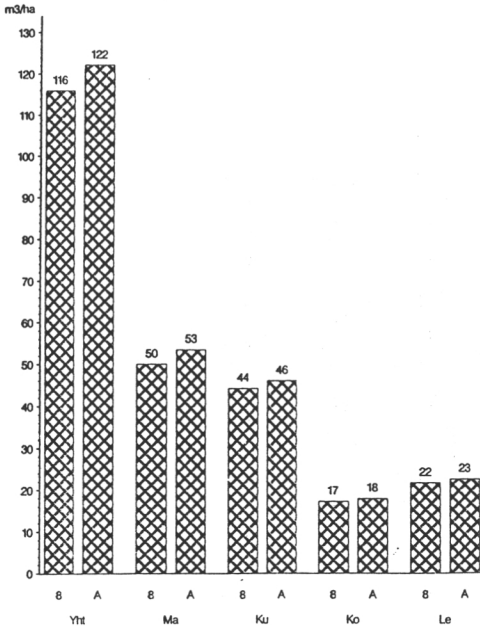
Inventoinnin maastoryhmä tekee mittaamilleen koealakuvioille myös käsittelyehdotuksen. Ehdotus perustuu metsäammattilaisen näkemykseen puuston metsänhoidollisesta tarpeesta. Ehdotuksessa ei ole siten mukana tietoa esimerkiksi metsänomistajan rahantarpeesta tai säästöhaluista. Näiden ehdotusten mukaan tulevana 10-vuotiskautena ensiharvennuksia tulisi tehdä selvästi (peräti 27 %) enemmän kuin aiemman inventoinnin mukaan (kuva 10). Muiden harvennusten, uudistamishakkuiden ja taimikonhoidon tarve on jonkin verran vähäisempi kuin edellisen inventoinnin käsittelyehdotusten mukaan. Taimikonhoito on kuitenkin maastoryhmän näkemysten mukaan jo viivästynyt kuitenkin peräti 100 000 ha alalla Itä-Suomessa.

Nämä tilastot tehdyistä ja ehdotetuista toimenpiteistä kertovat, että Itä-Suomen metsiä on 90-luvulla hoidettu monimuotoisesti. Kun vihreä ympäristöministeri aikanaan tulee Itä-Suomen yksityismetsätalouden tarkastuskierrökselle, metsälautakunnat voivat ylpeinä esitellä villiä ja vapaata taimikkoa ja kirveen koskemattomaa nuorta kasvatusmetsää.

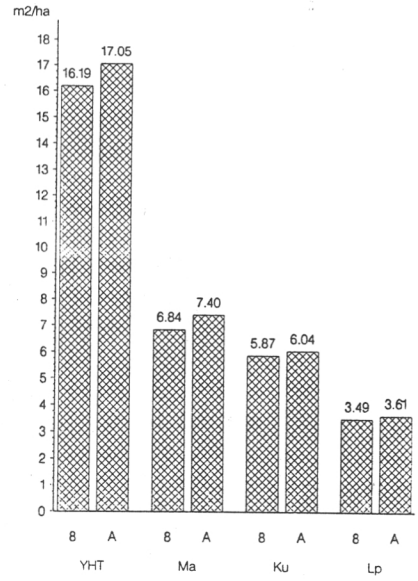
Yhteenveto tuloksista on, että puuvarat ovat 6 vuodessa Itä-Suomessa lisääntyneet noin 5 % eli likimäärin yhden vuoden kasvun verran. Tulos ei ole yllättävä, sillä 90-luvun ensimmäiset vuodet olivat puumarkkinoilla melko hiljaiset. Esimerkiksi vuonna 1992 hakkuukertymä Itä-Suomen metsistä Pohjois-Savo mukaanlukien oli 16.4 milj.m³. Vuonna 1993 kertymä oli 17.7 milj. m³. Ennakkotietojen mukaan viime vuoden hakkuukertymä oli noin 20 milj.m³ ja tämän vuoden alkupuoliskolla puukauppa on ollut entistä vilkkaampaa (kuva 11). Vuonna 1990 laskettu kahdeksanteen inventointiin perustuva kestävä hakkuusuunnite oli 22.1 milj.m³ (Siitonen 1994). Hakkuukertymä alkaa siis lähestyä tätä teorettista kestävää hakkuusuunnitetta. Lisääntyvä metsien suojele ja muuttuvat talousmetsien käsittelytavat voivat alentaa merkittävästikin lähitulevaisuuden hakkuumahdollisuuksia. On ilmeistä, että Itä-Suomen hakkuumahdollisuuksia on jatkossa arvioitava entistä huolellisemmin käyttäen ajantasaisia puuvaratietoja ja tietoja tai aavistuksia todellisesta puuntuotannolle käytettävissä olevasta alasta.

Kirjallisuus

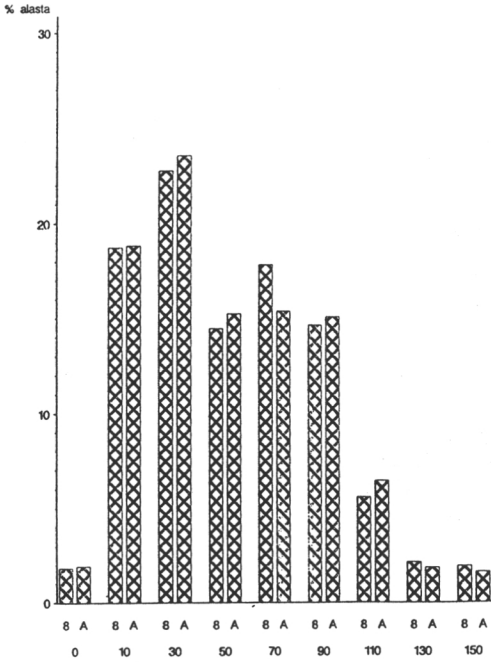
- Siitonen, M. 1994. Itä-Suomen metsien hakkuumahdollisuudet. Teoksessa: Toropainen, M. & Mäkkeli, P. (toim.) 1994. Metsäsektori myllerryksessä. Metsäntutkimuspäivä Joensuussa 1994. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 500.
- Tomppo, E. 1993. Multi-Source National Forest Inventory of Finland. Teoksessa: Nyysönen, A., Poso, S. & Rautala, J. 1993. Proceedings of Ilvessalo Symposium on National Forest Inventories. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 444.
- Valtakunnan metsien 8. inventointi. Etelä-Suomen päivitys. Kenttätöön ohjeet. 1994. Moniste 65 s. + liitteet. Metsäntutkimuslaitos, Helsinki.



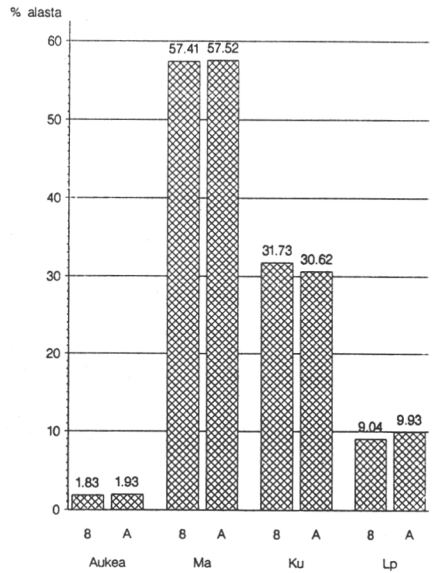
Kuva 1. Keskitilavuudet metsämaalla puulajeittain 8. inventoinnin (8) ja ajantasaistusinventoinnin (A) mukaan.



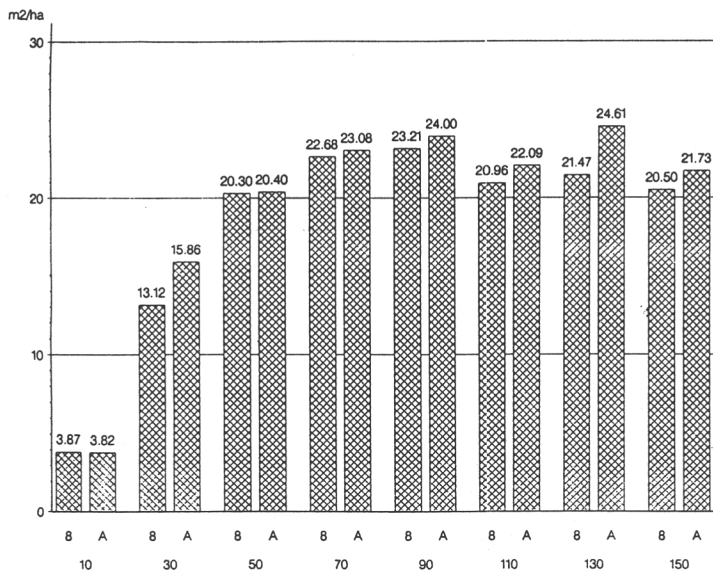
Kuva 2. Pohjapinta-alat puulajeittain.



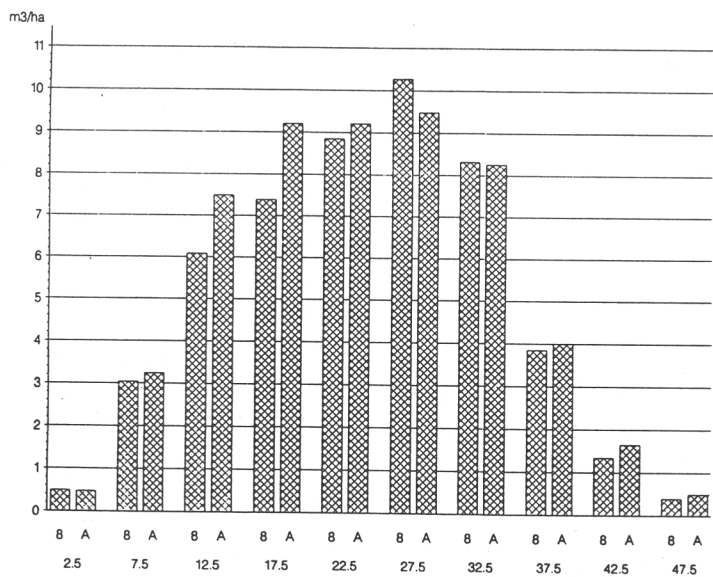
Kuva 3. Ikäluokkien osuudet metsämaalla.



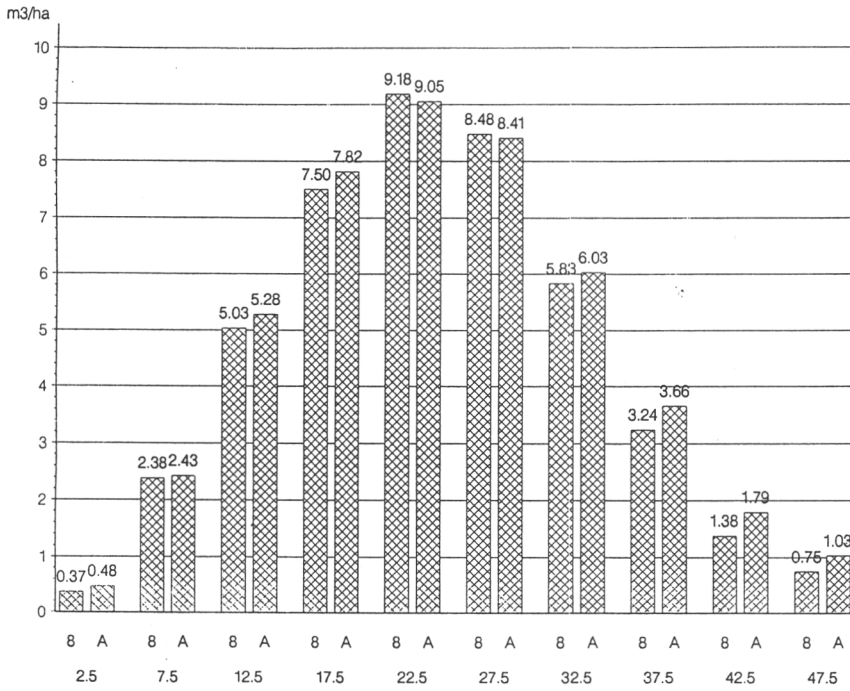
Kuva 4. Puulajien vallitsevuus metsämaalla.



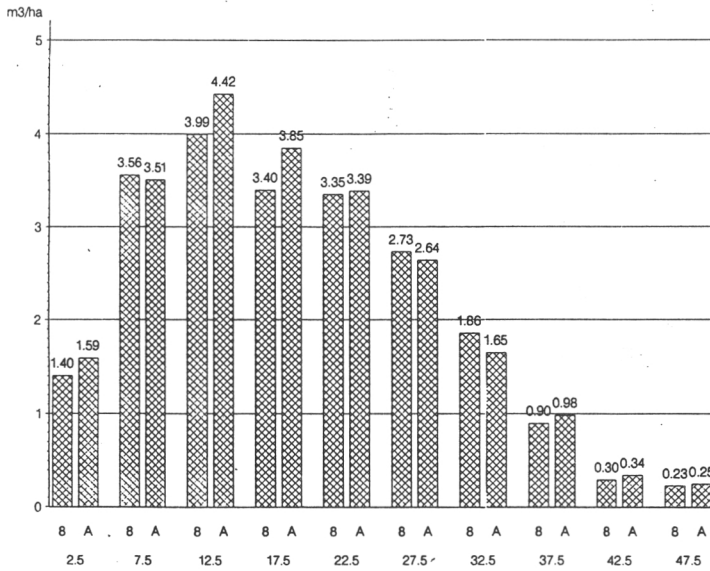
Kuva 5. Pohjapinta-alat ikäluokittain metsämaalla.



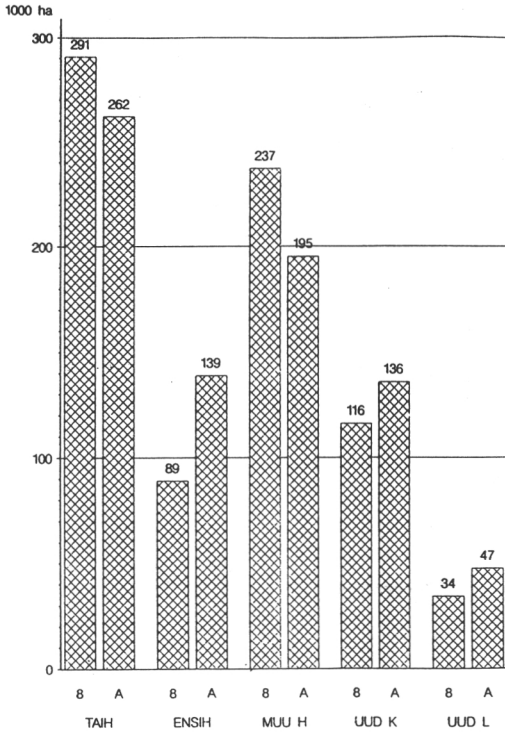
Kuva 6. Keskitilavuus 5 cm läpimittaluokissa, mänty.



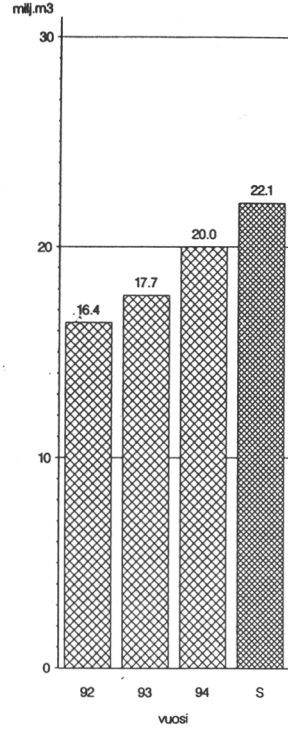
Kuva 7. Keskitilavuus 5 cm läpimittaluokissa, kuusi.



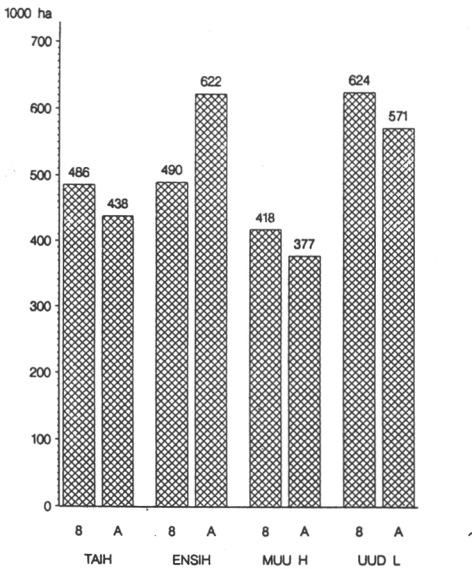
Kuva 8. Keskitilavuus 5 cm läpimittaluokissa, koivu.



Kuva 9. Puustolle tehty toimenpiteet viimeisen 5 vuoden aikana (TAIH= Taimikonhoito, ENSIH= Ensiharvennus, MUU H= Muu harvennus, UUD K= Uudistushakkuu keinollista uudistusta varten, UUD L= Uudistushakkuu luontaista uudistusta varten).



Kuva 11. Hakuukertymät 92-94 ja kestävä suunnite (S) (Siitonen 1994)



Kuva 10. Puustolle ehdotetut toimenpiteet seuraavalle 10-vuotiskaudelle.

Antti Reinikainen

VMI BIODIVERSITEETIN TUTKIMUKSEN JA SEURANNAN VÄLI- NEENÄ

1. Johdanto

Biologian käsitteenä diversiteetti otettiin käyttöön yhteisöekologisessa tutkimuksessa yli 40 vuotta sitten. Ilmiö, jota sen avulla haluttiin lähestyä ja hallita, oli vaihtelevuus gradientilla yksinkertainen/monimutkainen. Tämä motiivi yhdisti alkuperäisen diversiteetikäsitteen vuonna 1988 syntyneeseen (ks. Kouki 1993) termiin biodiversiteetti. Uudissana merkityksineen tuskin oli tulos yhtenäisestä ja johdonmukaisesta tieteen piirissä tapahtuneesta conceptual advance -prosessista. Syntyessään biodiversiteetti oli pikemminkin ajatusmalli, joka käsitteenä oli paljon edeltäjänsä laajempi ja löyhempi. Sisällön epätasallisuudesta huolimatta siinä nähtiin laajoja operationaalisia mahdollisuuksia, joiden toteuttamiseksi tutkijat ja päättäjät kaikkialla maailmassa ovat nyt ehtineet työskennellä 1990-luvun alkupuoliskon. Väljästi määritellyn biodiversiteetikäsitteen (ks. esim. Kouki 1993) pohjalle ollaan nopeasti rakentamassa täsmennyksiä sekä kriteerien, indikaattoreiden ja mittarien käytäntöä.

Ekologiatieteen käsite diversiteetti ja uudiskäsite biodiversiteetti eivät siis ole synonyymejä, vaikka niitä sellaisina usein käsitelläänkin (esim. Pitkänen 1995). Enimmäkseen eliölajien runsauden tunnuksilla operoinut diversiteettitutkimus määritteli ja luokitteli lajistollisen monimuotoisuuden ilmestymisluotoja (esim. Whittaker 1970, 1977). Tällä sektorilla diversiteetti käsitettiin alun alkaen mitattavana ilmiönä (Simpson 1949). Lajirunsauden tunnuksista pyrittiin kehittämään yhteisön lajistollisen rakenteen useampia ominaisuuksia yhtäaikaista kuvaavia indeksejä (ks. esim. Kouki 1993). Myös muita systeemin yksinkertaisuutta/monimutkaisuutta kuvaavia tunnuksia kokeiltiin (mm. MacArthur & MacArthur 1961).

Biodiversiteetin mittaaminen on uusi haaste, johon miehenikäinen diversiteettitutkimus pystyy vain pieneltä osin vastaamaan. Nämä osat, lähinnä lajistollisen diversiteetin analyysi ja mittaaminen, ovat biodiversiteetin tutkimuksen ja seurannan periaatteessa ongelmattomin alue, koska ehdoista ja rajoituksista on kokemusta: lajisto on tunnettava (s. l.) ja kvantitatiivisia menetelmiä sen inventoimiseksi kehitettävä entisten metodien lisäksi. Ollaan varsin hyvin selvillä siitä, mitä lajiodiversiteettilinja voi biodiversiteetin säilyttämiseen tähtäävälle toiminnalle antaa. Lajiston taksonominen selittäminen ja paikalliset, alueelliset ja globaalit inventaariot sekä yhteisöjen kuvaaminen etenevät hitaasti mutta varmasti ja niiden perustava merkitys on oivallettu. Tiedetään kuitenkin, että sukupuutot ja uhanalaistuminen etenevät nopeammin kuin eliöstön tunnetuksi tuleminen ja että lajirunsaus sekä siitä johdetut indeksit eivät ole biodiversiteetin hoidon täsmävälineitä (ks. Kouki 1993).

Suojelutavoitteinen biodiversiteettitutkimus ja päätöksenteko ovatkin vain toissijaisesti kiinnostuneita lajistollisesta kokonaismonimuotoisuudesta. Tärkeämpiä pidetään yhtäältä diversiteetin keskittymiä ja toisaalta lajimäärää lisääviä luonnonelementtejä. Ne voivat olla habitaatteja, ekosysteemejä tai yksittäisiä lajeja

ravintoverkossa; yleisesti voidaan puhua avainelementeistä. Uuden soveltavan biodiversiteettitutkimuksen on kehitettävä välineitä näiden elementtien löytämiseen, määrittelyyn, inventointiin, seurantaan ja arvottamiseen.

Biodiversiteettiajattelun merkityksen nopea kasvu on luonut myös tarpeen tehdä tilannekatsauksia. Sellaisiin ovat kaikki Rion sopimuksen allekirjoittajavaltiot velvollisia. Erityisesti Suomen tapaisessa eliöstöltään ja ekosysteemeiltään hyvin peruskartoitetussa maassa pitäisi määrätietoisesti asettaa kysymys, mitä biodiversiteetistä jo tiedetään. Luontomme tilasta on viime vuosina tehdyt mietinnön luontoiset selvitykset eivät ole tehokkaimmalla tavalla ammentaneet eliömaantieteellisen, ekologisen, floristisen ja faunistisen tutkimuksen vanhempaa aarteistoa (ks. kuitenkin esim. Suomen metsäluonnon...1994).

Valtakunnan metsien inventoinnin (VMI) roolin määrittely on biodiversiteettikauden alettua luontevasti uudistunut. Sen mahdollisuudet edellä luetelluissa monimuotoisuuden tutkimuksen ja seurannan tehtävissä on oivallettu jo monella taholla. VMI:n vanhaa aineistoa on aktivoitu (esim. Lähde ym. 1994, Pitkänen 1994, Kellomäki & Kohlström 1995, Reinikainen 1995) ja uusien inventointien sisältöä ollaan kehittämässä biodiversiteettiä huomioon ottavaksi (esim. Reinikainen 1995, Reinikainen & Nousiainen 1995, Yli-Kojola 1995). Tässä artikkelissa tarkastellaan lyhyesti VMI:n potentiaalia eri tasoilla ilmenevän metsäluonnon monimuotoisuuden mittaamisessa.

2. VMI:n rakenne ja yleiset ominaisuudet

VMI on systemaattinen otos Suomen metsätalouden maasta, johon luetaan kaikki viljellyn ja rakennetun maan ulkopuolelle jäävä maapinta-ala. Maa on jaettu suorakulmaisiin lohkoihin, joiden koko esim. 8. VMI:ssa oli 7x8 km. Lohkoa edustava näyte saadaan linjoilta (trakteilta), jotka sijaitsevat lohkon kulmissa. Trakti on 4100 m pituinen linjan osa (2050 m suunnassa S-N ja 2050 m suunnassa W-E). Se on koelaryvä, jossa eri kategorioiden koalat sijaitsevat 100-200 m välein systemaattisesti. VMI:n koalavalokoima on luonteeltaan hierarkkinen, mikä tarkoittaa sitä, että yleisimmät ja karkeimmat havainnot ja mittaukset (esim. kasvupaikkatyypit, puulajit, puuston ikäluokka, pohjapinta-ala ym.) tehdään jokaisella koalalla ja vaativimmat mittaukset keskitetään harvemmille koaloille. Tällöin kaikilta koaloilta mitattuja tunnuksia voidaan käyttää nk. yleistämiskehikon rakennusaineina. Niiden perusteella lasketaan myös mm. erilaisten maaluokkien pinta-alat. 8. VMI:ssa (1986-93) inventoitiin 3500 traktia, joilla mitattiin n. 70 000 yleisimmän kategorian koalaa ja n. 10 000 vaativimman kategorian puustokoalaa, joilla mm. kasvun ja poistuman tunnuksia mitattiin. Lapin läänissä lohkotiheys on harvempi ja ilmakuvia on jo pitkään käytetty maastotyötä täydentämässä.

Ennen 8. VMI:n alkua (1985-86) perustettiin VMI:n yhteyteen pysyvien koalojen verkko metsien ekologisen tilan ja terveydentilan seurantaan varten. 3009 koalan joukko sijaitsee eteläisessä Suomessa neljän koalan rypäin 16 km:n välein. Lapin läänissä rypäiden väli on 32 km. Koaloja hyödynsi 1980-luvun lopulla erityisesti HAPRO-tutkimus (Kauppi ym. 1990).

Nykyisin pysyvät koalat muodostavat metsäekologisen seurannan runkojärjestelmän. Puuston, terveydentilan tunnusten ja laskeumanäytteiden osalta koalat inventoitiin uudelleen 1990. Ensimmäinen täysi uusintamittaus suoritetaan kesällä 1995. Jo perustamismittaukseen kuului merkittävä määrä biodiversiteetin tunnuksia (koko kasvilajisto, indikaattorijäkälä-, lakkisieni- ja kääpälajistoa, metsien rakennetunnuksia). Niiden määrää on uusintamittauksessa lisätty (Reinikainen & Nousiainen 1985, 1995, Yli-Kojola 1995).

Pysyvien koealojen joukosta on tehty useita erisuuruisia osaotoksia, joita on käytetty intensiivisissä ekologian ja metsien terveydentilan tutkimuksissa. Monimuotoisuustutkimuksen kannalta mainittavin on n. 100 koealan otos, josta koko epifyyttijäkälälajisto on seurannan piirissä.

Vuonna 1996 käynnistetty 9. VMI on merkkipaalu inventointien vuonna 1921 alkaneessa historiassa. Tuolloin siirrytään satelliittikuva-avusteiseen järjestelmään (Tomppo & Siitonen 1991). Maastotyön volyymi supistuu, mutta tarkkuus kasvaa. Huomattava osa koealoista perustetaan pysyviksi, mikä tehostaa muutoksen seurantaan. Biodiversiteettitutkimuksen kannalta on oleellista, että VMI:n hierarkkinen järjestelmä tämän uudistuksen jälkeen ainakin periaatteessa on valmis keräämään tietoa monimuotoisuuden ilmenemisen eri tasoilta aina havumetsäbiomista pienhabitaatteihin ja eliölajeihin.

3. VMI ja monimuotoisuustieto

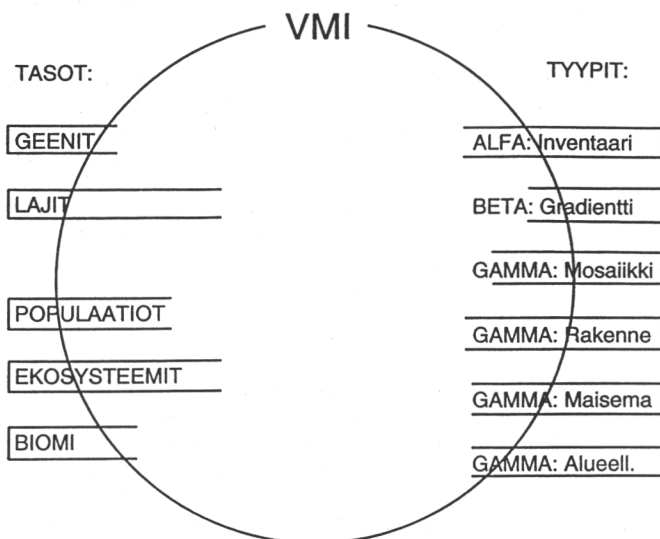
Koska VMI:n koealaverkon avulla on mahdollista saada vaihtelevan suuruisia systemaattisia otoksia mistä hyvänsä metsää kuvaavista tunnuksista, tulevat kysymykseen myös erilaiset monimuotoisuuden mittaluvut ja niiden rakennusosat. Näiltä tunnuksilta edellytetään vain mitattavuutta tai kyllin luotettavaa arvioitavuutta sekä soveltumista inventoinnin käytäntöön. VMI-otoksen yleisenä etuna on näytteen suuruus, systemaattisuus ja erityisesti pysyvien koealojen ositteessa soveltuvuus muutoksen havainnointiin.

VMI:n tehtävä ensisijaisesti metsätaloutta palvelevana valtakunnallisena järjestelmänä säätelee siinä mitattavien asioiden valikoimaa. Toisaalta metsätalous tarvitsee, koska siltä sitä muun yhteiskunnan taholta vaaditaan, enevästi muutakin kuin suoranaisesti metsäsektorin taloudelliseen ketjuun kuuluvaa tietoa. VMI:n arkityössä kapasiteettia rajoittavat raha, aika ja inventointiryhmien ammattitaito.

Arvioitaessa VMI:n käytännön mahdollisuuksia, soveltuvuutta ja järkevää hyödyntämistä biodiversiteettitiedon hankinnassa voidaan lähteä esim. Rion sopimuksen veloitteista ja Euroopan metsäministerien kokouksen edellyttämistä monimuotoisuuden kriteerien ja indikaattorien määrittelyn tarpeista. Samanaikaisesti voidaan ottaa huomioon asiakkaiden, sidosryhmien ja jopa painostusryhmien metsätaloudelle esittämät monimuotoisuuden hoitoa koskevat kysymykset ja vaatimukset. On katsottava mihin osakysymyksiin VMI on pätevä ja sopiva vastaamaan ja miten inventointia tulisi tässä mielessä kehittää.

Monimuotoisuuden määritelmää ja tutkimuksen spektriä voidaan käyttää hyväksi VMI:n lähtökohtia arvoitaessa (kuva 1). Sekä monimuotoisuuden ilmenemisen biologisiin tasoihin että ekologian perinteisiin diversiteetin tyypeihin perustuva tarkastelu osoittaa, että VMI:llä on jo nykyisellään ote monimuotoisuustiedon keruuseen ja hallintaan. Sitä voidaan merkittävästi parantaa lisäämällä ja muuntelemalla yksittäisiä tunnuksia siten, että VMI:n koealajärjestelmän hierarkkisyyden tarjoamat edut käytetään hyväksi. Maaluokkia (kasvupaikkaa ja maankäyttöä), puuston rakennetta, metsikön luonnontilaisuutta ja pienvaihtelua kuvaavia tunnuksia voidaan tarkentaa. Se voidaan tehdä liittämällä tarkennettu tiedonkeruu olemassa olevaan yli 70 vuoden aikasarjaan monimuotoisuuden osamuuttujista. Monimuotoisuuden säilyttämisen ja mahdollisen palauttamisen avainkysymykset, alueelliset ja ajalliset jatkumot saavat VMI:sta aineistoa kun osataan yhdistää aikasarja ja alueellinen kattavuus.

Seuraava luettelo on tulosta 'inventoinnin inventaariosta', ts. siitä mitä biodiversiteetin tunnuksia VMI tällä hetkellä koealahierarkiensa eri tasoilla sisältää ja mikä on seurannan keskimääräinen volyymi koealamäärinä sekä ajallinen kattavuus.



Kuva 1. Nykyisen VMI:n toiminta ja arvioitu painotus bidiversiteetin ('tasot') ja ekologisen diversiteetin ('tyypit') tunnusten mittaamisessa ja arvioinnissa.

1. Suuralue-taso: metsien pirstoutuminen, maaluokkatunnukset, 70 000 koelaa, 1921-.
2. Maisemataso ('gammadiversiteetti'): maaluokkatunnukset, 70 000, 1921-.
3. Rakenteellinen diversiteetti: puusto (lajit, lukumäärät, tilajärjestys) 70 000, 1921-; kerroksellisuus ja lajisto 3000, 1985-.
4. Sukkessiodiversiteetti: metsikön ikä/kehitysluokka, 70 000, 1921-; kasvillisuus 15 000, 1953 - , 3000, 1985 -; ojitussukcession vaihe 70 000, 1953 -.
5. Habitaatti- ja kasvupaikkadiversiteetti ('beta'): kasvupaikkatyypit 70 000, 1921-; metsä- ja suotyypit 15 000, 1953 ja 3000, 1985-; pienhabitaatit 3000, 1985-.
6. Lajidiversiteetti ('alfa'): puut 70 000, 1921-; pensaat 15 000, 1953, 3000, 1985-; kenttäkerros (putkilokasvit), sammalet, maajäkälät 15 000, 1953, 3000, 1953-; lakkisienet ja epifyyttijäkälät (osa lajistosta) 3000, 1985; käävät 3000, 1985-; epifyyttijäkälät 100, 1985-
7. Geneettinen diversiteetti: uudistamistavat (luontainen/keinollinen) 70 000, 1921-, kuusen muodot 400, 1985-.
8. Metsikön luonnontilaisuus: kuollut puu (luonnonpoistuma, kelot) osittain 70 000, 1921-.

Seuraavan inventoinnin (9. VMI) alkaessa kuvassa 1 esitettyä tilannetta on mahdollista muuttaa ja täten lisätä VMI:n tehoa sen kansallisessa biodiversiteetin tutkimuksen ja seurannan tehtävässä. Sellaiseksi on 8. ja 9. VMI:n välisenä aikana hahmottunut talousmetsien ekologisen tilan seuranta myös monimuotoisuusmittarein. Pysyvien koealojen kesällä 1995 tapahtuvassa uusintamittauksessa näitä mittareita testataan.

Tietyt lajiston osat (kasvillisuus, indikaattorijäkälät, käävät), ekologisen vaihtelun ja biodiversiteetin lähteiden hallinta kasvupaikkatunnuksin (kasvupaikan lisämääreet, pienhabitaatit), metsikön rakennetunnukset, metsän luonnontilaisuuden tunnuksiset (kuolleen puun määrä ja laatu) sekä monimuotoisuuden avainelementit (avainbiotoopit, metsikköhistorian ja maankäytön tunnuksiset) on valittu kehitettäväksi tunnuksiksi. Pysyvien koealojen 3000 alan joukko muodostaa seurantajärjestelmän ytimen, jonka tulosten yleistettävyyttä varsinaiseen inventointiin valittavat tunnuksiset palvelevat.

Kirjallisuus

- Kauppi, P., Anttila, P. ja Kenttämies, K. (toim.) 1990. Acidification in Finland. Springer Verlag, 1237 s.
- Kouki, J. 1993. Luonnon monimuotoisuus valtion metsissä - katsaus ekologisiin tutkimustarpeisiin ja suojelun mahdollisuuksiin. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja, Sarja A no 11, 88 s.
- Lähde, E. ja Norokorpi, Y. 1994. Metsän monimuotoinen hoito. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 538: 95-110.
- MacArthur, R.H. and MacArthur, J.W. 1961. On bird species diversity. Ecology 42: 594-598.
- Pitkänen, S. 1994. Puuston rakenteen vaikutus pintakasvillisuuden monimuotoisuuteen. Teoksessa: Kellomäki, S. ja Kohlström, T. (toim.). Metsikönrakenteen vaikutus monimuotoisuuteen: tutkimuksen linjauksia. Joensuun Yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta, tiedonantoja 31: 8-15.
- Reinikainen, A. 1995. VMI ja metsäkasvillisuuden monimuotoisuus. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 564: 103-115.
- Reinikainen, A. ja Nousiainen, H. (toim.) 1985. Biologien työohjeet VMI 8:n pysyviä koealoja varten. Metsäntutkimuslaitos, moniste 42 s. + 15 liitettä.
- Reinikainen, A. ja Nousiainen, H. 1995. Pysyvien koealojen 3. mittaus 1995. Maastotyön ohjeet. Biologin työt. Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus, moniste 26 s. + 5 liitettä.
- Simpson, E.H. 1949. Measurement of diversity. Nature 163: 688.
- Suomen metsäluonnon monimuotoisuuden turvaaminen 1994. Ympäristöministeriön mietintö nro 3. alueiden käytön osasto. 90 s.
- Tomppo, E. ja Siitonen, M. 1991. The National Forest Inventory of Finland. Paperi ja Puu/Paper and Timber 73 (2). 8 s.
- Whittaker, R.H. 1970. Communities and ecosystems. The Macmillan Company. Toronto. 162 s.

Whittaker, R.H. 1977. Evolution of species diversity in land communities. In: Hecht, M. K., Steere, W.C. and Wallace, B. (eds.) Evolutionary biology. Plenum, New York. N.Y. USA: 1-67.

Yli-Kojola, H. (toim.) 1995. Pysyvien koalojen 3. mittaus 1995. Maastotyön ohjeet. Kuvio- ja puutiedot, näytteiden keruu. Metsäntutkimuslaitos, Helsingin tutkimuskeskus, VMI. Moniste 104 s.+ 26 liitettä.

Timo Tokola & J. Heikkilä

SATELLIITTIKUVAINVENTOINNIN PUUSTON TILAVUUSESTIMAATTIEN LUOTETTAVUUS TILATASOLLA

Tiivistelmä

Tutkimuksessa tarkasteltiin satelliittikuva-arvioinnin luotettavuutta aluekohtaisesti metsälötason puuston inventoinnissa. Inventointitulosten tarkentamiseksi tutkittiin veroluokitusaineiston liittämistä satelliittikuvatulkintaan siten, että tutkimusaineisto ositettiin ennen varsinaista laskentaa veroluokkien mukaisiin ositteisiin ja inventointitulokset laskettiin veroluokittain.

Satelliittikuvatulkinnassa käytettiin ositteluperusteista referenssikoealamenetelmää, jossa maastokoealojen tiedot yleistetään inventoitavalle alueelle satelliittikuvan sävyarvojen ja etäisyysfunktion avulla. Tarkasteltavina muuttujina olivat puulajeittaiset keskitilavuudet ($V_{mä}$, V_{ku} , V_{lepu}). Luotettavuustunnusten laskemiseksi käytettiin empiiriseen aineistoon perustuvaa varianssin estimointimenetelmää. Simuloimalla eri kokoisia vertailualueita ja laskemalla toistettujen inventointien luotettavuustunnuksia saatiin selville pinta-alan vaikutus puustotunnusestimaattien tarkkuuteen.

Puulajeittaisten tilavuusestimaattien osalta satelliittikuva-arvioinnin tarkkuus ei näyttäisi riittävän tilatasolle, varsinkin jos on kyseessä yksipuolinen aineisto, kuten tässä tutkimuksessa. Kuusen keskitilavuusestimaatit olivat odotetusti parempia kuin muiden puulajien, mutta vasta 150 ha:n inventointialueella päästiin 14,5 % (11,23 m³/ha) keskivirheeseen. Tutkimusaineiston kuusivaltaisuudesta johtuen männyn ja lehtipuun keskitilavuutta ei voitu estimoida referenssikoealamenetelmällä alle 20 % keskivirheellä alle 300 ha:n inventointialueelle, sillä vähäinen määrä mäntyä ja lehtipuuta sekoittui tulkinnassa hallitsevan kuusikon kanssa. Maastokoeala-aineiston merkitys oli myös ilmeinen, sillä menetelmä ei kyennyt korjaamaan estimaatteja tarpeeksi. Veroluokkaositus paransi kuusen ja lehtipuun tilavuusestimaatteja, mutta ei vaikuttanut männyn tilavuusestimaattien aluekohtaiseen luotettavuuteen. Virheiden hajonta oli kaikissa tapauksissa niin suuri, ettei harha ollut tilastollisesti merkitsevä.

1. JOHDANTO

Satelliittikuvia on käytetty pääasiassa laajojen alueiden inventointi- ja seurantajärjestelmissä. Kaukokartoitusmenetelmien, paikkatietojärjestelmien ja laitteistoteknologian kehitys on mahdollistanut satelliittikuvien hyväksikäytön metsänarvioinnissa ja metsätalouden suunnittelussa myös yhä pienemmillä alueilla. Satelliittikuvilta saatavien tietojen epätarkkuus verrattuna perinteisiin inventointimenetelmiin on kuitenkin usein rajoittanut satelliittikuvien sovellusmahdollisuuksia.

Metsävarojen inventoinnissa satelliittikuvia on yleisesti käytetty eri maankäyttölajien, veroluokkien, kasvupaikkatyypien tai puustoluokkien määrittämiseen. Satelliittikuvaperusteis-

nen ositus on usein monivaiheisen inventointimenetelmän ensimmäisenä asteena. Erityisesti kasvupaikkaluokitus on ollut aktiivisen tutkimuksen kohteena (Häme & Saukkola 1982, Lovén 1984, Tomppo 1992). Jaakkola ym. (1988) tutkivat yhteispohjoismaisessa tutkimuksessa satelliittikuvien käyttömahdollisuuksia metsävarojen inventoinnissa. Norjan ja Ruotsin osuudessa tutkittiin mm. Landsat TM -kuvien käyttökelpoisuutta maankäyttölajien ja puuston temaattisessa luokituksessa. Myös muualla on keskitytty eri luokittelijoiden testaamiseen erilaisten puustoluokkien tulkinnassa (Hopkins ym. 1988, Karteris 1990, Maselli ym. 1991, Brockhaus & Khorram 1992) sekä apudiedon ja ennakkotietämyksen hyväksikäyttöön tulkinnan eri vaiheissa (Hutchinson 1982, Skidmore 1989, Johnsson & Kanotier 1991, Kontoes ym. 1991, Mori & Cosoli 1991, Fanklin & Wilson 1992). Erityisesti maastomallin merkitys on korostunut vuoristoisilla seuduilla (Franklin 1994).

Satelliittikuvatulkinnan toteutus puustotunnusten estimoinnissa voidaan jakaa esimerkiksi ositteluperusteiseen (Poso ym. 1984, Poso ym. 1987, Härmä 1988, Poso ym. 1990) ja regressioanalyyttiseen (Häme & Tomppo 1987, Tomppo 1987, 1988, Häme ym. 1988, Hagner 1989, 1990) lähestymistapaan. Regressioanalyysi perustuu lähinnä muuttujakohtaiseen analysointiin ja osituksella voidaan yhtäaikaan tulkita useampaa muuttujaa (Tokola 1990).

Kilkki ja Päivinen (1987) esittelivät referenssikoealamenetelmän suuralueittaisten inventointitulosten laskentaa varten. Lisäksi menetelmää on sovellettu sekä edelleen kehitetty useissa opinnäytetöissä (Muinonen 1988, Tokola 1988, Partinen 1989, Tokola 1990, Pitkänen 1991). Menetelmä on periaatteiltaan samanlainen kuin k -lähimmän naapurin menetelmä, jossa käytetään sävyarvopohjaista etäisyysfunktiota. Referenssikoealamenetelmä perustuu satelliittikuvan sävyarvoihin sekä inventoitavaa aluetta suuremman referenssialueen koealatietoihin. Menetelmä edellyttää samalta ajalta olevia satelliitti- ja maastokoealahavaintoja. Maastokoealat paikallistetaan satelliittikuvalle, jolloin saadaan kullekin koealalle sitä vastaavat sävyarvotiedot. Satelliittikuvan sävyarvojen ja erityisen etäisyysfunktion avulla haetaan inventoitavan alueen pikseleille sävyarvoiltaan lähimmät maastokoealatiedot tai niiden yhdistelmät. Inventointitulokset saadaan ositusmenetelmiä vastaavalla tavalla, jolloin voidaan estimoida samanaikaisesti kaikki maastokoealojen tunnuksat. Tomppo ja Katila (1991) sekä Tomppo (1991, 1993) esittelivät metsäntutkimuslaitoksessa kehitetyn monilähdeaineistoon perustuvan inventointimenetelmän, jota käytetään nykyisin valtakunnan metsien inventoinnissa. Menetelmän puuston arviointi perustuu samoihin periaatteisiin kuin Kilkin ja Päivisen (1987) esittelemä referenssikoealamenetelmä.

Pussinen (1992) selvitti ilmakuvien ja Landsat TM -kuvan käyttöä metsäsuunnittelun välialueiden kuvioittaisessa arvioinnissa. Satelliittikuvatulkinnassa käytettiin ennakkoinformaationa tutkimusalueen metsäsuunnittelun kuviointia, jonka avulla satelliittikuvan pikselit kuvioitiin ja laskettiin jokaisen pikselin etäisyys lähimpään kuvionrajaan. Kuvioiden sävyarvotietoina käytettiin jokaisen kuvion keskimmäistä pikseliä sekä pikseleiden sävyarvojen keskiarvoa painotettuna etäisyydellä lähimpään kuvionrajaan. Tukialueina käytettiin metsäsuunnitelman tilanneiden naapuritilojen kuvioittaisia metsikkötunnuksia ja sävyarvoja, joiden avulla laadittiin regressiomallit inventoitavan alueen kuvioittaisten tunnusten estimointiin. Tutkimusalueen kuvioittaiseen arviointiin verrattuna kokonaistilavuuden kuviokohtainen keskivirhe oli $77,1 \text{ m}^3/\text{ha}$ (67,5 %) ja harha $-11,3 \text{ m}^3/\text{ha}$ (-9,9 %). Vastaavat kuvioiden pinta-alalla painotetut luotettavuustunnuksat olivat $68,4 \text{ m}^3/\text{ha}$ (55,2 %) ja $-7,1 \text{ m}^3/\text{ha}$ (-5,7%). Päivinen ym. (1993) laskivat kuvioittaiset puustotunnusestimaatit samalle tutkimusalueelle nykyisellä valtakunnan metsien inventointimenetelmällä (ks. Tomppo 1993). Kokonaistilavuuden kuviokohtainen keskivirhe oli tällöin $89,6 \text{ m}^3/\text{ha}$ ja harha $-13,0 \text{ m}^3/\text{ha}$ verrattuna inventointialueen kuvioittaiseen arviointiin. TM -kuvan spatiaalisesta erotuskyvystä johtuen

molempien menetelmien estimointitarkkuus oli paljolti riippuvainen kuvion koosta ja voimakas negatiivinen harha johtui pääasiassa menetelmien keskiarvoistamisesta.

Tässä tutkimuksessa oli tavoitteena arvioida monilähdeaineistoon ja satelliittikuvatulkintaan perustuvan menetelmän luotettavuutta ja käyttökelpoisuutta metsälötason puulajeittaisessa puuston inventoinnissa. Monilähdeaineisto koostui valtakunnan metsien inventointituloksista, satelliittikuvasta sekä veroluokituskartoista. Tutkimuksessa tarkastellaan referenssikoealamenetelmään perustuvan satelliittikuvatulkinnan luotettavuutta aluekohtaisesti metsälötason inventoinnissa verrattuna kuvioittaiseen arviointiin.

2. AINEISTO

Tutkimuksen testialueena oli Koillis-Heinäveden metsätalousalue, joka sijaitsee Itä-Savon metsälautakuntaan kuuluvassa Heinäveden kunnassa. Metsätalousalue on jaettu kahdeksaan eri lohkoon ja sen pinta-ala on yhteensä 3886 ha.

Tutkimuksessa käytettiin Landsat 5 TM -satelliittikuvaa, joka oli yhdistetty kahdesta kuvasta. Satelliittikuvien numerot olivat Landsat WRS -koordinaatistossa 186 16c ja 186 17a. Kuvat oli otettu Heinäveden kunnan alueelta Itä-Savosta 19.7.1988 ja niiden pilvisuus oli alle 10 %. Satelliittikuvan geometrinen muunnos yhtenäiskoordinaatistoon oli tehty 15 tukipisteen ja toisen asteen polynomiyhtälön avulla. Koordinaattimuunnosmallin keskivirhe kuvakoordinaatille oli 0,26 pikseliä. Satelliittikuva oli oikaistu *bilinear interpolation* -menetelmällä 20 metrin pikselikokoon (Tokola 1990).

Satelliittikuvatulkinnan maastokoealatietoina käytettiin kesällä 1988 mitattuja valtakunnan metsien 8. inventoinnin kertakoealoja, jotka sijaittivat Itä-Savon metsälautakunnan alueella. Satelliittikuvan alueella koealoja oli yhteensä 1318 kpl, joista metsätalousmaalla sijaitsevia täyskoealoja oli 805 kpl. Koska veroluokituksessa ei eroteta maa- ja metsätalouden joutomaita eikä myöskään metsätalouden kitu- ja joutomaita toisistaan, rajattiin ne tutkimuksen ulkopuolelle. Tällöin lopullinen VMI:n kertakoeala-aineisto muodostui 791 koealasta (referenssiaineisto 1), jotka kaikki kuuluivat metsämaahan ja niillä oli kullakin veroluokitus I - IV. VMI -aineistossa veroluokka I on jaettu luokkiin IA ja IB, jotka aluekohtaisessa laskennassa yhdistettiin samaan luokkaan. Tällöin VMI:n ja maanmittauslaitoksen veroluokitukset vastasivat toisiaan (Valtakunnan metsien 8. inventointi 1986, Verohallitus 1990).

Kauimmaiset referenssialueen 1 koealat sijaittivat 60 km:n päässä etelään Koillis-Heinäveden metsätalousalueen reunasta ja pohjoiseen mentäessä kilometrin päässä kyseisen alueen reunasta. Tutkimuksessa kokeiltiin myös pienempää referenssiaineistoa 2, jossa vain alle 30 km:n päässä olevat koealat hyväksyttiin aineistoon. Referenssialueella 2 sijaitsi 295 metsämaakoealaa.

Referenssikoealamenetelmällä laskettujen puustotunnusestimaattien luotettavuusvertailuun oli käytettävissä Itä-Savon metsälautakunnan tekemän kuvioittaisen arvioinnin kuviotiedot Koillis-Heinäveden metsätalousalueelta. Kuvioittainen arviointi oli tehty väri-infrailmakuvia apuna käyttäen ja inventointitulokset oli laskettu *TASO* -suunnitteluohjelmiston avulla. Metsätalousalueen kuviokoko oli keskimäärin 1,2 ha ja alueen kahdeksan lohkoa oli arvioitu vuoden 1988 aikana.

Koillis-Heinäveden metsätalousalueen kuviotunnusten luotettavuus oli tarkistettu Pussisen (1992) tutkimuksessa, jossa osa kuviosta (33 kpl) mitattiin systemaattisen relaskoopikoealaver-

kon avulla. Metsätaloussuunnitelman ja tarkistusmittausten välisiä luotettavuustunnuksia laskettiin tilavuudelle, iälle, pohjapinta-alalle ja pituudelle. Kokonaistilavuuden keskvirhe oli 30 m³/ha (15,9 %) ja harha 4,5 m³/ha (-2,4 %). Muiden tunnusten suhteelliset keskvirheet olivat pienempiä kuin tilavuuden ja harhat olivat samaa luokkaa kuin tilavuuden harha lukuunottamatta yliarvioitua ikää, jonka harha oli 6,4 %. Myös aikaisempien tutkimusten mukaan hyvin tehdyn kuvioittaisen arvioinnin virhe on yleensä pieni verrattuna satelliittikuva-arvioinnin kuviokohtaisiin virheisiin. Esimerkiksi Laasasenahon ja Päivisen (1986) tutkimuksessa kuvioittaisen arvioinnin kokonaistilavuuden suhteellinen keskvirhe oli 24 % ja kokeneella arvioijalla 15 %. Näiden tutkimusten perusteella voidaan metsätaloussuunnitelman kuviotietoja käyttää varsin luotettavana satelliittikuva-arvioinnin tarkistusaineistona.

Tutkimuksessa käytettiin Maanmittauslaitoksen toimesta tehtyjä numeerisia veroluokituskarttoja, joiden luokitus perustuu verohallituksen julkaisemiin veroluokitusohjeisiin (Verohallitus 1990). Suurin osa testiaineiston pinta-alasta ja referenssikoealoista kuuluu veroluokkaan I ja muiden veroluokkien, erityisesti veroluokan IV, osuus jää pieneksi (taulukko 1). Koska referenssiaineistossa 2 ei ollut kuin 10 koealaa veroluokassa IV, yhdistettiin laskennassa veroluokat III ja IV samaan luokkaan, jotta saatiin riittävästi koealoja tulkintaa varten.

Taulukko 1. Referenssiaineistojen ja testialueen veroluokkajakaumat (metsämaalla).

Veroluokka	Referenssialue 1, koealoja, %	Referenssialue 2, koealoja, %	Testiaineisto, pinta-ala, %
I	63.6	60.0	76.1
II	24.7	24.7	16.6
III	9.1	11.9	6.1
IV	2.7	3.4	1.2

Referenssiaineisto 2 vastasi paremmin metsätalousalueesta muodostetun testiaineiston puustotunnusten keskiarvoja. Tämän perusteella ei voida kuitenkaan suoraan sanoa referenssiaineiston 2 olevan parempi, sillä referenssialueella 1 on huomattavasti enemmän koealoja ja näinollen myös enemmän vaihtelua. Koillis-Heinäveden metsätalousalueen metsämaan kattava testiaineisto ei ollut paras mahdollinen aineisto tutkittaessa veroluokkaosituksen vaikutusta referenssikoealamenetelmällä laskettuihin puustotunnusestimaatteihin, sillä vaihtelevammalla aineistolla osituksen merkitys tulisi selkeämmin ilmi. Toisaalta testiaineistolla voitiin tutkia referenssikoealamenetelmän soveltuvuutta ja estimaattien luotettavuutta epätasaisesti jakautuneella aineistolla.

3. MENETELMÄT

Estimointi

Referenssikoealamenetelmässä maastokoealatiedot yleistetään inventoitavalle alueelle satelliittikuvan sävyarvojen ja etäisyysfunktion avulla. Inventoitavan alueen pikseleille haetaan sävyarvojen perusteella niitä parhaiten vastaavat maastokoealat tai maastokoealojen yhdistelmät. Menetelmällä voidaan estimoida samanaikaisesti kaikki ne muuttujat, jotka maastokoealalta on mitattu.

Inventoitavan alueen pikselin ja maastokoealapikselin välinen spektrinen etäisyys voidaan laskea erilaisilla tunnuksilla. Tässä tutkimuksessa käytettiin painotettua euklidista etäisyysfunktiota (d_{ij}), jossa inventoitavan alueen pikselille (i) laskettiin sävyarvoetäisyys maastokoealoja vastaaviin pikseleihin (j) kaavalla

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{h=1}^{nch} (p_h c_{ijh})^2} \quad (1)$$

missä

nch = kanavien lukumäärä

c_{ijh} = satelliittikuvan kanavan h sävyarvoetäisyys inventoitavan pikselin i ja koealapikselin j välillä

p_h = empiirinen painokerroin satelliittikuvan kanavalle h

Jokaiselle inventoitavan alueen pikselille (i) lasketaan muuttujan estimaatti painottamalla käytettyjen maastokoealojen (j) muuttujien arvoja sävyarvoetäisyyden käänteisfunktiolla (w_{ij}), joka on muotoa

$$w_{ij} = \frac{1}{d_{ij}} \quad (2)$$

Metsää kuvaavan muuttujan estimaatti inventoitavan alueen kullekin pikselille (i) saadaan sävyarvoiltaan lähimpien maastokoealapikseleiden arvojen (x) painotettuna keskiarvona kaavalla

$$\hat{y}_i = \frac{\sum_{j=1}^p w_{ij} x_j}{\sum_{j=1}^p w_{ij}} \quad (3)$$

missä

p = käytettyjen sävyarvoiltaan lähimpien koealapikseleiden lukumäärä

Puustotunnusestimaatit laskettiin 15 sävyarvoltaan lähimmän koealan avulla (Pitkänen 1991). Menetelmässä saadaan jokaiselle käytössä olevalle maastokoealalle sen edustama pinta-ala inventoitavalla alueella, joten inventointitulosten laskenta on mahdollista myös koealakohtaisten pikselifrekvenssien ja maastomittausten avulla. Tällöin inventointitulokset ovat käyttökelpoisessa muodossa nykyisiä suunnitteluohjelmistoja ajatellen (Tokola 1990).

Luotettavuusvertailu

Satelliittikuva-arvioinnin estimaattien luotettavuutta tutkittiin tilastollisia tunnuslukuja vertailemalla. Estimaateille laskettiin keskineliövirheiden neliöjuuret ($RMSE$) ja harhaa estimoititiin virheen keskiarvolla ($harha$). Lisäksi laskettiin virheen keskiarvon hajonnan estimaatti (sd_b), jolla arvioitiin harhan tilastollista merkitystä. Harhaisuuden katsottiin olevan tilastollisesti merkitsevä, jos $harha > sd_b * 2$.

Luotettavuusvertailussa tutkimusalueelle simuloitiin satunnaisesti halutun suuruisia nelikulmaisia metsämaa-alueita (laskentayksiköitä), joille laskettiin luotettavuustunnukset vertaamalla pikselikohtaisesti kuvioittaisen arvioinnin tuloksia ja referenssikoealamenetelmän estimaatteja. Luotettavuustunnukset laskettiin 500 satunnaisesti sijoitetun ns. hypoteettisen tilan keskiarvona,

eli metsätalousalueelle generoitiin 500 kpl esim. 50 ha:n metsämaa-alueita ja virhetermit laskettiin näiden alueiden keskiarvona (kaava 4). Simuloimalla eri kokoisia vertailualueita ja laskemalla niiden luotettavuustunnuksia saatiin selville pinta-alan vaikutus puustotunnusestimaattien tarkkuuteen.

$$RMSE = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{y}_i - \bar{y})^2}{n}}}{\bar{y}} \quad (4)$$

missä

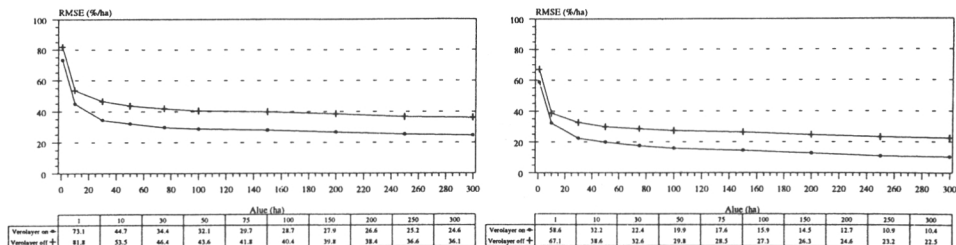
- \bar{y}_i = kuvioittaisen arvioinnin keskiarvo muuttujalle y simuloidulla alueella i
- \bar{y}_i = satelliittikuvaperusteisen inventoinnin pikseli estimaattien keskiarvo muuttujalle y simuloidulla alueella i
- \bar{y} = simuloitujen alueiden keskiarvo muuttujalle y
- n = simuloitujen alueiden lukumäärä

Aluekohtaiset luotettavuustunnuksot laskettiin käyttämällä vertailuaineistona kuvioittaisen arvioinnin kuviotietoja. Satelliittiestimaattien todellisen keskivirheen suuruusluokkaa voidaan arvioida olettamalla eri inventointimenetelmien virheet riippumattomiksi toisistaan.

4. TULOKSET

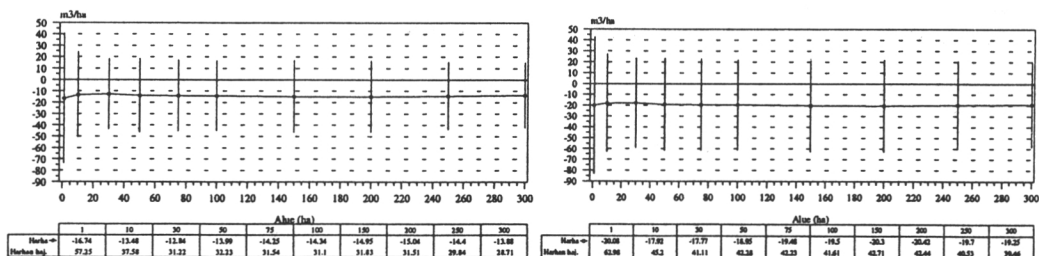
Referenssikoealamenetelmän keskitilavuusestimaattien suhteelliset keskivirheet (*RMSE*), harhat sekä virheiden hajonnat on esitetty männyn, kuusen ja lehtipuun osalta. Keskitilavuusestimaatin suhteellinen *RMSE* on laskettu suhteessa estimaatin keskiarvoon ja virheen hajonta on esitetty yksinkertaisena (68 % luottamusväli). Virheen satunnaisvaihtelu oli kuitenkin niin suurta, että estimaatin avulla laskettu suhteellinen *RMSE* voi joissain tapauksissa antaa hieman väärän kuvan estimaatin todellisesta virheestä. Luotettavuustunnuksia laskettaessa ei otettu huomioon kuvioittaisen arvioinnin virhettä.

Parhaat tulokset männyn osalta referenssiaineistolla 1 laskettaessa. Männyn hehtaaritason estimaatit olivat kuitenkin lähes satunnaisia (*RMSE* 93,5 %). Tällä tutkimusaineistolla veroluokkaosituksella ei ollut mainittavaa merkitystä männyn keskitilavuusestimaattien aluekohtaiseen luotettavuuteen. Tutkimusaineiston yksipuolisuudesta ja männiköiden vähyydestä johtuen männyn keskitilavuutta ei voitu estimoida referenssikoealamenetelmällä kohtuullisillakaan keskivirheillä alle 300 ha:n alueille, sillä vähäinen määrä mäntyä sekoittui tulkinnassa hallitsevan kuusikon kanssa. Referenssiaineiston merkitys oli myös ilmeinen, sillä vaikka aineisto oli ositettu veroluokkien mukaan, menetelmä ei kyennyt korjaamaan estimaatteja tarpeeksi oikeaan suuntaan. Männyn osalta tilavuusestimaatit olivat keskimäärin yliarvioita verrattuna kuvioittaiseen arviointiin, mutta harha ei ollut kuitenkaan tilastollisesti merkitsevä.



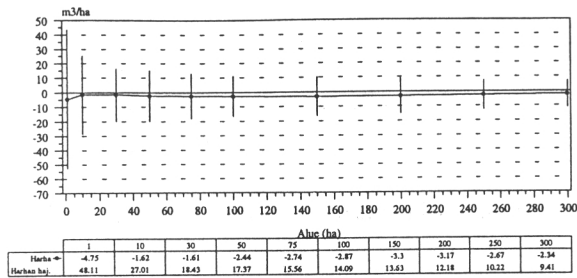
Kuva 1. Kuusen suhteelliset keskivirheet eri referenssiaineistoilla 1 (vasen kuva) ja 2 (oikea kuva).

Kuusen keskitilavuusestimaatit olivat odotetusti parempia kuin muiden puulajien, koska sen keskimääräinen osuus koko tutkimusalueen hehtaarikohtaisesta puuston tilavuudesta oli 62,1 %. Huolimatta veroluokkaosituksesta kuusen suhteellinen keskivirhe oli hehtaarisalla suuri (58,6 %), mutta aleni jyrkästi ollen 30 ha:n inventointialueella 22,4 % ja 14,5 % keskivirheeseen päästiin vasta 150 ha:n inventointialueella (kuva 1). Kuusen osalta parhaimmissa tuloksissa veroluokkaositus pienensi estimaattien virheitä keskimäärin 10,3 %. Laajemmalla referenssiaineistolla lasketut hehtaaritason estimaatit olivat n. 13 % yksikköä heikompia, eivätkä juuri pienene inventointialueen koon suuretessa (kuva 1).



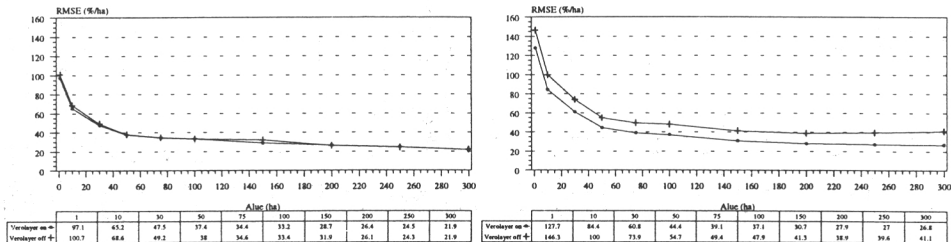
Kuva 2. Kuusen tilavuusestimaattien harha ja virheen hajonta referenssiaineistossa 1 sekä veroluokituskartaa käyttäen (vasen kuva) että ilman (oikea kuva).

Kuusen tilavuusestimaatit olivat keskimäärin aliarvioita verrattuna kuvioittaiseen arviointiin, mutta virheen hajonta oli kuitenkin niin suuri, ettei harha ollut tilastollisesti merkitsevä. Kuitenkin virheiden keskimääräinen taso oli n. 4 m³/ha pienempi kun hyödynnettiin veroluokitusperäistä maaperätietoa (kuva 2). Harha pienenee merkittävästi, kun estimoinnissa käytetään alueellisesti pienempää referenssialuetta (kuva 3).



Kuva 3. Kuusen tilavuusestimaattien harha ja virheen hajonta referenssiaineistossa 2 veroluokituskarttaa käyttäen.

Lehtipuun keskitilavuusestimaattien osalta pienimmät suhteelliset keskivirheet saatiin referenssiaineistolla 1, jossa veroluokkaosituksella ei ollut estimointia parantavaa vaikutusta. Kuten mäännällä, hehtaaritason tilavuusestimaatit olivat lähes satunnaisia (*RMSE* 97,1 %). 50 ha:n inventointialueella suhteellinen keskivirhe oli 37,4 % ja vielä 300 ha:n alueellakin 21,9 %. Ero toisella aineistolla laskettuihin tuloksiin oli 100 ha alueella n. 14 % yksikköä. Referenssiaineistolla 2 veroluokkaositus paransi estimaattien keskivirheitä inventointialueen kasvaessa (50 ha: ero 10,3 %, 100 ha: ero 10,8 % ja 300 ha: ero 14,3 %).



Kuva 4. Lehtipuun suhteelliset keskivirheet eri referenssiaineistoilla 1 (vasen kuva) ja 2 (oikea kuva).

Tutkimusaineiston kuusivaltaisuudesta ja lehtipuuston vähydestä johtuen lehtipuun keskitilavuusestimaatteja ei voitu estimoida alle 20 % keskivirheellä 1 - 300 ha:n inventointialueille. Koska vähäinen lehtipuusto oli pääasiassa sekapuustona, se sekoittui tulkinnaassa hallitsevan kuusikon kanssa. Lehtipuun osalta harhat olivat pieniä ja tilastollisesti merkityksettömiä.

5. TULOSTEN TARKASTELU

Satelliittikuvatulkinnassa käytettiin ositteluperusteista referenssikoealamenetelmää, jossa maastokoealoina käytettävien VMI-koealojen tiedot yleistettiin inventoitavalle alueelle satelliittikuvan sävyarvoetäisyyksien avulla. Inventointitulosten tarkentamiseksi tutkittiin veroluokitusaineiston liittämistä satelliittikuvatulkintaan siten, että maastoaineisto ositettiin ennen varsinaista referenssikoealalaskentaa veroluokkien mukaisesti ositteisiin ja tulokset laskettiin veroluokittain.

Tutkimusalueena olevalle Koillis-Heinäveden metsätalousalueelle oli tyypillistä pieni kuviokoko, kuusivaltaisuus ja nuorten metsien runsaus. Lisäksi noin 3/4 alueen pinta-alasta kuului veroluokkaan I. Yleisesti inventoitavan alueen kasvaessa myös veroluokkaosituksen merkitys estimaatteja parantavana tekijänä kasvoi. Referenssiaineistolla oli myös osaltaan merkitystä puustotunnusestimaatteihin, sillä paremmin tutkimusalueen puustoa vastanneella referenssiaineistolla saatiin huomattavasti luotettavampia tuloksia. Todennäköisesti satelliittikuva-arvioinnin tarkkuus paranoi ja veroluokkaosituksen merkitys entisestään korostuisi kasvupaikkatyypeiltään, puulajisuhteiltaan ja kehitysluokiltaan vaihtelevammalla tutkimusaineistolla.

Satelliittikuva-arvioinnin luotettavuutta tarkasteltiin 1 - 300 ha:n suuruisten alueiden inventoinnissa. Luotettavuustunnusten laskemisessa käytettiin toistettaviin otoksiin perustuvaa menetelmää, jossa varianssin estimointi perustui empiiriseen aineistoon. Simuloimalla eri kokoisia vertailualueita ja laskemalla niiden luotettavuustunnuksia saatiin selville pinta-alan vaikutus puustotunnusestimaattien tarkkuuteen. Vertailuaineistona käytettiin metsätalousalueen kuvioittaisen arvioinnin kuviotietoja, keskimääräisen kuviokoon ollessa 1,2 ha. Kuvioittaisen arvioinnin kokonaistilavuuden virheen (15,9 %, Pussinen 1992) osuus satelliittikuva-arvioinnin hehtaarikohtaisesta virheestä (33,8 %) on 4,0 %, mikäli oletetaan virheet toisistaan riippumattomiksi. Tämän perusteella kuvioittainen arviointi on varsin luotettava vertailukohde satelliittikuva-arviointiin. Puulajeittaittain tilavuuden keskivirheet kuvioittaisessa arvioinnissa olivat männylle 42 %, kuuselle 28 % ja lehtipuulle 68 % (Pussinen 1992). Jos kuvioittaisen arvioinnin männyn keskitilavuuden keskivirhe vähennetään hehtaarin kokoisien simulointialueen keskivirheestä (93,5 %), saadaan kokonaiskeskivirheeksi 84 %, mikä vastanee paremmin hehtaarin alueen todellista keskivirhettä referenssikoealamenetelmällä laskettuna. Vastaavasti laskettuna saadaan kuuselle 52 % ja lehtipuulle 69 % keskivirheet.

Aikaisemmissa tutkimuksissa satelliittikuva-arvioinnin luotettavuutta on tarkasteltu pääasiassa kuvio- tai inventointialuekohtaisesti, joten pinta-alan vaikutusta puustotunnusestimaattien tarkkuuteen on selvitetty varsin vähän. Tässä tutkimuksessa käytetty empiiriseen aineistoon perustuva varianssin estimointimenetelmä mahdollistaa pinta-alan suhteen jatkuvan keskivirhe-käyrän estimoinnin. Puulajeittaisten tilavuusestimaattien osalta satelliittikuva-arvioinnin tarkkuus ei näyttäisi riittävän tilatasolle, varsinkin jos on kyseessä yksipuolinen aineisto, kuten tässä tutkimuksessa. Kuusen tilavuusestimaatit olivat odotetusti parempia kuin muiden puulajien, mutta 14,5 % keskivirheeseen päästiin kuitenkin vasta 150 ha:n inventointialueella. Männyn ja lehtipuun tilavuusestimaattien keskivirheet olivat vielä 300 ha:n inventointialueellakin 33,6 % ja 21,9 %. Tämä johtui pääasiassa tutkimusaineiston kuusivaltaisuudesta, sillä vähäinen määrä mäntyä ja lehtipuuta sekoittui tulkinnassa hallitsevan kuusikon kanssa. Kuusen ja lehtipuun osalta veroluokkaosituksen merkitys tilavuusestimaattien luotettavuuteen kasvoi inventointialueen suuretessa. Ainoastaan männyn estimaattien suhteen veroluokkaosituksella ei ollut mainittavaa merkitystä aluekohtaiseen luotettavuuteen. Virheen hajonta oli kaikissa tapauksissa niin suuri, ettei harha ollut tilastollisesti merkitsevä. Huolimatta veroluokkaosituksesta referenssikoealamenetelmä ei kyennyt korjaamaan puulajeittaisia tilavuusestimaatteja tarpeeksi oikeaan suuntaan. Luotettavien estimaattien saamiseksi referenssiaineiston puustorakenteen tulisi vastata mahdollisimman hyvin inventoitavaa aluetta.

Satelliittikuvien käyttömahdollisuuksia pienipiirteisessä metsätaloudessa heikentää kuvien huono spatiaalinen erotuskyky. Lisäksi metsikön sulkeutumisen jälkeen sen heijastamat sävyarvot muuttuvat varsin vähän, mikä aiheuttaa ongelmia puuston runkotilavuuden ennustamiselle. Satelliittiestimaattien luotettavuutta voidaan tällöin parantaa erilaisella paikkaan sidotulla digitaalilla informaatiolla, jota voidaan käyttää apuna itse kuvatulkinnassa, kuten myös inven-

toitavaa aluetta edustavan maastoaineiston valinnassa. Käytettäessä satelliittikuvatulkintaa puuston inventoinnissa on tärkeää, että käytettävät kuvat eivät ole vanhentuneet, kuvan oikaisu on tehty mahdollisimman tarkasti, eikä kuvissa ole virhetulkintaa aiheuttavia häiriötekijöitä (esim. pilvisuus). Nämä seikat korostuvat erityisesti siirryttäessä metsälötason inventointiin ja arvon määrittämiseen.

Tässä tutkimuksessa tarkasteltu satelliittikuvatulkintaan perustuva referenssikoealamenetelmä soveltuu hyvin käytettäväksi suurempien metsälöiden (yli 100 ha) ja metsäalueiden (esim. valtio, kunnat tai metsäyhtiöt) inventointiin. Menetelmän soveltamisessa tuottaa ongelmia pääasiassa yksityismetsien varsin pienipiirteinen metsäsunnittelu, jossa keskimääräinen metsikkökuvion koko on yleensä 1 - 2 ha ja metsälön koko vaihtelee yleensä 10 - 50 ha:n välillä. Arvokasta tietoa metsälötason satelliittikuva-arviointiin voisi tuoda ennakkoinformaationa käytettävä kuviorajati-
tieto, jota on laajalti saatavissa metsälautakuntien tekemien kuvioittaisten arviointien myötä. Metsikkökuviointi voisi perustua myös numeerisen kaukokartoitusmateriaalin segmen-
tointimenetelmiin. Puustotunnusten estimoinnissa voitaisiin metsikkökuvioinnin avulla ottaa huomioon lähellä kuvion rajaa sijaitsevat maastokoealat, ja vähentää pienipiirteisessä satelliittikuva-arvioinnissa yleisesti esiintyvää rajapikseliongelmää.

KIRJALLISUUS

- Brockhaus, J. A. & Khorram, S. 1992. A comparison of SPOT and Landsat-TM data for use in conducting inventories of forest resources. *International Journal of Remote Sensing* 13(16):3035-3043.
- Franklin, S. E. & Wilson, B. A. 1992. A Three-Stage Classifier for Remote Sensing of Mountain Environments. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 58(4):449-454.
- Franklin, S. E. 1994. Discrimination of Subalpine Forest Species and Canopy Density Using Digital CASI, SPOT PLA and Landsat TM data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 60(10):1233-1241.
- Hagner, O. 1989. Computer aided forest mapping and estimation of stand characteristics using satellite remote sensing. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Biometry and Forest Management, Work report 11 s.
- Hagner, O. 1990. Computer aided forest stand delineation and inventory based on satellite remote sensing. The usability of remote sensing for forest inventory and planning. Paper presented at the SNS/IUFRO Remote Sensing and Forest Inventory Workshop, February 26-28, 1990, Umeå, Sweden. 12 s.
- Hopkins, P. F., Maclean, A. L., Lillesand, T. M. 1988. Assessment of Thematic Mapper Imagery for Forestry Applications under Lake States Conditions. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 54(1):61-68.
- Hutchinson, C. F. 1982. Techniques for Combining Landsat and Ancillary Data for Digital Classification Improvement. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 48(1):123-130.

- Häme, T. & Saukkola, P. 1982. Satelliittikuvat Pohjois-Suomen metsäveroluokituksessa. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, maankäytön laboratorio, tutkimuksia 112. Espoo. 165 s.
- Häme, T. & Tomppo, E. 1987. Stand-based forest inventory from satellite images, general description. Remote sensing-aided forest inventory. Seminars organised by SNS and Taksattoriklubi, December 10-12, 1986, Hyytiälä, Finland. University of Helsinki, Department of Forest Mensuration and Management, Research Notes 19:45-46.
- Häme, T., Tomppo, E. & Parmes, E. 1988. Metsän kuvioittainen arviointi satelliittikuvasta, loppuraportti. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, instrumentitekniiikan laboratorio, kaukokartoitusjaosto. Espoo. 48 s.
- Härmä, P. 1988. Forest inventory with the SMI-workstation. Satellite imageries for forest inventory and monitoring; experiences, methods, perspectives. Proceedings of the IUFRO Subject Group 4.02.05 Meeting, August 29 - September 2, 1988, Hyytiälä, Finland. University of Helsinki, Department of Forest Mensuration and Management, Research Notes 21:193-203.
- Jaakkola, S., Poso, S. & Skråmo, G. 1988. Satellite Remote Sensing for Forest Inventory - Experiences in the Nordic Countries. *Scandinavian Journal of Forest Research* 3:545-567.
- Johnsson, K. & Kanotier, J. 1991. Knowledge-based land-use classification. IGRASS'91, International Geoscience & Remote Sensing Symposium, June 3-6, 1991, Espoo, Finland. Volume III:1847-1850.
- Karteris, M. A. 1990. The utility of digital Thematic Mapper data for resources classification. *International Journal of Remote Sensing* 11(9):1589-1598.
- Kilki, P. & Päivinen, R. 1987. Reference sample plots to combine field measurements and satellite data in forest inventory. Remote sensing-aided forest inventory. Seminars organised by SNS and Taksattoriklubi, December 10-12, 1986, Hyytiälä, Finland. University of Helsinki, Department of Forest Mensuration and Management, Research Notes 19:209-215.
- Kontoes, C. C., Rokos, D., Wilkinson, G. G. & Megier, J. 1991. The use of expert system and supervised relaxation techniques to improve SPOT image classification using spatial context. IGRASS'91, International Geoscience & Remote Sensing Symposium, June 3-6, 1991, Espoo, Finland. Volume III:1855-1858.
- Laasasenaho, J. & Päivinen, R. 1986. Kuvioittaisen arvioinnin tarkistamisesta. Summary: On the checking of inventory by compartments. *Folia Forestalia* 664. 19 s.
- Lovén, L. 1984. Satelliittitiedon käyttö Lapin metsäveroluokituksessa. Kaukokartoitusseminaari 15.-16.11.1984, Espoo. Suomen itsenäisyyden juhluvuoden 1967 rahasto. Helsinki. 121 s.
- Maselli, F., Conese, C., Maracchi, G. & Bottai, L. 1991. Statistical methods to improve the performance of nonparametric classification procedures. IGRASS'91, International Geoscience & Remote Sensing Symposium, June 3-6, 1991, Espoo, Finland. Volume III:1823-1826.

- Mori, A. & Cosoli, P. 1991. An expert tool for SPOT - Landsat TM data integration. IGRASS'91, International Geoscience & Remote Sensing Symposium, June 3-6, 1991, Espoo, Finland. Volume III:1869-1872.
- Muinonen, E. 1988. Suuralueen ajantasaisten tietojen laskenta satelliittikuvaa, maastomittauksia ja MELAa käyttäen. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. Metsätalouden suunnittelun syventävien opintojen tutkielma. 75 s.
- Partinen, S. 1989. Valtakunnan metsien inventoinnin koealatiетоjen yleistäminen SPOT-satelliittikuvan säteilyarvoetäisyyksien avulla. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. Metsätalouden suunnittelun syventävien opintojen tutkielma. 55 s.
- Pitkänen, J. 1991. VMI-koealatiетоjen yleistäminen Landsat 5 TM-kuvan ja SPOTin pankromaattisen kuvan avulla. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. Metsätalouden suunnittelun syventävien opintojen tutkielma. 57 s.
- Poso, S., Häme, T. & Paananen, R. 1984. A method of estimating the stand characteristics of a forest compartment using satellite imagery. *Seloste: Menetelmä kuvioittaisten metsikkötunnusten estimointiin satelliittikuvia käyttäen.* *Silva Fennica* 18(3):261-292.
- Poso, S., Paananen, R. & Similä, M. 1987. Forest inventory by compartments using satellite imagery. *Tiivistelmä: Satelliittikuvia hyväksikäyttävä metsän inventointi- ja seuranta-menetelmä.* *Silva Fennica* 21(1):69-94.
- Poso, S., Karlsson, M., Pekkonen, T. & Härmä, P. 1990. A system for combining data from remote sensing, maps and field measurements for forest planning purposes. University of Helsinki, Department of Forest Mensuration and Management, Research Notes 23. 40 s.
- Pussinen, A. 1992. Ilmakuvat ja Landsat TM -satelliittikuva välialueiden kuvioittaisessa arvioinnissa. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. Metsätalouden suunnittelun syventävien opintojen tutkielma. 48 s.
- Päivinen, R., Pussinen, A. & Tomppo, E. 1993. Assessment of boreal forest stands using field assessments and remote sensing. International Symposium on Operationalization of Remote Sensing, April 19-23, 1993, Enschede, The Neatherlands. Volume 8:103-110.
- Skidmore, A. K. 1989. An expert system classifies Eucalypt forest using Thematic Mapper data and a digital terrain model. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 55(10):1449-1464.
- Tokola, T. 1988. Satelliittikuvien käyttö koealaotantaan perustuvassa suuralueen inventoinnissa. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. Metsätalouden suunnittelun syventävien opintojen tutkielma. 72 s.
- Tokola, T. 1990. Satelliittikuvan ja VMI-koealatiетdon käyttö metsätalousalueen puuston inventoinnissa. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. Metsätalouden suunnittelun lisen-siaattitutkimus. 56 s.
- Tomppo, E. 1987. Stand delination and estimation of stand variates by means of satellite images. Remote sensing-aided forest inventory. Seminars organised by SNS and Taksaaattoriklubi,

December 10-12, 1986, Hyytiälä, Finland. University of Helsinki, Department of Forest Mensuration and Management, Research Notes 19:60-76.

Tomppo, E. 1988. Standwise forest variate estimation by means of satellite images. Satellite imageries for forest inventory and monitoring; experiences, methods, perspectives. Proceedings of the IUFRO Subject Group 4.02.05 Meeting, August 29 - September 2, 1988, Hyytiälä, Finland. University of Helsinki, Department of Forest Mensuration and Management, Research Notes 21:103-111.

Tomppo, E. 1991. Satellite image-based national forest inventory of Finland. Symposium on Global and Environmental Monitoring, Techniques and Impacts, September 17-21, 1990, Victoria, British Columbia, Canada. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing 28(7-1):419-424.

Tomppo, E. & Katila, M. 1991. Satellite image-based national forest inventory of Finland. IGRASS '91, International Geoscience & Remote Sensing Symposium, June 3-6, 1991, Espoo, Finland. Volume III:1141-1144.

Tomppo, E. 1992. Satellite image aided forest site fertility estimation for forest income taxation. Tiivistelmä: Satelliittikuva-avusteinen metsien kasvupaikkaluokitus metsäverotusta varten. Acta Forestalia Fennica 229. 39 s.

Tomppo, E. 1993. Multi-source national forest inventory of Finland. Proceedings of Ilvessalo Symposium on National Forest Inventories, August 17-21, 1992, Finland. The Finnish Forest Research Institute, Research Papers 444:52-60.

Valtakunnan metsien 8. inventointi. 1986. Kenttätöön ohjeet. Metsäntutkimuslaitos, metsänarvioimisen tutkimusosasto, metsäinventoinnin tutkimussuunta. Helsinki. 85 s.

Verohallitus. 1990. Maatilojen veroluokitusohjeet. Verohallituksen julkaisu 515. Helsinki. 57 s.

KANSALAISMIELIPIDE SUOMEN METSISTÄ

1. Johdanto

Viimeaikainen menetelmäkehitys metsäsuunnittelussa on ollut vilkasta. Erityisesti on kehitetty monitavoitteisen metsäsuunnittelun perusmenetelmiä metsien hoidolle ja käytölle kulloinkin asetettavien tavoitteiden huomioonottamiseen vaihtoehtoisten metsäsuunnitelmien vertailussa (ks. Niemeläinen ym. 1994). Seuraava vaihe tässä kehityksessä on esitettyjen menetelmäprototyyppien kehittäminen vastaamaan paremmin reaali maailman suunnitteluhaasteisiin ja edelleen käytännön sovellutusten laatiminen. Tämän työn taustaksi on tarpeellista selvittää paitsi metsänomistajien myös muiden kansalaisten metsäasenteet ja -arvostukset.

Kansalaisten metsien hoitoa ja käyttöä koskevien mielipiteiden, asenteiden ja arvostusten selvittäminen on tärkeää monesta muustakin syystä. Sitä vaativat taustakseen valtakunnan metsäpoliittiset linjaukset: kansanvallan on vaikea toteutua ilman tietoa kansalaismielipiteestä. Mikä tahansa suunnittelu- tai päätöksentekoprosessi on puutteellinen ilman käsitystä tavoitteista ja preferensseistä. Metsäsuunnittelussa tavoitteiden määrittely on yhtä tärkeää kuin tuotantomahdollisuuksien selvittäminen.

Yleinen tietämys kansalaisten arvostuksista on eduksi harjoitettaessa osallistavaa metsäsuunnittelua erityisesti valtion omistamissa metsissä ja pohdittaessa osallistavan suunnittelun järjestämistarpeita ja menetelmiä. Myös muun kuin osallistavan metsäsuunnittelun menetelmien ja mallien kehittämistyön suuntaaminen kaipaa perustakseen tietoa siitä, mitä metsien hoidossa ja käytössä halutaan painottaa. Lisäksi kansalaismielipiteellä sinänsä on mielenkiintoa metsäkeskustelussa.

Tässä tutkimuksessa paitsi selvittiin kansalaisten mielipiteitä yksittäisiin, keskeisimpiin metsien hoitoa ja käyttöä ohjaaviin kysymyksiin, kuten avohakkuiden hyväksyntään ja maksimikokoon, liittyen, myös tiedusteltiin Suomen kansalaisten näkemyksiä valtakunnan metsien käyttömuotojen ja tavoitteiden keskinäisistä tärkeyksistä. Kokonaistarkastelun lisäksi selviteltiin eri väestöosien arvostus- ja mielipide-eroja.

Mielenkiinnon kohteena olivat myös viime aikoina painokkaasti esillä olleet metsien monimuotoisuuden arvostus ja näkemys metsämaan nykyisten suojelualueiden riittävydestä. Vastaajille esitettiin myös väittämiä, joihin suhtautuminen pyydettiin ilmaisemaan asteikolla täysin samaa mieltä, jokseenkin samaa mieltä, vaikea sanoa, jokseenkin eri mieltä, täysin samaa mieltä. Väittämillä mitattiin pääasiassa kansalaisten asenteita ja mielipiteitä ajankohtaisiin ongelmiin liittyen. Osalla väittämiä arvioitiin vastaajien metsätietämyksen tasoa.

Tutkimuksen perusjoukko koostui sekä suomen- että ruotsinkielisistä 15-75 vuotiaista Suomen kansalaisista. Väestön keskusrekisteristä poimittiin satunnaisesti 2000 henkilöä

suuruinen otos edustamaan perusjoukkoa. Aineiston keruu toteutettiin kyselynä, joka postitettiin tammikuussa 1994. Hyväksytyttä vastauslomakkeita saatiin 1347 kpl, joten vastausprosentti oli 67 %. Metsänomistajia vastanneista oli 24 %. Noin 20 % vastaajista ilmoitti ammattinsa liittyvän maanviljelyyn, metsänhoitoon, kalastukseen tai muulla tavoin luontoon.

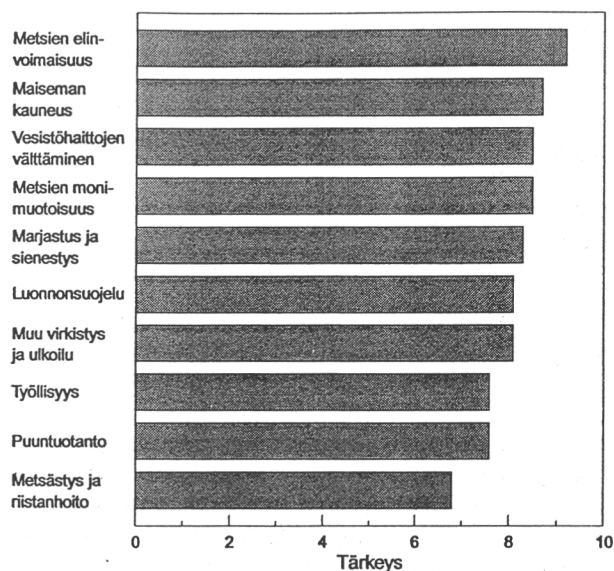
Tässä kirjoituksessa esitetään vain keskeisimpiä tutkimuksen tuloksia. Tutkimus ja sen tulokset tarkasteluineen julkaistaan laajemmin Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja -sarjassa (Kangas & Niemeläinen 1995). Esimerkiksi vastauksia kyselylomakkeella esitettyihin väittämiin ei nyt juurikaan tarkastella.

2. Keskeisiä tuloksia

Käyttömuotojen, hyötyjen ja arvojen tärkeys

Vastaajia pyydettiin arvioimaan eräiden metsään liittyvien käyttömuotojen, hyötyjen ja arvojen tärkeyksiä Suomessa asteikolla 0-10. Vertailu tehtiin siten, että mitä tärkeämpänä ko. asiaa pidettiin, sitä enemmän sille annettiin pisteitä.

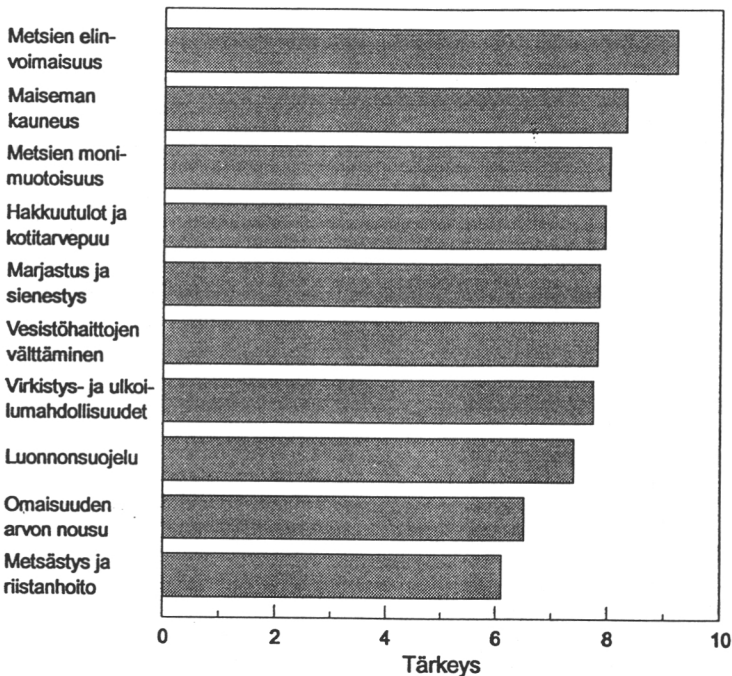
Vertailussa korkeimman pistemäärän sai metsien elinvoimaisuus ja terveys (Kuva 1). Elinvoimaisuus koettiin tärkeimmäksi vastaajan taustamuuttujista riippumatta. Viime aikoina käyty varsin vilkas keskustelu metsiemme tilasta ja ilmansaasteiden vaikutuksesta metsien terveydentilaan lienee osaltaan vaikuttanut tällaisen näkemyksen muodostumiseen. Toisaalta metsien terveydentilan ja elinvoimaisuuden tärkeyden voi tulkita huoleksi tulevaisuuden hakkuumahdollisuuksista. Metsien hyvä terveys ja elinvoimaisuus ovat myös kestäväen kehityksen edellytyksiä.



Kuva 1. Kansalaisten näkemys metsän eri arvojen, käyttöjen ja ominaisuuksien tärkeydestä.

Huomion arvoista on, että työllisyyttä ei pidetty tässä vertailussa kovinkaan tärkeänä. Samoin puuntuotanto sai vertailussa yllättävän alhaisen pistemäärän. Vain eläkeläiset, maanviljelijät ja metsänomistajat korostivat puuntuotannon tärkeyttä metsän muihin hyötyihin verrattuna.

Metsänomistajien ilmaisema omien metsien eri käyttömuotojen ja hyötyjen arvojärjestys oli samankaltainen kuin kansan näkemys kaikkia metsiä käsittelevässä kysymyksessä, jos kohta henkilöittaiset erot olivat huomattavat. Metsien elinvoimaisuus koettiin esitetyistä kymmenestä vaihtoehdosta ylivoimaisesti tärkeimmäksi (Kuva 2). Toiseksi tärkeimmäksi metsän hyötyelementiksi koettiin maiseman kauneus. Pienmetsänomistajat arvostivat maiseman kauneutta huomattavasti suurmetsänomistajia enemmän. Metsien monimuotoisuus koettiin omassa metsässä kolmanneksi tärkeimmäksi arvoksi.



Kuva 2. Metsänomistajien näkemys metsän eri arvojen, käyttöjen ja ominaisuuksien tärkeydestä omassa metsässään.

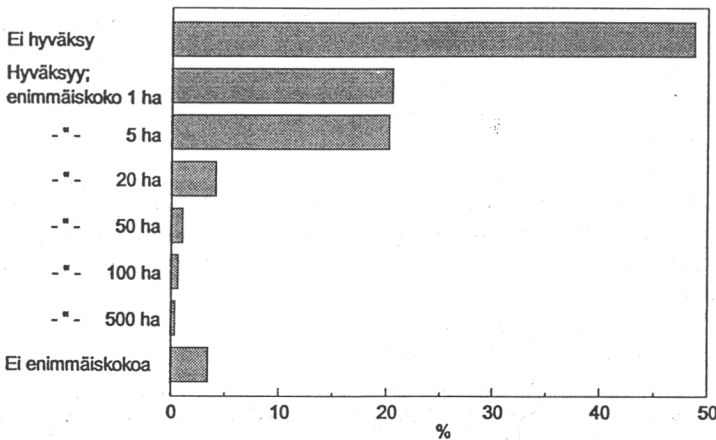
Metsänomistajat näkivät hakkuutulot ja kotitarvepuun metsän käyttömuodoista neljänneksi tärkeimpänä. Metsänomistusmuoto vaikutti arvostukseen huomattavasti. Metsänsä yksityishenkilönä omistavat antoivat hakkuutulolle enemmän painoarvoa kuin perikunnassa tai yhtymän osakkaana metsää omistavat. Kaupunkilaismetsänomistajat eivät arvostaneet metsästä saatavia hakkuutuloja niin paljon kuin maalla asuvat. Omistettavan metsälön koon kasvaessa hakkuutulosten ja kotitarvepuun arvostus lisääntyy. Yli 100 hehtaaria omistavat pitivät hakkuutulosta metsän tärkeimpänä hyötynä.

Suuria metsäalueita omistavat pitivät vesistöhaittojen estämistä paljon tärkeämpänä kuin ne, jotka omistivat metsää vain vähän. Taajaamissa asuvat metsänomistajat arvostivat metsänsä virkistys- ja ulkoilumahdollisuuksia enemmän kuin haja-asutusalueiden asukkaat. Mitä vähemmän metsää omisti sitä tärkeämmäksi näki luonnonsuojelun.

Pohdinnan arvoista on, miksi suuri osa kansalaisista näkee luonnonsuojelun ja metsien monimuotoisuuden ylläpitämisen painoarvot metsien hoidossa ja käytössä erisuurina. Mahdollista on, että kansalaiset eivät miellä monimuotoisuuden turvaamisen olevan luonnonsuojelun keskeinen tavoite. Toisaalta erityisesti metsänomistajien monimuotoisuudelle antama suuri painoarvo suhteessa luonnonsuojelun suhteellisesti vähäiseen tärkeyteen selittynee arviolla ja uskolla monimuotoisuuden säilyttämismahdollisuudesta metsien käsittelyn yhteydessä ilman suuria tulonmenetyksiä. Luonnonsuojelua käsitettäneen yleisesti alueiden totaalisuodeluna hakkuukieltoineen.

Avohakkuiden hyväksyttävyys

Hieman yli puolet suomalaisista sallisi avohakkuut (Kuva 3). Useimmat asettaisivat kuitenkin avohakkuulle enimmäiskoon. Liki puolet suomalaisista oli sitä mieltä, ettei avohakkuita tulisi hyväksyä ollenkaan. Enemmistö naisista ja metsää omistamattomista olivat avohakkuita vastaan, kun taas miehet ja metsänomistajat olivat valtaosin niiden hyväksymisen kannalla. Kielteistä suhtautumista erityisesti laajoja avohakkuualoja kohtaan selittänee se, että suurin osa ihmisistä ei koe aukeiden alojen ja taimikoiden kuuluvan metsän luontaiseen kiertoon, mikä kävi ilmi vastauksista vastaavaan väitteeseen. Toinen ilmeinen syy on se, että aukot ja taimikot koetaan huonoiksi harrastusympäristöiksi ja rumiksi.

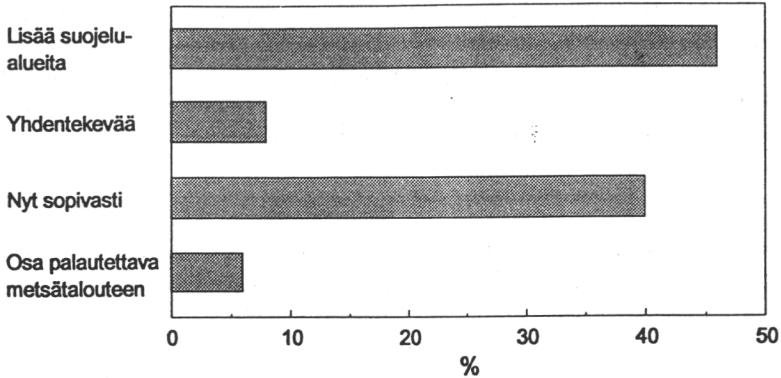


Kuva 3. Kansalaisten suhtautuminen avohakkuihin.

Luonnonsuojelualueiden riittävyys

Suomessa luonnonsuojelualueiden osuus koko metsämaa-alasta oli kyselyhetkellä noin 2,5 %. Vastaajista 46 % oli sitä mieltä, että metsämaan suojelualueiden määrää pitäisi lisätä kyselyhetken tilanteeseen nähden (Kuva 4). Metsää omistamattomat kannattivat luonnonsuojelualueiden määrän lisäämistä huomattavasti useammin kuin metsää omistavat

henkilöt. Maatalouteen tai metsänhoitoon ammatillisesti sidoksissa olevista 60 % oli sitä mieltä, että luonnonsuojelualueiden määrä on nykyisellään sopiva eikä sitä tule enää lisätä. Metsänhoitoon ammatillisesti sidoksissa olevista viidennes oli sillä kannalla, että suojelualueita on liikaa ja osa niistä tulisi palauttaa takaisin metsätalouden käyttöön. Vastaajan iän kasvaessa hänen tyytyväisyytensä luonnonsuojelualueiden nykyiseen määrään lisääntyi.



Kuva 4. Kansalaisten mielipide metsämaan suojelualueiden määrän riittävydestä.

Asuinpaikan koko ja sijainti vaikuttivat merkittävästi suhtautumiseen suojelualueisiin. Eteläisimmässä Suomessa asuvista 60 % kannatti luonnonsuojelualueiden määrän lisäämistä. Sen sijaan Keski- ja Pohjois-Suomessa asuvista vain kolmannes lisäisi suojelualueita. Mitä urbaanimmassa ympäristössä vastaaja asui, sitä enemmän hän kannatti luonnonsuojelualueiden määrän lisäämistä.

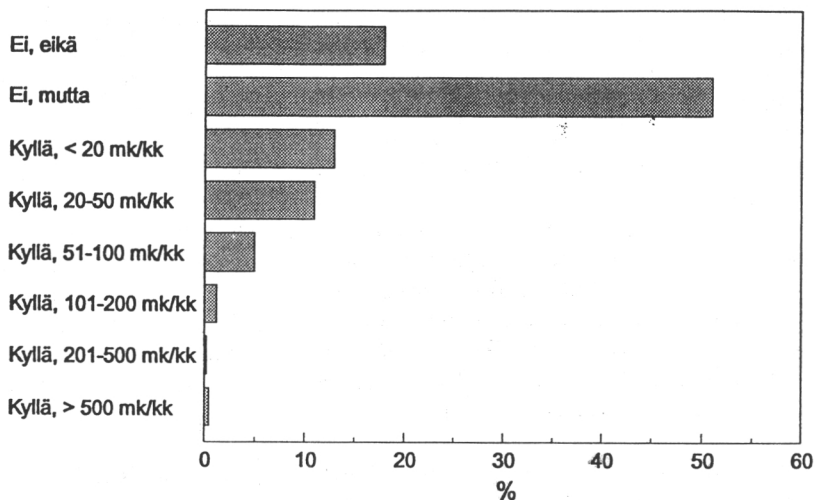
Myös aiemmin tehdyissä tutkimuksissa noin puolet kansalaisista on halunnut lisätä luonnonsuojelualueiden määrää (Tuomola 1993). Tulosten vastaajaryhmittäisestä tarkastelusta käy kuitenkin ilmi, että suojelun innokkaimmat puolustajat ovat yhtäällä, suojeltavat alueet toisaalla.

Maksuhalukkuus monimuotoisuuden ylläpitämiseksi

Vaikka monimuotoisuus nähtiin tärkeänä metsien hoidon ja käytön ohjenuorana, vain vajaa kolmannes vastanneista oli valmis maksamaan lisää veroja sen ylläpitämiseksi (Kuva 5). Lisäksi noin puolet oli kuitenkin sitä mieltä, että nykyisestä verokertymästä tulisi entistä suurempi osa kohdentaa metsien monimuotoisuuden vaalimiseen.

Nuoret alle 20-vuotiaat henkilöt olivat kaikkein valmiimpia maksamaan lisää veroja monimuotoisuuden ylläpitämiseksi. Tosin heidän taloudelliset mahdollisuutensa tosipaikan tullen uhrata roponsa monimuotoisuudelle lienevät vastaajaryhmistä heikoimmat. Mitä vanhemmasta henkilöstä oli kyse, sitä vähemmän hän oli halukas maksamaan metsien monimuotoisuuden ylläpitämiseksi ja lisäämiseksi. Koulutus ja sosioekonominen asema

vaikuttivat maksuvalmiuteen merkittävästi. Maksuhalukkuus lisääntyi koulutuksen lisääntyessä. Lisäksi mitä tiheimmin asutulla alueella vastaaja asui, sitä valmiimpi hän oli antamaan rahaa monimuotoisuuden ylläpitämiseen.



Kuva 5. Kansalaisten halukkuus maksaa lisää veroja metsien monimuotoisuuden vaalimiseksi (Ei, eikä = ei lisää veroja, eikä lisäkohdennusta nykyisistä veroista; Ei, mutta = ei lisää veroja, mutta nykyisistä veroista lisäkohdennusta monimuotoisuuteen).

Suhtautuminen metsien hakkuita estävään suoraan toimintaan

Metsien hakkuita estävään suoraan toimintaan myönteisesti suhtautuvia oli kyselyyn vastanneista vajaa kolmannes. Noin viidennes vastaajista ei osannut ottaa kantaa metsänsuojelijoiden suoraan toimintaan. Maanviljelyyn ja metsänhoitoon ammatillisesti liittyvistä kaksi kolmesta vastusti metsänsuojelijoiden suoraa toimintaa. Luontoon liittyvää tutkimustyötä tekevät kannattivat suoraa toimintaa selvästi muita ammattiryhmiä enemmän, jos kohta otokseen sattui tällaisia henkilöitä vain 15.

Noin puolet miehistä vastusti suoraa toimintaa. Naiset suhtautuivat asiaan huomattavasti sallivammin ja heistä vain kolmannes vastusti hakkuiden estämistä suoralla toiminnalla. Alle 20-vuotiaat nuoret kannattivat suoraa toimintaa muita useammin. Vielä 20-29 vuotiaissakin oli enemmän suoran toiminnan kannattajia kuin vastustajia, mutta sitä vanhemmissa ikäryhmissä ajatukseen suhtauduttiin pääosin kielteisesti. Eläkeläisistä jo vajaat kaksikolmannesta suhtautui asiaan melko tai erittäin kielteisesti.

Koulutuksen mukaan tarkasteltuna suoraan toimintaan positiivisimmin suhtautuivat ylioppilas- ja korkeakoulututkinnon suorittaneet. Sosioekonomisen aseman mukaan tarkasteltuna suoran toiminnan kannattajia oli eniten opiskelijoissa. Maanviljelijät, yrittäjät

ja työttömät vastustivat suoraa toimintaa eniten. Haja-asutusalueilla asuvat vastustivat hakkuita estävää suoraa toimintaa useammin kuin kaupunkilaiset.

3. Tulosten tarkastelua metsäsuunnittelun näkökulmasta

Yksimielisuus Suomen metsien hoidolle ja käytölle asetettavista tavoitteista on tämä tutkimuksen mukaan vaikea löytää. Postikyselyn suhteellisen suuri palautusosuus osoittaa kuitenkin osaltaan kansalaisten olevan kiinnostuneita metsien hoidosta ja käytöstä. Toki joitain yhteisiäkin mielipiteitä löytyi. Tällaisia olivat erityisesti näkemys metsien moniarvoisuudesta sekä metsien elinvoimaisuuden korostaminen hoidon ja käytön ohjenuorana. Yhteistä kansalaisille on myös metsien käyttö vapaa-ajan harrastuksiin: 92 % postikyselyyn vastanneista ilmoitti harrastavansa luonnossa liikkumista.

Vastauksista esitettyihin väittämiin nähtiin, että suomalaisten metsätiedot ovat puutteellisia. Esimerkiksi vain noin viidennes vastaajista tiesi tai uskoi metsien kasvun ylittävän hakkuiden määrän Suomessa. Pohjatietojen puutteellisuus tai virheellisyys vaikuttanee asenteiden ja mielipiteiden muodostumiseen, mikä seikka on syytä muistaa tarkasteltaessa tämänkin tutkimuksen tuloksia. Esimerkiksi ne, jotka olivat eri mieltä väitteen 'Suomen metsissä on nyt enemmän puuta kuin kertaakaan aiemmin tällä vuosisadalla' kanssa, vastustivat avohakkuita muita vastaajia useammin.

Mielenkiintoinen, joskin odotettu piirre kansalaismielipiteessä Suomen metsistä ja niiden käytöstä on monitavoitteisuus. Metsien käytölle ja hoidolle asetetaan samanaikaisesti useita tavoitteita. Metsien pitäisi kansalaisten mielestä olla elinvoimaisia, kauniita ja monimuotoisia sekä samalla myös hyviä ulkoilumetsiä ja luonnontuotteiden poimintapaikkoja. Yhtä kaikki niiden pitäisi myös tuottaa puuta metsäteollisuuden käyttöön sekä antaa työtä ja hakkuutuloja. Myös useimmat yksittäiset metsänomistajat asettavat metsilleen samanaikaisesti monia tavoitteita. Viime aikoina onkin, tämän tutkimuksen perusteella aivan oikein, useissa yhteyksissä painotettu metsätalouden ja metsäsuunnittelun monitavoitteisuutta.

Kansalaisten mielenkiinto metsiä ja niiden käyttöä kohtaan ja ilmeinen halu vaikuttaa valtakunnan metsiä koskevaan päätöksentekoon puoltaa myös osallistavan metsäsuunnittelun kehittämistä ja käyttöönottoa. Osallistavan suunnittelun toteuttamista hankaloittaa asenteiden ja mielipiteiden suuri kansalaisryhmittäinen vaihtelu; toisaalta osallistava suunnittelu on tarpeen juuri siksi. Myöskään ryhmien sisäinen vaihtelu ei helpota kompromissien löytämistä. Metsäkonfliktit lienevät väistämättömiä myös jatkossa, mikä korostaa konfliktinhallinnan merkitystä osallistavan metsäsuunnittelun prosessissa.

Vastauksissa esitettyihin väittämiin ilmeni, että enemmistö kansalaisista näkee yksityismetsien päätöksenteon kuuluvan metsänomistajalle. Tämä haastaa metsäammattilaiset asiakaslähtöiseen suunnitteluun: tarvitaan keinot laatia suunnittelulaskelmat metsänomistajan tavoitteet ja preferenssit lähtökohtana. Asiakaslähtöisyys on tarpeellista myös siksi, että tavoitteet ja mielipiteet vaihtelevat suuresti metsänomistajittain. Yleistä, metsänomistajasta toiseen ilman preferenssien tiedustelua sovellettavissa olevaa hyötymallia ei ole mahdollista laatia. Se ei onnistu edes metsänomistajaryhmittäin, siksi suurta taustamuuttujittaisten ryhmien sisäisenkin vaihtelu oli.

Tämän tutkimuksen tulokset tukevat metsäsuunnittelun tutkimuksessa ja myös käytännön metsäsuunnittelussa jo aloitettua suuntausta kohti yhtäältä entistä asiakaslähtoisempää metsäsuunnittelua ja toisaalta kansalaisten osallistumismahdollisuuksien lisäämistä erityisesti valtion metsien hoidon ja käytön suunnittelussa. Monitavoitteisen metsäsuunnittelun menetelmäkehitystyötä on tarpeen jatkaa. Tutkimuksen tuottamia monitavoitteisen metsäsuunnittelun menetelmäprototyyppejä (ks. esim. Kangas 1993, Niemeläinen ym. 1994) on jatkossa perusteltua entistä voimallisemmin testata käytännön suunnittelehtävissä ja kehittää niiden pohjalta erityyppisiin suunnittelehtäviin soveltuvat suunnittelusysteemit ja -käytännöt. Samoin hyvään alkuun saatettu osallistavan suunnittelun ja konfliktinhallinnan tutkimus (Kangas 1992, Kangas & Matero 1993, Kajala 1994, Loikkanen 1994) saa lisäpontta tämän tutkimuksen tuloksista.

Tutkimuksen tulokset tukevat myös metsien monikäyttöä ja monimuotoisuutta painottavia metsäpolitiikan linjauksia sekä uusia, perusteiltaan aikaisempaa moniarvoisempia talousmetsien metsänhoito-ohjeita.

Kirjallisuus

- Kajala, L. 1994. The applicability of conflict theories in outdoor recreation: A case study of hikers and recreational stock users in the Eagle Cap Wilderness. *Lisensiaatintutkielma*. Joensuun yliopisto. Metsätieteellinen tiedekunta. 134 s.
- Kangas, J. 1992. Public participation in forest management. An application of the AHP. In: EURO XII/TIMS XXXI, Joint International Conference Operational Research / Management Science, New Technologies for New Management, Helsinki, Finland June 29 - July 1, 1992. s. 122.
- Kangas, J. 1993. Metsäalueen monikäytön optimointi. *Paperi ja Puu* 76(3):102-110.
- Kangas, J. & Matero, J. 1993. Ruunaan luonnonsuojelun alueen jako aarni- ja puisto-osiin - Kokemuksia AHP-menetelmästä osallistuvassa metsäsuunnittelussa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 449. 44 s.
- Kangas, J. & Niemeläinen, P. 1995. Kansalaismielipide Suomen metsistä sekä metsien hoidosta ja käytöstä. *Käsikirjoitus Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja -sarjaan*. 25 s.
- Loikkanen, T. 1994. Applicability of public participation for the Finnish Forest and Park Service. Department of Forest Resources, Oregon State University. 119 s.
- Niemeläinen, P., Kangas, J. & Päivinen, R. 1994 (toim.). Integroidun metsäsuunnittelun menetelmiä ja välineitä. Integroidun metsällisen päätöksenteon tukijärjestelmä (IMPJ) - tutkimushankkeen loppuseminaari. Joensuun yliopisto. Metsätieteellinen tiedekunta. *Tiedonantoja* 16. 102 s.
- Tuomola, S. 1993. Suomalaisen metsäasenteet ja metsätiedot 1993. Suomen metsäyhdistys ry. Helsinki. 8 s.

Auvo Karvinen

VAIVIO-HANKE: MONITAVOITTEISEN METSÄSUUNNITTELUN KOKEILU

1. Tausta

Vuoden 1993 aikana oli monissa eri yhteyksissä todettu, että yksityismetsätaloudessa käytössä oleva metsäsuunnittelujärjestelmä (TASO) ei täytä monitavoitteiselle ja asiakaslähtöiselle suunnittelulle asetettavia vaatimuksia. Samaten puuttuivat menetelmät monimuotoisuuden arvioimiseksi. Niinpä mainittujen asioiden tutkimista ja kehittämistä varten käynnistettiin Pohjois-Karjalan metsälautakunnan ja Joensuun yliopiston metsäsuunnittelun professori Timo Pukkalan toimesta ns. Vaivio-hanke. Sen päätavoitteina olivat metsäsuunnittelun tietosisällön parantaminen ja monitavoitteiseen, asiakaslähtöiseen metsäsuunnitteluun soveltuvan menetelmän kehittäminen. Hankkeen toteutustapana oli tutkimuksen ja käytännön mahdollisimman tiivis yhteistyö. Jo aiemmin olivat Vaivion metsänomistajat osoittaneet suurta kiinnostusta vanhentuneiden metsäsuunnitelmiansa uusimiseen. Liperin kunnassa sijaitseva, noin 6 000 ha käsittävä Vaivion metsätalousalue oli normaalissa suunnitteluvuorossa sopivasti v. 1994. Tämän, luonnonolosuhteiltaan hyvin vaihtelevan alueen katsottiin sopivan erinomaisesti kehittämishankkeen toteuttamisympäristöksi.

2. Toteutus

Suunnitteluhanke esiteltiin metsänomistajille ja tiedotusvälineiden edustajille huhtikuussa -94. Tällöin kerrottiin hankkeen tavoitteista ja erityisesti suunnittelumenetelmän eroista TASO-järjestelmään verrattuna. Koska asia oli täysin uusi, ei metsänomistajille voinut muodostua kovin selvää kuvaa suunnittelun sisällöstä. Jonkinasteinen myönteinen kiinnostus jäi vallitsevaksi eikä esittely vaikuttanut ainakaan kielteisesti suunnitelmien tilaushalukkuuteen.

Myös suunnittelijoille kehittämishanke oli haasteellinen ja vaativa. Maastotyöohje ja tiedonkeruuohjelma mahdollistivat puuston kuvaamisen hyvinkin tarkasti, samoin monimuotoisuustekijöiden määrittelyn. Jokainen merkittävä puulaji ja puujakso arvioitiin erikseen. Kuolleet puut ja lahoppuut arvioitiin omina puulajeinaan samalla tavalla kuin elävä puusto. Metsikkökuvioiden vaihtoehtoiset toimenpiteet määritettiin maastossa. Useimmat metsänomistajat olivat maastotyövaiheessa mukana. Näin on tapahtunut myös tavanomaisessa, entisentyypisessä suunnittelussa, mutta tässä työssä mukanaolo koettiin erityisen tärkeäksi suunnitelman lopullista koostamista ajatellen. Avainbiotooppien ja muiden monimuotoisuustekijöiden määrittely tapahtui yhteistyönä metsänomistajien kanssa. Suunnittelijoiden ja metsänomistajien näkemykset suojeltavista ja säästettävistä kohteista olivat hyvin yhteneväisiä eikä ristiriitoja aiheutunut.

3. Metsäsuunnitelman koostaminen

Kaikkien halukkaiden metsänomistajien kanssa toteutettiin monitavoitteinen suunnittelu MONSU-järjestelmästä kehitetyllä menetelmällä.

Sen jälkeen kun kuvioiden käsittelyvaihtoehdot oli simuloitu, tapahtui suunnittelu yhdessä suunnittelijan ja metsänomistajan kesken. Metsänomistaja sai valita tavoitteensa useista eri vaihtoehdoista. Hän voi painottaa taloudellisia tavoitteita kuten nettotuloa, kestävyyttä, puuston kartuttamista yms. Lisäksi hän voi painottaa haluamallaan tavalla maisemaa, virkistystä, keräilytuotteita ja monimuotoisuutta.

Tässä kehittämishankkeessa kokeiltiin ensi kerran käytännön suunnittelussa heuristista optimointimenetelmää. Optimoinnin idea on etsiä tilalle se metsikkötason toimenpideohjelmien yhdistelmä, joka parhaiten toteuttaa metsänomistajan tavoitteet. Kun parhaaksi katsottava yhdistelmä on löytynyt, tulostetaan suunnitelma.

Aiempien kokemusten perusteella tiedettiin, ettei tavoitteiden asettelu ole metsänomistajalle kovin helppoa. Ei edes silloin kun määritellään vain puuntuotannolliset tavoitteet. Metsänomistaja pitää suunnittelijaa asiantuntijana, joka määrittää paitsi hakkuukohteet, myös hakkuiden määrällisen tason. Eräs tämän kokeilun hyötyjä olikin uudenlaisen ajattelutavan omaksuminen. Tämä koskee yhtäläillä metsänomistajia kuin suunnittelijoitakin.

Asiakaslähtöisyys voitiin toteuttaa useimpien metsänomistajien kanssa siten, että maastossa määritellyt toimenpiteet ja monimuotoisuusasiat käytiin kuvioittain läpi ja niihin voitiin tehdä muutoksia. Kun sen jälkeen tulostettiin suunnitelman perusversio, useimmat hyväksyivät sen lopulliseksi suunnitelmaksi.

Vain pieni osa metsänomistajista osasi tai halusi osallistua tavoiteasetteluun ja heidän kanssaan voitiin räätälöidä paras suunnitelmavaihtoehto optimoimalla.

4. Tulokset

Vaivio-hankkeen perusvaihe, suunnitelmien tulostaminen, on nyt lopuillaan ja voidaan todeta, että tavoitteet on saavutettu tai saavutetaan hyvin. Suunnitelmien tietosisältöä on monipuolistettu siten, että suunnitelma sisältää tavanomaisten puustotunnusten lisäksi arviot ja ennusteet metsän maisema-arvosta, marja- ja sienisadoista, vanhojen metsien pinta-alasta, lahoppuun märestä sekä luonnon monimuotoisuuden metsälötasolla. Suunnitelman tietosisältöä on parannettu myös niin, että se sisältää laskennallisen arvion hakkuun taloudellisesta kiireellisyydestä eri metsiköissä (ns. hakkuujärjestyslistaus).

Maisema- ja ulkoiluarvo vaihtelevat välillä 0 (huono) - 10 (hyvä). Monimuotoisuus vaihtelee myös välillä 0 (heikko) - 10 (hyvä) ja riippuu lehtipuun, lahoppuun ja vanhojen metsien määrästä. Vanhoiksi metsiksi luetaan vähintään 120-vuotiaat männiköt, 100-vuotiaat kuusikot ja 80-vuotiaat lehtimetsät. Vanhojen metsien ja samaten lahoppuun määrä ovat myös osoittamassa monimuotoisuustekijöiden nykytilaa ja kehitystä. Marja- ja sienisato kuvaavat metsiköiden keskimääräistä satoa sääoloiltaan normaalina sato-vuonna.

MONSU-ohjelmasta on aiemmin puuttunut valmis standardi-tuloste, joka olisi käyttäjälle riittävän havainnollinen. Vaivio-hankkeen yhteydessä tulostetta on kehitetty siten, että voidaan tulostaa tietyt taulukot teksteineen, joista suunnittelija täydentää lopullisen suunnitelman. Taulukoita voidaan havainnollistaa kuvilla ja piirroksilla. Myös maisemakuvien tuottaminen on mahdollista.

Vaivion metsäsuunnittelu on monitavoitteista ja hankkeessa on muotoiltu kolme erilaista käytäntöä tiedustella metsänomistajan tavoitteita. Metsän monimuotoisuuden arviointia varten on kehitetty monimuotoisuusindeksi, jonka laskenta on liitetty suunnittelusysteemiin. Kysymyksessä on ensimmäinen kerta Suomessa ja ehkä koko maailmassa, kun numeerinen monimuotoisuusmitta on integroitu kiinteästi rutiinisuunnitteluun. Monimuotoisuuden laskenta edellyttää lahopuuinventointia tavanomaisen maastoarvioinnin yhteydessä. Osallistuvaan suunnitteluun on kehitetty menetelmä, jota on toteutettu metsänomistajan kanssa suunnitelmien koostamisvaiheessa.

Vaivio-hankkeen konkreettisia tuloksia ovat mm. seuraavat tuotteet, käytännöt tai työsaavutukset:

1. Uudistettu kuvioittaisen arvioinnin menetelmä, joka sisältää mm. lahopuuinventoinnin ja metsikön rakenteen aiempaa tarkemman kuvauksen.
2. Tiedonkeruuhjelma, joka vastaa uudistettua maastoinventointia.
3. Mikrotietokoneella toimiva suunnitteluohjelmisto, jossa suunnitelma koostetaan monitavoitteisen metsäsuunnittelun tekniikoin. Ohjelmisto laskee suunnitelmavaihtoehdoille tavanomaisten metsikkötunnusten lisäksi useita monikäyttöä ja ympäristöarvoja kuvaavia tunnuksia, joista arvokkaimpana voidaan pitää monimuotoisuuden laskentaa.
4. Säännönmukainen käytäntö metsänomistajan tavoitteiden tiedustelemiseksi sekä suunnitelman koostamiseksi metsänomistajan kanssa ja metsänomistajan tavoitteista lähtien.
5. Muokkausohjelma, jolla maastossa kerätyt tiedot voidaan siirtää TASO-järjestelmään.
6. Yhden metsätalousalueen (Vaivio) tietojen keruu uudistetulla systeemillä. Uudella ohjelmistolla on laadittu 65 suunnitelmaa.

Yksi tärkeä hyötyvaikutus Vaivio-hankkeesta on ollut käytännön metsäorganisaation ja tutkimuslaitoksen yhteistyön tiivistyminen. Tutkimustieto on hyödynnetty nopeasti käytännön toiminnassa.

MAISEMATASON METSÄSUUNNITTELU METSÄHALLITUKSESSA

Mikä on maisemataso metsäsuunnittelussa ?

Maisemataso on useimmille käytännön metsäorganisaatioille uusi metsäsuunnittelun käsite, jonka sisältö ja käyttö vielä hakee muotoaan. Me kyllä tunnemme käsitteet metsikkö, kuvio, metsälö, alue- ja suuralue, mutta maisemataso on vieraampi. Se ehkä johtuu siitä, että meillä suunnitteluyksiköt määräytyvät lähinnä omistuksen ja hallinnon perusteella. Tilakohtaiset metsätaloussuunnitelmat perustuvat yleensä metsikkötason simulointiin ja metsälötason optimointiin. Suuralueille, esimerkiksi metsälautakuntien alueille tehtävissä laskelmissa suunnitteluyksikkö määräytyy hallinnollisesti, samoin yksityismetsien aluesuunnitelmissa.

Maisematasoa suunnitteluyksikkönä ei ole määritelty kovin tarkasti. Kuitenkin maisemataso määräytyy luonnon ominais- ja erityispiirteiden perusteella. Ulkomaisissa määritelmissä maisemataso (landscape) tarkoittaa samanaikaisesti suunnittelun kohteena olevaa laajahkoa aluekokonaisuutta. Sen koko on olennaisesti kuviotasoa suurempi ja voi nousta tuhansiin hehtaareihin.

Metsähallituksen metsäsuunnitteluun maisemataso on muutaman vuoden tehnyt tuloaan tiedostettuna suunnittelukriteerinä. Pari vuotta käytössä olleessa Metsätalouden ympäristöoppaassa painotetaan kuvion käsittelyratkaisujen kytkemistä ympäristön muodostamaan kokonaisuuteen; sekä ekologisista että maiseman hoidon syistä.

Aikaisemmin kriteeriä on sovellettu vaihtelevasti ja usein implisiittisesti suunnittelu-hierarkian eri tasoilla. Laajimmin ja näkyvimmin ehkä metsien käsittelyn keskipitkän tähtäimen taktisessa suunnittelussa eli käsittelysuunnitelmien ja leimikoiden laadinnassa. Niissä metsikkökohtaiset ratkaisut perustuvat kuvion käsittelytarpeen ja -mahdollisuuksien lisäksi sekä metsätaloussuunnitelman linjauksiin että suunnitelma-alueen kokonaiskuvaan. Myös erikoismetsien hoito- ja käyttösuunnitelmien suunnitteluyksikkö edustaa tyypillisesti maisematasoa.

Maisematason vaikutus kiinteistörakenteeseen

Metsähallituksen metsäsuunnittelussa erottuu selvästi kolme eri tasoa; poliittinen / normatiivinen, strateginen ja taktis-operatiivinen taso.

Metsähallituksen hallinnoimat luonnonvarat ovat yksi valtion omaisuuserä, jonka määrää, rakennetta ja arvoa poliittinen päättäjä säätelee yhteiskunnan muuttuvien tarpeiden ja arvojen mukaan. Poliittisen ohjauksen ja suunnittelun keskeinen merkitys ilmenee selvästi sekä Metsähallituksen metsien historiasta että nykyisestä tehtäväkuvasta.

Metsähallituksen nykyisen toiminnan yhtenä painopisteenä oleva biologisen monimuotoisuuden turvaaminen ja tarkoituksenmukainen lisääminen tarkoittaa mm. kiinteistörakenteen kehittämistä siten että sen taloudellinen ja luonnonsuojelullinen arvo säilyy ja luonnonsuojelullinen edustavuus paranee. Metsähallituksen metsiä käytetään vaihtomaina luonnonsuojelualueiden hankintaan tänä vuonna 60 miljoonan markan arvosta. Noin puolet summasta koostuu ranta- tai rakennuskaavoitetuista kohteista.

Kaavoituskohteet valitaan nimenomaan maisematason perustein eli yhtä kuviota laajempiin aluekokonaisuuksiin liittyvien arvojen pohjalta. Kaikki muukin maankäyttö ja kiinteistörakenteen strateginen suunnittelu eli maaomaisuuden varaaminen talousmetsiksi, suojelualueiksi, virkistysalueiksi tai johonkin muuhun käyttötarkoitukseen tapahtuu nimenomaan aluekokonaisuuden arvon perusteella eli maisematason kriteerein. Tarkempi metsä-, hanke- ja muu suunnittelu suoritetaan maankäyttöryhmittäin.

Maisemataso MTS-projekteissa

Hoitoaluekohtaiset metsätaloussuunnitelmat (MTS) on Metsähallituksessa perinteisesti laadittu projekteina 10 - 15 välein. Organisaatiouudistuksen jälkeen v. 1992 siirryttiin metsätalouden yksiköiden metsätaloussuunnitelmiin. Meneillään oleva viimeinen MTS-projektikierros on määrä saada päätökseen v. 1997. Jatkossa ajantasaisiin PATI-tietokantoihin pohjautuvat alueelliset luonnonvarasuunnitelmat korvaavat metsätaloussuunnitelmat.

Maisematason vaikutus metsikkötason toimenpiteisiin ilmenee selvimmin käyttörajoituksina. Välialuerajoituksilla ilmaistaan läheisten kuvioiden kehitysvaiheen tai ympäröivän aluekokonaisuuden erityispiirteiden vaikutus kuvion käsittelyyn. Maisemarajoituksella turvataan esim. järvimaiseman tai tienvarsimaiseman kauneusarvojen myönteistä kehitystä. Soitimet ja jäkäläalueet ovat esimerkkejä metsien virkistyskäytön ja keräilytalouden kuviotasoa laajemmista kriteereistä. Avainbiotoopeilla turvataan osaltaan biologista monimuotoisuutta.

Yksikön metsien rakenne vaikuttaa myös metsikkötason ratkaisuihin; erityisesti nykyisten uudistuskypsien ja vartuneiden kasvatusmetsien uudistamisnopeuteen ja sitä kautta niiden käsittelyn vaihtoehtoihin suunnittelulaskelmissa.

Uusien suunnittelumenetelmien kokeiluja virkistys- ja suojelualueilla

Uusien suunnittelumenetelmien kokeiluja maisematason suunnittelussa Metsähallituksessa on tehty Kylmäluoman retkeilyalueella ja Ruunaan luonnonsuojelualueella (Kangas & al. 1992, 1993). Niissä selvitettiin analyttisen hierarkiaproessin ja osallistuvan suunnittelun käyttöä näiden alueiden hoidon ja käytön järjestämisessä. Kokeilujen tulokset ovat osaltaan vaikuttaneet Metsähallituksen päätökseen laajentaa osallistuvan suunnittelun kokeiluja ja käyttöä.

Alue-ekologinen suunnittelu

Metsähallituksessa käynnistyvä alue-ekologinen suunnittelu rakentuu maisematason suunnitteluyksiköille. Alue-ekologiassa tarkastellaan laajoja, jopa neliökilometrien suuruisia aluekokonaisuuksia - metsälaikkujen koon, muodon, laadun ja sijainnin vaikutuksia eliöpopulaatioiden dynamiikkaan ja koko metsäekosysteemin toimintaan. Suunnittelussa tarkastellaan alueen koko metsäluontoa talousmetsät ja suojelualueet mukaan lukien.

Alue-ekologisen suunnittelun tavoitteena on ohjata metsätaloutta siten, että alueelle luonnonmukaisissa olosuhteissa tyypillinen metsälajisto voi säilyä elinvoimaisina populaatioina. Sen tarkoituksena on siten täydentää ja varmistaa, ei kuitenkaan korvata, metsikkötasolla eri toimenpiteiden suunnittelun ja toteutuksen yhteydessä tehtävää "arkipäivän" ympäristönsuojelutyötä.

Yksittäinen metsikkö ei monestikaan tarjoa eliölajille pysyvää elinympäristöä. Aikaa myöten metsikkö elinympäristönä muuttuu eikä enää sovellu ko. eliölajin ympäristöksi. Tarvitaan väistämättä aluetason eli maisematason tarkastelua. Säilyykö alueella kaikkina aikoina riittävästi alueelle tyypillisille eliölajeille soveltuvia elinympäristöjä? Tämä on alue-ekologian näkökulma talousmetsien luonnonsuojeluun.

Suunnitteluhierarkiassa alue-ekologinen suunnittelu on pitkän tähtäimen strategista suunnittelua ja metsätalouden suunnittelua alue-ekologian näkökulmasta. Aikajänne on vähintään yhtä pitkä kuin perinteisessä metsätalouden suunnittelussa ja luonnonsuojelullisia tavoitteita ja keinoja niiden saavuttamiseksi tarkastellaan kokonaisuutena hyötyjä ja haittoja punniten. Tavoitteet pyritään saavuttamaan mahdollisimman kustannustehokkaasti.

Alue-ekologisen suunnittelun pohjaksi tarvitaan perustietoja alueen ekologiasta, metsien käytön historiasta sekä tärkeistä luontokohteista. Alue-ekologisen suunnittelun tarkoituksena on säilyttää metsäalue ekologisesti toimivana kokonaisuutena

- varmistamalla tärkeiden elinympäristöjen säilyminen ja jatkuvuus
- säilyttämällä vanhojen metsien, lehtimetsien ja muiden sukkessiovaiheiden osuus riittävänä
- luomalla leviämismahdollisuuksia uhanalaisille lajeille sekä
- kohdentamalla luonnon ennallistamiseen tähtäävät toimenpiteet mahdollisimman hyvin.

Metsähallituksen ensimmäinen alue-ekologinen suunnitelma on laadittu Suomussalmen yksikön Vuokin piirille. Tänä vuonna Metsähallituksen metsätalouden kaikkiin alueisiin laaditaan yksi alue-ekologinen mallisuunnitelma.

Alueellinen luonnonvarasuunnittelu ja maisemataso

Aluesuunnitelma eli alueellinen luonnonvarasuunnittelu on Metsähallituksen uusi tapa toteuttaa monitavoitteista metsäsuunnittelua. Suunnitteluyksikkönä on Metsähallituksen organisaatorakenteen mukainen alue, jolloin kyse on lähinnä suuraluetason metsäsuunnitelmasta. Aluesuunnitelma on kokonaisvaltainen luonnonvarasuunnitelma, joka

korvaa nykyiset hoitoalue-/yksikkökohtaiset metsätaloussuunnitelmat ja kattaa myös suojelu- ja virkistysalueet. Aluesuunnitelman tavoitteena on toteuttaa strategisen metsäsuunnittelun tasolla tämän tilaisuuden teemana oleva metsien eri käyttömuodot yhdistävä suunnittelu.

Alueellisen luonnonvarasuunnitelman avulla pyritään turvaamaan kestävä kehityksen periaatteiden toteutuminen kohdealueen valtion metsissä. Aluesuunnitelmassa on tarkoitus huomioida koko metsäluonto ja ihmiset niin että kestävä kehityksen keskeiset ulottuvuudet; taloudellinen, ekologinen ja sosiaalinen ovat hyvässä tasapainossa.

Suunnitelman laadinnan lähtökohdina ovat ajantasalla olevat tiedot metsistä. Suunnitteluprosessin aikana selvitetään toisaalta metsien tuotantomahdollisuudet eli kyky tuottaa aineellisia ja aineettomia hyödykkeitä sekä eri tuoteyhdistelmien korvautuvuus. Toisaalta selvitetään luonnonvarojen hoitoon, käyttöön ja suojeluun kohdistuvat ympäristön tavoitteet, odotukset ja arvostukset.

Näiden selvitysten ja Metsähallituksen tehtäväkuvan pohjalta pyritään aikaansaamaan mahdollisimman laajasti hyväksytty, yhteensovittava luonnonvarasuunnitelma kohdealueen valtion metsille seuraavalle 10-vuotisjaksolle.

Suunnitteluprosessin tunnuspiirteitä ovat

- luonnonvarojen samanaikainen kokonaistarkastelu, jossa ovat mukana sekä talousmetsät, suojelualueet että virkistysalueet
- vaihtoehtoihin ja niiden vaikutusarvioihin pohjautuva päätöksenteko
- monitavoitteinen suunnitteluote, jossa vaihtoehtoja tarkastellaan tietoisesti eri näkökulmista
- osallistavan suunnittelun käyttö sekä
- ajanmukainen tekniikka; PATI-tietokannat ja MELA-järjestelmä.

Merkittävin uudistus aiempiin suunnitelmiin verrattuna on osallistavan suunnittelun käyttöönotto, joka varmistaa sosiaalisen kestävyden toteutumista. Myös yritys kuvata, mitata ja arvottaa vaihtoehtoja eri näkökulmista edustaa uudempaa suunnitteluotetta.

Suunnitteluprosessi jakautuu kahteen pääosaan: tavoiteanalyysiin ja toimintaohjelman laatimiseen. Tavoiteanalyysi toteutetaan skenaariomenetelmällä ja sen tuotteena määritellään Metsähallituksen alueellinen profiili eli toiminnan strateginen suuntaus ja mitoitus, joka samalla määrittää myös eri toimintojen keskinäiset suhteet. Toimintaohjelman laadinnassa etsitään strategiset tavoitteet toteuttavia paikkasidonnaisia maankäytön ja metsien käsittelyn yhdistelmiä, joista tavoitteelliseksi toimintaohjelmaksi valitaan se joka parhaiten vastaa Metsähallituksen tavoitteiden kokonaisuutta.

Mikäli tavoiteanalyysin skenaariot laaditaan otosaineistosta, kuten ainakin Kainuun aluesuunnitelmassa tapahtuu, maisemataso vaikuttaa niissä otoksen edustavuuden mukaisesti. Paikkasidonnaisissa vaihtoehtoissa, jotka laaditaan kokonaisuaineistoista, maisemataso vaikuttaa kuviokohtaisiin ratkaisuhin käyttörajoitusten, käsittelyluokkien ja alue-ekologisten suunnitteluyksiköiden kautta.

Ensimmäisen aluesuunnitelman laadinta on käynnistynyt Metsähallituksen Kainuun alueelle muutama viikko sitten. Suunnitelma on samalla uuden suunnittelujärjestelmän pilottikappale, jonka antamien kokemusten perusteella myös suunnittelujärjestelmän kehittämistä jatketaan.

Metsähallituksen luonnonvarojen monipuoliset tehtävät ja ympäristön kiinnostus niitä kohtaan merkitsevät Metsähallituksen metsä- ja luonnonvarasuunnittelulle jatkuvaa haastetta, jossa on sekä hyödynnettävä alan uusinta tutkimustietoa että oltava mukana hankkeissa jotka sitä tuottavat.

Lähteet

Alue-ekologinen suunnittelu. Työryhmän väliraportti. 1995. Metsähallitus.

Integroidun metsäsuunnittelun menetelmiä ja välineitä. 1994. Tiedonantoja 16. Joensuu yliopisto. Metsätieteellinen tiedekunta.

Kangas Jyrki, Matero Jukka & Pukkala Timo. 1992. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 412. Analyttisen hierarkiaproessin käyttö metsien monikäytön suunnittelussa - tapaustutkimus.

Kangas Jyrki & Matero Jukka. 1993. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 449 Ruunaan luonnonsuojelun alueen jako aarni- ja puisto-osiin. Kokemuksia AHP-menetelmästä osalistuvassa metsäsuunnittelussa.

Metsähallituksen aluesuunnitelma. Työryhmän loppuraportti. 1995. Metsähallitus.

Metsähallituksen maankäytön periaatteet. Johtokunnan päätös. 1994. Metsähallitus.

Metsähallituksen maiden kaavoitusperiaatteet. Toimitusjohtajan päätös. 1995. Metsähallitus.

MELAN KÄYTTÖKOKEMUKSIA

Johdanto

Suunnittelulla tarkoitetaan tulevaisuuden tuotantomahdollisuuksien; päätösten; toimenpiteiden; niihin vaikuttavien tekijöiden sekä niiden välisten vuorovaikutuksen analysointia. Toisaalta suunnittelun tehtävä on myös selvittää, mitä on mahdollista tavoitella ja miten asetetut tavoitteet parhaiten toteutetaan. Suunnittelussa pyritään tuottamaan päätöksentekijälle sellaisia toimintavaihtoehtoja, jotka tuottavat päätöksen seurauksena mahdollisimman paljon hyötyä. Suunnittelun tuloksia päätöksentekijät käyttävät harkintansa tukena. Suunnittelun pitäisi siis tuottaa riittävästi tietoa tehdä oikeita päätöksiä tai ainakin pitäisi olla tietous välttää tekemästä väärää päätöksiä.

Suunnittelulla on konsultin rooli kartoitettaessa erilaisia toimintamalleja monimutkaisessa päätöksentekotilanteessa oli sitten kysymyksessä valtakunnan metsäpolitiikkaa koskevat päätökset, metsäteollisuuden yrityksen toimintastrategia tai yksittäisen metsälön tuotantomahdollisuudet.

Suunnittelussa mittaus, suunnittelu ja päätöksenteko erotetaan toisistaan (Päivinen ja Saramäki 1994). Suunnitteluun kuuluu toimintavaihtoehtojen tuottaminen ja niiden valinnan seurausten ennustaminen. Päätös on sen tekijän tavoitteille sopivan vaihtoehdon valitsemista. Suunnittelujärjestelmiä kehitettäessä järjestelmän kaikkia osia olisi pyrittävä kehittämään tasapuolisesti. Hyvätkin lähtötiedot hukkuvat ylimalkaiseen kasvun simulointiin, eivätkä kehittyneetkin optimointimenetelmät voi antaa luotettavia tuloksia, jos lähtötiedot ovat suurpiirteisiä tai peräti virheellisiä.

Metsätalouden lähitulevaisuudenkin päätöksiin vaikuttavat lukuisat toisistaan riippuvat tekijät metsän vuosisadan luokkaa olevan tuotantoajan kuluessa. Käytettäessä laskennallisia menetelmiä, tutkittuja (tai oletettuja) riippuvuuksia koskeva tietämys on saatettu mallien muotoon (Siitonen 1993). Metsätalouden suunnittelussa tarvittavat mallit ulottuvat luonnonprosessien kuvauksesta ihmisen toimintaan ja ekonomiaan.

Metsätaloudessa kiinnostava aikahorisontti voi ulottua yli vuosisadankin päähän ja päätökset joudutaan näin ollen tekemään epävarmuuden vallitessa. Metsätalouden suunnittelussa epävarmuutta sisältyy mm. metsän myöhempiin tuotantomahdollisuuksiin, kysynnän ja tarjonnan ennusteisiin, hintojen kehitykseen sekä päätöksentekijän tulevaisuuden tarpeisiin. Metsätalouden harjoittamisen ja sen suunnittelun lähtökohtana säilyykin jatkuvasti se tosiasia, että metsien käyttömahdollisuuksien arviot ja kehitysenusteet ovat monien tekijöiden suhteen ehdollisia, epävarmoja ja koskevat metsän koko kehitykseen nähden lyhyttä aikaa.

Hakkuulaskelmista kokonaistarkasteluihin

Perinteisestä puuntuotannon suunnittelusta ollaan siirtymässä (tai on jo siirretty) metsäsuunnitteluun, jolla pyritään kattamaan kaikkien metsässä tuotettavien hyödykkeiden suunnittelu. Mukaan synteisiin tarvitaan periaatteessa kaikki tarkasteltavaan kysymykseen vaikuttavat tekijät ja niiden väliset vuorovaikutukset. Metsätalouden suunnittelussa - jopa yksittäisen metsikön käsittelystä päätettäessä - huomionarvoisia tekijöitä ovat mm. metsävarat, metsien kehitysmahdollisuudet, metsänomistajan ja yhteiskunnan metsätaloudelle asettamat tavoitteet, metsätuotteiden kysyntä ja toiminnan tuotot sekä kustannukset (Siitonen 1993). Lisäksi suunnittelusta on tullut luonteeltaan jatkuva: enää ei tyydytä kerrallaan kymmeneksi vuodeksi tehtäviin laskelmiin, vaan suunnittelun on oltava joustavaa nopeasti muuttuvien tavoitteiden ja päämäärien paineessa.

Uusien suunnittelumenetelmien ansiosta metsätalouden kysymyksiä, kuten esimerkiksi metsien eri käyttömuotoja, puun energiakäyttöä, metsäluonnon monimuotoisuudesta huolehtimista, metsiköiden käsittelyohjeita ja metsätaouden kustannusten karsintaa ei enää tarvitse - eikä ole asianmukaista - ratkaista kutakin erilliskysymyksenä muista tekijöistä piittaamatta (Siitonen 1994). Kokonaistarkastelu auttaa myös karsimaan yksittäisinä lupaavilta vaikuttavia vaihtoehtoja. Esimerkiksi pelkkään metsikköoptimointiin perustuvat metsien käsittelyohjeet eivät välttämättä toteuta kenenkään tavoitteita, vaikka ne sinänsä auttavatkin ymmärtämään yksittäisten tekijöiden, kuten laskentakorkokannan, vaikutusta (Siitonen ym. 1995). Viive modernien suunnittelumenetelmien käyttöönotossa on meillä ollut kuitenkin pitkä, vaikka Suomea voidaankin monessa mielessä pitää suunnittelumenetelmien hyödyntämisen suhteen yhtenä maailman kärkimaista. Niinpä käytännön metsätalouden organisaatioissa kiinnostus kehittyneempiin menetelmiin on herännyt oikeastaan vasta kuluvan vuosikymmenen alkupuolella.

MELA-järjestelmän kehittyminen

Ensimmäiset kokeilut soveltaa matemaattisen ohjelmoinnin menetelmiä metsätalouden suunnittelussa Suomessa tehtiin 1960-luvun loppupuolella, jolloin tutkittiin ja selvitettiin fyysisen tuotannon ja talouden integraatiota, simulointia ja lineaarista optimointia (Kilkki 1968) sekä dynaamista ohjelmointia (Kilkki ja Väisänen 1969).

Nykyinen metsätalouden suunnittelu Suomessa pohjautuukin varsin laajalti näihin Pekka Kilkin USA:n tuliaisina tuomiin menetelmiin. Kilkin ensimmäisten tutkimushankkeiden (Kilkki 1968, Pökälä 1973, Kilkki ja Pökälä 1975) tavoitteena oli laatia tietokoneavusteinen, taloudellisiin näkökohtiin perustuva hakkuulaskelman laadintamenetelmä. Työn tuloksena syntyi monikäyttöinen ja tavoitteiden suhteen avoin metsätalouden suunnittelujärjestelmä, jonka avulla haetaan sekä metsätalouksikön tuotanto-ohjelma että metsiköiden käsittely (Kilkki ym. 1975, Kilkki ja Siitonen 1976). Kokemukset osoittivat keinon syventää ja laajentaa metsätalouden suunnittelua ja metsätaloudellisia analyyseja verrattuna perinteisiin hakkuulaskentamenetelmiin, joissa metsiköiden käsittelyohjeet ja metsätalouksikön tuotantomahdollisuudet sekä hakkuusuunnite jouduttiin selvittämään erillisinä työvaiheina (esim. Lihtonen 1959, Kuusela ja Nyssönen 1962).

MELA-järjestelmä

Yksityiskohtainen valtakunnan metsien inventoinnin aineisto ja alueellisten hakkuumahdollisuuksien säännöllinen arviointi ovat luoneet perustan kehittää edelleen metsätalouden suunnittelumenetelmiä ja metsätaloudellisia analyysejä. Tuloksena oli metsätaloutta kokonaisuutena tarkasteleva ajattelutapa, joka toteutettiin konkreettisesti MELA-järjestelmässä (Siitonen 1983, Siitonen ym. 1995). Alunperin MELA kehitettiin pitkän ajan suunnittelujärjestelmäksi suurille alueille ja 1980-luvun loppupuolelle sitä käytettiin pääasiassa valtakunnan metsien inventoinnin tietoihin perustuvaan suuraluesuunnitteluun. Lisäksi soveltamista pienemmille alueille kokeiltiin ainakin Joensuun ja Helsingin yliopistoissa. Ongelmien ratkaisemiseen, empirian ja teorian vuorovaikutuksen ja yleisyyteen pyrkivän toteutustavan ansiosta MELA-järjestelmälle on löytynyt ajan mukana uusia käyttökohteita.

MELA-järjestelmän perusajatukset ja -ratkaisut ovat säilyneet käyttökelpoisina, vaikka lukuisia järjestelmän yksityiskohtia on täydennetty tai korvattu uusilla. Viime vuosien merkittävin uudistus MELA-ohjelmistossa on ollut standardin LP-optimointialgoritmin korvaaminen Juha Lapin (1992) kehittämällä JLP-optimointialgoritilla. JLP:n etuja ovat nopeus sekä aiempaa pienempi laskentakapasiteetin tarve. Uuden optimointialgoritmin myötä myös alueellisten rajoitteiden antaminen on tullut mahdolliseksi.

MELA-järjestelmä koostuu yleisestä ohjelmistorungosta: MELASIM (metsäsimulointi) ja MELAOPT (optimointi) sekä paikallisista tai sovelluskohtaisista (esim. maakohtaiset laskenta-aineistot ja mallit) komponenteista (Siitonen ym. 1995). MELASIM pystyy tuottamaan käsittelykuvioille (laskentayksiköille) käsittely-kehitysvaihtoehtoja halutun pituiselle ajalle tapahtumien määrittelymuodossa kuvattujen metsänkäsittelyohjeiden perusteella automaattisesti. Automaattisimulointi on välttämätön suurien metsäalueiden suunnittelussa, koska simuloinnin manuaalinen ohjaus on liian työlästä suurilla metsäalueilla. Tuotanto-ohjelma koostetaan optimoinnilla (JLP), jolla haetaan metsätalouksyksikön käsittelykuvioille simuloitujen käsittely-kehitysvaihtoehtojen joukosta se vaihtoehto, jolla saavutetaan päätöksentekijän asettamat tavoitteet. Lisäksi voidaan laatia vaihtoehtoisia tuotanto-ohjelmia erilaisten tavoitteiden tai kehityssennusteiden mukaisesti. JLP-ohjelmistoa voidaan käyttää itsenäisenä tai upotettuna MELAOPT-ohjelman sisälle.

Ohjelmisto on siirrettävä ja se voidaan asentaa tällä hetkellä MS-DOS-, Windows-, OS/2-, VAX/VMS- sekä useisiin eri UNIX-ympäristöihin. Pienin ohjelmistomuutoksin MELA-järjestelmän menetelmät ovat käytettävissä myös ulkomaisissa tai jopa globaaleissa, ylikansallisissa analyyseissä kunhan tietotarpeisiin nähden riittävän yksityiskohtaiset ja luotettavat metsävaratiedot ovat saatavilla. Ensimmäinen kansainvälinen projekti käynnistyi Liettuassa 1994. Lähivuosien haasteena onkin tarjota suomalaisen metsätalouden suunnittelun menetelmiä ja ammattitaitoa kansainvälisiin metsätalouden (ja maankäytön) suunnittelutehtäviin.

Laskentakapasiteetti

Simulointi on aikaa ja levytilaa vievin vaihe laskennassa kun taas käytettävissä oleva muistikapasiteetti voi asettaa rajoitteita optimoinnin suorittamiselle. Optimointiongelman koko riippuu simuloitujen käsittely-kehitysvaihtoehtojen kokonaismäärästä (ja siis laskentayksiköiden määrästä) sekä JLP-tehtävään otettavien päätösmuuttujien määrästä.

Simulointikausia ja JLP-tehtävän rajoitteiden määrää vähentämällä voidaan siis pienentää muistikapasiteetin tarvetta.

Metsien inventointi- ja suunnittelumenetelmien kehittyminen sekä kohtuuhintaisten tietokoneiden kapasiteetin lisääntyminen mahdollistavat lähivuosina sekä aiempaa suurempien ja yksityiskohtaisempien että kokonaan uudentyyppisten metsätalouden suunnittelutehtävien ratkaisemisen käytännön mittakaavassa. Ensimmäisten MELA-tyyppisten laskelmien vajaat sata laskentayksikköä ja muutama sata käsittelykehitysvaihtoehtoa (Kilkki ym. 1977) käytettäessä 1970-luvun puolivälin tehokkaimpia koneita, ovat reilussa kymmenessä vuodessa vaihtuneet 1000 kertaisiksi pöydän alle mahtuvassa työasemassa. Suurimmissa testeissä on aineistona ollut yli 100 000 käsittelykuviota ja noin 2 000 000 vaihtoehtoa sekä noin kymmenkunta päätösmuuttujaa muodostettaessa optimointiongelmaa. Jos laskentakapasiteetti vaikkapa vain 100 kertaistuu (mikä näyttää nykykehityksellä olevan suhteellisen pian aivan mahdollista), kykenemme ratkaisemaan usean kymmenen miljoonan laskentayksikön tehtäviä. Tällöin jopa kaikki Suomen metsiköt mahtuvat samaan MELA-tehtävään.

Sovellukset

MELA-sovellukset voidaan jakaa neljään eri ryhmään: tutkimusprojektit, strategiset analyysit, kuviotason analyysit sekä metsävaratietojen ajantasaistaminen (Siitonen ym. 1995). Alueellisten hakkuumahdollisuuksien arviointien lisäksi Suomen metsien käyttömahdollisuuksia on selvitetty kahdessa vaiheessa (Metsä 2000 ... 1985, Siitonen 1990). Näiden laskelmien aineistona ovat olleet valtakunnan metsien inventoinnin tiedot. Kolmannen sukupolven valtakunnallisten laskelmien on tarkoitus valmistua vuoden 1996 loppuun mennessä (Nuutinen ja Siitonen 1995).

Laskennallisten mallien ja menetelmien liittäminen tietojärjestelmiin mahdollistaa tutkimuksellisen tiedon hyödyntämisen käytännössä. Kuviotason sovellusten mukaantulo MELA-järjestelmään strategisten analyysien rinnalle on lisännyt kiinnostusta käytännön metsätalouden piirissä. MELA-järjestelmä on otettu (tai ollaan ottamassa) käyttöön osassa yhtiöiden, valtion ja yksityismetsätalouden organisaatioita, joko erillisenä sovelluksena tai kiinteänä osana omia tietojärjestelmiä. MELA-järjestelmä onkin osoittautunut eräistä puutteistaan huolimatta käyttökelpoiseksi myös metsätalouden yksityiskohtaiseen strategiseen ja operatiiviseen suunnitteluun kuviotasolla yrityksissä ja metsälöissä.

Tuleva kehitystyö

Kolmannen sukupolven valtakunnallisissa laskelmissa (Nuutinen ja Siitonen 1995) on analyysieihin tarkoituksena liittää mukaan kuljetuskustannukset metsäsätä tehtaalle (korjuu- ja lähikuljetuskustannukset mukaan lukien), metsien muut kuin puuntuotannollinen käyttökohdet, maankäyttökysymykset jne. Myös monilähdeinventoinnin tietojen (ks. esim. Tomppo ja Siitonen 1991) tehokkaampi hyödyntäminen analyysissä ja tulosten esittämisessä on lähiaikojen tavoitteena.

Seuraava askel systeemin kehitystyötä on kuitenkin viimeistellä viimeisin MELA-versio prototyyppistä lopulliseksi tuotteeksi. Lähitulevaisuuden tärkeitä kehitystehtäviä ovat synteessissä tarvittavien osien (kuten ekosysteemin tilan ja dynamiikan indikaattorit)

lisääminen, uusien tai parannettujen mallien (luonnonprosessit mukaanlukien puutavaran laatutekijät, toimenpiteiden simulointi, tuotanto ja ekonomia) liittäminen järjestelmään, kansainvälisiin sovelluksiin valmistautuminen erottelemalla yleiset (simulointi ja optimointi) sekä paikalliset (aineisto ja mallit) systeemin osat, sekä ohjelman osien ja rajapintojen kunnollinen dokumentointi (Siitonen ym. 1995).

Lisäksi MELA simulaattoriin ja optimointialgoritmiin pitäisi liittää päätöksentekoa tukevia osia kuten graafinen käyttöliittymä, paikkatietojärjestelmä- ja karttatyökaluja sekä välineitä tehokkaampiin taloudellisiin analyyseihin (Nuutinen 1994).

Kirjallisuus

- Kilkki, P. 1968. Income oriented cutting budget. Seloste: Tulotavoitteeseen perustuva hakkuulaskelma. Acta Forestalia Fennica 91.
- Kilkki, P., Kuusela, K. & Siitonen, M. 1977. Puuntuotanto-ohjelmat Etelä-Suomen piirimetsälautakuntien alueilla. Summary: Timber production programs for the forestry board districts of Southern Finland. Folia Forestalia 307:1-61.
- Kilkki, P. & Pökälä, R. 1975. A Long-term Timber Production Model and its Application to a Large Forest Area. Acta Forestalia Fennica 143:1-46
- Kilkki, P., Pökälä, R. ja Siitonen, M. 1975. Metsätalouksikön puuntuotannon suunnittelu lineaarista ohjelmointia käyttäen. Silva Fennica 9(2):170-180.
- Kilkki, P. & Siitonen, M. 1976. Principles of a forest information system, XVI IUFRO World Congress, Division IV, Proceedings: 154-163.
- Kilkki, P. & Väisänen, U. 1969. Determination of the Optimum Cutting Policy for the Forest Stand by Means of Dynamic Programming. Acta Forestalia Fennica 102:1-23.
- Kuusela, K. & Nyssönen, A. 1962. Tavoitehakkuulaskelma. Summary: The cutting budget for a desirable growing stock. Acta Forestalia Fennica 74(6):1-34.
- Lappi, J. 1992. JLP A Linear Programming Package for Management Planning. The Finnish Forest Research Institute. Research Papers 414:1-134.
- Lihtonen, V. 1959. Metsätalouden suunnittelu ja järjestely. WSOY. Porvoo.
- Metsä 2000 Metsien hoidon ja käsittelyn työryhmän raportti. 1985. Talousneuvosto.
- Nuutinen, T. 1994. Spatial Analysis and Heuristic Optimization in Short-Term Forest Planning. Proceedings of the Sixth Symposium on Systems Analysis and Management Decisions in Forestry, Asilomar Conference Center, Pacific Grove, CA, U.S.A. September 6-9, 1994. Manuscript.

- Nuutinen, T. ja Siitonen, M. 1995. Mitä Pohjos-Karjalan metsien suojele maksaa? Esitelmä Metsäntutkimuslaitoksen Joensuun tutkimusaseman tutkimuspäivillä 20.4.1995.
- Päivinen, R. ja Saramäki, J. 1994. Integroidun metsällisen päätöksenteon tukijärjestelmä. Teoksessa: Niemeläinen, P., Kangas, J. ja Päivinen, R. (toim.) Integroidun metsäsuunnittelun menetelmiä ja välineitä. Integroidun metsällisen päätöksenteon tukijärjestelmä (IMPJ) -yhteistutkimushankkeen loppuseminaari 2.2.1994.
- Pökälä, R. 1973. MISS-hakkuulaskelma. Helsingin yliopiston metsänarvioimistieteen laitoksen tiedonantoja 6.
- Siitonen, M. 1983. A long term forestry planning system based on data from the Finnish national forest inventory. Proceedings of the IUFRO subject group 4.02 meeting in Finland, September 5-9, 1983. University of Helsinki, Department of Forest Mensuration and Management. Research Notes 17: 195-207.
- Siitonen, M. 1990. Suomen metsävarat ja metsien kehitysmahdollisuudet 1990-2030. Metsäntutkimuslaitos. Moniste.
- Siitonen, M. 1993. Experiences in the use of forest management planning models. Tiivistelmä: Kokemuksia mallien käytöstä metsätalouden suunnittelussa. Silva Fennica 27(2):167-178.
- Siitonen, M. 1994. MELA vuonna 2000. Teoksessa: Niemeläinen, P., Kangas, J. ja Päivinen, R. (toim.) Integroidun metsäsuunnittelun menetelmiä ja välineitä. Integroidun metsällisen päätöksenteon tukijärjestelmä (IMPJ) -yhteistutkimushankkeen loppuseminaari 2.2.1994.
- Siitonen, M., Härkönen, K., Hirvelä, H., Jämsä, J. Salminen, O. & Teuri, M. 1995. MELA Handbook. Finnish Forest Research Institute. Manuscript.
- Tomppo, E. & Siitonen, M. 1991. The National Forest Inventory of Finland. Paper and Timber 73(2):90-97.

MITÄ POHJOIS-KARJALAN METSIEN SUOJELU MAKSAA?

Aika luopua puuntuotannon maksimoinnista?

Perinteisen puuntuotannon maksimoinnin taustalla on ollut ajatus taloudellisesta kasvusta ja mahdollisimman suuresta hyvinvoinnista olemassa olevien resurssien ja käytettävissä olevan teknologian avulla. Tehokas metsänhoito kasvavine hakkuumahdollisuuksineen on tuonut yhteiskuntaan lisää vapaata päätösvaltaa: puuntuotannon ja metsien muun käytön yhteen sovittamisesta on tullut uusi haaste. Tässä esitelmässä kerrotaan menetelmästä, jolla voidaan selvittää kuinka monta hehtaaria tarvitaan maata tietyn puumäärän tuottamiseen ja kuinka paljon siten jää muuhun käyttöön. Menetelmän avulla on tehty esimerkkilaskelmia Pohjois-Karjalan metsien suojelun kustannuksista. Laskelmia on aikaisemmin esitelty Metsäsektorin ajankohtaistaloustieteellisessä 1994 (Nuutinen & Siitonen 1994).

Laskelmien valmistelutöihin on osallistunut MELA-työryhmä. FD Jari Kuuluvainen, VTT Juha Lappi, KTT Pekka Ollonqvist, MMT Ville Ovaskainen ja MMK Heikki Seppälä ovat antaneet taloustieteellisiä neuvoja. Kiitämme kaikkia myötävaikuttaneita.

Ohjelmoitu luonnonsuojelu

Erilaisissa suojelu-, metsä- ja ympäristöohjelmissa esitetään metsätalouden uudelleen allokointia sekä metsänhoito- ja puunkorjuuteknologian muutoksia. Maan uudelleen allokoinnin tavoitteena on mm. säilyttää "vanhat metsät" ja luoda ns. luonnonarvometsiä talousmetsistä ennallistamalla (Maa- ja metsätalousministeriö 1994, Pennanen 1994, Suomen WWF 1994, Ympäristöministeriö 1994). Puuntuotannon ulkopuolelle on kaavailtu jätettäväksi 5-30 prosenttia metsäalasta. Tuotantoteknologian muutokset koskevat mm. pienipiirteisempien ja "luonnonmukaisempien" menetelmien käyttöön ottoa metsänhoidossa sekä pienialaisten kohteiden jättämistä käsittelyjen ulkopuolelle (Kalland & Pätilä 1992, Metsähallitus 1993, Metsäkeskus Tapio 1994, Parviainen & Seppänen 1994).

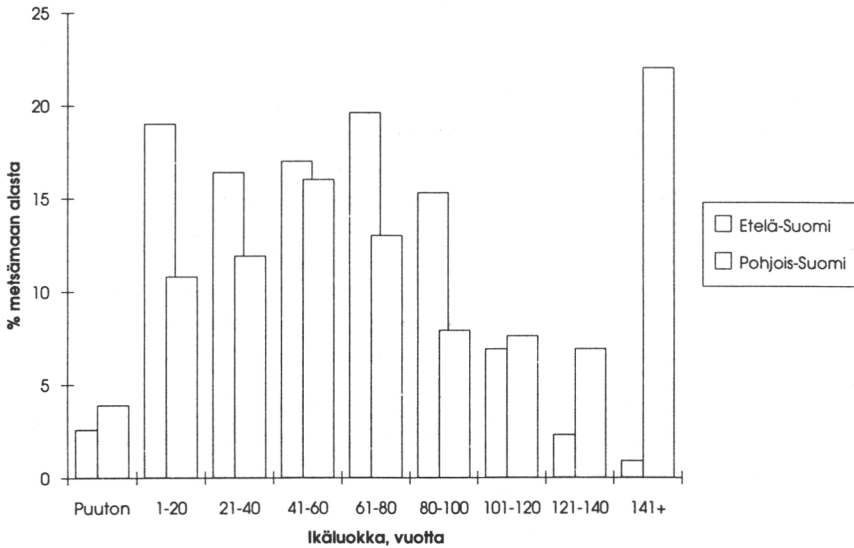
Metsien suojelun kustannukset?

Metsäpinta-alan jättäminen metsätaloustoiminnan ulkopuolelle tai sen rajoitettu käyttäminen (esimerkiksi avohakkuista luopuminen) vähentävät hakkuumahdollisuuksia. Pienkohteiden (esim. pienialaiset kosteikot) ja reunavyöhykkeiden (esim. rannat) jättäminen metsätaloustoiminnan ulkopuolelle tai niiden rajoitettu käyttäminen vähentävät myös hakkuumahdollisuuksia. Käytön rajoittaminen (kuten luontaisen uudistamisen suosiminen, avohakkuualojen pienentäminen, avohakkuista luopuminen, kiertoaikojen pidentäminen) saattaa aiheuttaa toimenpiteiden suorittajille lisäkustannuksia. Joidenkin kohteiden (esim. kuusettuvien lehtojen) hoito edellyttää lisäksi erillisiä hoitotoimenpiteitä, mistä aiheutuu kustannuksia.

Suojelun kustannukset ilmoitetaan yleensä maan ostohintana. Jo vahvistettujen, mutta toteuttamattomien (Maa- ja metsätalousministeriö 1994) suojeleuhjelmien pinta-ala Suomessa on noin 200000 ha - ostoarvoltaan noin 2 miljardia markkaa. Pelkästään rantojen suojelun on arvioitu maksavan miljardi markkaa. Suojellun metsämaan pinta-alan kasvattaminen 5 prosenttiin kasvullisen metsämaan pinta-alasta kullakin metsäkasvillisuusvyöhykkeellä merkitsisi jo vahvistettujen ja valmisteilla olevien suojeleuhjelmien toteuttamisen jälkeen vielä lähes 450000 metsähehtaarin rauhoittamista eli noin 5 miljardin markan lisälaskua (Ympäristöministeriö 1994). Metsänhoito- ja puunkorjuumenetelmien muutoksen Ympäristöministeriö (1994) arvioi alentavan puuntuotantoa keskimäärin 3-5 prosenttia.

Suomen metsien vuotuisen kasvun on arvioitu olevan runsaat 80 miljoonaa m³. Valtakunnallisissa metsälaskelmissa puuntuotannollisesti kestävä hakuuäärän laskenta-ajankohtana puuntuotantoon käytettävissä olleella maalla on arvioitu olevan 1990-luvulla noin 70 miljoonaa m³. Vuosittain Suomen metsistä on hakattu (1983-92) keskimäärin 47 miljoonaa m³, mutta nykyisen ja rakenteilla olevan kapasiteetin täyskäynnin on arvioitu vaativan puuta yli 60 miljoonaa m³. Metsien vuotuisesta kasvusta on arvioitu jäävän puuntuotannon ulkopuolelle suojelealueiden takia noin 3 miljoonaa m³ ja talousmetsien suojelun takia 5-10 miljoonaa m³ (Maa- ja metsätalousministeriö 1994). Näihin arvioihin perustuen on esitetty, ettei hakkuiden lisäämistavoite ole ristiriitainen metsien monimuotoisuuden suojeleutavoitteiden kanssa, mikäli hakkuiden lisääminen kohdistetaan luonnon monimuotoisuuden kannalta vähemmän tärkeisiin metsiin ja koko valtakunnan tasolla toimitaan suunnitelmallisesti. Mitä laajempaa metsien suojeleua ja mitä nopeammin tavoitellaan, sitä useampi metsänomistaja olisi tällöin saatava hakkaamaan metsiään täsmälleen keskitetysti tehtyjen päätösten mukaisesti.

Koko maata koskevat keskimääräiset puun kasvu- ja käyttötiedot antavat liian suotuisan kuvan suojelun vaikutuksista puuntuotantoon. Eri metsäalueet eroavat toisistaan ekologisesti ja metsänkäyttöhistorialtaan ja siksi suojeltavan metsämaan (esim. vanhojen metsien) osuus niissä vaihtelee (kuva 1). Ympäristöministeriö (1994) korostaakin, ettei sillä ole ollut mahdollisuuksia laatia selvityksiä metsäluonnon monimuotoisuuden suojelun aiheuttamista kansan- tai metsätaloudellisista vaikutuksista ja esittää, että jatkoselvityksissä tulisi paneutua metsien monimuotoisuuden suojelun aiheuttamiin alueellisiin vaikutuksiin sekä vaikutuksiin teollisuuden erilaisten raaka-ainetarpeiden kannalta.



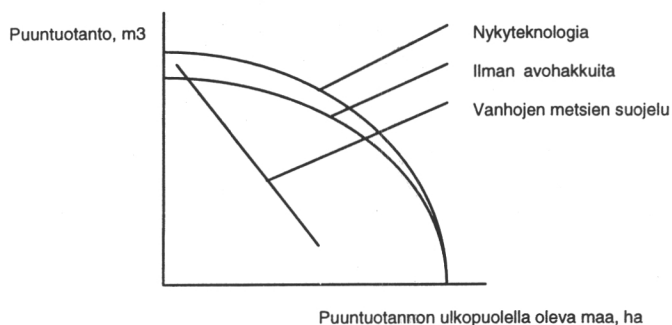
Kuva 1. Metsien ikärakenne metsämaalla Etelä- ja Pohjois-Suomessa 1977-84 (Kuusela & Salminen 1991).

Puuntuotantolaskelmat Suomessa

Perinteisesti on puuntuotantomahdollisuuksia Suomessa kuvattu mm. suurimman kestävän hakkuumäärän ja hakattavissa olevan puuston määrän arvioilla. Valtakunnan metsien inventoinnin (VMI) yhteydessä esitetyllä suunnitteella on tarkoitettu sitä suurinta mahdollista hakkuu- ja luonnonpoistuman summaa, jonka ylittämisestä arvioidaan seuravan poistuman pienentyminen tulevaisuudessa sen vuoksi, että puusto on vähentynyt liikaa. Kestävyyden keskeisiä tunnuksia ovat olleet runkopuun poistuma ja poistuman tukkiosuus. Metsätalouden edistämiseksi suunnitteella on pyritty lisäksi lähestymään tavoitemetsän puulajisuhteita, metsiköiden ikäluokittaisia keskitilavuuksia ja kiertoaikoja. Suunnitteessa on otettu metsien suojele huomioon tekemällä ns. suojeluvähennys (Kuusela & Salminen 1991). Viimeaikaisissa suurimman kestävän hakkuumäärän arvioissa suojeluvähenneet on jätetty laskelmien ulkopuolelle (Siitonen 1990a, Siitonen 1990b, Siitonen 1994b).

Metsäntutkimuslaitoksen (METLA) "Suomen metsien käyttömahdollisuudet 1996-2025"-hankkeen yhtenä tavoitteena on uudistaa metsätalouden suunnittelulaskelmia ja kiinnittää entistä enemmän huomiota puuntuotannon ja metsien muun käytön, kuten luonnonsuojelun yhteensovittamiseen sekä alueellisiin näkökohtiin (kunkin alueen erityispiirteisiin). Keskeisenä tavoitteena on selvittää puuntuotannon (kuutiometreinä) ja muun käytön (hehtaareina) välinen riippuvuus maan eri osissa (kuva 2). Laskelmissa selvitetään, paljonko tarvitaan maata puuntuotantoon, kun tavoitellaan eri puun käyttömääriä ja noudatetaan eri metsänkäsittelymenetelmiä. Tällöin ratkeaa samalla puuntuotannon ulkopuolelle eri vaihtoehdoissa jäävä maa-ala. Toisaalta tarkastellaan, kuinka erilaiset suojelustrategiat (jo tehdyt sekä hypoteettiset maankäyttöpäätökset ja metsien käsittelymenetelmien muutokset) vaikuttavat puuntuotantomahdollisuuksiin, esimerkiksi suurimman kestävän hakkuumäärän

arvioihin. Pohjois-Karjalan alueelle tehtyjen esimerkkilaskelmien tarkoituksena on havainnollistaa eräiden puuntuotannon rajoitusten vaikutusten suuruusluokkaa.



Kuva 2. Periaatekaavio puuntuotannon ja puuntuotannon ulkopuolella olevan maan välisestä riippuvuudesta, kun noudatetaan eri puunkorjuumenetelmiä (nykyteknologia ja ilman avohakkuita) tai eri suojelustrategioita (esim. vanhojen metsien suojeleminen).

Pohjois-Karjalan puuntuotantomahdollisuudet

Tässä esiteltävät esimerkkilaskelmat tehtiin kaikkiaan 50 vuoden ajanjaksolle (1989-2039) metsien käytön suunnitteluun tarkoitettulla MELA-järjestelmällä (Siitonen 1983, 1993, 1994a). Aineistona käytettiin valtakunnan metsien 8. inventoinnin tietoja Pohjois-Karjalan metsälautakunnan alueelta vuosilta 1988-89. Laskelmissa metsäala on 1.512 miljoonaa hehtaaria, josta on jo suojeltu 0.042 miljoonaa hehtaaria eli 2.8 prosenttia.

VMI-koealoja (Tomppo ym. 1993) käytettiin erityisositteiden (kuten arvokkaiden metsäkohteiden) tunnistukseen sekä laskelma-aineiston (laskentakuvioiden) muodostamiseen. Laskentakuvioille simuloitiin MELA-ohjelmistolla vain metsänhoitosuosituksen mukaiset tapahtumat. Laskelmissa oletetaan, että metsien kasvuun vaikuttavat tekijät ja puutavaralajien hintasuhteet säilyvät viime vuosien tasolla. Simuloinnissa otettiin käyttöön uusi tapahtuma (maankäytön muutos - siirtyminen metsätalouskäytöstä suojelukäyttöön), jonka mukaan puuntuotannossa oleva maa voi siirtyä ensimmäisen kauden jälkeen puuntuotannon ulkopuolelle. Tuotantomahdollisuuksien selvityksessä käytettiin JLP-optimointiohjelmistoa (Lappi 1992).

Tässä esiteltävissä tuloksissa puuntuotannosta saatavaa hyötyä kuvataan puuntuotannon nykyarvona ja metsien muuta käyttöä puuntuotannon ulkopuolelle jäävällä metsäalalla. Kuvien 3 ja 5 käyrien avulla voidaan arvioida metsäalan puuntuotannon ulkopuolelle siirtymisen aiheuttama kustannus puuntuotannon nykyarvona mitattuna. Vertailukohtaksi valittiin suurimman vuotuisen nettotulon kestävästi tuottava hakkuuohjelma käytettäessä nykyisiä hakkuumenetelmiä, jolloin avohakkuut ovat sallittuja. Puuntuotannon nykyarvo on tällöin 22.9 miljardia markkaa.

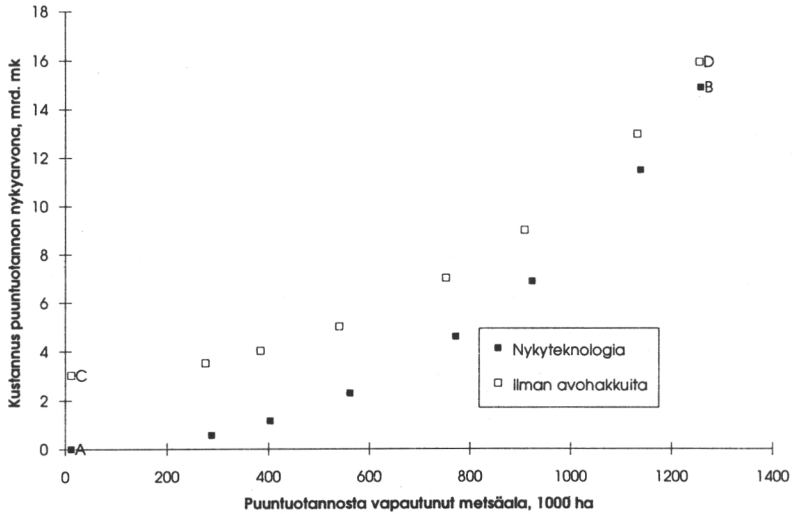
- Ensimmäiseksi tarkastellaan puuntuotantomahdollisuuksien muutosta silloin kun puuntuotantoon käytettävissä olevaa metsäalaa vähennetään lähtien puuntuotannon kannalta vähäarvoisimmista metsistä nykyisillä puunkorjuutavoilla (kuva 3, nykyteknologia). Jos

tällöin halutaan jättää puuntuotannon ulkopuolelle esimerkiksi 15 prosenttia metsäalasta (0.23 miljoonaa hehtaaria), vähenee puuntuotannon nykyarvo noin 0.4 miljardia markkaa eli 1.7 prosenttia.

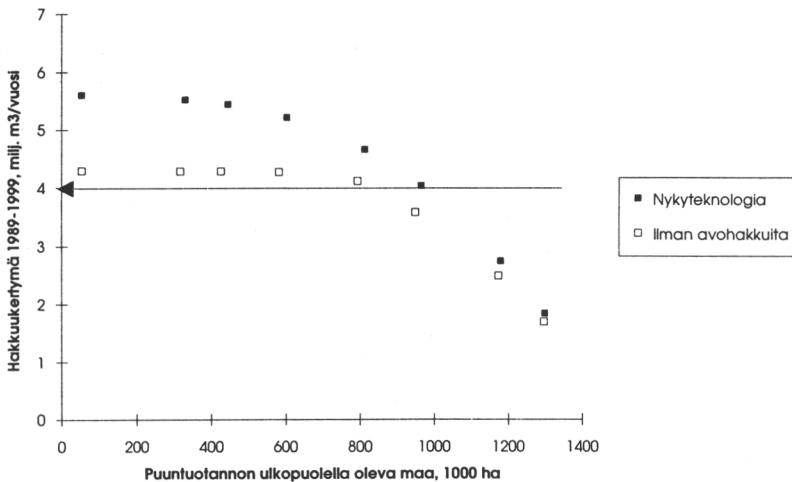
- Toisessa tarkastelussa nykyinen puunkorjuutapa vaihdetaan avohakkuutomaan vaihtoehtoon (kuva 3, ilman avohakkuuta). Vaikka puuntuotantoon käytettävissä oleva metsä-ala säilyisi nykyisellään, suurimman kestävän puuntuotannon arvo alenisi 3.0 miljardia markkaa eli 13.2 prosenttia ja vuotuinen hakkuukertymä lähiaikoina olisi toista miljoonaa kuutiometriä pienempi kuin jos avohakkuut sallitaan (kuva 4).
- Kolmannessa tarkastelussa on siirretty puuntuotannon ulkopuolelle nykyisten suojelualueiden lisäksi vanhimpia metsiä ikäjärjestyksessä (kuva 5). Jos tällöin puuntuotannon ulkopuolelle siirretään esimerkiksi 15 prosenttia metsäalasta, puuntuotannon nykyarvo alenee noin 5.4 miljardia markkaa eli 23.6 prosenttia. Pitkällä aikavälillä hakkuumahdollisuuksien ja puuntuotannon arvon voidaan kuitenkin odottaa kasvavan sitä mukaa kuin nykyiset nuoret metsät varttuvat ja saavuttavat uudistuskypsyden.

Päätelmiä

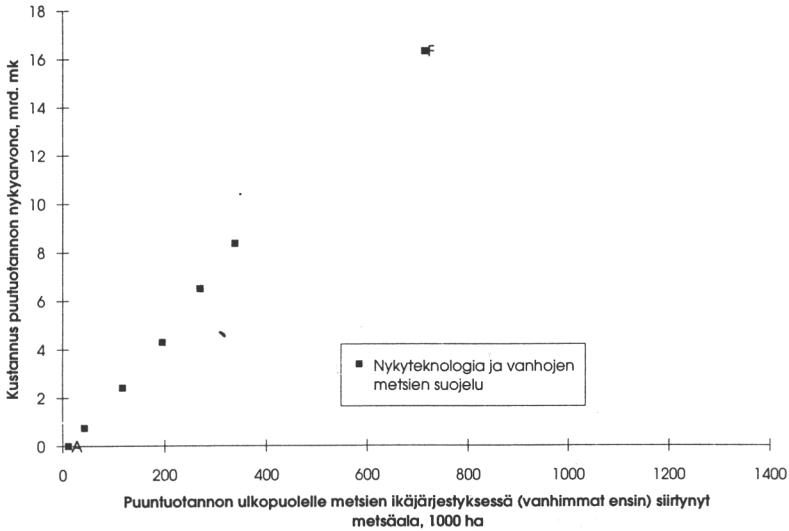
Muutaman tuhannen hehtaarin suojelun vaikutukset suuralueen hakkuumahdollisuuksiin kokonaisuutena ovat vähäiset. Puuntuotannon kannalta ei ole kuitenkaan samantekevää kuinka paljon, kuinka nopeasti ja mitä suojellaan verrattuna kiertoaikaan tai miten metsiä käsitellään, koska tuotantoteknologiaan sopeutuminen vie aikansa. Jos puuntuotannon menetykset hakutaan minimoida, laajamittainen suojelu on toteutettava vähitellen metsien kehitykselle luontaisen kiertoajan puitteissa. Laskelmien mukaan Pohjois-Karjalassa avohakkuista luopumisen sopeutumiskausi on kaksi vuosikymmentä ja vanhojen metsien suojeluun sopeutumiskausi kolme vuosikymmentä. Pitkällä tähtäimellä suojelu ei siis maksa kovin paljon, jos siihen on lyhyellä tähtäimellä varaa ja metsänomistajat sitoutuvat toimimaan keskitetysti tehtyjen päätösten mukaisesti. Sopeutumiskyky ja -aika riippuu kuitenkin paitsi metsien rakenteesta myös tavoitellusta puuntuotannon tasosta. Jos Pohjois-Karjalan puun käyttö kohoaa 1980-luvun keskimääräisestä, sovitteluratkaisuja metsien eri käyttömuotojen kesken joudutaan etsimään.



Kuva 3. Puuntuotannon vähenemisestä aiheutuvat kustannukset puuntuotannon nykyarvona mitattuna Pohjois-Karjalassa eri puunkorjuutapoja käytettäessä, kun puuntuotannosta vapautuu metsäalaa lähtien puuntuotannon kannalta vähäarvoisimmista metsistä. Vertailukohtana on suurimman kestävän puuntuotannon arvo (22.9 miljardia markkaa) nykyisin puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsäalalla.



Kuva 4. Hakkuumahdollisuuksien (pysty akseli) ja puuntuotannon ulkopuolelle jätetyn maan (vaaka-akseli) välinen riippuvuus eri puunkorjuutapoja käytettäessä. Hakkuumahdollisuuksia kuvataan lähiajan (1989-99) suurimmalla kestävällä hakkuukertymällä. Kuvaan on piirretty viiva, joka osoittaa 1980-luvun keskimääräiset hakkuut (noin 4 miljoonaa m³ vuodessa).



Kuva 5. Puuntuotannon vähenemisestä aiheutuvat kustannukset puuntuotannon nykyarvolla mitattuna Pohjois-Karjalassa, kun puuntuotannon ulkopuolelle siirretään metsäalaa metsien ikäjärjestyksessä alkaen vanhimmissa. Vertailukohtana on suurimman kestävä puuntuotannon arvo (22.9 miljardia markkaa) nykyisin puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsäalalla.

Tämän tyyppisellä laskelmilla voidaan tutkia, kuinka paljon metsämaata (kokonaismäärä) jää puuntuotannon ulkopuolelle. Todellisuudessa pitäisi selvittää yksityiskohtaisemmin, ohjautuuko suojelemaan myös laadullisesti (ominaisuudet, sijainti ja koko) edustavia ja suojelemaan arvoisia metsiä. Eri käyttöihin varattujen ja sopivien metsien sijainnin selvittämiseen tarvitaan kattavat paikkatiedot. Jos käytettävissä olisi karttamuotoisena ja numeerisena sekä METLAn monilähdeinventoinnin tiedot että vanhojen metsien suojeleohjelman rajaukset, voisimme laskea esitetyn ohjelman todelliset kustannukset. Sekä METLAn VMI-hankkeen että Ympäristötietokeskuksen kanssa pyritään yhteistyöhön aineistojen käyttöön saamiseksi.

Periaatteessa suojele päätösten ja hakkuumenetelmien muutoksen pohjaksi tarvitaan laskelmia niistä hyödyistä, joita näin saavutetaan. Ympäristötaloustieteessä on kehitetty mittareita, joilla mm. aineettomien ympäristöhyötyjen saattaminen yhteismitalliseksi markkinoitavien hyödykkeiden - kuten puuraaka-aineen - kanssa on mahdollista. Koska metsien ympäristöarvojen määrittäminen on hankalaa eikä niitä ole vielä kattavasti tutkittu, suojelemaan koituvia hyötyjä ei tässä yhteydessä voida mitata. Nyt esitettävissä laskelmissa tyydytään tarkastelemaan metsäalan puuntuotannon ulkopuolelle siirtymistä puuntuotannon vähenemisen kautta aiheutuvina kustannuksina, jotka mitataan puuntuotannon nykyarvolla. Päämääränä on luonnollisesti, että näitä kustannuksia voidaan tulevaisuudessa verrata muusta käytöstä saataviin yhteismitalliseksi muutettuihin hyötyihin. Jos suojelemaan kohteiden ominaisuudet, sijainti ja koko halutaan ottaa laskelmissa huomioon, tarvitaan lisäksi kohteiden sijainnin ja koon huomioon otettava optimointiohjelma. Kun ympäristöarvot saadaan laskelmiin mukaan, maan allokoitinta saadaan tehokkaammaksi - myös suojelemaan kannalta.

Esimerkkilaskelmissa ei myöskään selvitetty sitä, ketkä omistavat hakattavaksi tai suojeltavaksi ehdotettavat metsät. Näissä laskelmissa otoksen koko rajoittaa ositteittaisia (esim. omistajaryhmittäisiä) tarkasteluja. Omistajakartoitukseen tarvittaisiin karttamuotoinen ja numeerinen kiinteistörekisteri, jota ei vielä ollut käytettävissä.

Laskelmissa oletetaan, että metsien käyttöä koskevat päätökset tehdään keskitetysti (ns. sosiaalinen päätöksentekijä) - kuten joissakin suojelustrategioissa oletetaan. Todellisuudessa päätöksentekijöitä ovat yksittäiset metsänomistajat. Jatkossa tulisikin selvittää, miten omistusolot ja omistajien käyttäytyminen (esimerkiksi se, miten metsänomistajat ovat itse ajatelleet hoitaa metsiään) voitaisiin ottaa sekä kansantaloudellisissa laskelmissa että käytännön suojelupäätöksissä huomioon.

Laskelmissa käytetyt metsää ja metsätalouden toimintaympäristöä kuvaavat mallit perustuvat nykyiseen tuotantoteknologiaan. Puulajien kasvumallit, puutavaralajien arvosuhteet, ohjelmoidut käsittelyt ja käsittelyiden kustannukset vaikuttavat laskelmiin. Tuottoarvon laskemiseksi tarvittaisiin pidempi laskelmakausi, kuin mihin nykyisin käytettävissä olevat kehitysmallit antavat myöten. Tarkastelussa ei ole myöskään otettu huomioon luonnonpoistuman vaihtelua eri käsittelyvaihtoehdoissa eikä monikäyttöisten metsien yhteistuotantoa. Kaukokuljetuskustannusten vaikutus hakkuukohteiden valikoitumiseen on jätetty toistaiseksi tarkastelun ulkopuolelle. Tulevia laskelmia ennakoiden MELA-työryhmä kehittää metsää ja toimintaympäristöä kuvaavia malleja yhteistyössä mm. METLAN hankkeiden "Puuston kehityksen ennustaminen" sekä "Puunkorjuun maasto- ja puustovaurioiden ja niiden kustannusten ennustaminen" kanssa.

Kun valtakunnalliset metsien käyttöä koskevat päätökset tehdään erillään puuntuotannon suunnittelusta, voidaan vain jälkikäteen tarkastella kansantalouden, alueiden ja taloudenharjoittajien tasolla, mitkä ovat jo tehtyjen suojelupäätösten (maan uudelleen allokoinnin ja tuotantoteknologian muutoksen) vaikutukset metsätalouteen. Tässä esitettyä menetelmää voidaan käyttää sekä kansantalouden että metsätalousyrittäjien (metsätilan) tasolla selvittäessä, mitkä ovat ympäristöarvojen huomioon ottamisen aiheuttamat kustannukset puuntuotannossa. Perusteellisempia alueellisia laskelmia koko maahan teemme lähimmän kahden vuoden aikana.

Kansantalouden kannalta olisi todennäköisesti tarkoituksenmukaista selvittää jo ennen päätöksiä, miten puuntuotanto- ja suojelutavoitteet voidaan sovittaa yhteen eri tarpeet ja näkökohdat huomioon ottavalla tavalla. Voidaan esimerkiksi kysyä, kuinka paljon ympäristöarvojen huomioon ottamisesta kannattaa, tarvitsee ja voidaan maksaa tai miten paljon ollaan valmiita maksamaan suojelusta kokonaisuutena ja yksittäisestä alueesta erikseen. Nämä yksinkertaistetut esimerkkilaskelmat osoittavat, että suuralueidenkin metsälaskelmissa voidaan sovittaa yhteen puuntuotannon ja metsien muun käytön tarpeita sekä ottaa entistä paremmin huomioon myös alueelliset näkökohdat (esimerkiksi puun käyttö) ja kunkin alueen erityispiirteet (esimerkiksi metsien ikärakenne).

"Me emme maksimoi, me optimoimme."

Kirjallisuutta

Kalland, F. & Pätilä, A. 1993. Vihreä muutos. Helsinki.

Kuusela, K. & Salminen, S. 1991. Suomen metsävarat 1977-1984 ja niiden kehittyminen 1952-1980. Acta Forestalia Fennica 220.

Lappi, J. 1992. JLP: A linear programming package for management planning. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 414. The Finnish Forest Research Institute. Research Papers 414. 134 p.

Maa- ja metsätalousministeriö 1994. Metsätalous ja ympäristö. Metsätalouden ympäristöohjelmatyöryhmän mietintö 1994:3.

Metsähallitus. 1993. Metsätalouden ympäristöopas.

Metsäkeskus Tapio. 1994. Luonnonläheinen metsänhoito. Metsänhoitosuosituksset. Metsäkeskus Tapion julkaisu 6/1994.

Nuutinen, T. & Siitonen, M. 1994. Entä jos luovutaan avohakkuista tai suojellaan vanhat metsät? Metsäsektorin ajankohtaiskatsaus 1994. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 516:14-16.

Parviainen, J. & Seppänen, P. 1994. Metsien ekologinen kestävyys ja metsänkasvatusvaihtoehdot. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 511.

Pennanen, J. 1994. Villi ja vapaa metsä. Raportti Suomen metsien luontaisesta rakenteesta ja dynamiikasta sekä mahdollisuuksista kehittää luonnondynamiikkaan perustuva metsänhoitomalli. Greenpeace.

Siitonen, M. 1983. A long term forestry planning system based on data from the Finnish national forest inventory. In: Forest Inventory for Improved Management. University of Helsinki, Department of Forest Mensuration. 17:195-207.

Siitonen, M. 1990a. Pohjois-Karjalan metsien kehitysvaihtoehdot. Teoksessa: Saramäki, J. & Mäkkeli, P. (toim.) Metsätalouden suunnittelu - metsäntutkimuspäivä Joensuussa 1990. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 357: 45-63.

Siitonen, M. 1990b. Suomen metsävarat 1990 ja metsien kehitysmahdollisuudet 1990-2030. Selvitys Metsä 2000-ohjelman tarkistustoimikunnalle. Metsäntutkimuslaitos, Metsänarvioimisen tutkimusosasto. 13.7.1990.

Siitonen, M. 1993. Experiences in the use of forest management planning models. Tiivistelmä: Kokemuksia mallien käytöstä metsätalouden suunnittelussa. Silva Fennica 27(2):167-178.

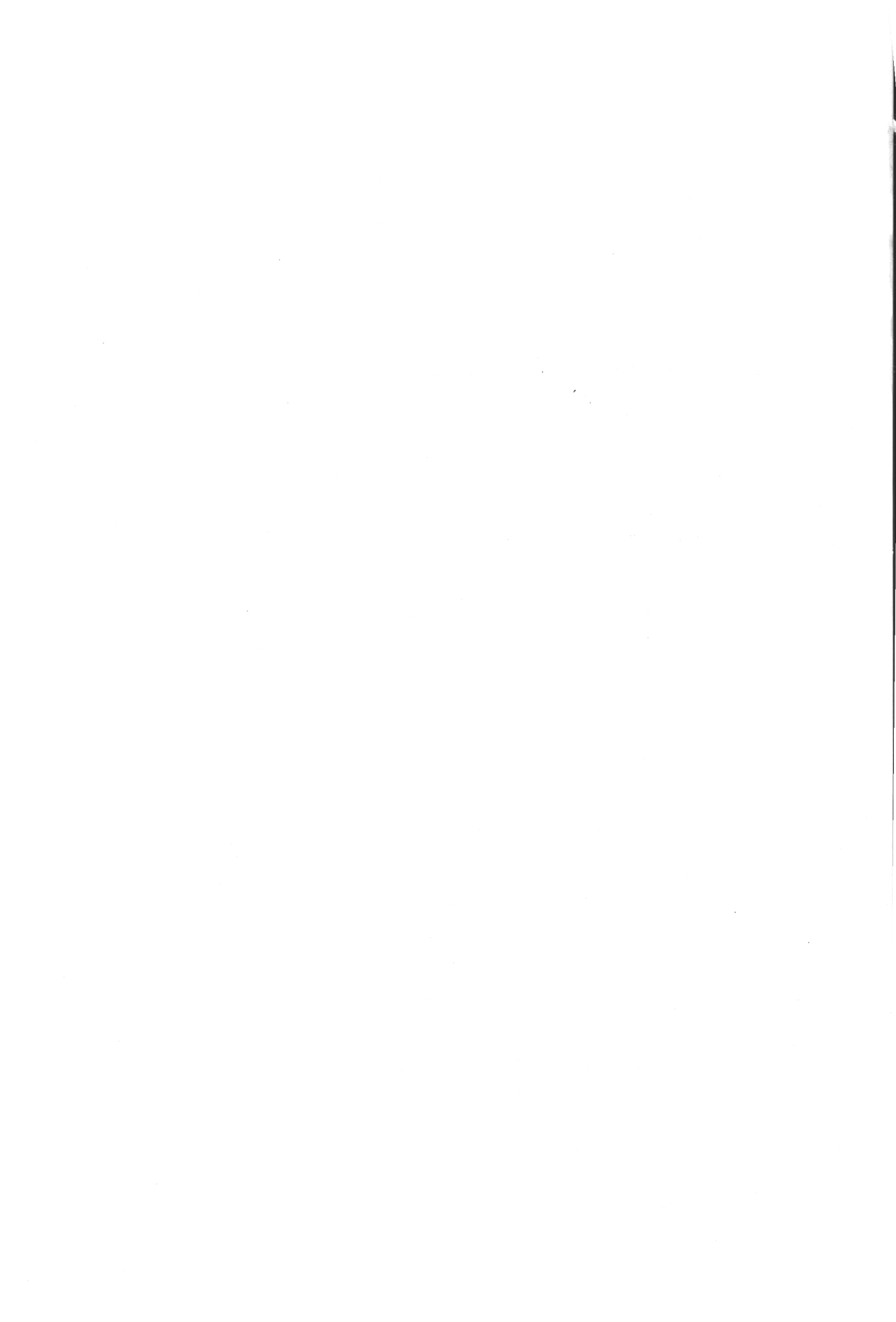
Siitonen, M. 1994a. MELA vuonna 2000 - MELA-järjestelmän kehittämisen perusteita ja tavoitteita. Teoksessa: Niemeläinen, P., Kangas, J. & Päivinen, R. (toim.). Integroidun metsällisen päätöksenteon tutkijärjestelmä (IMPJ) - yhteistutkimushankkeen loppuseminaari 2.2.1994. Joensuun yliopisto. Metsätieteellinen tiedekunta. Tiedonantoja 15: 87-102.

Siitonen, M. 1994b. Kuinka paljon puuta riittää Itä-Suomen tehtaille? Itä-Suomen metsien hakkuumahdollisuudet. Teoksessa: Toropainen, M. & Mäkkeli, P. (toim.) Metsäsektori myllerryksessä - Metsäntutkimuslaitoksen Joensuun tutkimusaseman ja metsien käytön tutkimusosaston metsätalkoot 3.2.1994. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 500: 10-21.

Suomen WWF. 1994. Metsäohjelma.

Tomppo, E., Lappi, J. & Siitonen, M. 1993. Forest Resource Monitoring in Finland. CSC news 2/1993.

Ympäristöministeriö 1994. Suomen metsäluonnon monimuotoisuuden turvaaminen. Ympäristöministeriö, alueiden käytön osasto.



Viimeisimmät Joensuun tutkimusasemalla ilmestyneet Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja -sarjan julkaisut:

- Nro 420 Finér, L. 1992. Biomass and nutrient dynamics of Scots pine on a drained ombrotrophic bog. 43 s.
- Nro 438 Driver, B.L. & Peterson, G. L. 1992. Evaluation of the multiple-use research program of the Finnish Forest Research Institute. 71 s.
- Nro 449 Kangas, J. & Matero, J. 1993. Ruunaan luonnonsuojelun alueen jako aarni- ja puisto-osiin - kokemuksia AHP-menetelmästä osallistuvassa metsäsuunnittelussa. 44 s.
- Nro 459 Toropainen, M. 1993. Metsäsektorin muutosten työllisyysvaikutukset 1989 - 1997. 84 s.
- Nro 467 Kangas, J. & Karsikko, J. 1993. Metsäkanalintujen elinympäristövaatimukset, metsänhoito ja metsäsuunnittelu. 60 s.
- Nro 478 Mäkkeli, P. & Kangas, J. (toim.) 1993. Metsäluonnon ja -ympäristön hoito. Metsäntutkimuspäivä Joensuussa 1993. 68 s.
- Nro 481 Timonen, M., Gustavsen, H. G., Ruotsalainen, K. & Timonen, T. 1993. Lapin suojametsäalueen pysyvät (SUOJAINKA) kokeet. Suunnitelmat, mittausohjeet ja aineiston kuvaus. 31 s. + liitteet.
- Nro 488 Sulonen, S. & Kangas, J. (toim.) 1994. Näkökohtia metsien monikäyttöön. Metsien monikäytön tutkimusohjelman tutkimuspäivä Espoossa 1993. 122 s.
- Nro 500 Toropainen, M. & Mäkkeli, P. (toim.). 1994. Metsäsektori mylleryksessä. Metsäntutkimuspäivä Joensuussa 1994. 62 s.
- Nro 504 Heinonen, J. 1994. Koealojen puu- ja puustotunnusten laskentaohjelma KPL. Käyttöohje. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 504. 80 s.

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

Joensuun tutkimusasema

Käyntiosoite: Yliopistokatu 7
Postiosoite: PL 68, 80101 Joensuu
Puhelin: (973) 151 4000 (ohivalinnat)
Telefax: (973) 151 4111

Joensuun yliopiston monistuskeskus

ISSN 0358-4283
ISBN 951-40-1467-7