

MELA99 ja metsätalouden suunnittelu

MELA-käyttäjäpäivä ja tutkimusseminaari

11. - 12.5.1999 Majvik, Kirkkonummi

Tuula Nuutinen ja Aila Suokas (toim.)

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Tutkimus

JOENSUUN TUTKIMUSASEMA

09.02.00

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 752, 1999

MELA99 ja metsätalouden suunnittelu

**MELA-käyttäjäpäivä ja tutkimusseminaari
11. - 12.5.1999 Majvik, Kirkkonummi**

Tuula Nuutinen ja Aila Suokas (toim.)

JOENSUUN TUTKIMUSASEMA 1999

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Joensuu

Nuutinen, T. & Suokas, A. (toim.) 1999. MELA99 ja metsätalouden suunnittelu. MELA-käyttäjöpäivä ja tutkimusseminaari 11.-12.5.1999 Majvik, Kirkkonummi. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 752. 118 s. ISBN 951-40-1707-2, ISSN 0358-4283.

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimusasema. Hyväksynyt Matti Kärkkäinen 29.11.1999.

Toimittajien yhteystiedot: Nuutinen, Tuula & Suokas, Aila. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimusasema, PL 68, 80101 Joensuu, puh. (013) 251 4000, e-mail tuula.nuutinen@metla.fi.

Painopaikka: Joensuun yliopistopaino 1999

Sisällys

Alkusanat.....	5
Käyttäjöpäivä 11.5.1999	
Tietotuotteet ja -palvelut. Tutkimustuloksia käytännön metsätalouteen Matti Kärkkäinen.....	7
Metsien käsittely endogeenisesta analyysistä - näkökulmia ja näkemyksiä Markku Siitonen.....	10
MELA metsäyhtiössä - integroidun puunhankinnan ja metsien hoidon suunnittelun näkökulma Janne Soimasuo.....	24
Mitä metsän hoidon ja käytön ryhmäsuunnittelu voisi olla? Jouni Pykäläinen, Timo Pukkala ja Mikko Kurttila.....	27
Ekologinen informaatio metsäsuunnittelussa Mikko Kurttila, Annika Kangas ja Jyrki Kangas.....	33
Metsäsuunnittelun eri tietolähteiden yhdistämismahdollisuudet Helena Mäkelä ja Jari Varjo.....	41
Käyttöpuun ja sen jakauman kuvaus tulevia hakkuumahdollisuuksia arvioitaessa Tuula Nuutinen.....	45
Prosenttiosuusmenetelmä puujoukon ennustamisessa Matti Maltamo ja Annika Kangas.....	48
Yleiskeskustelun avaus: MELAn käytettävyys? Juha Parkkonen.....	54
Tutkimusseminaari 12.5.1999	
MELA kansallisten ja alueellisten strategioiden valmistelussa Jan Heino.....	57
Metsätalouden suunnittelun tutkimusohjelman (2000-2005) tausta ja tavoitteet Tuula Nuutinen.....	61
Metsätalouden suunnittelu - kasvu- ja tuotostutkimuksen, taloustieteen ja operaatioanalyysin sovellus Juha Lappi.....	69
Puuhankinnan skenaariot Arto Rummukainen.....	74
Metsänomistuksen rakenteen ja tavoitteiden kehitys Pekka Ripatti ja Heimo Karppinen.....	99
Luonnon virkistyskäytön skenaariot Tuija Sievänen ja Eija Pouta.....	106
Ohjelma.....	115
Osallistujaluettelo.....	117

Kirjoittajien yhteystiedot

Matti Kärkkäinen, Metsäntutkimuslaitos, Helsingin tutkimuskeskus, Unioninkatu 40 A, 00170 Helsinki. Puh. (09) 857 051, e-mail matti.karkkainen@metla.fi.

Markku Siitonen, Metsäntutkimuslaitos, Helsingin tutkimuskeskus, Unioninkatu 40 A, 00170 Helsinki. Puh. (09) 857 051, e-mail markku.siitonen@metla.fi.

Janne Soimasuo, Metsämannut Oy, PL 105, 35801 Mänttä. Puh. 0104 659 252, e-mail janne.soimasuo@metsaliitto.fi.

Jouni Pykäläinen, Joensuun yliopisto, PL 111, 80101 Joensuu. Puh. (013) 251 4422, e-mail jouni.pykalainen@forest.joensuu.fi.

Timo Pukkala, Joensuun yliopisto, PL 111, 80101 Joensuu. Puh. (013) 251 4092, e-mail timo.pukkala@forest.joensuu.fi.

Mikko Kurttila, Joensuun yliopisto, os. Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus, PL 18, 01301 Vantaa. Puh. (09) 857 051, e-mail mikko.kurttila@metla.fi.

Annika Kangas, Joensuun yliopisto, os. Metsäntutkimuslaitos, Kannuksen tutkimusasema, PL 44, 69101 Kannus. Puh. (06) 874 3211, e-mail annika.kangas@metla.fi.

Jyrki Kangas, Metsäntutkimuslaitos, Kannuksen tutkimusasema, PL 44, 69101 Kannus. Puh. (06) 874 3211, e-mail jyrki.kangas@metla.fi.

Helena Mäkelä, Metsäntutkimuslaitos, Helsingin tutkimuskeskus, Unioninkatu 40 A, 00170 Helsinki. Puh. (09) 857 051, e-mail helena.makela@metla.fi.

Jari Varjo, Metsäntutkimuslaitos, Helsingin tutkimuskeskus, Unioninkatu 40 A, 00170 Helsinki. Puh. (09) 857 051, e-mail jari.varjo@metla.fi.

Tuula Nuutinen, Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimusasema, PL 68, 80101 Joensuu. Puh. (013) 251 4043, e-mail tuula.nuutinen@metla.fi.

Matti Maltamo, Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimusasema, PL 68, 80101 Joensuu. Puh. (013) 251 5291, e-mail matti.maltamo@metla.fi.

Juha Parkkonen, UPM-Kymmene Metsä, PL 32, 37601 Valkeakoski. Puh. 0204 16121 e-mail juha.parkkonen@upm10.upm-kymmene.com.

Jan Heino, Maa- ja metsätalousministeriö, PL 232, 00171 Helsinki. Puh. (09) 160 3350, e-mail jan.heino@mmm.fi.

Juha Lappi, Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen tutkimusasema, 77600 Suonenjoki. Puh. (017) 513811, e-mail juha.lappi@metla.fi.

Arto Rummukainen, Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus, PL 18, 01301 Vantaa. Puh. (09) 857 051, e-mail arto.rummukainen@metla.fi.

Pekka Ripatti, Metsäntutkimuslaitos, Helsingin tutkimuskeskus, Unioninkatu 40 A, 00170 Helsinki. Puh. (09) 857 051, e-mail pekka.ripatti@metla.fi.

Heimo Karppinen, Helsingin yliopisto, Metsäekonomian laitos, PL 24, 00014 Helsingin yliopisto. Puh. (09) 191 7724, e-mail heimo.karppinen@helsinki.fi.

Tuija Sievänen, Metsäntutkimuslaitos, Helsingin tutkimuskeskus, Unioninkatu 40 A, 00170 Helsinki. Puh. (09) 857 051, e-mail tuija.sievanen@metla.fi.

Eija Pouta, Helsingin yliopisto, Metsäekonomian laitos, PL 24, 00014 Helsingin yliopisto. Puh. (09) 191 7728, e-mail eija.pouta@helsinki.fi.

Alkusanat

Vuoden 1999 alussa Metsäntutkimuslaitoksessa käynnistyi MELA-tutkimusohjelma, jonka nimeksi ja sisällöksi on kaavailtu jatkossa metsätalouden suunnittelun tutkimusohjelma. Tutkimusohjelman tavoitteena on mm.

- kytkeä suunnittelun lähtötiedot, menetelmät ja välineet entistä paremmin käytännön suunnitteluprosessiin ja päätöksentekotilanteisiin, tuottaa entistä kattavammin yhteismitallisia tietoja metsien käyttömahdollisuuksista kansallisten ja alueellisten tavoiteohjelmien valmisteluun,
- nopeuttaa tutkimustulosten siirtymistä käytännön metsätalouden suunnitteluun ja sen tietojärjestelmiin,
- kehittää tietotuotteita ja -palveluita, jotta tiedot olisivat entistä helpommin ja nopeammin tarvitsijoiden saatavissa
- edistää metsätalouden analyysien hyödynnettävyyttä kehittämällä tulosten havainnollistamista ja niiden syvällisempää (mm. taloustieteellistä) tulkintaa.

Tutkimusohjelman hankkeissa

- kehitetään ja ylläpidetään suunnittelussa tarvittavia tietoja, malleja ja menetelmiä,
- ylläpidetään ja kehitetään MELA- ja JLP-ohjelmistoja sekä käytetään niitä erilaisiin suunnittelu- ja tutkimustehtäviin ja
- kehitetään MELA- ja JLP-ohjelmistoihin perustuvia tuotteita ja -palveluita asiakkaiden käyttöön.

Tutkimusohjelman suuntaamiseksi Metsäntutkimuslaitos järjesti kaksipäiväisen tapahtuman 11.-12.5.1999 Majvikissä, Kirkkonummella. Tapahtuman tavoitteena oli tehostaa alan tutkijoiden ja sidosryhmien vuorovaikutusta 1) esittelemällä tutkijoille sidosryhmien toimintaa ja siten omalta osaltaan parantaa tiedeyhteisön valmiuksia varautua tutkimuksen keinoin käytännön metsätalouden tuleviin haasteisiin ja 2) kertomalla sidosryhmille tulossa olevista uudistuksista, jotta he osaisivat ennakoida niitä omassa toiminnassaan.

Ensimmäinen päivä oli MELA-käyttöpäivä, jossa julkistettiin MELA99-versio ja kerrottiin käytännön metsätalouden MELA-sovelluksista ja käynnissä olevista metsäsuunnittelun tutkimuksista sekä keskusteltiin MELA-käyttäjien tarpeista.

Toinen päivä oli tutkimusseminaari, jonka tavoitteena oli luoda katsaus metsätalouden suunnittelun nykyisiin ja näköpiirissä oleviin haasteisiin, rajata metsätalouden suunnittelun viitekehys sekä määritellä ja täsmentää metsätalouden suunnittelun tutkimuksen tavoitteita ja ideoida uusia tutkimus- ja kehittämistehtäviä.

Tähän julkaisuun on koottu molempien päivien ohjelmaan liittyviä artikkeleita. Kii-tämme lämpimästi kaikkia esitelmöitsijöitä, artikkeleiden kirjoittajia ja muita tilaisuuk-siin osallistuneita kiinnostuksesta sekä aktiivisesta vaikuttamisesta metsätalouden suunnittelun tutkimuksen suuntaamiseen.

Joensuussa 3.11.1999

Tuula Nuutinen

Tietotuotteet ja -palvelut

Tutkimustuloksia käytännön metsätalouteen

Matti Kärkkäinen

1 Osaamisen merkitys ja vaikuttavuuden edellytykset

Eri maissa tehdyissä tutkimuksissa on päädytty yhdensuuntaisiin tuloksiin tutkimustiedon ja osaamisen merkityksestä nykyaikaisessa yhteiskunnassa. Itse asiassa merkityksen on aiemminkin havaittu olleen merkittävä. Esimerkiksi sitä, että Skotlannilla oli Euroopassa poikkeuksellisen merkittävä asema teollistumisen aikakaudella innovaatioiden synnyssä ja erityisesti niiden käyttöönotossa, ei pidetä sattumana. Skotlannissa oli Euroopan senaikaisten alueiden vertailussa kehittynyt koululaitos, joka mahdollisti aiemmin heikosti hyödynnettyjen kansan lahjakkuusreservien nousun ja koko yhteiskuntaa hyödyttävän toiminnan (Freeman 1995, s. 43). Feodaalisissa oloissa vastaavaa taloudellista nousua ei syntynyt, vaikka muiden tuotannontekijöiden taso olisi sen mahdollistanut hyvin.

Skotlannin esimerkki korostaa kattavan perusopetuksen merkitystä. Nykyisin kun teollistuneissa maissa kansan perusopetuksessa ei ilmeisestikään ole dramaattisia eroja, huomiota on kiinnitetty ammattikoulutuksen kattavuuteen ja tasoon sekä yliopisto-opetukseen. Maiden erot ovat melkoiset, ja ne voivat hyvinkin selittää eroja maiden taloudellisessa suorituskyvyssä. Saattaa olla, että Nyky-Suomessa veronalennuksista haaveileva kansa kiinnittää liian paljon toivoa kustannuksiltaan halpaan saksalaismalliseen oppisopimuskoulutukseen. On syytä kysyä, onko nykyajan nopeasti muuttuvassa yhteiskunnassa tämänhetkisen osaamisen siirto riittävä tae sopeutumisesta tulevaisuuden vaatimuksiin. Ainakin hypoteesina voidaan esittää, että osaamisen dynaaminen luonne on vähintään yhtä tärkeä siirrettävä asia kuin osaaminen jonakin ajankohtana.

Neuvostoliiton taloudellinen romahdus paljasti myös sen, että yhteiskunnan todella mittava panostus tutkimukseen ei ole taloudellisessa kehityksessä ratkaisevaa, jos tutkimustulokset eivät tule soveltajille tietoon tai jos soveltaminen tapahtuu pääasiassa tiiviisti suljetuilla aloilla kuten sotateollisuudessa. Kun niinkin rauhanomaisella alalla kuin metsäntutkimuksessa merkittäviä raportteja saatettiin valmistaa vain viisi kopiota tarkoin rajoitettuun käyttöön, ei todellakaan luotu mahdollisuuksia tiedon hyödyntämiseen. Vaikuttavuuden kannalta ei selvästikään ollut riittävää, että raporttien perusteella laadittiin tiukan normatiivisia ohjeita käytännön metsätaloutta varten.

Hatarista esimerkeistä rohkenee päätellä, että osaamisen vaikuttavuuden kannalta on tärkeää, että laajat joukot voivat osallistua hyödyntämiseen, ammattikoulutuksella on pyritty enemmän valmiuteen omaksua uusia asioita kuin normatiivisten ohjeiden

ulkoa opetteluun ja tutkimustulokset ovat helposti kaikkien kiinnostuneiden saatavissa.

2 Metsäalan osaamisen edistäminen

Jotta osaaminen voisi vaikuttaa maksimaalisesti metsäalalla, hakematta tulee mieleen, että yli 300 000 metsänomistajaa muodostavat sellaisen joukon, jonka hyvällä tiedon ja osaamisen tasolla saattaisi olla merkittävä kansallista merkitystä vaikkapa metsälain edellyttämän taloudellisen, ekologisen ja sosiaalisen kestävyuden toteutumiseen Suomessa. On toki selvää, että vain osa omistajista on verrattavissa yrittäjiin, joilla on omistuksensa suhteen joitakin tavoitteita, joihin pyritään määrätietoisesti.

Yhtä lailla voidaan identifoida ehkä 10 000 metsäalan ammattilaisen joukko, jonka saama hyvä ammattikoulutus mahdollistaa uusien työkalujen omaksumisen ja aktiivisen soveltamisen.

Millaisia tietotuotteita ja -palveluja voidaan olettaa näiden ryhmien tarvitsevan ja pystyvän hyödyntämään omassa toiminnassaan?

Jos lähtökohtana pidetään sitä, että on yhteiskunnallisesti hyödyllistä edistää yksilöllisten tavoitteiden saavuttamista, kysyntää on sellaisilla työkaluilla, joita voidaan käyttää räätälöityjen ratkaisujen tuottamiseen. On myös tutkimustuloksia, että metsänomistajat haluavat saada esimerkiksi metsäsuunnittelussa vaihtoehtoisia ratkaisuja, joista he voivat valita juuri heidän tarpeisiinsa ja arvoihinsa sopivat (Pesonen ym. 1998). Kun tiedetään tavoitteet, osataan hahmotella myös keinoja niiden saavuttamisen edistämiseksi.

Laajaa metsänomistajakuntaa ajatellen arvioidaan, että useimmille riittää tieto siitä, että nykyaikana voidaan tarjota sellaisia työkaluja, joita voidaan käyttää yksilöllisesti kiinnostavimpien ratkaisujen hakemiseen. Metsäammattilaisille jää useimmissa tapauksissa näiden mahdollisuuksien ammatillinen käyttö, tulkinta kyseisessä tapauksessa ja opastaminen keinojen käytössä.

Voidaan kuitenkin olettaa, että sopivasti muotoiltuja tietotuotteita aletaan kysyä jo maatilakäyttöön. Suomessa on tiettävästi jo 30 000 maatilaa, jotka käyttävät aktiivisesti internet-palveluita ja yleisesti ovat omaksuneet tietokoneen sujuvan käytön. Osa metsänomistajista saattaa hyvinkin haluta käyttää suunnilleen samoja työkaluja kuin metsäammattilaisetkin. Voi olla, että metsäalan kokemusta ja taustaosaamista on vähemmän, mutta paneutuminen juuri omien ongelmien ratkaisuun ja siitä nouseva aktiivisuus saattavat hyvinkin kompensoida nämä puutteet.

3 Metsäntutkimuslaitoksen rooli

Metsäntutkimuslaitos pyrkii kehittämään ja tehostamaan tutkimustulosten viemistä käytäntöön. Tästä on olemassa laaja periaatteellinen yksimielisyys laitosta valvovaa maa- ja metsätalousministeriötä myöten. Se merkitsee käytännössä mm. sitä, että tehostetaan tietotuotteiden ja -palveluiden tuottamista. Esimerkiksi kansallisen

metsäohjelman laatimisessa tarvittiin ja tarvitaan analyyttisiä työkaluja, joilla voidaan arvioida, millaiset yhteiskunnan politiikkakeinot ovat tarpeen asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi, vai tarvitaanko edes yhteiskunnan puuttumista lainkaan (Nuutinen 1999).

Toistaiseksi voimakkain panostus on metsätalouden suunnittelun työkalujen kehittämisessä metsäammattilaisia varten. Lähivuosien suurimmat haasteet ovat työkalujen monipuolistamisessa niin, että niitä voidaan käyttää uudentyyppisten ongelmien ratkomiseen. Samalla pyritään organisoimaan palvelutoimintaa niin, että sen saatavuus pysyy hyvänä ja käyttäjien pulmatilanteet voidaan hoitaa.

Pidemmällä aikavälillä on tarkoitus panostaa myös aktiivisiin metsänomistajiin kehittämällä tuotteita, jotka soveltuvat metsälötason ongelmien ratkaisuun. Tässä yhteydessä saattaa olla tarvetta tuotteista, joissa integroidutaan maatalouteen. Niiden kehittämiseksi ei ole selvästikään tehty vielä riittävästi töitä.

On vielä liian aikaista arvioida, onnistuuko tietotuotteiden käyttöönotto metsänomistajaa palvelevalla tasolla laajamittaisesti. Tämän yrittäminen on joka tapauksessa arvioitu kokeilemisen arvoiseksi.

Kirjallisuus

- Freeman, C. 1995. History, co-evolution and economic growth. IIASA Working Paper 95-76. 95 s.
- Nuutinen, T. 1999. Miten tutkimusta voisi hyödyntää tehokkaammin kansallisessa metsäohjelmassa? *Metsätieteen aikakauskirja* (1/1999):126-129.
- Pesonen, M., Kurttila, M., Teittinen, A. & Kajanus, M. 1998. Yksityismetsien metsäsuunnittelu - nykytilanne ja kehittämistarpeita. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 715. 32 s.

Metsien käsittely endogeenisesta analyysista - näkökulmia ja näkemyksiä

Markku Siitonen

1 Endogeeninen päättely ja synteesi alue- metsikköoptimoinnissa

MELA:n ja JLP:n toiminnallinen ydin on metsien käsittelyn monitavoitteinen endogeeninen päättely kuhunkin tarkasteltavaan ongelmaan vaikuttavien tekijöiden synteessinä. Lähestymistapa, toiminnan johtaminen tavoitteista tuottamalla metsiköille tulevaisuuden käsittely-kehitysvaihtoehtoja tiedon avulla ja valitsemalla niistä paras yhdistelmä metsäalueelle, eroaa metsätalouden suunnittelumenetelmänä edeltäjistään ja monista seuraajista. Mitä ovat metsien käsittelyn endogeenisen valinnan perusteet, edellytykset, merkitys ja seuraukset metsätaloudessa?

Mitä hyötyä on toimenpiteiden endogeenisuudesta ja yhdenntetystä alue- ja metsikköoptimoinnista? Miksi nähdä metsiköiden käsittelyvaihtoehtojen samakertaisen ajallisen ja alueellisen vertailun vaiva jokaisessa päätöstilanteessa, ihmettelevät ekogeenisiin metsiköiden käsittelyohjeisiin kiintyneet metsäammattilaiset. Mitä metsäalue on muuta kuin metsiköiden ja tutkimusten mukaan metsänhoidollisesti parhaiden toimenpiteiden summa? Taloustieteilijät kysyvät, miksi MELA:an haalitaan yhä uusia tietokokonaisuuksia ja yksityiskohtia. Eikö vähempikin, kuten suurpiirteiset metsävaratiedot ja summittaiset kasvuluvut riitä metsätalouden analysointiin ja metsien käytöstä päättämiseen puhumattakaan erillistarkasteluista metsien hoidon ohjeistajina? Ennustavatko endogeenisen päättelyn tulokset metsätalouden toteutuvan kehityksen?

- Tarkoitan *metsien kehityksen ohjauksella* kaikkea metsiin vaikuttamista niitä käyttämällä, hoitamalla ja olosuhteita säätelemällä. *Metsätaloustuotannolla ja -tuotteilla* viitataan kaikkeen, mitä metsissä on, mitä metsien suhteen tavoitellaan ja mitä metsistä saadaan - metsätalouden käsitettä laajasti tulkiten. *Metsäalueen hallinta* on sen tilan, kehityksen ja käytön käsitettäväksi ja ohjattavaksi tekemistä. *Metsätalouden kestävyydellä* ymmärrän metsätaloustuotannon ja sen jatkuvuuden edellytyksistä huolehtimista. Toiminnan *tehokkuus* minimoi tavoitellun tuottamiseen tarvittavat voimavarat. *Suunnittelulla* selvitetään tulevat päätös- ja toimintamahdollisuudet huomioon otettavine tekijöineen esimerkiksi tavoitteiden asettamista ja toiminnan mitoitusta varten - usein halutun ja mahdollisen yhteensovittamisen hengessä. *Mallilla* tarkoitan olion, ilmiön tai asiakokonaisuuden laskennallisesti käsiteltävää kuvausta, joka voi olla esimerkiksi selitettävän ilmiön havaittu tai oletettu riippuvuus selittävästä tekijöistä. MELA on kokonaisuutena metsätaloutta kuvaava malli, joka sisältää mm. metsän kehitystä, toimenpiteitä, tuottoja ja kustannuksia kuvaavia yksittäisiä malleja.

Metsien käytön suunnittelija puolestaan harmittelee endogeenisen päättelyn ja monitavoitteisen synteetin vaivalloista käyttöönottoa. Eikö synteesisimenetelmien operationalisoitumista ole sisäistetty vai ovatko niillä nykyisin ratkeavat kysymykset vielä kaukana todellisista päätöstehtävistä? Tai ovatko soveltajien odotukset ja osaaminen, käytettävissä olevat metsien kehitysmallit ja keskeneräiset työkalut yhä kantoina kaskessa? Vai suosivatko yksioikoisempia analyysimenetelmiä kuitenkin ajatuksellisen ja laskennallisen keveyden ohella inhimilliset tekijät, kuten tavaksi tulleesta poikkeavan ajattelun vastenmielisyyden ja useammista tavoitteista aiheutuvien “menetyksen” pelko omaan lähtökohtaansa, esimerkiksi puuntuotannon tai metsäluonnon monimuotoisuuden itseisarvoiseen maksimointiin sitoutuneille?

2 Metsätalouden harjoittamis- ja suunnittelu ympäristö

Pyrkimys summittaista puunhakuuta tai luonnon varjelua monitavoitteisempaan metsätalouteen herättää kysymään metsänhoidon perusteita ja metsien kehityksen ohjausta tuotantokyvyn ja toimenpiteiden seurausten kuvailua täsmällisemmällä tavalla - mitä metsistä sitten eri aikoina tavoitellaankin. Metsien ajallisten tuotanto-, kehitys- ja ohjausmahdollisuuksien sekä niihin vaikuttavien tekijöiden tunteminen on metsätalouden harjoittamisen keskeisimpiä perusteita niin kauan kuin metsillä on merkitystä ihmisille ja metsävarojen pysyvistä runsaudesta tarpeisiin nähden ei ole varmuutta.

Rajalliset metsävarat ja niiden kehittyminen ratkaisevat, mitä metsistä voi saada ja millaisia tavoitteita metsätaloudelle voi asettaa. Tavoitteiden asettamiseen kätkeytyy kysymys, miten saavuttaa tavoitteet eli miten käyttää ja hoitaa metsiä. Missä määrin puuttua luonnon kehityskulkuihin ja ohjata metsien muuten itsestään tapahtuvaa kehitystä tavoiteltavien hyötyjen suuntaan? Miten esimerkiksi varautua metsien käyttötarpeisiin tai miten metsätalouden kestävyys saavutetaan? Mikä on metsätalouden tuotannon ja luonnon monimuotoisuuden paras yhdistelmä? Taloudelliseen tulokseen pyrittäessä ja niukkuuden varalta on osattava selvittää tehokkaat ja edulliset keinot. Mahdollisuuksien samoin kuin tarpeiden ali- ja yliarviot ovat omiaan johtamaan epätarkoituksenmukaiseen toimintaan ja arvaamattomiin seurauksiin.

Tuotantomahdollisuuksien selvittämisen ohella metsätalouden analyysi- ja suunnittelutehtäviä ovat mm. käyttö- ja hoitosuunnitelmien laadinta alueille ja metsiköille. Tavoitteiden moninaistuminen, aiemmista käytännöistä poikkeavat kysymyksenasettelut sekä toiminnan tehokkuus- ja taloudellisuusvaatimukset luonnehtivat nykyisin metsätalouden toiminta- ja suunnittelu ympäristöä. Monitavoitteiseen metsätalouteen pyrittäessä tarvitaan yksityiskohtaista ja aivan uutta tietoa vaihtoehtoisista tuotanto- ja toimintasuunnitelmista seurauksineen niin lähiajalle kuin pitkälle tulevaisuuteen.

Analyyseissa korostuu keskenään ristiriitaisten näkökohtien sovittaminen yhteen metsänomistajien omia tavoitteita toteuttavalla ja samalla useita muita osapuolia tyydyttävällä tavalla. Huomioon otettavien tekijöiden lisääntyminen saattaa edellyttää sopeutumista ja toimintatapojen muuttamista totutuista. Analyysitehtävien monimutkaistuminen kasvattaa vaatimuksia analyysimenetelmille. Painopiste siirtyy metsien kuvailusta ja ymmärtämisestä metsätalouden päätöksentekoon sekä kehityk-

sen ja toimenpiteiden seurausten ennustamisesta mahdollisten tavoitteiden ja tavoitteet tehokkaasti toteuttavien keinojen selvittämiseen.

3 Metsien kehityksen ohjaaminen käsittelyllä

Metsien kehityksen ohjauskeinoja kiertoajan eri vaiheissa ovat erilaiset toimenpiteet. Toimenpiteitä säädellään mm. ajoituksella, määrällä, voimakkuudella, kohdentamisella, puiden valikoinnilla ja käsiteltävien alojen rajauksilla. Käsittelyiden ja niihin mukautuvan kehityksen tuloksena metsiin syntyy ajan kuluessa muuttuvia potentiaalisia raaka-aineita, tuoteaihoita ja valmiita tuotteita. Mahdollisuuksien hyväksikäyttö muuttaa meneillään olevia kehityskulkuja ja aloittaa uusia. Käsittelyjen välilliset vaikutukset saattavat heijastua useiden kiertoaikojen päähän. Metsiköissä kyseeseen tulevat toimenpiteet määrittelevät koko metsäalueen ohjaus-, toiminta-, tuotanto- ja kehitysmahdollisuudet. Eri toimenpiteet johtavat erilaisiin metsien ja niiden käyttömahdollisuuksien kehityksiin samoin kuin eri tavoitteiden toteuttamiseen tarvitaan erilaisia toimenpiteitä.

Metsätalouden analyysissa toimenpiteitä voidaan ohjata eksogeenisesti ja endogeenisesti sekä näiden eriasteisina yhdistelminä - ellei ohjattavuutta sivuuteta tyystin. Eksogeenisesti ohjattaessa toimenpiteet määrätään metsiköille etukäteen ja analyysin tehtäväksi jää ennustaa seuraukset. Endogeeninen toimenpiteiden päättely puolestaan ratkaisee metsiköittäiset toimenpiteet niiden ennustettujen seurausten ja annettujen (eksogeenisten) metsikkö- tai aluekohtaisten ehtojen, kuten metsätaloudelle asetettujen tavoitteiden perusteella.

Ohjaamaton ja eksogeenisesti ohjattu toiminta tarkastelee toimenpiteitä metsikkötasolla metsän kulloisenkin tilan ja käsittelyohjeiden määrääminä "välttämättömyyksiinä". Hyvä metsänhoito korjaa käsittelyllä poikkeamat metsän tavoiteltavasta tilasta ikäänkuin "ylimääränä" talteen tuotoksiksi. Harvennumallit esimerkiksi määräävät harvennuksen toteutuksen ja ohjekiertajat uudistamisen. Eksogeenisiin toimintaohjeisiin sisältyy toiminnan muuttumattomina pysyvät tavoitteet, joiden perusteita tai tehokkuutta ei analyysissa kysytä. Ne tulevat jostain muualta. Lähestymistapa johtaa sirpaleisiin erillistarkasteluihin, joissa metsien kehityksen kokonaisuutta on vaikea hallita, mahdolliset yhteisvaikutukset jäävät huomiotta ja metsien käsittely kaavamaisuuksiin. Samoin analyysin ja synteessin roolit helposti sekoittuvat. Metsänhoidollisen tarkastelun perusvire on enemmän vakiintunutta käytäntöä kirjaava ja analyttisimmillaan käsittelyn seurauksia ennustava kuin mahdollisuuksia kartoittava tai metsien kehitystä suoranaisesti ohjaava.

Endogeeninen toimenpiteiden päättely hakee metsien käsittelyn tarkasteltavaan päätökseen vaikuttavien tekijöiden synteessinä, esimerkiksi valitsemalla tuotantotavoitteet toteuttavat toimenpiteet metsikkötason vaihtoehtoista. Metsänhoito on silloin ilmaistujen tavoitteiden toteuttamiskeino. Alueelliset ehdot ajallisten lisäksi laajentavat vaihtoehtoisten toimenpiteiden vertailun metsiköistä aluetasolle, kuten alue- ja metsikkötason yhdenmukaisuus optimoinniksi. Käsittely säätyy myös ajallisesti metsävaratilanteen mukaan. Vaihtoehtoina endogeenisessä valinnassa voivat olla esimerkiksi erilaiset harvennukset ja harventamatta jättäminen sekä uudistaminen ja uudistamatta jättäminen kaikissa metsiköissä eri ajankohtina. Valinnassa mukana olevat vaihtoehdot määräävät endogeenisuuden asteen ja mahdollisen rajat analyysissa.

Endogeenisen päättelyn tarkastelukulmana on metsätaloustuotanto - mitkä ovat tuotantomahdollisuudet, millaisia tuotantotavoitteita on mahdollista asettaa, millaisella käsittelyllä tavoitteet saavutetaan. Mitä ovat vaihtosuhteet eri tuotantomuotojen, tuotteiden ja ajankohtien välillä? Mitkä nyt hakkuukypsät metsät on edullisinta hakata myöhemmin kestävyystavoitteiden toteuttamiseksi? Millaisia ovat metsien käsittelyn rajoitusten puuntuotannolliset vaikutukset? Mitkä investoinnit toteuttavat tuotantotavoitteet tehokkaimmin? Endogeenisen toimenpiteiden päättelyn edut ja välttämättömyys käyvät ilmeisiksi huomioon otettavien tekijöiden, tavoitteiden ja niiden yksityiskohtaisuuden lisääntyessä samoin kuin toimintaympäristön muutokseen ja uusiin tavoitteisiin sopeuduttaessa.

4 Kestävyystavoitteiden toteuttaminen analyysissa ja käytännössä

Vaikka puuntuotannon kestävyys tiedetään edellyttävän metsien poistuman ja kasvun tasapainoa, tämä suurpiirteinen määritelmä jättää käytännön toimintaohjeena sijaa tulkinnoille - puhumattakaan metsätalouden muista tavoitteista. Edes asiantuntijoille ei ole aina selvää, miten toimien kestävyystavoitteet saavutetaan ja mitä kestävyys konkretisoimisytyksistä pitemmällä ajalla seuraa. Tämä näkyy myös hakkuumahdollisuuksien arviointiin sovellettavien menetelmien kirjona. Karkeat suunnitekaavat ja toimenpide-ehdotukset maastossa ovat kehittyneet metsätalouden monipuoliseksi analyysiksi esimerkiksi vaihtoehtoisten toimenpiteiden sekä metsän kehityksen yksityiskohtaisen simuloinnin ja monitasoisen optimoinnin avulla.

Sinänsä yksinkertaisen kestävyysperiaatteen soveltamista käytäntöön samoin kuin metsäalueen operationaalista hallintaa monitavoitteisessa päätöksenteossa mutkistaa huomioon otettavien tekijöiden ensi silmäyksellä kaaokselta vaikuttava moninaisuus.

Sama ajan kuluessa kehittyvä metsä on sekä tuotantokoneisto että tuoteryvä. Metsä koostuu laajalla alueella kasvavista puista ja metsiköistä. Puiden kasvu käyttökokoon kestää kauan ja vaihtelee samanaikaisesti lukuisien tekijöiden suhteen. Metsiköiden tuotantokyky vaihtelee ja riippuu myös ulkoisista tekijöistä. Kasvun täsmällisen selvittäminen on työlästä, joten käsitys metsien kehityksestä saattaa olla summittainen metsätalouden mitoituserusteeksi. Puista ei yleensä irroteta rungon pintaan viimeksi kasvanutta vaippaa vaan korjataan metsäalueen puiden kasvun suuruusluokkaa oleva määrä pitkän ajan kuluessa kasvaneita kokonaisia runkoja - metsikkötaloudessa osasta metsiköitä kerrallaan.

Sama metsikkö tuottaa useampia eri tuotteita, mutta toimenpiteiden valinta ja hienosäätö vaikuttavat tuotekirjon rakenteeseen ja ajoittumiseen. Yhdestä puusta irrotettavat useammat tuotteet on yleensä muiden pilaantumisen uhalla otettava talteen kaikki samalla kertaa. Joidenkin tuotteiden pilaantumisriski kasvaa metsän ikääntyessä, mutta pilaantumistuotteilla voi olla naapureille aiheutuvan terveystarvinnan rinnalla käyttöarvoa toisiin tarkoituksiin. Samoja tuotteita on tarjolla useammista erilaisista ja eri tavoin kehittyvistä metsiköistä. Joitain tuotteita saa vain harvoista paikoista. Kussakin metsikössä kyseeseen tulevia vaihtoehtoisia käsittelytapoja on monesti useita ja ne voidaan toteuttaa eri ajankohtina ja yksityiskohdiltaan eri tavoin. Toimenpiteiden yksikkökustannukset muuttuvat kerralla käsiteltävän alan mukana. Joissakin metsiköissä toimenpiteet ovat eri astein rajoitettuja tai kokonaan kiellettyjä.

Puiden ja metsien kasvu riippuu myös metsien käsittelystä ja hakattavien puiden valinnasta, metsikön kehitys- ja toimenpidehistoria vaikuttaa sen tulevaan kehitykseen. Korjaamatta jätettävä puusto estää uuden kasvamisen. Metsiköiden keskinäinen sijainti vaikuttaa luonnon monimuotoisuuden kehitykseen, esteettisiin tekijöihin ja metsän virkistysarvoon samoin kuin sijainti vaihtoehtoisten käyttöpaikkojen suhteen hyväksikäytön kustannuksiin. Monet metsien kehityskulut ja riippuvuus-suhteet ovat epälineaarisia tai epäjatkuvia. Metsätalouden kestävyys käsitteenä tarkoittaa tuleviin tarpeisiin varautumista. Tämä puolestaan edellyttää metsien nykytilan ja siihen johdaneen kehityksen tuntemisen lisäksi metsien tulevan käytön ja siitä riippuvan kehityksen ennakoimista tuotantokierron luokkaa olevalta ajalta. Tulevaisuudesta ei ole varmaa tietoa. Varautumista mutkistavat käyttötarpeiden metsien kehityskulkua nopeampi muuttuminen samoin kuin vaikeasti ennakoitavat ja satunnaiset luonnonilmiöt. Tietojen ja mallien virheet vääristävät tuloksia ja sekoittavat tulosten tulkintaa.

Vaikka metsäalue on esimerkiksi yhden ajankohdan pinta-alan, puuston määrän ja jälkikäteen kasvun suhteen metsiköiden summa ja sen historia taaksepäin on yksi kehitysurat, hoidettujen metsien kehitys on etukäteen tarkastellen erikaikaisten mahdollisten toimenpiteiden määrittelemä joukko vaihtoehtoja. Metsien kehitys on toisin sanoen tulevan käsittelyn suhteen ehdollisesti avoin ja toimenpitein ohjattava.

Metsien kehityksessä ja käsittelyllä on edellä mainituista tekijöistä johtuvia kohteiden ja ilmiöiden keskinäisiä paikallisia ja ajallisia vuorovaikutuksia sekä korvautuvuutta. Metsiköiden ja metsävarojen kehitys vaihtelee mm. tuotannon ajoitusehtojen tai toimenpiteiden valinnan, kohdistamisen ja ajoituksen seurauksena. Monien vaikuttavien tekijöiden takia metsikön jokaista käsittelyä seuraa yksilöllinen kehitys. Jos metsien tuotannolle tai kehitykselle asetetaan useampia ehtoja, metsikön tehokasta käsittelyä ei voi päätellä yhden ajankohdan perusteella eikä muista metsiköistä riippumatta. Eri tekijöiden vuorovaikutukset saa otettua huomioon ajallisesti ja alueellisesti samakertaisessa endogeenisessä vertailussa, joka ikäänkuin ”järjestää” vaikuttavien tekijöiden kaaoksen tavoitteiden suhteen tehokkaiksi ratkaisuuksi. Ohjaamattomien tekijöiden osalta endogeenisen päättelyn tulos jää sen sijaan sattumanvaraiseksi.

Edellä kuvailtujen vuorovaikutustekijöiden huomiotta jättäminen karkeistetussa tai erillistarkastelussa yksinkertaistaa kyllä analyysia, mutta hämärtää samalla käsitystä metsien kehityksen ohjattavuudesta ja tuotantomahdollisuuksista. Vastaavasti vain puuston ikään ja tiheyteen perustuvat metsikkötason kasvumallit saattavat harhauttaa soveltajansa pitämään metsien rakenteen ja toimenpidehistorian vaikutuksia merkityksettöminä metsien kehitystä ennustettaessa tai käsittelystä päätettäessä.

5 Toimenpiteiden päättely metsätalouden suunnittelumenetelmissä

Metsätalouden analyyseissa on sovellettu pitkään eri tavoin eksogeenista toimenpiteiden ohjausta tai jätetty toimenpiteet ohjaamatta. Tuotostaulukoihin ja metsiköiden käsittelyohjeisiin on metsätaloudelle asetettavat tavoitteet ja toimintaohjeet sisäänrakennettu. Etukäteen annetut käsittelyohjeet pysyvät samoina metsävarojen ja metsätaloudelle asetettavien tavoitteiden muuttumisesta huolimatta. Maastossa tehdyt toimenpide-ehdotukset perustuvat tekijänsä näkemykseen ja rajoittuvat lähiaikaan. Näiden aluenäkökohdista riippumatta laadittujen ohjeiden soveltavuudesta ja tehok-

kuudesta erilaisissa päätöstilanteessa ja niiden tuloksena syntyvistä aluetason vaikutuksista tulevaisuudessa ei saa käsitystä. Toimenpiteiden vaikutukset metsien kehitykseen tulevat otettua huomioon parhaimmillaan karkeasti. Vaihtoehtojen olemassaolon ja vertailun välttääksään eksogeeniset toimintaohjeet ovat johdatelleet innokkaimpia soveltajiaan pitämään edustamaansa yhtä enemmän tai vähemmän sattumanvaraista toimintamallia yleispätevänä ja muita jopa virheellisinä.

Metsikköoptimoinnissa verrataan vaihtoehtoisia toimenpiteitä ja niiden ajoitusta, mutta metsikkötason tavoitteiden suhteen tehokkaat ratkaisut johtavat aluetasolla usein ajallisesti sattumanvaraisiin tuloksiin. Pelkkää metsikköoptimointia samoin kuin metsikköpäätelyyn perustuvaa simulointia näyttää olevan vaikeaa tai mahdotonta ohjata useampien yhtäaikaisten aluekohtaisten tavoitteiden suhteen esimerkiksi ehtoja ajalliselle tuotejakaumalle asettamalla. Metsikköoptimointia on kuitenkin ollut tapana soveltaa metsiköiden käsittelyohjeiden laadintaan, vaikkei sen tavoitteena edes ole useampien tekijöiden suhteen tyydyttävät aluetulokset. Käsittelyohjeita sovellettaessa noudatetaan kaavamaisesti samoja ohjeiden laadintaparametreja, vaikka jokainen erilainen tavoite- ja metsävarayhdistelmä edellyttäisi omat käsittelyohjeensa.

Karkeissa aluetason laskelmissa joudutaan tyytymään lyhyehköön aikaan ja vähiin tavoitteisiin tietämättä ratkaisujen tehokkuutta. Suunnitteenkaavojen ja tavoitehakkulaskelman aluetuloksissa ei oteta huomioon metsikkönäkökohtia eikä saada tulokseksi metsikkötason toimenpiteitä. Samasta syystä myös karkeaan ositeaineistoon perustuvan alueoptimoinnin ratkaisu saattaa olla metsikkö- ja toimenpidetasolla toteuttamiskelvoton, vaikka se näennäisesti toteuttaa useita aluetason tavoitteita.

MELA-perustehtävä yhdentää aikaisemmin erilliset aluetason tuotanto-ohjelman ja metsikkötason toimenpidevalinnan kaksitasoiseksi alue-metsikköoptimoinniksi, jossa haetaan samakertaisesti alueen ja metsiköiden optimiratkaisut metsikkötasolla simuloituista käsittely-kehitysvaihtoehdoista. Toteuttamiskelpoiset käsittely-kehitysvaihtoehdot kuvaavat metsiköiden käsittelymahdollisuudet seurauksineen tarkastelukauden aikana. Metsikkö- ja aluetulokset ratkeavat toisistaan: alueratkaisu on aluetavoitteiden suhteen optimaalisten metsiköiden käsittely-kehitysvaihtoehtojen summa. Näin MELA-perustehtävä valitsee metsien käsittelyn endogeenisesti hakemalla metsiköille yksilölliset käsittelyohjelmat metsäalueen ratkaisulle asetettujen ehtojen (laskentateknisesti lineaarisen ohjelmoinnin tehtävän tavoitteiden ja rajoitteiden) avulla. JLP-ohjelmisto laajentaa optimointitehtävän edelleen monitasoiseksi siten, että lineaarisen ohjelmoinnin rajoitteita voidaan antaa mille tahansa metsikköyhdistelmille.

Alue-metsikköoptimoinnin ratkaisu on synteesi päätökseen vaikuttavista tekijöistä vuorovaikutuksineen jokaisella laskentakerralla, esimerkiksi koejärjestelyn jäsenille tai uusissa päätöstilanteissa. Ratkaisuun vaikuttavat luonnollisesti myös käsittely-kehitysvaihtoehtojen simuloinnin eksogeeniset parametrit, kuten metsikkötason tapahtumat, kehittymismallit, hinnat ja kustannukset sekä kuinka hyvin niiden ohjaamina syntyneet käsittely-kehitysvaihtoehdot edustavat metsien tuotantomahdollisuuksia tarkasteltavalla metsäalueella. - Itse asiassa toiminnan endogeeninen sopeutus tavoitteisiin MELA-perustehtävän alue-metsikköoptimoinnissa minimoi automaattisesti lisärajoitteiden (kuten kestävyysehtojen) huomioon ottamisesta aiheutuvan "tappion" tavoitefunktion suhteen yksinkertaisempaan optimointitehtävään verrattuna.

6 Endogeeniset ja eksogeeniset toimenpiteet MELA:ssa

MELA:ssa voidaan käyttää endogeenista ja eksogeenista toimenpiteiden päättelyä analyysitehtävän ja käytettävissä olevien tietojen edellyttämänä yhdistelmänä.

MELA-simuloinnissa ja sen tuloksena syntyvässä vaihtoehtoaineistossa tapahtumat (toimenpiteet) voivat olla pakollisia tai vaihtoehtoisia. Simuloinnin pakolliset tapahtumat ovat optimoinnissa aina eksogeenisia, mutta vaihtoehtoisiksi simuloidut tapahtumat mahdollistavat endogeenisen toimenpiteiden valinnan. Metsiköiden käsittely-kehitysvaihtoehdot kartoittavat mahdollisen toiminnan seurauksineen ja samalla mahdollisten ratkaisujen joukon. Ne myös kuvaavat tulevaisuuden avoimuuden ja endogeenisuuden rajat analyysissa.

Metsiköiden määrän ja vaihtoehtoisten toimenpiteiden lisääminen samoin kuin laskelmakauden jatkaminen kasvattaa helposti käsittely-kehitysvaihtoehtojen määrän laskentakapasiteettia suuremmaksi rajoittaen endogeenisen toimenpiteiden päättelyn soveltamista.

Toimenpiteiden endogeenisen päättelyn tarkoitus MELA:ssa oli alun perin useiden alue-ehtojen huomioon ottaminen hakkuulaskelmissa. Nyt endogeenista päättelyä sovelletaan myös metsikkötasolla. Tähän asti hakkuuiden ajankohta, harvennusten voimakkuus ja uudistettavan puulajin valinta ovat olleet laskelmissa endogeenisesti ratkeavia yksityiskohtia. Sen sijaan metsänhoito- ja ojitustoimenpiteet on simuloitu pakollisiksi, jolloin ne ovat optimoinnissa eksogeenisesti ohjattuja. Endogeenisen päättelyn laajempaa käyttöönottoa ovat hidastaneet käytettävissä olevat metsävaratiedot, metsien kehitysprosesseja kuvaavien mallien puuttuminen, käytettävissä olleiden mallien ominaisuudet, toimenpiteiden metsikkökohtaista käyppyyttä simuloinnissa kuvaavat karkeahkot säännöt, laskelmien tekijöiden ammattitaito ja metsämattilaisten mieltyminen eksogeenisesti ohjeistettuun toimintaan laskentakapasiteetin rajallisuuden ohella.

7 Endogeeniseen päättelyyn sovellettavat tiedot ja mallit

Tietoon perustuvassa päättelyssä siihen käytettävät tiedot ja mallit ominaisuuksineen ja soveltamistapoineen määräävät päättelyn tulokset ja sen, mihin ongelmiin kulloisillakin tiedoilla on perusteltua hakea endogeenisesti ratkeavia vastauksia. Kaikki ongelmat ratkaisevia täydellisiä malleja ei liene mahdollista laatia, vaikka malleihin tiivistetty tietous endogeenisen päättelyn eilinehto. Endogeenisen päättelyn soveltaminen kuitenkin edellyttää, että metsien kehitys ennustetaan ja metsiköiden käsittely-kehitysvaihtoehdot kuvaavat metsien tulevat kehitysmahdollisuudet riittävän asianmukaisesti tarkasteltavaan ongelmaan nähden.

Endogeenisen toimenpiteiden valinnan on havaittu edellyttävän mm. yksityiskohtaista metsän kuvausta ja metsävaratietoja, kehityksen pitkän ajan ennustamiseen soveltuvia, kehitystä todenmukaisesti kuvaavia ja toimenpiteisiin reagoivia metsän kehitysmalleja sekä osaavan analyytikon. Tähänastisissa sovelluksissa onkin paljolti jouduttu keskittymään malleista aiheutuvien ongelmien välttelyyn ja laskelmia tul-

kittaessa pohtimaan, mitä yksityiskohtia voi pitää tuloksina ja mitkä ovat mallien virheitä tai niiden jossain toisessa yhteydessä ilmeneviä seurauksia. Menetelmien, lähtötietojen ja mallien puutteellinen tuntemus näyttää toisaalta vietelleen MELA-käyttäjiä perusteettomiin tarkasteluihin ja jopa pitämään antamiaan lähtöparametreja tai käyttämiensä mallien virheiksi helposti havaittavia ominaisuuksia tutkimustuloksina. Viime kädessä analyysin tekijän vastuulla ja ammattitaitoa on tuntea mallit, rajata niiden sovellusalue ja osata arvioida tulosten käyttökelpoisuus tieto tiedolta.

Endogeenisen päättelyn kattavuus- ja laatuvaatimukset siihen sovellettaville malleille ovat pelkästään kehitystä ennustavaa simulointia suuremmat, koska mallien sekä puuttuminen että ominaisuudet esimerkiksi laadinta-aineiston ulkopuolella saattavat heijastua valintatulokseen. Alue-metsikköoptimointi valikoi käsittelyvaihtoehtot niiden asiallisesta vertailukelpoisuudesta riippumatta, jolloin mallien jossain ositteessakin esiintyvät ali- ja yliarviot voivat vääristää toimenpiteiden päättelyn ja kasautua harhaisiksi aluetuloksiksi. Esimerkiksi tuhoista ja puuston ikääntymisestä aiheutuvan luonnonpoistuman aliarviointi simuloinnissa liioittelee metsien vanhaksi kasvattamisen edullisuutta ja vähättelee metsien uudistamisen merkitystä. Äkillisesti tiheyteen reagoiva luonnonpoistumamalli puolestaan yliarvioi harvennuskertymän ja kokonaistuotoksen, kun puusto on edullisempaa harventaa ennen luonnonpoistumakynnyksen saavuttamista. Nettotuotoksen puulajeittaiset suhteet eri kasvupaikoilla vaikuttavat uudistettavan puulajin valintaan. Vesitalouden muuttumisen ja siitä aiheutuvan puuston kuolemisenkin puuttuminen ojitettujen soiden simuloinnista mitätöi kunnostusojitustarpeen endogeenisen päättelyn. Teknisen laadun vaikutuksen puuston arvoon huomiotta jättäminen suosii suurimman tilavuuskasvun tuottavia vaihtoehtoja. Nuorten metsien kehitysnopeuden yliarviointi kiirehtii vanhojen metsien uudistamista ja liioittelee kokonaistuotosta. Toimenpiteisiin reagoimattomat varhaiskehitysmallit samoin kuin tiheyden vaikutuksia aliarvioivat kasvumallit vähättelevät hoitotoimenpiteiden merkitystä. “Todennäköisen kehityksen” eksogeenisesti ohjattu simulointi pysynee vaihtoehtojen vertailua helpommin kehitysmallien laadinta-aineiston alueella. - Endogeenista toimenpiteiden päättelyä voi ja tulisi hyödyntää kehitysmallien arviointiperusteena seuraamalla, syntykö todellisissa analyysitehtävissä simuloinnista metsien kehityksen tunnettuja lainalaisuuksia vastaavia kehityssarjoja ja valitaanko optimoinnissa metsiköille tavoitteisiin nähden perustelluja toimenpide-ehdotuksia.

Endogeeninen päättely optimoinnissa perustuu yksinomaan siinä eksplisiittisesti läsnä olevaan tietoon, kuten metsävaratietoihin, metsän uudistumista ja puuston kehitystä kuvaaviin malleihin, talousmalleihin, vaihtoehtoihin toimenpiteisiin ja ratkaisuilta vaadittaviin ehtoihin. Metsävaratiedot metsien lähtötilan ja mallit sen kehityksen kuvauksena ovat laskennallisen synteessin raaka-aine, josta tulokset syntyvät. Laskelmatuloksiin mahdollisesti vaikuttavien tietojen ja mallien kattavuus, laatu ja ominaisuudet - siltä osin kuin metsät ja niiden kehitys kyetään kuvaamaan, mallittamaan ja sisällyttämään optimointiin - rajaavat lopulta toimenpiteiden endogeenisen päättelyn soveltamisen analyysissa.

Metsän kehitystä kuvaavien mallien samoin kuin suunnittelutyökalun käyttökelpoisuuden mitta on kyky ennustaa metsien tulevaa kehitystä kiinnostavien tuotosten osalta eli tuottaa toteutuvaa kehitystä jäljitteleviä vaihtoehtoisia käsittelykehityssarjoja. Puuntuotantomahdollisuuksien arvioinnin ja metsien käsittelyn kannalta olennaisimpia tunnuslukuja ovat kokonaistuotos ositteinen (brutto- ja netto- tuotos, luonnonpoistuma) sekä niiden ajallinen jakauma ja sen jakautuminen puiden

kesken eri käsittelyvaihtoehdoissa. Endogeenisessä päättelyssä toimenpiteet (harvennukset, kiertoaika jne.) ratkeavat mm. mallien käsittelyjen seurauksena ennustaman nettotuotoksen ohjaamina. Kun esimerkiksi harvennushakkuut halutaan endogeeniseen päättelyyn, metsän kehitystä kuvaavaan malliperheeseen tarvitaan muuten luonnonpoistumaksi muuttuvan puuston harvennushakkuissa talteen ottamisen vaikutus nettotuotokseen.

Metsien kehitystä mallitettaessa ja metsien kehitystä ennustettaessa siihen nojaavassa käytön suunnittelussa kannattaa huomata, että kaikki tulevaisuutta koskeva on luonteeltaan oletusta. Myös metsien kehitysmallit ovat tulevaisuutta koskevia oletuksia laadintamenetelmästä ja aineistosta riippumatta niin kauan kuin tulevaisuudesta ei voi tehdä havaintoja. Mitä ei tiedetä, se on oletettava.

Patistaako kehitysmallien oletusluonteen ymmärtäminen myös tarkistamaan metsien kehityksen mallinnuksen, mallinnusmenetelmien valinnan ja aineistojen käytön perusteet? Millaisia aineistoja on mahdollista hankkia? Miten voi mallintaa metsien koko kehityksen olennaisine ilmiöineen ja lainalaisuuksineen saatavissa olevista aineistoista sekä nykytilaa ja menneisyyttä kuvaavasta tutkimustiedosta? Mistä saadaan metsien pitkän ajan puuntuotoksen analyysi- ja suunnittelukäytössä ennustavat kehitysmallit, jos ei yksin aineistoista? Mallinnusotteen tarkistamista perustelee minusta tähänastisten mallinnustulosten lisäksi se, että kattavan aineiston hankinta pelkästään aineistolähtöiseen mallinnukseen vaikuttaa mahdottomalta mm. metsien hitaan kehityksen, kasvutekijöiden ja kasvun ajallisen vaihtelun, käsittelyn muutosten sekä käsittelyn tyypistämien nykyisten metsäjakaumien takia.

8 Endogeeninen päättely ja toteutuvan kehityksen ennustaminen

Metsien käsittelyn endogeenisen päättelyn luonteenomaisia sovelluskohteita ovat mahdollisuuksien kartoitus ja tavoitteita tehokkaasti toteuttavien keinojen haku. Toteutuvan kehityksen ennustaminen ei ole sama analyysitehtävä.

Endogeenisen päättelyn tulokset ovat laskelmissa tehtyjen oletusten suhteen ehdollisia ennusteita, joita ei yleensä ole edes tarkoitettu toteutuvan kehityksen ennustuksiksi. Keskeisimpiä oletuksia ovat metsien tulevaa kehitystä kuvaavat kehitysmallit ja toimenpiteiden tai metsän tilan tavoitteellinen ohjaus optimointitehtävän määrittelemällä tavalla.

Endogeeninen päättely antaa tulevaisuudesta optimistisen kuvan, jos ei erota mahdollisia ja toteutuvaa kehitystä käsitteinä toisistaan. Metsien toteutuva käyttö ja kehitys todennäköisesti eroavat endogeenisen päättelyn tuloksesta, elleivät toimijat pyri sitä erityisesti toteuttamaan. Todelliset hakkuut esimerkiksi poikkeavat rakenteeltaan ja kohdistuvat eri tavoin kasvaviin metsiin kuin laskelmissa on oletettu. Tuhot ja luonnonpoistuma esiintyvät usein keskimääräisoletuksista poikkeavalla tavalla. Jos metsien todelliset hakkuut kohdistuvat optimiratkaisussa oletettua parempikasvuisiin metsiin, laskelmatulokset yliarvioivat hakkuumahdollisuuksia. Samoin mallien harhat kasautuvat optimoinnissa tulosten ali- tai yliarvioiksi. Ennakoimaton kehitys pakottaa tarkistamaan suunnitelmien yksityiskohtia yhä uudelleen. Tästä syystä todellisen kehityksen ja toiminnan seuranta kuuluu osana jatkuvaan iteratiiviseen analyysi- ja suunnitteluprosessiin metsien kehitystä ohjattaessa.

Mahdollisen ja “todennäköisesti” toteutuvan kehityksen erotuksella on monta tulkintaa mallien mahdollisten virheiden lisäksi. Tilanteesta ja näkökulmasta riippuen erotus osoittaa esimerkiksi käyttämättömiä voimavaroja, toiminnan laajentamis- tai tehostamismahdollisuuksia, metsäpolitiikan tarkistamistarvetta, hallinnollisten järjestelyjen kustannuksia tai yhteistoiminnan etuja.

9 Endogeenisen päättelyn kehityssuuntia ja haasteita MELA:ssa

Metsänhoidon ajankohtaiset intensiivisyyspohdiskelut kiirehtivät metsänhoitovalintojen endogenisoitua laskelmissa ja niiden perustaksi tarvittavien metsien uudistumis- ja varhaiskehitystietouden käyttöön saantia. Olennaista täydennystä endogeenisiin analyyseihin odotetaan myös mm. puunkorjuunäkökohtien, metsän eri tuotteiden ja laskelmiin liittyvien epävarmuuksien mukaanotosta. Tuhojen, luonnonpoistuman, puutavaran teknisen laadun ja soiden vesitalouden kaltaisten yksityiskohtien simuloimien nykyiset puutteellisuudet tai kokonaan puuttuminen saattavat vääristää metsien käsittelyn endogeenista päättelyä. Puuaineen käyttömahdollisuuksien havainnollistamiseen tarvittaisiin tukki- ja kuitupuuksi jakoa yksityiskohtaisempia tietoja rungon osista. Tiedot metsänomistuksesta ja -omistajista, kuten tavoitteista, puunmyyntikäyttyymisestä, käsittelyaikomuksista ja omistuksen ajallisesta kehityksestä voisivat olla alkuna puuntarjontapotentiaalin havainnollistamiselle ja kenties myös tarjonnan ennakoinnille muun synteessin osana.

Synteesityökalujen strategisia kehitysaskelia ovat mm. endogeenisen analyysin ulottaminen metsänhoitoon, tuotteiden siirtoon tienvarresta käyttöpisteisiin ja metsän eri käyttömuotoihin. Metsänhoito-, korjuu- ja kaukokuljetuskustannusten tarkemman kuvauksen ja huomioon oton optimoinnissa avulla ekonomian ja ekologian sopii odottaa kohtaavan toisiaan täydentävällä tavalla. Taloustieteilijät korostavat endogeenisesti ratkevien puun hintojen merkitystä. Metsäluonnon monimuotoisuuden, virkistysmahdollisuuksien ja pienpiirteisen käsittelyn huomioon ottaminen puolestaan edellyttäne alueellisesti kattavien ja yksityiskohtaisten metsävaratietojen lisäksi metsiköiden ja muiden kohteiden sijainnin sekä keskinäisten vuorovaikutusten kuvausta ja käsittelyä optimoinnissa. Metsätalouden tavoitteista johdettu ja eri alueitasojen tavoitteet huomioon ottava käsittelykuvioiden endogeeninen rajausta optimoinnissa lienee keino metsien spatiaalisen rakenteen ajalliselle ohjaukselle esimerkiksi metsäluonnon monimuotoisuuden ja elinympäristöjen ylläpitoa tavoiteltaessa. Siirtyminen “eksogeenisestä kuviometsätaloudesta” dynaamiseen endogeeniseen käsittelykuviointiin samoin kuin metsien allokointi optimoinnissa rinnakkaisten ja päällekkäisten käyttömuotojen kesken vaikuttavat ratkeavilta, mutta käytännössä vielä pitemmän tähtäyksen haasteilta.

Synteesivälineenä MELA tarjoaa kehikon metsien käsittelyn endogeenista päättelyä soveltaville tehtäville ja niiden edellyttämien tietojen mukanaolulle yhdessä muiden päätöksiin vaikuttavien tekijöiden ja vuorovaikutuksien kanssa. Vastaavasti MELA tai sen seuraajat voisivat toimia metsätaloutta laajempien mallien metsätaloustuotannon endogeenisesti ratkaisevana osana.

10 Kokemuksia toimenpiteiden endogeenisesta päättelystä

Päättelyketju puuntuotannon tavoitteista niitä vastaavaan metsien käsittelyyn toimii MELA:ssa laajoissakin synteositehtävissä - käytettävissä olevan mallimuotoisen tietouden rajoissa. Yhdennetty alue- ja metsikköoptimointi on osoittautunut ylivoimaiseksi menetelmäksi monia samakertaisia ehtoja tehokkaasti täyttävien ratkaisujen hakemiseen. Mahdollisuus keskinäisten vuorovaikutusten huomioon ottamiseen puolestaan rohkaisee yhdentämään aikaisemmin erillisiksi miellettyjä suunnittelutasoja.

Endogeeninen toimenpiteiden päättely alue-metsikköoptimoinnissa valikoi tehokkaan käsittelyn metsiköille metsätaloudelle asetetuista tavoitteista. Tämä mahdollistaa metsien tuotannon ja kehityksen tavoitteellisen ohjauksen sekä useisiin tavoitteisiin, kuten tuleviin tarpeisiin varautumiseen ja metsätalouden kestävyyyteen pyrkimiseen. Endogeeninen toimenpiteiden päättely myös avartaa ja monipuolistaa käsitystä metsätalouden harjoittamisesta.

- Endogeeninen toimenpiteiden päättelyyn perustuva tilannekohtainen analyysi operationalisoi metsäalueen hallinnan, metsien kehityksen ohjattavuuden ja toiminnan sopeuttamisen tavoitteisiin monitavoitteisessa päätöksenteossa.
- Endogeeninen toimenpiteiden päättely konkretisoi metsien kehityksen ehdollisesti avoimen luonteen ja toimenpiteillä ohjattavuuden seurauksineen. Ei ole vain yhtä toimenpiteistä riippumatta ennustettavaa metsien kehitystä, vaan eriaikaisten tulevien toimenpiteiden määrittelemät mahdolliset kehitykset ovat metsien käytön ja sen suunnittelun lähtökohta. Ohjaamattomilta osiltaan kehitys puolestaan johdtaa enemmän tai vähemmän sattumanvaraiseen tulokseen.
- Metsien käsittelyn endogeenisen päättelyn ansiosta metsätalous ja metsänhoito muuttuvat päätöstilanteittain analysoitavaksi ja kiinnostavista näkökulmista jositeltavaksi. Tehokkuus toimenpiteiden valintakriteerinä selkeyttää vaihtoehtoisten tuotanto-ohjelmien vertailua suodattamalla niistä tavoitteisiin nähden epätarkoituksenmukaisten (vähemmän tehokkaiden) toimenpiteiden aiheuttamaa sattumanvaraisuutta. Metsikkötason toimintavaihtoehdot tarjoavat keinoja alueratkaisun ominaisuuksien tarkasteluun ja ympäristön kartoitukseen esimerkiksi marginaalianalyysin ja koejärjestelyjen avulla. Täsmällisemmän käsityksen päätöstilanteesta ja tehokkaiden ratkaisujen samoin kuin ratkaisujen tehokkaan löytämisen merkitys korostuu mm. analyysitehtävien kasvaessa ja monimutkaistuesssa keskenään ristiriitaisten tavoitteiden myötä, lähestyttäessä tuotantomahdollisuuksien rajoja ja tavoitteiden moninaistumisen vähentäessä aiemmin käytettävissä olleita metsävaroja ja toimintavapautta.
- Endogeenisen toimenpiteiden päättelyn edellytykset tarjoavat aiempaa yleisempiä näkökulmia ja perusteita metsänhoitoa koskevalle päätöksenteolle. Tällaisia tekijöitä ovat toimenpiteiden ja tavoitteiden eriyttäminen erillisinä yhdessä käsiteltäväksi, laskennalliseen käsittelyyn tarvittava tiedon laatu, ihmisharkintaa edellyttämättömien osatehtävien automatisointi, tavoitteiden ja mahdollisuuksien pohdinta, eksogeenisista tavoitteista johdettava toiminta ja vaihtoehtoisten met-

sikkö- ja aluetason toimintastrategioiden ajallinen vertailu lukuisien kriteerien avulla.

Endogeenisen päättelyn soveltaminen lisää tiedon laadun merkitystä, painottaa todellisuuden ja sitä kuvaavan tiedon eroa sekä ilmentää toimijan ja tiedon suhdetta. Tutkimuksen ja laskelmien rooli on tiedollinen - selvittää, havainnollistaa ja ennakoita mahdollisuuksia, rajoja, seurauksia, riippuvuuksia, keinoja, kehitystä eli tuottaa tietotukea toiminnan ja ohjauksen perusteiksi. Toimija päättää, toimii, vastaa päätöksistään - ja valitsee tietäjänsä.

11 Yksitavoitteisesta moniarvoiseen metsätalouteen

Minusta endogeenisessa toimenpiteiden päättelyssä ei ole kysymys vain aiempaa monipuolisemmasta metsätalouden analyysistä, vaan toiminnan päätösکوhtainen johtaminen tiedosta ja tavoitteista on etukäteisohjeistusta yleisempi ja osapuolten rooleja selkeyttävä malli metsätalouden, metsäntutkimuksen ja metsäammattin harjoittamiselle sekä niiden vuorovaikutukselle.

Ensinnäkin metsätalous - tehokkaan toiminnan suunnittelu yhtä ajankohtaa, useampia tavoitteita ja päällekkäisiä käyttömuotoja sekä muutamaa metsikköä laajemmin ylittää ihmisen päättelykyvyn. Sen sijaan metsätiedon ja tavoitteiden synteesi mahdollisuuksia ja seurauksia esimerkiksi MELA:n tapaan kartoittaen on toimiva tulevaisuuden samoin kuin monien tekijöiden yhteisvaikutusten hahmottamis- ja hallitsemismenetelmä. Tuskin liioittelen väittäessäni, että kestävän, monitavoitteisen ja tehokkaan metsätalouden harjoittamisen välttämätön edellytys on metsätaloustuotantoa sekä metsävarojen ajallista ja alueellista kehitystä jokaisessa päätöstilanteessa tavoitteisiin suhteuttava suunnittelu. Vasta metsien todellisen kehityksen seurannan ja metsien kehitystä mallintavan tutkimuksen tukema toistuva analyysi ja suunnittelu voivat tuottaa perusteet ohjata metsien käyttöä ja kehitystä metsävarojen sekä luonnonprosessien, talouden ja tarpeiden ennakoitavuuden sekä niiden epävarmuuksien puitteissa - varautua tulevaan ja sopeutua välttämättömään mahdollisen rajoissa.

Toiseksi metsäntutkimus - MELA:n kaltaiset endogeeniseen toimenpiteiden päättelyyn nojaavat synteesityökalut ovat tehokas keino siirtää ja levittää luonteeltaan yleiset tutkimustiedot suoraan metsätalouden päätöksentekoon palvelemaan toimija-kohtaisia tavoitteita. Tietoon perustuva endogeeninen toimenpiteiden valinta päätösکوhtaisessa synteessissä erottaa analyysin (tiedon tuotannon) ja synteessin (soveltamisen) erillisiksi työvaiheiksi. Metsiköittäisten toimenpidevaihtoehtojen ajallisen, alueellisen ja monitavoitteisen vertailun alkaessa toimia käytännön mitassa odotan metsätalouden asiantuntijatuon suuntautuvan toiminnan kaavamaisesta etukäteissuunnittelusta toimijalähtöisen päätöksenteon täsmätueksi. Metsien käsittelyn johtaminen toimijan omista tavoitteista endogeenisen päättelyn avulla tuulettaa metsälalle pesiityneen keskussuunnittelu- ja komentomallin kuin itsestään toimijavetoiseksi, toimintapäätökset ongelmalähtöisesti ja analyttisesti ratkaisevaksi yritystoiminnaksi.

Kolmanneksi metsäammatti - monimutkaisten ja ristiriitaisten päätöstilanteiden monitavoitteiseksi ja tehokkaaksi metsätaloudeksi sovittelun osaava asiantuntija on minun visioni metsäammattista - itseään varsinaisten toimijoiden päätösvaltaan, vastuusiin, tavoitteisiin ja niiden toteuttamiskeinoihin samaistamatta. Endogeeninen toi-

menpiteiden päättely korvaa silloin "keskimääräiset" eksogeeniset metsänhoito-ohjeet toimijoiden omilla, omiin tavoitteisiin perustuvilla tilannekohtaisilla päätöksillä. Perusteiltaan välillä jopa uskonvaraiseksi manipulaatioksi hämärtynyt metsänhoito osoittautuu tavoitteiden toteuttamiskeinona pitkäjänteiseksi taloudelliseksi toiminnaksi. Metsänhoidon perusteleminen toimijoiden omilla tavoitteilla ja niiden seurauksilla eri näkökulmista vapauttaa sen ideologisesta painolastista. Metsänhoidon viimeaikainen puolustelu vaihtuu osapuolia hyödyttäväksi vuorovaikutukseksi metsäosaamista ja -palveluja tarvitsevassa yhteiskunnassa - ja osoittaa taitajansa metsätalouden asiantuntijoiksi.

12 Entä lupauksen lunastaminen

Maan pinnalle palatakseni - metsien käsittelyn endogeeninen päättely on yleisen perustekniikan lisäksi toteutunut MELA:ssa vasta osittain, lähinnä hakkuutuvan ja sen ajankohdan valinnan suhteen. Endogeenisen päättelyn analyysivoima esimerkiksi eri tekijöiden ajallisten vaihtosuhteiden selvityksessä on vielä pitkälti hyödyntämättä. Sovelluksia ei ole ammennettu tyhjiin. Tutkimuskäyttöön valmistettujen tietotyökalujen tuotteistus ja metsien koko kehityksen kattava, järjestelmällinen tuotantomallinnus ovat vain osoittautuneet vaivalloisemmiksi tehtäviksi kuin vuosikymmen siten osattiin kuvitella. Metsätalouden päätöstilanteiden monimutkaistuminen ja monet tavoitteet samoin kuin maastotyön osuuden ilmeinen väheneminen metsävaratietojen ylläpidossa taas kertovat metsien käsittelyn endogeenisen ja automaattisen päättelyn sekä sitä palvelevien tietojen ja työkalujen tulevasta tarpeesta. Tietotarpeiden kehitysnäkyvät rohkaisevat tulkitsemaan tähänastiset vaikeudet haasteeksi.

Metsätalouden päätöstukeen tarvittavan tietouden tuotanto on minusta tutkimusyhteisön strateginen tehtävä ja vahvuus. Tutkijoiden osana on pitää terässä sisällöltään koko metsätaloustoiminnan kattava, metsätalouden harjoittajien monitavoitteisen toiminnan ohjaukseen kelpaava metsätietous ja mallit päätöksenteon edellyttämällä yksityiskohtaisuudella. Kuka muu kuin tutkimusyhteisö siitä edes voisi huolehtia?

Endogeenisen toimenpiteiden päättelyn perustuminen käytössä olevaan tietoon näyttää laatukriteerinä asettavan päätöksentekoon sovellettaville tutkimustuloksille ja tietotuotteille sisällön suhteen suuremmat kattavuus-, yhteensopivuus- ja validointivaatimukset kuin tutkijat ovat toistensa töitä ja niiden muodollista, menetelmällistä tieteellisyyttä keskenään arvioidessaan tottuneet. Järjestelmällinen tuotantomallinnus ja asiakkaiden tarpeet tutkimuksen motiivina koettelevat epäilemättä mielellään omillaan omiaan puurtavien tutkijoiden osaamista, sopeutumiskykyä, vuorovaikutustaitoja ja verkostoitumishalua.

Uusien lähestymistapojen, menetelmien ja tulosten omaksuminen oman toiminnan tueksi haastaa myös metsätalouden toimijat ja heidän koulutuksensa. Toiminnan johtamiseen tiedosta, tavoitteista ja toimintaympäristöstä tarvitaan uusien synteesityökalujen hyödyntämisen osaamista ja metsätalouden harjoittamisen perusteiden ymmärtämistä syvemmin kuin eksogeenisia ohjeita noudatettaessa. Vasta kiinnostus toiminnan tuloksesta ja analyysiosaaminen tuovat hyödyt tietotyökalusta - usein toivottu hakkuusuunnite napin painamisella riittää soveltamismalliksi siinä kuin tekstinkäsittelyjärjestelmän käynnistämisen osaaminen tekee käyttäjästään sujuvan kirjoittajan.

Uusien työkalujen käyttökynnystä saattaisi madaltaa esimerkiksi koetun osaamisen tuotteistaminen synteesityökaluun tavalla tai toisella liitettäväksi, jolloin analyytikko voisi keskittyä varsinaisen päätöstehtävänsä ratkaisemiseen. Käyttöliittymän nippeleiden naksuttelu ei kuitenkaan pelasta pintaliitäjää perusteiden tuntijaksi eikä korvaa ihmisen luovaa kykyä analyysissa, päätöksenteossa ja taloutta harjoitettassa.

Tutkijoiden kelvannee Turingin konetta mukaillen pitää endogeenisen toimenpiteiden päättelyn välitavoitteena sitä, että ammattihenkilöt eivät kykene laskennallisia analyysituloksia perustellumpiin metsiköiden toimenpide-ehdotuksiin ja niiden seurausnusteluihin. Onnistumisen kriteeriksi sopii - sen lisäksi että analyytikko kehtaa esittää tulokset - kun toimijat itse vaativat endogeenista käsittelyanalyysia päätösten- sä tueksi havaittuaan selvityskustannuksia suuremmat hyödyt - mitä metsistä sitten tavoittelevatkin.

Kehityksen suunnasta ei minusta voi olla epäilystä. Metsätalouden eksogeeninen ohjeistus vaihtuu endogeeniseen lähestymistapaan kuin huomaamatta tietojen, menetelmien ja analyysien kohentuessa siellä, missä käsityksellä toiminnan mahdollisuuksista, seurauksista ja tehokkuudesta on osuutta metsätaloutta koskeviin päätöksiin. Muutoksen nopeutta ja yksityiskohtia on vaikeampi ennakoita. Varmaa vain on, että tietotyökalut ja niissä tarvittavat mallit eivät toteudu tekemättä, ilman omistautuneiden tekijöiden osaamista ja lujaa yhteistä tahtoa.

Kirjallisuus

- Kilkki, P. & Siitonen, M. 1976. Principles of a forest information system. XVI IUFRO World Congress, Division IV, Proceedings:154-163.
- Kilkki, P. 1987. Timber management planning. 2nd edition. Silva Carelica 5.
- Lappi, J. 1992. A linear programming package for management planning. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 414.
- Siitonen, M., Härkönen, K., Hirvelä, H., Jämsä, J., Kilpeläinen, H., Salminen, O. & Teuri, M. 1996. MELA Handbook 1996 Edition. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 622.

MELA metsäyhtiössä - integroidun puunhankinnan ja metsien hoidon suunnittelun näkökulma

Janne Soimasuo

1 MELAn käyttö Metsämannut Oy:ssä

MELA-ohjelmistoa on käytetty Metsämannut Oy:ssä Metsäliitto-Yhtymän metsien käsittelyssä pääosin kahteen eri tarkoitukseen: 1) strategisen suunnittelun apuvälineenä ja 2) kuvioittaisen inventoinnin tietojärjestelmien puusto- ja toimenpidetietojen laskemiseen ja ennustamiseen.

Strategisessa suunnittelussa ohjelmiston avulla on laskettu pitkän aikavälin vaihtoehtoisia puuntuotantomahdollisuuksia pääosin kestävyuden periaatteiden mukaisesti.

MELAn tarkoituksena on ollut ennustaa metsän kehitystä ja muuttaa metsällinen tietämys päätöksentekijälle ymmärrettävämpään muotoon markoiksi ja kuutioiksi. Kuviotietokannan ylläpidossa MELAa on käytetty lähinnä puustotietojen päivitykseen ja hakkuuehdotusten tekemiseen. Metsänhoitotoimenpiteet saadaan edelleen maastokäynnin perusteella.

Tietokonekapasiteetin kehitys on mahdollistanut MELAn käytön entistä monipuolisemmin erilaisissa analyyseissä ja selvityksissä, jolloin sitä voidaan käyttää päätöksentekijän tukijärjestelmänä analysoitaessa lyhytaikaisten toimintapoikkeamien vaihtokutsia.

2 Omien metsien rooli

Omien metsien osuus on Metsäliitto-Yhtymässä koko puunhankinnasta marginaalinen, vain n. 1-2 %. Teollisuuden omissa metsissä metsän kasvatuksen tavoite ei välttämättä ole mahdollisimman paras kasvu tai kantorahatulo, vaan jatkojalostukseen sopivan puutavaralajijakauman tuottaminen. Metsänkasvatusta voidaan yrittää painottaa siten, että yksityismetsistä saatavan kertymän puutteita voidaan korjata tavoitepuuston avulla. Tavoitepuuston kasvattaminen saattaa vaatia uusien jalostusarvon huomioon ottavien kasvatusmallien kehittämistä.

Omat metsät toimivat myös erilaisten häiriötekijöiden puskurina, jolloin niiden merkitys on huomattavasti suurempi kuin osuus hankittavasta puumäärästä antaisi olettaa. Tällaisia häiriötilanteita ovat mm. puumarkkinatilanne, keliolosuhteet, äkillinen tietyn puutavaralajin tarve. Joskus nämä erikoitilanteet ovat ennakoitavissa jopa vuosia etukäteen: Esimerkiksi tuleva pinta-alaverotuksen loppuminen saattaa aiheuttaa häiriötilanteen puukaupassa, johon pitää varautua myös omien metsien käytössä.

3 Puunhankinta ja metsäsuunnittelu

Metsäsuunnittelun linkki puunhankinnan operatiiviseen toimintaan on tarjota päätöksentekijälle tietoa toimintaan vaikuttavista tekijöistä ja antaa arvioita toiminnan aiheuttamista seurauksista.

MELAn käyttö analyysityökaluna

Seuraavassa on lueteltu erilaisia käytännön ongelmatilanteita, joihin MELAlla voidaan antaa vastauksia päätöksentekijälle.

1. MELAn avulla voidaan suorittaa MITÄ-JOS-tyyppisiä analyysejä:
 - Mitä tapahtuu, jos tänä vuonna hakataan 3 vuoden kestävä hakkuukertymä ?
 - Mitä tapahtuu, jos ensiharvennukset lykätään 15 metrin keskipituuteen?
 - Mitä hakkuukertymälle tapahtuu, jos avohakkuista luovutaan ?
 - Kuinka pitkään omista metsistä voidaan turvata puuhoito ?
2. Pyritään täyttämään puunhankinnan pitkän aikavälin tarpeet hoitamalla metsiä sellaisten kasvatusketjujen avulla, että tavoitteet saavutetaan.
 - Kuinka maksimoidaan kuusitukin määrä vuonna 2006 ja miten se vaikuttaa hakkuukertymään ja metsän kuntoon ennen sitä ?
 - Kuinka minimoidaan mänty- ja koivuharvennuspuun määrä ?
 - Missä vaiheessa kannattaa koivuylispuusto poistaa kuusikon päältä ?
3. Hakkuukohteiden etsiminen ja priorisointi
 - Mistä kohteista kannattaa korjata sovittu hakkuukiintiö ?
 - Kuinka paljon löytyy tarvittavaa puutavaralajia ?
 - Mitkä metsiköt kannattaa jättää ensimmäiseksi lepokuvioiksi ?
 - Mistä löytyy yli 40 cm läpimittaista kuusitukkia vuonna 2002 ja kuinka paljon ? -> erikoispuutavaralajien tarkempi hyödyntäminen

Laskelmiin voidaan ottaa lähtöaineistoksi kuviotietojärjestelmästä vain haluttu osajoukko, esimerkiksi uudistuskypsät kuusikot, joiden joukosta MELAn avulla tehdään hakkuujärjestyksen priorisointi.

4. Resurssien hankinnassa arvioitavat tulevaisuuden tarpeet:
 - ensiharvennusten arvioitu määrä seuraavana 5-vuotiskautena
 - päätehakkuukoivikoiden määrä
 - turvemaakohteiden osuus
 - kuusiharvennusten osuus

MELAn tulos on analyysimielessä usein riittävän tarkka, jotta sen avulla voidaan tehdä johtopäätöksiä eri toiminnan seurauksista. Analyyseissä on enemmänkin tarve saada suuruusluokka tai kehityksen suunta selville kuin tarkka numeerinen arvio kehityksestä.

4 MELAn kehitystarpeet

Ohessa on listattu kehitystapeita, jotka ovat tulleet esille käytettäessä MELAa analysointivälineenä:

1. Eri metsänhoitotoimenpiteiden vaikutusten parempi mallintaminen; auttaisi vaihtoehtoisten kasvatusketjujen etsinnässä.
2. Eri puutavaralajien parempi mallittaminen :
 - pikkutukki, tyvitukki, kuitupuu, energiapuu
 - jalostusarvo
3. Uusien puulajien kasvumallit (mm. hybridihaapa)
4. Tuhkalannoituksen ja energiapuun keräämisen vaikutukset puuntuotantoon (ja luontoon)
5. Kuvioittainen puustotietojen kuvauksen aiheuttamat ongelmat:
 - puusto usein ryhmittäinen
 - keskimääräistä tallennettua puustoa ei ole missään oikeasti kuviolla: harha malleihin ?

Mitä metsän hoidon ja käytön ryhmäsuunnittelu voisi olla ?

Jouni Pykäläinen, Timo Pukkala ja Mikko Kurttila

1 Johdanto

Metsäsuunnittelun tarkoituksena on tuottaa suunnitelma, joka täyttää suunnittelualueen metsien hoitoa ja käyttöä koskevat tavoitteet optimaalisesti (esim. Pukkala & Kangas 1993). Yksityismetsätaloudessa tavoitteet asettaa tyypillisesti metsänomistaja.

Aina ei ole oikein tarkastella suunnitelmavaihtoehtoja ainoastaan yhden henkilön tavoitteiden valossa. Esimerkiksi perikunnissa, metsäyhtymissä, yhteismetsissä, yksityismetsien aluesuunnittelussa ja osallistavassa suunnittelussa päätöksentekijöitä on useita, jolloin parempaan tulokseen päästään *ryhmäsuunnittelulla*. Tällöin suunnitteluun sisällytetään usean osapuolen tavoitteet ja tuotetaan kaikkien osapuolten kannalta mahdollisimman hyvä suunnitelma.

Monitavoitteisuus on tyypillinen ryhmäsuunnittelun ominaisuus. Eri osapuolilla on erilaiset tavoitteet, jotka on kyettävä sisällyttämään suunnitteluun. Tällainen suunnittelu vaatii tuekseen päätöstukijärjestelmää, jota voidaan käyttää vuorovaikuttavasti yhteisessä suunnitteluistunnossa.

Osallistavasta suunnittelusta ryhmäsuunnittelu eroaa siten, että ryhmäsuunnittelussa joukko päättäjiä laatii tai valitsee suunnitelman yhteisissä suunnitteluistunnoissa. Ryhmäsuunnittelu voi olla osallistavan suunnittelun yksi vaihe, jolloin istuntoon otavat osaa eri intressitahojen edustajat. Tuloksena voi tällöin olla joukko suunnitelmaehdokkaita, jotka annetaan laajemman osallistujakunnan arvioitaviksi.

Tehokkaassa ryhmäsuunnitteluistunnossa päättäjiä voi olla yleensä vain muutama, joskin hyvin toteutetun tietojärjestelmän avulla päättäjien lukumäärä voidaan suurentaa jopa muutamaankymmeneen. Olennaista on, että kukin osallistuja voi saattaa oman näkemyksensä muiden tietoon ilman viivettä, ja tämä näkemys myös vaikuttaa lopputulokseen.

Tämä artikkeli on katsaus ryhmäsuunnittelun kehittämiseen. Artikkelissa käsitellään ryhmäsuunnittelujärjestelmien ominaisuuksia, ryhmäsuunnittelun malleja ja ryhmäsuunnitteluun liittyviä tutkimustarpeita.

2 Ryhmäsuunnittelujärjestelmät

Metsäsuunnittelun tehtävä on tukea metsiin liittyvää päätöksentekoa. Suomessa päätöstuki tarjotaan erilaisten tietokonejärjestelmien avulla, joita voidaan yhteisellä nimellä kutsua informaatiojärjestelmiksi. Metsäsuunnittelun informaatiojärjestelmien evoluutio kohti ryhmäsuunnittelujärjestelmiä voidaan kirjoittaa seuraavasti:

- 1 Tietokantajärjestelmät (Data Base Management Systems, DBMS)
- 2 Liikkeenjohdon informaatiojärjestelmät (MIS)
- 3 Suunnittelujärjestelmät (Planning Systems, PS)
- 4 Päätöstukijärjestelmät (DSS)
- 5 Ryhmäpäättöksenteon tukijärjestelmät (GDSS)

Kaikkia näitä voidaan käyttää metsällisen päätöksenteon tukemiseen. Toistaiseksi käytetään eniten luokkiin 1 (DBMS) ja 2 (MIS) luettavia järjestelmiä. Tutkimus on tosin tuottanut jo 1970-luvulta lähtien suunnittelujärjestelmiksi luokiteltavia systeemejä, ja myös päätöstukijärjestelmien kehittämiseksi on tehty jonkin verran työtä. Tyypillisesti uusi tai edistyneempi järjestelmä on vanhan tai vanhanaikaisemman järjestelmä laajennus; se sisältää entiset toiminnot, mutta myös jotain uutta.

Tietokantajärjestelmillä voidaan tehdä yhteenvetoja ja tulostuksia tietokannan tiedoista. Informaatiojärjestelmät antavat jalostetumpaa tietoa; niillä voidaan tehdä seikkaperäisempiä laskelmia ja esim. mitä - jos -kysymyksiä ja tällä tavoin ennustaa päätösvaihtoehtojen seurauksia. Metsäsuunnittelussa tietokantajärjestelmän ja MIS:n erottaa tyypillisesti se, että MIS:ssä on mukana ennustamisen mahdollisuus eli mahdollisuus simuloida metsän tulevaa kehitystä. Näihin päiviin saakka yksityismetsätalouden käytössä olleen TASO-systeemin voitaneen katsoa vastaavan liikkeenjohdon informaatiojärjestelmää. Suunnittelujärjestelmän erottaa liikkeenjohdon informaatiojärjestelmästä se, että jälkimmäisessä ei käytetä pelkästään yrityksen ja erehdyksen tietä mitä - jos -kysymysten muodossa, vaan paras päätösvaihtoehto haetaan systemaattisen numeerisen analyysin avulla. Päätösongelmasta muodostetaan tapauskohtainen malli, joka ratkaistaan. Tällaisen menetelmän soveltamista kutsutaan tieteelliseksi liikkeenjohdoksi. Ratkaisumenetelminä käytetään operaatioanalyysin menetelmiä ja heuristiikkoja. Tapauskohtainen malli, ns. suunnittelumalli, riippuu siitä, mikä ratkaisumenetelmä sopii ongelmatilanteeseen ja on valittu käyttöön. Metsäntutkimuslaitoksen MELA-ohjelmisto (Siitonen ym. 1996) on tyypillinen suunnittelujärjestelmä. Myös metsäkeskusten uusi järjestelmä, SOLMU, kuuluu suunnittelujärjestelmien luokkaan, tosin sitä käytetään vanhasta tottumuksesta samaan tapaan kuin TASO-järjestelmää.

Päätöksenteon tukijärjestelmä eroaa suunnittelujärjestelmästä mm. siinä, että se sisältää tekniikoita, joilla päätöksentekijän preferenssejä voidaan mitata. Lisäksi preferenssien vaikutusta suunnitelman valintaan voidaan analysoida. Tavoitteena on selvittää preferenssejä ja opastaa ratkaisuun, joka parhaiten vastaa preferenssejä. Preferensseillä tarkoitetaan mm. tavoitteita, tulevaisuuden odotuksia ja päättäjän suhtautumista riskiin ja epävarmuuteen. Päätöstukijärjestelmän tyyppiominaisuus on herkkyysoanalyysien teon helppous jopa niin, että kaikki laskenta on herkkyysoanalyysin taustalaskentaa. Tärkeä ero suunnittelujärjestelmään on myös siinä, kuka järjestelmää käyttää. Suunnittelujärjestelmää käyttää yleensä asiantuntija, jolloin sen on lupa olla vaikeaselkoinen ja mutkikas. Päätöksenteon tukijärjestelmää taas käyttää päätöksentekijä, jolloin ohjelmiston on oltava helpokäyttöinen ja käyttöliittymälleen selkeä ja yksinkertainen.

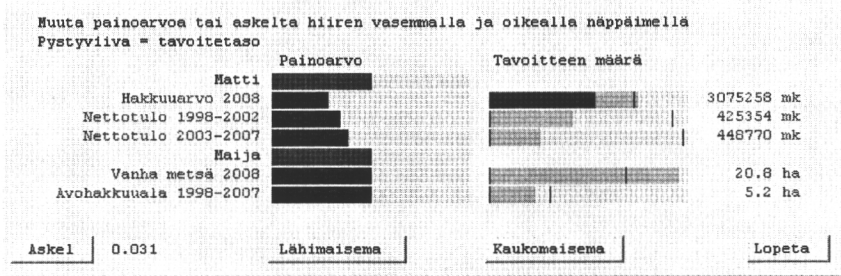
Ryhmäpäättöksenteon tukijärjestelmä (GDSS) eroaa yhden päättäjän tukijärjestelmästä siinä, että se tarjoaa tukea neuvotteluprosessille ja kompromissien haulle. Sen

avulla voidaan mm. tutkia, kuinka herkästi päätössuositus muuttuu, jos intressitahojen vaikutusmahdollisuudet (painoarvot) muuttuisivat. Tulevaisuuden ryhmäpäätöksenteon tukijärjestelmien ominaisuuksiin kuuluu myös päätöksentekoprosessiin osallistumisen helpottaminen tietoverkkoja hyödyntämällä.

Katsaus informaatiojärjestelmien yleiseen evoluutioon ja suomalaiseen metsäsuunnittelukäytäntöön osoittaa, että metsällinen päätöstuki tarjotaan Suomessa vanhanajaisiin järjestelmiin. Suunnittelussa ja päätöksenteossa käytettävät ohjelmistot saattavat sinänsä olla uusia ja monilta tietoteknisiltä ominaisuuksiltaan moderneja, mutta niitä juonittava ajattelutapa on yleisessä liikkeenjohtotieteessä jo aikaa sitten koettu vanhanaikaiseksi ja riittämättömäksi. Suomalaisen suunnittelukäytännön ja yleisen liikkeenjohtotieteen nykykäytännön ero voidaan selittää joko sillä, että suomalainen käytäntö on kehityksestä jäljessä tai sitten metsällinen päätöksenteko Suomessa on tilanteena niin erityyppinen kuin nyky-yhteiskunnan päätöksenteko yleensä, ettei se tarvitse tuekseen moderneja järjestelmiä. Jälkimmäinen selitys ei selvästikään ole uskottava.

Ryhmäsuunnittelujärjestelmän ydin on tietokoneohjelmisto, jonka osia ovat mm. tavanomaiset metsäsuunnittelusysteemin osat: tietojen hallinta, laskentasysteemi ja optimointisysteemi. Järjestelmä yhdistää päättäjien preferenssit ja laskentasysteemin tuottamat tiedot metsän tuotantomahdollisuuksista suunnittelumalliksi, joka ratkaistaan optimointialgoritmeilla. Jotta kokonaisuutta voitaisiin kutsua ryhmäpäätöksenteon tukijärjestelmäksi, sen on tuettava preferenssien muuntamista hahmottomattomista ilmauksista sellaiseksi kriteerimuuttujiksi, tavoitteiksi ja rajoitteiksi, jotka systeemin laskentajärjestelmä kykenee laskemaan. Lisäksi järjestelmän on oltava vuorovaikutteinen ja helpotajuinen, ja mahdollistettava usean henkilön osallistuminen suunnitteluistuntoon. Näiden ominaisuuksien saavuttamisessa käyttöliittymä on avainasemassa; nykyisiä laskenta- ja optimointimenetelmiä ei välttämättä tarvitse vaihtaa toisiksi. Käytännön sovelluksissa optimoitavan suunnittelumallin monimutkaisuus on kätkevä visuaalisen, vuorovaikutteisen ja helposti ymmärrettävän käyttöliittymän taakse (Pukkala 1997).

Varsinaisia ryhmäsuunnittelujärjestelmiä ei suomalaiseen metsäsuunnitteluun ole vielä tarjolla, joskin Monsu-ohjelmiston (Pukkala 1998) Hero-optimoinnissa ja sen käyttöliittymässä on joitakin ryhmäsuunnittelujärjestelmän piirteitä: päättäjiä voi olla useita, ja kukin päättäjä voi ilmaista omat tavoitteensa. Tavoitteet yhdistetään yhteiseksi hyötyfunktioiksi, jota maksimoidaan iteratiivisen, paikalliseen parannukseen perustuvan heuristisen optimointialgoritmin avulla. Käyttöliittymä on vuorovaikutteinen, jolloin sekä päättäjien painoarvoja että yksittäisen päättäjän tavoitteita voidaan muuttaa (kuva 1). Päättäjän tavoitteet voivat liittyä joko koko suunnittelualueeseen (esim. perikunnan suunnittelu) tai osa-alueeseen (esim. yksityismetsien alue-suunnittelu).



Kuva 1. Monsu-ohjelman vuorovaikuttaisen optimoinnin käyttöliittymä. Päättäjien ja tavoitteiden painoja voi muuttaa vasemmalla olevia vaakapylväitä venyttämällä tai lyhentämällä. Ohjelma hakee uuden optimiratkaisun jokaisen muutoksen jälkeen ja tulostaa sitä vastaavat tavoitteiden arvot dialogin oikeanpuoleiseen osaan. Kauko- ja lähimaisema –näppäinten kautta päästään tarkastelemaan tulevaisuuden metsään tietokonevisuaalisointina.

Varsinaisessa ryhmäsuunnittelujärjestelmässä kunkin päättäjän käytössä tulee olla oma tietokone tai pääte, jonka kautta hän voi ilmaista omat mielipiteensä niin, että toiset eivät tiedä, keneltä mielipide on peräisin. Päättäjän tulee voida nähdä omalta tietokoneeltaan itseään kiinnostavat tunnuksat (esim. oman tilansa hakkuumäärän), ja hänen tulee voida estää niiden tulon muiden tietoon. Kaikkien tulee toisaalta nähdä yhteiset tavoitteet. Ryhmäsuunnittelun tukijärjestelmän tulee lisäksi mahdollistaa aivoriihi, jonka avulla preferenssit muunnetaan muuttujiksi, jotka voidaan laittaa suunnittelumallin tavoitteiksi ja rajoitteiksi.

3 Ryhmäsuunnittelumallit

Ryhmäsuunnittelumalli sisältää eri osapuolten tavoitteet kuvaavan tavoitemallin ja suunnitelmavaihtoehdot. Suunnittelumallin ratkaiseminen tuottaa tavoitemallin arvon maksimoivan suunnitelman. Tavoitteiden määrittelyssä ei kuitenkaan onnistuta ensimmäisellä kerralla jos tavoitteet ovat selkiytymättömiä tai tavoitteiden ja tuotantomahdollisuuksien kytköksiä ei tunneta riittävän hyvin. Parhaimmillaan suunnittelumallia käytetäänkin vuorovaikuttaisesti (Pykäläinen 1998).

Ryhmäsuunnittelumalli muotoillaan optimointimenetelmän ehdoilla. Ryhmäsuunnitteluunkin sopivat perinteiset lineaarisen ohjelmoinnin (LP), tavoiteohjelmoinnin (GP) ja heuristiikkojen mallit. Matemaattisessa ohjelmoinnissa tavoitteiden kuvauksessa käytetään tavoite- ja rajoiteyhtälöitä (esim. Kangas & Pukkala 1992, Lappi 1992) ja heuristisessa optimoinnissa esim. hyötyfunktioita (Pukkala & Kangas 1993).

Myös suunnittelutilanne vaikuttaa ryhmäsuunnittelumallin muotoon. Suunniteltavana voi olla joko yksi yhteinen suunnittelualue (esim. perikunnat) tai useita osalualueita, jotka muodostavat suuremman kokonaisuuden (esim. aluesuunnittelu yksityismetsissä). Yhden yhteisen alueen tilanteessa voidaan muotoilla aluksi jokaiselle

osapuolelle oma mallinsa ja sen jälkeen yhdistää eri osapuolten mallit kokonaisuudeksi. Toinen vaihtoehto on muotoilla suoraan yhteinen suunnittelumalli.

Usean osa-alueen tapauksessa on kolme peruslähestymistapaa, joita voidaan käyttää yksinään tai vuorotellen. *Top-down* -suunnittelussa valitaan osa-alueittaiset suunnitelmat koko aluetta koskevien tavoitteiden ehdoilla. *Bottom-Up* -suunnittelussa puolestaan tuotetaan koko aluetta koskeva suunnitelma osa-alueiden ehdoilla. *Integroidussa* (top & bottom) suunnittelumallissa on yhtä aikaa sekä koko aluetta että osa-alueita koskevia tavoitteita.

4 Tarkastelu

Ryhmäsuunnittelulla on monia etuja, joita yhden päättäjän suunnittelu ei tarjoa. Ryhmäsuunnittelu mahdollistaa viisaammat päätökset kuin yhden päättäjän suunnittelu. Suunnittelun osapuolilla voi olla erityisasiantuntemusta, jota voidaan hyödyntää kaikkien eduksi. Ryhmätyönä suunnittelutilannetta ja suunnitteluun sisällytettäviä tavoitteita kyetään tarkastelemaan monipuolisesti.

Ryhmäsuunnittelussa metsien hoidon ja käytön sosiaalinen kestävyys voidaan ottaa huomioon osallistamalla osapuolet oikeudenmukaisesti suunnitteluun. Ryhmäsuunnittelu mahdollistaa maisematason näkökulman tuomisen mukaan myös yksityismetsien suunnitteluun. Tällöin voidaan saavuttaa niin taloudellisia, sosiaalisia kuin ekologisikiäkin skaalaetuja.

Hyvä ryhmäsuunnittelu auttaa välttämään konflikteja ja tarjoaa tukea niiden ratkaisuun. Suunnittelujärjestelmän rooli on tässä pyrkimyksessä keskeinen. Järjestelmän tulee esittää keskustelun kohteena oleva suunnitelma havainnollisella ja helposti ymmärrettävällä tavalla. Näin jokainen osapuoli voi seurata omien tavoitteidensa toteutumista tasavertaisesti.

Ryhmäsuunnittelulla yhteisomistustilat saadaan aidon suunnittelun piiriin. Esim. perikunnan osakkaat voivat osallistua yhteiseen suunnitteluiistuntoon, jossa tuotetaan kaikkien osakkaiden hyväksymä suunnitelma.

Ryhmäsuunnittelun tutkimus on metsäsuunnittelun saralla vasta alkutekijöissään. Joitakin useamman osapuolen osallistamiseen soveltuvia menetelmiä on esitetty (esim. Kangas ym. 1996), mutta suunnittelua ei toistaiseksi ole tutkittu kovinkaan paljoa käytännön sovellettavuuden näkökulmasta. Suunnittelumenetelmien ja päätöstukijärjestelmien kehittäminen ryhmäsuunnittelua varten onkin yksi keskeisiä metsäsuunnittelun kehittämiskohteita. Myös maisematason tavoitteiden kytkeminen metsäsuunnitteluun on yksityismetsien suunnittelun tutkimuksissa varsin uusi asia (Kurttila ym. 1999).

Ryhmäsuunnittelun menetelmille on nykyään selkeä tarve. Menetelmien liittäminen osaksi vuorovaikutteisia suunnittelujärjestelmiä on nykytekniikalla realistinen tavoite. Ryhmäsuunnittelun tutkimusaiheita ovat mm. ryhmäsuunnittelun sosiaalinen oikeudenmukaisuus, skaalaeduct yksityismetsien maisematason suunnittelussa, ryhmäsuunnittelujärjestelmien käyttöliittymien kehittäminen, tietoverkojen hyödyntäminen ja suunnittelun lähestymistavan valinta erilaisissa ryhmäsuunnittelutilanteissa.

Kirjallisuus

- Kangas, J. & Pukkala, T. 1992. A decision theoretic approach applied to goal programming of forest management. *Silva Fennica* 26(1):51-58.
- Kangas, J., Loikkanen, T., Pukkala, T. & Pykäläinen, J. 1996. A participatory approach to tactical forest planning. *Acta Forestalia Fennica* 251. 24 s.
- Kurttila, M., Kangas, A. & Kangas, J. 1999. Ekologinen informaatio metsäsuunnittelussa. Esitelmä. MELA -käyttäjäpäivä 11.5.1999.
- Lappi, J. 1992. JLP – a linear programming package for management planning. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 414. 134 s.
- Pukkala, T. 1998. MONSU-metsäsuunnitteluohjelma. Ohjelmiston toiminta ja käyttö. Joensuu. 63 s.
- Pukkala, T. 1997. The megatrends of forest planning. Teoksessa: Opas, L., Pelkonen, P., Ruusila, S. & Sihvo, H. (toim.). *Finnish Forests*. University of Joensuu. 87 – 98.
- Pukkala, T. & Kangas, J. 1993. A heuristic optimisation method for forest planning and decision making. *Scand. J. For. Res.* 8: 560-570.
- Pykäläinen, J. 1998. Vuorovaikutteiset tekniikat strategisessa ja taktisessa metsäsuunnittelussa. *Lisensiaattitutkielma*. Joensuun yliopisto. Metsätieteellinen tiedekunta.
- Siitonen, M., Härkönen, K., Hirvelä, H., Jämsä, J., Kilpeläinen, H., Salminen, O. & Teuri, M. 1996. MELA Handbook. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 622. 452 s.

Ekologinen informaatio metsäsuunnittelussa

Mikko Kurttila, Annika Kangas ja Jyrki Kangas

1 Johdanto

Metsäsuunnittelun alue-ekologisissa tarkasteluissa kiinnitetään erityistä huomiota suunnittelualueen eliöstön elinvoimaisuuden vaalimiseen. Suunnitteluprosessissa arvioidaan tällöin eliöiden habitaattitarpeita ja metsien käsittelyn vaikutuksia elinympäristöihin ja populaatioiden kehitykseen. Erityishuomion kohteena voivat olla muilla alueilla harvinaiset eliölajit. Ekologisten tavoitteiden huomioon ottaminen talouskäytössä olevissa metsissä johtaa monitavoitteiseen metsäsuunnitteluun. Parhaimmassa tapauksessa ekologinen informaatio pystytään tällöin sisällyttämään optimointilaskelmiin. Muussa tapauksessa voidaan käyttää muuta päätöstukea, esimerkiksi tuotettujen vaihtoehtoisten suunnitelmien vertailua eri tavoitteiden kannalta monitavoitteisten päätöstuen menetelmien avulla. Tässä kirjoituksessa keskitytään esittelemään erilaisen ekologisen informaation sisällyttämistä metsäsuunnittelun optimointilaskelmiin.

Alue-ekologisesta suunnittelusta voidaan erottaa kaksi lähtökohdiltaan erilaista lähestymistapaa: lajitason ja maisematason lähestymistavat. Yleisesti lajeja on huomattavasti enemmän kuin optimointilaskelmiin on mahdollista sisällyttää, joten lajitason lähestymistavassa keskitytään joihinkin erityisen tärkeisiin lajeihin, esimerkiksi uhanalaisiin lajeihin tai indikaattorilajeihin. Laskelmissa populaation koko, sen elinvoimaisuus tai sen vaatima elinympäristö voidaan ottaa metsäsuunnittelun tavoitteiksi tai rajoitteiksi. Lähestymistavassa olennaista on suunnittelualueen ekologisen potentiaalin ja alueella elinkykyisten harvinaisten lajien selvittäminen (esim. Mykrä & Kurki 1998).

Maisematason lähestymistavassa lajien elinvoimaisuutta tarkastellaan yleisemmällä tasolla. Siinä voidaan verrata esimerkiksi luonnontilassa olevan metsän ja talousmetsän rakennetta. Määritettyjen erojen perusteella voidaan asettaa tavoitteita metsien rakenteen muuttamiseksi siten, että alueen alkuperäisten eliölaajien olosuhteet parani- sivat tai etteivät ne ainakaan huononisi. Maisematason lähestymistapaa suosii yksittäisten lajien elinympäristövaatimuksia kuvaavan tiedon vähäinen määrä. Maisematason lähestymistapa ei kuitenkaan takaa minkään yksittäisen lajin menestystä, mutta se voi parantaa lajien menestymisen edellytyksiä keskimäärin. Molempia lähestymistapoja tarvitaan, ja tietyissä tilanteissa ehkä myös niiden yhtäaikaista soveltamista. Lähestymistapojen erot eivät välttämättä ole kovin suuria, sillä tiedon lisääntymässä on mahdollista tämentää maisematason tavoitteita tiettyjen lajien tarpeiden mukaisiksi.

Ekologinen informaatio voi kuvata lajien tarvitsemien resurssien määrää suunnittelualueella. Resurssien määrän lisäksi voidaan kiinnittää huomiota niiden spatiaaliseen sijoittumiseen. Resurssien spatiaalista jakautumista kuvaavia erilaisia tunnuksia on paljon ja niitä voidaan laskea yksittäisille metsiköille, tietyille metsikköluokalle

tai koko alueelle (esim. McGarigal & Marks 1994 ja Baskent & Jordan 1995). Metsikölle voidaan laskea esimerkiksi sen muotoa tai ns. ydinalueen pinta-alaa kuvaavia tunnuksia. Tarkasteltaville eliölajeille soveltuvat habitaatit tai habitaattiluokat rajaamalla voidaan laskea niitä ryhmänä kuvaavia tunnuslukuja, esimerkiksi tietyn habitaatin kokonaispinta-ala tai niiden yhteyksiä toisiinsa (connectivity). Koko alueen tasolla voidaan määrittää alueen heterogeenisyyttä kuvaavia tunnuksia, esimerkiksi tiettytyyppisten metsiköiden sijoittumista suhteessa muihin metsikötyyppeihin.

Koko alueen monimuotoisuutta kuvaavia indeksejä voidaan laskea myös tiettyjen lajien elinympäristövaatimuksia kuvaavien ns. minimitekijöiden määrän perusteella. Esimerkiksi Kankaan ja Pukkalan (1996) sovelluksessa biodiversiteetti operationalisoitiin jakamalla se metsikkö- ja metsälötasolla mitattavissa oleviin ei-spatiaalisiin komponentteihin (esim. lehtipuun tilavuus, vanhan metsän pinta-alan osuus ja kuolleeseen puun tilavuus). Eri komponenttien suhteellinen tärkeys määrittämällä muodostettiin biodiversiteetti-indeksi, joka voitiin sisällyttää yhdeksi tavoitemuuttujaksi metsäsuunnittelun optimointilaskelmaan. Indeksien laskennassa käytettäviä komponentteja sekä niiden tärkeyttä voi muuttaa alueelle ominaisten harvinaisten lajien tarpeiden mukaan. Kankaan & Pukkalan (1996) sekä Pukkalan ym. (1997) esittämien biodiversiteetti-indekseihin voitaisiin liittää myös spatiaalinen komponentti, esimerkiksi spatiaalinen autokorrelaatio. Se mittaa tietyn ominaisuuden suhteellista sijoittumista alueella ja voi siten kuvata esimerkiksi metsien pirstoutumista. Spatiaalinen autokorrelaatio voidaan laskea sekä jatkuville (esim. metsiköiden ikä) että diskreeteille muuttujille (esim. puulaji).

Yhteisenä ongelmana sisällyttää määrällistä ja spatiaalista ekologista informaatiota metsäsuunnittelun optimointilaskelmiin on vaikeus määrittää lajien tarpeita kuvaavat tunnuksat ja niiden vähimmäistasot. Mikäli nämä saadaan selvitettyä, resurssien määrään liittyvät tunnuksat eivät yleensä aiheuta optimoinnissa hankaluuksia; tosin epälineaaristen vaikutussuhteiden kuvaus ei onnistu kaikissa optimointimenetelmissä. Resurssien määrät on luonnollisesti mitattava ja niiden ajallista kehitystä on kyettävä ennustamaan. Spatiaalisten tavoitteiden on todettu olevan selvästi hankalampin sisällytettävissä optimointiin. Kansainvälinen tutkimus on kuitenkin ollut 90-luvulla vilkasta ja vuosikymmenen alussa kiinnostuksen kohteena olleista ns. naapurusrajoitteista, jotka kontrolloivat suurinta sallittua uudistamisalaa vierekkäisten kuviodien hakkuita rajoittamalla, on yhä enemmän siirrytty tiettyjen eliölajien habitaattitarpeita kuvaavien tai yleisempien maisematason spatiaalisten tavoitteiden käyttöön.

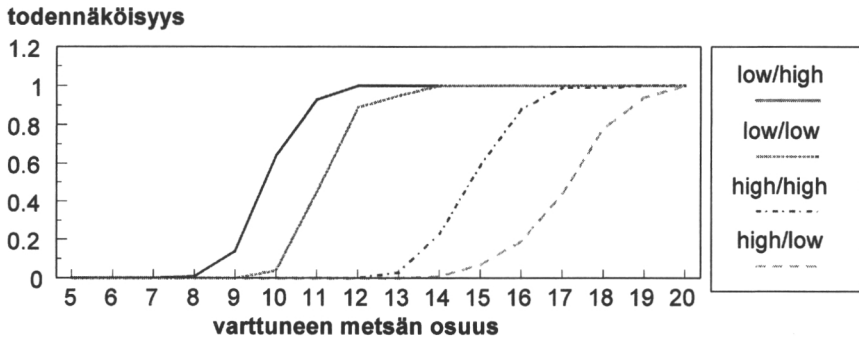
2 Lajitason informaatio metsäsuunnittelussa

Lajitason tarkastelussa optimointiin sisällytetään malleja, jotka kuvaavat yksittäisten lajien kehitystä tarkasteltavalla alueella. Esimerkiksi populaation koko voidaan asettaa optimoinnin tavoitteeksi tai rajoitteeksi (esim. Burgman ym. 1994, Haight & Travis 1997). Populaation koko ei välttämättä ole metsätalouden päätöksentekijän kannalta merkittävä, vaan olennaisempaa on lajin säilyminen elinvoimaisena alueella (esim. McKelvey 1996, Kangas & Kangas 1998). Edellytyksenä lajitason informaation käytölle metsäsuunnittelussa ja päätöksenteossa on pystyä määrittelemään ja sisällyttämään käytettäviin malleihin metsien käsittelyjen vaikutus populaatioiden kehitykseen. Ilman tätä kytkentää lajin kehitystä kuvaavat mallit ovat metsäsuunnittelussa hyödyttömiä.

Lajitason lähestymistapaa havainnollistetaan metsoa kuvaavalla esimerkillä. Metso on valittu esimerkkilajiksi, koska sen kanta on viime vuosikymmeninä voimakkaasti vähentynyt ja sen myös arvioidaan kärsivän vanhojen metsien vähenemisestä ja pirstoutumisesta (Helle & Helle 1991). Esimerkissä metson elinkykyisyys kuvataan todennäköisyytenä, että populaatio säilyy alueella seuraavat 250 vuotta. Esimerkin alue on 1000 km² ja populaation tiheys lähtötilanteessa on 6 yksilöä/km². Populaation kehitystä kuvataan syntyvyyden (poikueellisten naaraiden osuus ja poikueen koko) sekä kuolleisuuden avulla. Mahdollista muuttoliikettä ei ole huomioitu. Kuolleisuudessa oletetaan olevan satunnaista yksilöiden ja vuosien välistä vaihtelua (Kangas & Kurki 1999). Syntyvyydessä on lisäksi systemaattista vaihtelua: syntyvyys kasvaa kun varttuneen metsän suhteellinen osuus kasvaa ja nuoren metsän osuus vastaavasti vähenee (Kurki ym. 1999). Näin voidaan ennustaa metsien käsittelyn vaikutukset metsopopulaation elinvoimaisuuteen.

Kuvassa 1 on esitetty metson säilymistodennäköisyys varttuneen metsän (ikä > 70 vuotta) osuuden funktiona erilaisilla parametrien arvoilla. Tarkasteltavat parametrit ovat kuolleisuus ja naaraiden osuus populaatiosta. Mallissa 'high' kuolleisuus on 3 %-yksikköä suurempi kuin 'low' kuolleisuus (aikuisilla linnuilla 26% ja 23%, poikasilla 79% ja 76%), ja 'high' naaraiden osuus on 5 %-yksikköä suurempi kuin 'low' osuus (60% ja 55 %). Kaikki em. parametriyhdistelmät ovat täysin mahdollisia, ja esitettyä suuremmatkin vaihteluvälit ovat todennäköisiä. Mallin parametrien arvoissa onkin runsaasti epävarmuutta. Epävarmuus näkyy myös elinvoimaisuuden arvioissa: kullakin parametriyhdistelmällä saadaan metsoille erilainen kynnsarvo, eli raja, jossa varttuneen metsän osuuden väheneminen alkaa voimakkaasti heikentää metson elinvoimaisuutta. Epävarmaakin kynnsarvon arviota voidaan silti hyödyntää suunnittelussa (esim. Kangas & Kangas 1998).

Ongelmallisempaa kuin parametrien arvojen epävarmuus on kuitenkin käytetyn mallin muotoa koskeva epävarmuus. Ei ole varmuutta, mitkä metsien ominaisuudet vaikuttavat populaation parametreihin ja millä tavoin. Voidaan esimerkiksi kysyä, onko varttuneen metsän ikänä käytetty 70 vuotta metsolle parhaan elinympäristön raja-arvo. On myös aihetta olettaa, että mitä metsäisempää seutu on, sitä suuremman metsopopulaation se pystyy elättämään. Tällöin metsien ominaisuudet vaikuttaisivat myös metsäalueen kantokyvyn ja metsojen kuolleisuuden kautta. Metson elinvoimaisuuden arvioimiseksi onkin tekeillä kehittyneempi malli. Lajikohtaisessa ekologisessa informaatiossa on joka tapauksessa runsaasti epävarmuutta, joka on syytä ottaa huomioon suunnittelulaskelmissa.



Kuva 1. Esimerkkikuva metsopopulaation säilymistodennäköisyydestä vaihtoehtoisilla parametrioilla metsojen kuolleisuudesta / naaraiden osuudesta.

3 Maisematason lähestymistapoja

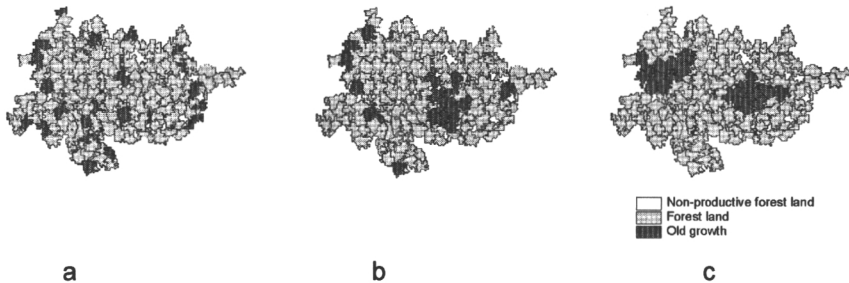
Maisematason lähestymistapoja havainnollistetaan metsien spatiaaliseen rakenteeseen vaikuttavien metsäsuunnitteluesimerkkien avulla. Suomalaisessa metsäsuunnittelussa spatiaalisia tavoitteita ei juuri ole sisällytetty optimointiin. Muualla tehdystä tutkimuksesta sensijaan löytyy esimerkkejä, jotka periaatteessa sopisivat käytettäväksi Suomessakin (esim. Kurttila 1999). Esittelemme menetelmän ekologisten yhteyksien muodostamiseksi määritettyjen alueiden välille sekä yhtenäisten vanhan metsän alueiden tuottamiseksi suunnittelualueelle pitkällä aikavälillä.

Sessions (1992) käytti yhteisiä kuviorajoja mallittaessaan habitaattien välisiä yhteyksiä. Optimoinnissa tavoitteena oli valita joukko metsiköitä, jotka muodostavat katkeamattoman yhteyden määritettyjen alueiden välille. Malli toimii joko itsenäisenä mallina tai osana koko suunnittelualueen käsittelyä optimoivaa suunnittelujärjestelmää. Habitaattien välisiä yhteyksiä luotaessa optimoinnissa voi olla tavoitteena hakuiden viivästyksen tai poisjäämisen seurauksena aiheutuneiden kustannusten minimointi. Optimoinnissa käytettiin ns. lyhimmän polun- heuristista optimointimenetelmää, joka löytää pienimmät kustannukset aiheuttavan yhteyden annetut kriteerit täyttävien kuvioiden joukosta. Kriteereiksi voidaan määrittellä metsikön ominaisuuksiin liittyviä muuttujia, kuten puulaji tai puuston ikä. Mikäli määritettävän yhteyden leveydellä on merkitystä, kriteerinä voidaan käyttää myös yhteydeksi sopivan kuvion minimileveyttä. Mikäli suunnittelukausi on jaettu jaksoihin, ekologinen yhteys voi olla dynaaminen. Osa yhteyden muodostamista kuvioista voidaan tällöin hakata suunnittelukauden aikana, mikäli pystytään löytämään toinen annetut kriteerit täyttävä yhteys ja mikäli se on minimoitavan tavoitefunktion mukaan kannattavaa.

Metsähallituksen harjoittamassa alue-ekologisessa suunnittelussa ekologiset yhteydet muodostetaan harkinnanvaraisesti, ilman optimointia. Käytävät pyritään sijoittamaan siten, että ne sisältäisivät monimuotoisuuden kannalta arvokkaita alueita (Hallman ym. 1996). Luodut yhteydet ovat staattisia, vaikkakin käytävissä sijaitsevia mäntyvaltaisia metsiä voidaan uudistaa pidennettyä kiertoaikaa käyttäen. Ainakin

uudistettavia metsiä ajatellen Sessionsin (1992) esittämä menetelmä olisi käyttökelpoinen ja melko helposti sovellettavissa käytävien suunnitteluun. Tällöin taloudellisten kustannusten minimoinnin lisäksi voitaisiin varmistua siitä, että käytävä säilyy yhtenäisenä.

Toinen maisematason esimerkki tarkastelee vanhojen metsiköiden suhteelliseen sijaintiin vaikuttamista. Vanhat metsiköt voivat tietyillä alueilla olla sijoittuneina hyvin hajalleen, jolloin reunavaikutuksen seurauksena metsiköiden sisään jäävän ydinalueen kokonaismäärä on alhaisempi kuin jos vanhat metsät olisivat toistensa naapurikuvioita. Yksittäisten metsiköiden sisältämä ydinalueen pinta-ala voi joidenkin lajien elinympäristövaatimusten kannalta olla liian pieni. Eräs keino lisätä ydinalueita ilman, että lisätään vanhojen metsien pinta-alaa, on koettaa klusteroida vanhoja metsiä. Öhman ja Eriksson (1998) käyttivät ydinalue-käsitettä kriteerinä muodostaessaan yhtenäisempiä vanhan metsän alueita suunnittelualueelle, joka koostui 200 metsiköstä. Suunnittelukauden pituus oli 100 vuotta ja se oli jaettu 10 jaksoon. Vanhan metsän (ikä > 80 vuotta) ja nuorempien metsien välillä määritettiin olevan reunavyöhyke, jonka leveys vaihteli eri vaihtoehdoissa 0 - 64 m. Vain reunavyöhykkeen sisäpuolella oleva ydinalue otettiin huomioon vanhan metsän pinta-alaa laskettaessa. Tavoitteena optimoinnissa oli maksimoida nettotulojen nykyarvoa ja rajoitteena oli jokaiselle suunnittelujaksolle määritetty ydinalueen pinta-ala. Nettotulojen nykyarvoa maksimoitaessa ja ydinalue rajoitetta täytettäessä vanhat metsät oli siten kannattavaa sijoittaa siten, että reunavyöhykettä syntyi mahdollisimman vähän. Tulosten mukaan metsien sijoittuminen riippuu reunavyöhykkeen leveydestä sekä ydinalue tavoitteesta (kuva 2).



Kuva 2. Vanhat metsät suunnittelukauden lopussa eri vaihtoehdoissa: a) reunavyöhykkeen leveys 0 m, ydinalueen määrä vastaa tällöin vanhan metsän pinta-alaa, joka on sama kuin vanhan metsän kokonaispinta-ala kuvassa 2b, b) reunavyöhykkeen leveys 32 m, ydinalue tavoite 10 % metsäpinta-alasta, c) reunavyöhykkeen leveys 64 metriä, ydinalue tavoite 10 % metsäpinta-alasta (Öhman & Eriksson 1998).

Vanhan metsän ydinalueen lisääminen esimerkiksi yllä esitetyllä tavalla ei ole kalista verrattuna vanhojen metsien kokonaispinta-alan lisäämiseen. Tämä luonnollisesti riippuu suunnittelukauden pituudesta, metsien kiertoajasta ja käsittelymahdollisuuksista sekä metsien rakenteesta suunnittelukauden alussa. Tuloksia tarkasteltaessa onkin syytä ottaa huomioon, että suunnittelukausi oli metsiköiden kiertoaikaa pidempi. Tutkimuksessa tehdyt yksinkertaistukset esimerkiksi metsien käsittelyvaihtoehtojen suhteen sekä pitkät ratkaisuaikat optimoinnissa korostavat spatiaalisten tavoitteiden käsittelyyn liittyviä ongelmia.

4 Metsäsuunnittelun haasteita ja lähitulevaisuuden tutkimusaiheita

Suomessa eräänä metsäsuunnittelun haasteena on nähty alue-ekologisen suunnittelun toteuttaminen yksityismetsiin. Yksityismetsissä alue-ekologisesti mielekkään suunnittelualan muodostaa yleensä useista metsätiloista koostuva alue, jolloin suunnittelutilanteessa on huomioitava sekä koko aluetta koskevia ekologisia tavoitteita että tilatason tavoitteita. Suunnittelu on tällöin aluesuunnittelua ja siinä on tarkasteltava myös tuotettujen suunnitelmien sosiaalista oikeudenmukaisuutta. Erityisesti spatiaaliset tavoitteet, esimerkiksi laajempien yhtenäisten vanhojen metsien alueiden luominen suunnittelualueelle, saattavat kohdella metsänomistajia hyvin eriarvoisesti. Vaihtoehtoisten aluesuunnitelmien koostamisen menetelmien kehittäminen ja testaus onkin yksi meneillään olevien tutkimusten aiheista. Spatiaalisten tavoitteiden soveltamisen menetelmien kehittämisen lisäksi on myös tutkittava niiden vaikutuksia eri näkökulmista - taloudellisesta, ekologisesta ja sosiaalisesta. Ohjaamalla talousmetsien spatiaalisen rakenteen kehittymistä ekologisten tavoitteiden kannalta parempaan suuntaan voidaan tiettyjen eliölajien elinolosuhteita parantaa ehkäpä helpommin ja pienemmillä kustannuksilla kuin uusilla suojelupäätöksillä.

Ekologisesti tavoiteltava metsämaiseman rakenne ja alueen metsänomistajien tasa-
puolinen kohtelu voivat olla tavoitteita, joihin on vaikeaa päästä yhtäaikaisesti. Esimerkiksi Carlssonin ym. (1998) mukaan ekologisesti arvokkaat alueet ovat jakautuneet epätasaisesti tilojen välille. Lisäksi ekologisten näkökulmien kannalta voi olla perustellumpaa koettaa edelleen keskittää resursseja esimerkiksi Öhmanin ja Erikssonin (1998) tutkimuksen tavoin, jotta voitaisiin vähentää metsien pirstoutumisen negatiivisia vaikutuksia, kuin jakaa niitä mahdollisimman tasaisesti tilojen välille. Onkin tekeillä tutkimus (Kurttila ym. 1999), jossa testataan vaihtoehtoisia tapoja vaikuttaa vanhojen metsien sijaintiin 44 metsätilasta koostuvalla suunnittelualueella. Kaikissa tarkasteltavissa vaihtoehdoissa 10 % metsämaasta jätetään käsittelyjen ulkopuolelle 30 vuoden suunnittelukauden ajaksi. Vaihtoehdoissa varioidaan käsittelyjen ulkopuolelle jätettävien alueiden ja niihin syntyvien vanhojen metsien keskittymien kokoa ja muotoa. Tutkimus tuottaa informaatiota spatiaalisten tavoitteiden soveltamismahdollisuuksista ja vaikutuksista yksityismetsissä. Koska metsätilojen koko vaihtelee suuresti, taloudelliset menetykset kasvavat erityisesti pienillä tiloilla helposti tasolle, jota osa metsänomistajista todennäköisesti ei olisi valmis hyväksymään. Mahdollisuuksia vaikuttaa alueen spatiaaliseen rakenteeseen lisää kuitenkin se, että osalla metsänomistajista tavoitteet liittyvät puuntuotannon lisäksi luonnon monimuotoisuuden vaalimiseen tai metsien virkistyskäyttöön. Näiden metsänomistajien tilat voivatkin tarjota luontevan kiinnostuksen vanhojen metsien keskittymille. Tosin omistajavaihdokset voivat aiheuttaa ongelmia ratkaisujen pysyvyydelle. Lisäk-

si yhteiskunnan tuella voidaan parantaa laadittujen suunnitelmien oikeudenmukaisuutta; esimerkiksi suuntaamalla kestäväan metsätalouden rahoitusta ekologisesti keuhollisen aluesuunnitelman toteuttamiseen.

Yksityismetsien aluesuunnitteluna toteutettavat alue-ekologiset tarkastelut edellyttävät käytännössä ryhmäsuunnittelua. Tätä varten metsänomistajien yhteistoimintaa ja vuorovaikutusta on parannettava. Neuvottelutekniikoiden kehittäminen ja käyttö sekä interaktiivisen suunnittelun menetelmien ottaminen osaksi metsäsuunnittelua ovat keinoja parantaa kommunikointia metsänomistajien, suunnittelijoiden ja ekologisten asiantuntijoiden välillä.

Muita metsäsuunnittelun tutkimusaiheita ovat mm. ekologisten riskianalyyysien hyödyntäminen optimoinnissa ja ekologisen asiantuntemuksen käyttö metsäsuunnittelussa empiirisen tiedon puutteen paikkaamiseksi. Koska ekologinen tieto on usein hyvin epävarmaa, on tärkeitä tutkia myös ekologisen tiedon epävarmuuden huomioonottamista päätöksenteossa. Ekologisten riskien ja epävarmuuden huomioonottaminen päätöksenteossa on erityisen tärkeää, koska metsätaloudessa tehtävien päätösten seuraukset voivat pahimmillaan olla peruuttamattomia. Metsätalouden päätösten ekologisista seurauksista tiedetään toistaiseksi valitettavan vähän, eikä olemassa olevaakaan informaatiota yleensä hyödynnetä tehokkaasti. Toisaalta käytettävissä oleva ekologinen informaatio on monesti vaikeasti liitettävissä suunnittelulaskelmiin.

Kirjallisuus

- Baskent, E.Z. & Jordan, G.A. 1995. Characterizing spatial structure of forest landscapes. *Canadian Journal of Forest Research* 25: 1830-1849.
- Burgman, M.A., Church, R., Ferguson, I., Gijsbers, R., Lau, A., Lindenmayer, D., Loyn, R., McCarthy, M. & Vanderberg, W. 1994. Wildlife planning using FORPLAN: a review and examples from Victorian forests. *Australian Forestry* 57:1131-1140.
- Carlsson, M., Andersson, M., Dahlin, B. & Sallnäs, O. 1998. Spatial patterns of habitat protection in areas with non-industrial private forestry – hypotheses and implications. *Forest Ecology and Management* 107: 203-211.
- Haight, R.G. & Travis, L.E. 1997. Wildlife conservation planning using stochastic optimization and importance sampling. *Forest Science* 43:129-139.
- Hallman, E., Hokkanen, M., Juntunen, H., Korhonen, K-M., Raivio, S., Savela, O., Siitonen, P., Tolonen, A. & Vainio, M. 1996. Alue-ekologinen suunnittelu. *Metsähallituksen metsätalouden julkaisu* 3. 47 s.
- Helle, P. & Helle, T. 1991. How do changes in forest structure explain recent changes in Finnish grouse populations? *Suomen Riista* 37:56-66. (in Finnish with English summary)
- Kangas, A. & Kangas J. 1998. Ekologiset mallit ja ekologisten riskien hallinta metsäsuunnittelussa. *Katsaus. Folia Forestalia - Metsätieteen aikakauskirja*. 2/1998:207-222.
- Kangas, A. & Kurki, S. 1999. Future of Capercaillie (*Tetrao urogallus*) in Finland. *Käsikirjoitus*.

- Kangas, J. & Pukkala, T. 1996. Operationalization of biological diversity as a decision objective in tactical forest planning. *Canadian Journal of Forest Research* 26: 103-111.
- Kurki, S., Nikula, A., Helle, P. & Lindén, H. 1999. Effects of landscape fragmentation and forest composition on breeding success of grouse in boreal forests. *Ecology* (in press).
- Kurttila, M. 1999. Spatial structure of forests in the optimization calculations of forest planning - a review from the landscape ecological perspective. *Käsikirjoitus*.
- Kurttila, M., Uuttera, J., Mykrä, S., Kurki, S. & Pukkala, T. 1999. Evaluating the economic, social and ecological effects of restructuring forest landscape under multiple ownership. *Käsikirjoitus*.
- McGarigal, K. & Marks, B. J. 1994. FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. U.S. Forest Service General Technical Report, PNW 351.
- McKelvey, R. 1996. Viability analysis of endangered species: a decision theoretic perspective. *Ecological Modelling* 92:193-207.
- Mykrä, S. & Kurki, S. 1998. ESC - strategy for rational operationalization of biodiversity in managed forests of Finland. *Silva Fennica* 32(4): 389-399.
- Pukkala, T., Kangas, J., Kniivilä, M. & Tiainen, A-M. 1997. Integrating forest-level and compartment-level indices of species diversity with numerical forest planning. *Silva Fennica* 31(4): 417-429.
- Sessions, J. 1992. Solving for habitat connections as a Steiner network problem. *Forest Science* 38(1): 203-207.
- Öhman, K. & Eriksson, L. O. 1998. The core area concept in forming contiguous areas for long-term forest planning. *Canadian Journal of Forest Research* 28: 1032-1039.

Metsäsuunnitelun eri tietolähteiden yhdistämismvaihtoehdot

Helena Mäkelä ja Jari Varjo

1 Tausta

Metsiä koskevaan päätöksentekoon tarvitaan monipuolista ja luotettavaa tietoa paitsi puuvaroista myös metsäluonnon muista arvoista. Yksityismetsätaloudessa tietotarpeet liittyvät perinteisesti metsälön toiminnan suunnitteluun, toteutukseen ja seurantaan. Tiedot on oltava paikkaan sidottuja ja riittävän tarkkoja metsänomistajan tavoitteet täyttävään metsäsuunnitteluun ja toisaalta toimenpiteiden toteutuksen valvontaan. Asiakaslähtöisyyden korostuminen metsäsuunnittelussa voi tulevaisuudessa merkitä erilaisia tiedonhankintatapoja metsänomistajan tavoitteista ja tietotarpeista riippuen.

Puuntuotantolähtöisessä metsäsuunnittelussa tiedot hakkuu- ja metsänhoitotöiden tarpeesta ja kiireellisyydestä ovat etusijalla. Metsäteollisuuden puuhuollon nopeus edellyttää mahdollisimman ajantasaisia tietoja puuvarojen määrästä ja sijainnista. Lisäksi tuotelähtöistä puunhankintaa varten tarvitaan entistä tarkempaa tietoa metsikön puutavaralajijakaumasta ja puun teknisestä laadusta. Toimivalla tietohuollolla olisi mahdollisesti myös puumarkkinoita, kysynnän ja tarjonnan kohtaamista, edistävää vaikutus.

Perinteisesti yksityismetsätalouden metsäsuunnittelussa tarvittavat metsävaratiedot on kerätty kuvioittaisella arvioinnilla. Tällä hetkellä tilakohtaiset suunnitelmat kattavat 49 % yksityismetsien pinta-alasta ja alueellisten suunnitelmien peittävyys on noin 72 % yksityismetsien pinta-alasta (Tapion vuosikirja 1997). Metsäsuunnitteluun on viime vuosina kohdistunut voimakkaita kustannuspaineita. Verrattuna 1990-luvun alun tilanteeseen metsätaloussuunnitelmien elinikä on pidentynyt noin 10 vuodesta lähes kaksinkertaiseksi. Toiminnan tehostaminen jatkossa edellyttää tiedonkeruun rationalisointia ja erityisesti vanhan metsäsuunnittelutiedon hyväksikäyttöä.

Toinen perinteinen metsävaratietojen tuottaja Suomessa on valtakunnan metsien inventointi (VMI), jonka tavoitteena on metsävarojen ja metsien kehityksen seuranta koko maan tasolla. VMI:n maastotiedot kerätään koko maan systemaattisesti kattavilta koelaloilta. Maasto-otannan tavoitteina ovat tulosten harhattomuus, otantavirheen minimointi sekä muutosten mahdollisimman tehokas havainnointi. Koelatoannalla tarkat tulokset voidaan laskea vain suuralueille kuten metsäkeskuksille. Nykyisin monilähteisessä VMI:ssä tuotetaan metsävaratietoja maastoinventoinnin lisäksi myös kaukokartoituksen avulla, mikä on mahdollistanut tulosten laskennan entistä pienemmille osa-alueille kuten esimerkiksi kunnille (Tomppo ym. 1998).

Samanaikaisesti tietotarpeiden kasvun ohella myös käytettävissä olevat tietolähteet ovat monipuolistuneet. Vanhojen toiskertaisten inventointiaineistojen lisäksi metsäsuunnittelun tarpeisiin on hyödynnettävissä kokonaan uusia tietolähteitä. Vanhoilla

kuvioaineistoilla on jatkossa käyttöä uusien maastomittausten suunnittelussa, muutosten tulkinnassa ja mahdollisesti myös lähtötietoina laskennallisissa ajantasaistuksessa. Uusista aineistoista merkittävimpiä ovat erilaiset kaukokartoitusaineistot sekä alunperin muihin tarpeisiin kerätyt aineistot. Myös hallinnonalan paikkatietostrategia tukee aineistojen yhteiskäyttöä (Maa- ja metsätalousministeriön...1999). Käytettävissä olevan tietomäärän kasvaessa näyttää selvältä, että uusia tietolähteitä on syytä hyödyntää tulevaisuudessa nykyistä enemmän. Samalla tarvitaan myös uusia menetelmiä monilähteisten tietojen yhdistämiseksi.

Mallien käyttöön perustuva laskennallinen ajantasaistus ja tietojen päivitys toimenpiteiden yhteydessä ovat tulevaisuudessa keskeisiä metsävaratietojen ylläpitomenetelmiä. Laskennallisen ajantasaistuksen luotettavuudesta ajan suhteen ei toistaiseksi ole täsmällistä kuvaa. Jatkossa tulisikin selvittää, miten eri menetelmillä tuotetut, tarkkuudeltaan vaihtelevat metsävaratiedot käyttäytyvät ajantasaistuksessa ja milloin ajantasaistettujen tietojen tarkkuus on riittämätön metsäsuunnittelun lähtötietona päätöksenteon kannalta.

Yksityismetsätalouden lisääntyneet tietotarpeet tulisi tulevaisuudessa täyttää entistä tehokkaammin. Lisäksi vähintään saavutettu tiedon tarkkuustaso on säilytettävä, jotta uusien metsälakien tavoittelemat metsätalouden edistämisen, lakien soveltamisen ja seurannan tietotarpeet tulisi täytettyä. Nykyisillä inventointimenetelmillä ja resursseilla näitä tavoitteita on vaikea saavuttaa.

Tietohuollon ongelmiin haetaan ratkaisuja nykyisiä toimintapoja tehostamalla eli niiden tuottavuutta ja kustannustehokkuutta lisäämällä sekä uusilla tiedonkeruu- ja ylläpitomenetelmillä.

Tulevaisuudessa metsäsuunnittelun tietohuolto voi olla vanhan tiedon päivittämistä ja uusinta- tai erillisinventointien keskittämistä niihin kohteisiin, joilla maastomittauksia välttämättä tarvitaan.

2 Metsävarojen tuottaminen ja ajantasaistaminen yksityismetsätalouden tarpeisiin – yhteistutkimushanke

Metsäsuunnittelun tietohuollon kehittämiseen on suunnattu myös tutkimusta. Vuonna 1998 Maa- ja metsätalousministeriö tilasi aiheesta esiselvityksen, jonka laatimiseen osallistui Metsäntutkimuslaitos (Helsingin tutkimuskeskus ja Joensuun tutkimusasema), Joensuun yliopiston metsätieteellinen tiedekunta, Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio ja Pohjois-Savon metsäkeskus. Esiselvityksessä kuvattiin metsäsuunnittelun tietotarpeita ja tiedon tuottamismenetelmiä sekä esitettiin tutkimus- ja testaussuosituksia (Heikinheimo 1999). Esiselvityksen pohjalta käynnistyi maaliskuussa 1999 Maa- ja metsätalousministeriön rahoittama yhteistutkimushanke, jonka jäsenet ovat jo esiselvitystyössä mukana olleista organisaatioista.

Yhteistutkimushankkeen tavoitteena on kehittää menetelmiä olemassa olevien kuviotietojen ja muiden tietolähteiden sekä kaukokuva-aineistojen hyödyntämiseksi entistä tehokkaammin metsävaratietojen tuottamisessa ja ylläpidossa. Tutkimushan-

keessa keskitytään menetelmäkehitykseen sekä tulosten testaukseen ja hyödyntämiseen käytännön suunnitteluorganisaatiossa, Pohjois-Savon metsäkeskuksessa.

Yhteistutkimuksen aihepiiri on jaettu kolmeen osahankkeeseen:

1) Kuviokohtaisten metsävaratietojen tuottaminen ja ajantasaistus kaukokuvien ja olemassa olevien metsävaratietojen avulla

2) Ilmakuvilta ja olemassa olevista tietokannoista tuotetun päivitystiedon tarkkuus ja kustannukset

3) Metsävaratiedon laskennallisen ajantasaistuksen luotettavuus ajan suhteen

Osahankkeessa 1 keskitytään kuvioittaisten metsävaratietojen tuottamiseen yhdistämällä kaukokartoitusaineistoja ja VMI-koealatietoja vanhoihin tai rajoitettuihin uusiin kuvioittaisen arvioinnin aineistoihin. Osahankkeessa testataan erilaisia segmentointimenetelmiä automaattisen kuvioinnin tuottamiseksi suoraan kaukokuvilta vanhoja kuviotietoja hyödyntäen. Automaattisen kuvioinnin onnistumista arvioidaan sekä soveltuvuutena maastotöiden ennakkokuvioinniksi että kuviotietojen estimointityksiköksi. Tavoitteena on selvittää, mitä kuviotunnuksia ja kuinka luotettavasti voidaan estimoida erilaisten tietoyhdistelmien avulla.

Osahankkeen 2 tavoitteena on laskennalliseen ajantasaistukseen soveltuvien lähtötietojen eli kuvioittaisten ja puusto-ositteistaisten keskitunnusten tuottaminen. Tutkimuksessa testataan vaihtoehtoisia menetelmiä tuottaa TASO-tietosisältöisestä aineistosta Solmu-tietosisältöistä aineistoa MELA-päivitykseen. Lisäksi MELAn lähtötietoja tuotetaan suoraan yksijakoisesta TASO-aineistosta. Eri menetelmillä tuotettujen lähtötietojen tarkkuudet arvioidaan, jotta käyttöön saataisiin paras menetelmä MELA:n lähtötietojen tuottamiseksi TASO-aineistosta. Osahankkeen toisessa osassa kehitetään erilaisia ilmakuviin perustuvia ajantasaistusmenetelmiä ja selvitetään niiden luotettavuus kuviotunnusten päivityksessä.

Osahankkeessa 3 kehitetään laskennallisen ajantasaistuksen yhteyteen menetelmiä, joiden avulla voidaan tuottaa metsävaratietoihin liittyviä luotettavuustunnuksia sekä kuvio- että aluetasolla. Lisäksi osahankkeessa selvitetään malleihin perustuvan metsävaratiedon ajantasaistuksen tarkkuus ajan suhteen, kun laskennan lähtökohtana olevan metsävaratiedon tarkkuus vaihtelee. Myös epätarkan metsävaratiedon vaikutukset päätöksentekoon ja edelleen siitä aiheutuvat kustannukset selvitetään.

3 Tutkimustulosten hyödynnettävyys käytännössä

Metsäsuunnittelun tietohuollossa tulevaisuuden tavoitetilana voidaan pitää metsävaratietopankkia, jossa tiedot ovat ajantasaisia ja maantieteellisesti kattavia. Käytössä tulisi olla sopivia menetelmiä tietojen tuottamiseksi ja ylläpitämiseksi tehokkaasti eri aineistoista ja eri tarpeisiin. Kaikista tiedonkeruumenetelmistä tarvitaan myös luotettavuus-, laatu- ja tuottavuustarkasteluja, jotta metsävaratietoihin voidaan liittää laatutietona tiedon alkuperä ja tarkkuus. Jotta metsävaratieto olisi kattavaa, tarvitaan tietoja myös tilakohtaiseen suunnitteluun kuulumattomilta alueilta (ns. välialueilta). Kaukohavainnointiin ja tietoyhdistelmiin perustuvia metsävaratiedon tuottamismenetelmiä kehitetään juuri alueellisen kattavuuden takaamiseksi. Monilähteisellä tie-

totuotannolla pyritään alueellisen metsäsuunnittelun, neuvonnan, valvonnan ja sertifiointin tietotarpeiden täyttämiseen.

Tavoitetilaan pääsemiseksi yhteistutkimushankkeessa rakennetaan ja parannetaan metsävaratietojen hankinta- ja ajantasaistusketjun osia. Mikäli ilma- tai satelliittikuvien automaattinen kuviointi onnistuu tyydyttävästi, se nopeuttaa maastotöiden ennakosuunnittelua. Lisäksi kuvionrajat ovat suoraan numeerisessa muodossa ilman digitointia. Vaikka automaattinen kuviointi ei sinällään sopsikaan maastotöihin, segmentoinnilla voidaan mahdollisesti parantaa kuviotunnusten estimoinnin luotavuutta ja joustavuutta. Automaattinen kuviointi tarjoaa myös mielenkiintoisen mahdollisuuden tarkastella erilaisten kuviointien vaikutusta puuston kehitysvaihtoehtoihin ja hakkuusuunnitteisiin. Tulevaisuudessa metsikkökuvioinnit voivat esimerkiksi vaihdella metsänomistajan metsilleen asettamista tavoitteista riippuen.

Tutkimushankkeen tuloksia voidaan hyödyntää myös metsäkeskuksissa meneillään olevassa tietojärjestelmä uudistuksessa. Vuoden 1998 loppuun mennessä kaikki metsäkeskukset ovat siirtyneet tilakohtaisten metsäsuunnitelmien tuottamiseen Solmu-suunnittelujärjestelmällä, ja jatkossa suunnitteluaineistoja ylläpidetään Luotsiluonnonvaratietokannassa. Myös metsäkeskusten vanhat TASO-suunnittelujärjestelmän mukaiset kuvioaineistot ja NALLE-kartta-aineistot siirretään Luotsiin. TASO-tietosisältöiset aineistot eivät sellaisenaan yksijaksoisen puustonkuvauksen vuoksi sovellu esimerkiksi puulajikohtaisilla kasvumalleilla tapahtuvaan laskennalliseen ajantasaistukseen muutoin kuin yhden puulajin metsiköissä. Yhteistutkimushankkeessa arvioidaan eri menetelmillä tuotettujen MELA-päivityksen lähtötietojen tarkkuudet, jotta käyttöön saataisiin paras menetelmä MELAn lähtötietojen tuottamiseksi TASO-aineistosta.

Tutkimuksen osahankkeen 3 tuloksena saadaan selville laskennallisen ajantasaistuksen tarkkuus ajan suhteen. Luotettavuustunnusten avulla voidaan esimerkiksi päätää, milloin metsävaratiedot ovat liian epätarkat metsäsuunnittelun lähtökohdaksi ja milloin tarvitaan uutta maastoinventointia. Tuloksia voidaan hyödyntää metsätietokannan ylläpitoa suunniteltaessa ja laskennallisesti ajantasaistettuja tietoja metsäsuunnittelussa hyödynnettäessä. Tutkimus tuottaa perusteita eri lähteistä saadun, laskennallisesti ajantasaistetun tiedon käyttökelpoisuuden arvioimiselle. Tuloksia voidaan hyödyntää esimerkiksi, kun päätetään, millainen tieto- ja malliyhdistelmä valitaan metsäsuunnittelun tietohuollon järjestämiseksi.

Kirjallisuus

- Heikinheimo, M. (Toim.), 1999. Metsäsuunnittelun tietohuolto. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 741. 112 s.
- Maa- ja metsätalousministeriön hallinnonalan paikkatietostrategia, 1999. MMM:n julkaisuja 1/1999.
- Tapion vuosikirja 1997.
- Tomppo, E., Katila, M., Moilanen, J., Mäkelä, H. ja Peräsaari, J. 1998. Kunnittaiset metsävaratiedot 1990-94. Metsätieteen aikakauskirja, Folia Forestalia 4B/1999 metsävarat. 839 s.

Käyttöpuun ja sen jakauman kuvaus tulevia hakkuumahdollisuuksia arvioitaessa

Tuula Nuutinen

1 Tausta

MELA-mallin (Siitonen ym. 1996) perusajatus on simuloida yksittäisten runkojen kehitys ajan funktiona. Tämä antaa mahdollisuuden ennustaa rungosta saatavien puutavaralajien määrän kehitys.

MELA-ohjelmistossa käytetään runkotilavuuden ja puutavaralajien määrän laskennassa Laasasenahon (1982) runkokäyrämalleilla laskettuja taulukoita. Taulukot on määritelty läpimitan ja pituuden funktiona. Perinteisesti hakkuumahdollisuusarvioissa on esitetty 6 puutavaralajia - 3 puulajia ja kaksi laatua, sahatukki (vaneritukki) ja kuitupuu.

MELA-ohjelmistolle puusto kuvataan runkolukusarjan ja puukohtaisten mallien avulla. Ellei metsässä ole mitattu puiden läpimittoja, tietokonelaskennassa koko puusto luodaan mallien avulla. Ensiksi lasketaan metsikkötunnusten avulla puiden läpimittajakauma puulajeittain ja/tai -ositteittain. Läpimittajakaumasta poimitaan tasavälein otospuita ja niille ennustetaan pituudet. Puuston kokojakauman kuvauksessa on käytetty teoreettisia jakaumia. Tällä hetkellä käytössä olevat koko Suomen kattavat jakaumamallit on laadittu männylle ja kuuselle Weibull-jakauman avulla (mm. Kilkki ym. 1989). Läpimittajakaumat eivät sovellu taimikoiden ja pienten puiden kuvaukseen eivätkä pieniltä koaloilta kerätystä aineistosta lasketut mallit välttämättä useamman puulajin tai jakson metsiin.

Tuotelähtöisten puutavaralajien määrä on kasvanut ja kasvaa tulevaisuudessa, koska mekaanisen metsäteollisuuden laatuominaisuuksien erottelun lisäksi myös sellu- ja paperiteollisuudella on tarve erotella kuidut niiden ominaisuuksien perusteella mm. tuoteominaisuuksien parantamiseksi ja käsittelykustannusten pienentämiseksi.

Rungon luotettava jakaminen puutavaralajeiksi MELA-laskelmissa on kuitenkin osoittautunut ongelmalliseksi. Käytännössä tämä ilmenee mm. siten, että tukkien määrä pelkän läpimittatarkastelun perusteella saadaan liian suureksi käytännön kokemukseen verrattuna. Yliarvioon vaikuttavat sekä puun dimensioista riippumattoman laadun kuvauksen puuttuminen että tekninen toteutus, jossa rungon ja puutavaralajien tilavuudet saadaan läpimitan ja pituuden funktiona etukäteen lasketusta taulukosta. Puun laadun huomioon ottamiseksi on MELA-ohjelmistoilla tehdyissä laskelmissa käytetty ns. tukkivähennyskorjausta, joka on laskettu valtakunnan metsien inventoinnin koepuumittausten avulla. Kahden tunnuksen mukaan laadittujen taulukoiden avulla ei pystytty ottamaan huomioon puiden runkomuodon vaihtelua. Koska puiden runkomuoto vaihtelee alueittain ja koska puutavaralajien määritelmät vaihtuvat sovelluskohtaisesti, MELA-käyttäjillä on ollut tarve laatia uusia alue- ja sovelluskohtaisia tilavuustaulukoita.

2 Tavoite

Hankkeen tavoitteena on täydentää MELA-ohjelmistoa siten, että puun käytön näkökohdat voidaan integroida entistä paremmin puuntuotantoon ja -hankintaan.

Hankkeessa on kolme tehtävää:

- (1) puuston kokojakauman kuvaaminen, jossa kootaan olemassa olevista malleista mallivalikoimaa täydentäen koko Suomen ja kaikki puulajit kattava laskennallinen menetelmä puuston kokojakauman kuvaukseen,
- (2) puun rungon kuvaaminen, jossa tavoitteena on etsiä puun rungon kuvaamiseen menetelmä, jolla voidaan ottaa metsän kehityssennusteita laadittaessa huomioon rungon muodon ja muiden loppukäytön kannalta kiinnostavien ominaisuuksien mahdolliset muutokset ajan yli kasvuolosuhteiden kuten metsikön tiheyden muuttuessa ja
- (3) rungon jakaminen eri tavoin määriteltäviin puutavaralajeihin ja muihin kuvausositteisiin.

3 Organisaatio

Määräaikainen (1.1.-31.10.1999) hanke (ks. <http://www.metla.fi/hanke/7022/>) kuuluu Metsäalan tutkimusohjelmaan (ks. <http://www.woodwisdom.fi/>). Hanketta rahoittavat TEKES ja Metsäntutkimuslaitos.

Hankkeen johtoryhmään kuuluvat MELA-käyttäjien ja -asiakkaiden edustajina:

- metsänhoitopäällikkö Juha Parkkonen, UPM-Kymmene Metsä
- metsänhoitopäällikkö Jukka Pekkarinen, Stora Enso Oyj
- kehityspäällikkö Janne Soimasuo, Metsämannut Oy.

Hankkeessa työskentelevät:

Ph.D., MML Tuula Nuutinen, vastuullinen johtaja
MMT Matti Maltamo: kokojakaumamallit
VTT Juha Lappi: runkokäyräyhtälöt
MMM Päivi Pulkkinen: puutavaralajit, testaus
MH Markku Siitonen: kuvausositteiden kehittäminen
FM Reetta Lempinen: ohjelmistokehitys
MMM Harri Kilpeläinen: ohjelmistotuotannon laadun varmistus

4 Liittymät

Hanke kuuluu Metsäalan tutkimusohjelman (1998-2001) teemakokonaisuuteen Raaka-aineen optimointi ja hallinta.

Hankkeella on liittymiä mm.

konsortion "Puuston ominaisuuksien ja raaka-aineen tuotantoketjujen prosessilähtöinen hallinta" hankkeeseen "Hankintayrityksen ja metsänmittauksen tietovarastot suunnittelun tietolähteenä" (Joensuun yliopisto) ja konsortion "UniFiber - Suomen metsien tarjoaman kuituraaka-aineen ainutlaatuisten ominaisuuksien hyödyntäminen" hankkeeseen "Puutuotteiden ominaisuuksien riippuvuus puun materiaaliominaisuuksista" (TKK:n puunjalostustekniikan osasto).

Hankkeella on lisäksi liittymäkohtia mm.

yhteistutkimushankkeeseen (MMM) "Metsävaratietojen tuottaminen ja ajantasais-taminen yksityismetsätalouden tarpeisiin – laskennallinen ajantasaistus ja tietoyhdistelmät kuvioittaisen arvioinnin tukena" (Joensuun yliopisto ja Metsäntutkimuslaitos).

Metsäntutkimuslaitoksen hankkeisiin

Metsätalouden mallintaminen ja analyysit
(ks. <http://www.metla.fi/hanke/3002/3002ts99.htm>)

Puuston kehityksen ennustaminen (ks. <http://info.metla.fi/hankkeet/3027.html>)

Suometsien hakkuumahdollisuudet ja metsien kehitysvaihtoehdot
(ks. <http://www.metla.fi/hanke/3266/h3266.html>)

sekä useisiin kestokoeala-aineistojä ylläpitävien hankkeisiin.

Kirjallisuus

- Kilkki, P., Maltamo, M., Mykkänen, R. & Päivinen, R. 1989. Use of the Weibull function in estimating the basal-area diameter distribution. *Silva Fennica* 23: 311-318.
- Laasasenaho, J. 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. *Seloste: männyn, kuusen ja koivun runkokäyrä- ja tilavuusyhtälöt. Comm. Inst. For. Fenn.* 108:1-74.
- Siitonen, M., Härkönen, K., Hirvelä, H., Jämsä, J. Kilpeläinen, H. Salminen, O. & Teuri, M. 1996. MELA Handbook 1996 Edition. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 622. 452 s.

Prosenttiosuusmenetelmä puujoukon ennustamisessa

Matti Maltamo ja Annika Kangas

1 Johdanto

Metsäsuunnittelun yhteydessä puustotunnusten laskenta on Suomessa perinteisesti perustunut kuvioittaisen arvioinnin mukaiseen tietosisältöön. Tällöin on hyödynnetty todennäköisyysfunktioita teoreettisina läpimittajakaumina, ennustamalla funktion parametreja mitatuilla metsikkötunnuksilla (esim. Kilkki & Päivinen 1986). Jakaumat on muodostettu pohjapinta-alan suhteen, jolloin on painotettu puujoukon suurimpia puita. Siirtyminen arvioimaan tunnuksat puulaji- ja jaksokohtaisesti on parantanut puujoukkojen tarkkuutta (Maltamo 1997). Kuitenkin, koska jakaumien ennustaminen perustuu pääsääntöisesti ainoastaan keskiläpimittaan ja pohjapinta-alaan, on tuloksena yleensä hyvin samantapaisia puujoukkoja kaikkiin metsiköihin. Ongelmakohteina on mainittu erityisesti sekametsät, vanhat metsät, suot ja taimikot. Omat paineensa puujoukon tarkemmalle kuvaukselle asettaa myös metsien käsittelyn lisääntynyt vaihtelu ja sen vaikutus puuston rakenteeseen.

Viime aikoina on esitetty mm. runkoluvun sisällyttämistä arvioitaviin keskitunnuksiin, jolloin pienet puut kuvautuvat paremmin (Siipilehto 1999). Samassa tutkimuksessa todettiin, että jos runkolukua hyödynnetään ennustemalleissa on Johnsonin S_B joustavampi puujoukon kuvaaja kuin perinteisesti Suomessa sovellettu Weibull-jakauma.

Todennäköisyysfunktioiden hyödyntämiselle läpimittajakauman kuvaamisessa on esitetty erilaisia vaihtoehtoja kuten jakaumista riippumattomat (Borders ym. 1987) ja ei-parametriset menetelmät (Maltamo & Kangas 1998). Bordersin ym. (1987) esittelemässä ns. prosenttiosuusmenetelmässä puujoukko kuvataan puustosta lasketavien prosenttipisteiden avulla. Nämä prosenttipisteet kuvaavat läpimittoja eri osissa kumulatiivista jakaumaa. Pisteille laaditaan yhdenaikaisesti regressiomallit SUR-estimoinnilla (seemingly unrelated regression). Sovellustilanteessa pisteet ennustetaan metsikkötunnuksen avulla. Interpoloimalla lineaarisesti pisteiden välit saadaan muodostettua jatkuva läpimittajakauma. Menetelmällä saadaan tuotettua erittäin joustavia jakaumia ja myös puuston useampihuippisuus on mahdollista ennustaa.

Maltamon ym. (1999) tutkimuksessa prosenttiosuusmenetelmää sovellettiin luonnontilaisten nuorten kasvatusmetsä männiköiden läpimittajakauman kuvaamiseen. Sovellusvaiheessa jakaumat interpoloitiin Späthin splinitasoituksella (Späth 1974), mikä paransi tuloksia hieman verrattuna lineaariseen interpolointiin. Tutkimuksessa todettiin myös menetelmän kyky tuottaa useampihuippuisia jakaumaennusteita. Lisäksi menetelmän tarkkuus oli huomattavasti parempi kuin Weibull-jakauman. Edelleen Kangas & Maltamo (1999a ja 1999b) laativat puulajikohtaisia prosenttiosuusmalleja pohjapinta-alan läpimittajakaumille ja kehittivät menetelmiä ennustetun jakauman kalibroimiseksi mitatulla lisäinformaatiolla. Tutkimusaineistona mallien laadinnassa käytettiin kuvioittaisen arvioinnin tarkastusinventointiaineistoa.

2 Sovellusesimerkki

Tässä tutkimuksessa sovelletaan Kankaan ja Maltamon (1999b) laatimia malleja itäsuomalaiseen männikköaineistoon, joka koostuu 66 koealasta. Sovellatut mallit olivat kahden tasoisia; selittäjinä käytettiin joko normaaleja kuvioittaisen arvioinnin puustotunnuksia (keskiläpimitta, pohjapinta-ala, puuston ikä ja kasvupaikka) tai vaihtoehtoisesti myös runkolukua. Testiaineisto sisälsi 20 –150 vuotiaita männiköitä, joiden keskiläpimitta vaihteli välillä 5-37 cm. Vertailumenetelmänä käytettiin Weibull-jakauman parametrimalleja (Mykkänen 1986), joita hyödynnetään nykyään esim. MELA-ohjelmistossa. Lisäksi tarkastellaan ennustetun jakauman kalibroimista mitatulla lisäinformaatiolla. Menetelmä perustuu Devillen ja Särndalin (1992) kehittämään ns. kalibrointiestimointiin

Tulosten vertailukriteereinä käytettiin ennustetun puuston runkoluvun, tilavuuden ja tukkitilavuuden suhteellista keskineliövirhettä (Taulukko 1). Kalibroinnissa käytettiin lisäinformaationa puuston runkolukua sekä minimi- ja maksimiläpimittaa. Kaikki puujoukonmuodostusmenetelmät kalibroitiin samoilla tunnuksilla. Käytetyt puujoukon muodostusmenetelmät nimettiin seuraavasti:

Prosenttiosuusmalli1 = Prosenttiosuusmenetelmään perustuva malli, jossa puuston runkoluku ei ole mukana ennustavana muuttujana.

Prosenttiosuusmalli2 = Prosenttiosuusmenetelmään perustuva malli, jossa puuston runkoluku on mukana ennustavana muuttujana.

Weibull = Nykyiseen käytäntöön perustuva puujoukon muodostamismenetelmä Weibull-jakauman parametrimallien (Mykkänen 1986) avulla.

Tilavuustunnusten perusteella molemmat prosenttiosuusmallit johtivat Weibull-jakaumaa tarkempaan tulokseen. Mikäli runkolukua ei oltu mitattu, oli sen ennustevirhe yli 20 %. Vaikka runkoluku tunnettiin, sen ennustevirheeksi jäi yli 4%. Kalibroinnin ansiosta virhe kuitenkin poistui, joskin Weibull-jakauman tapauksessa kaksi koealaa ei kalibroitu. Syyinä tähän oli liian suuri ero ennustetun ja todellisen

Taulukko 1. Itäsuomalaiseen männikkö koeala-aineistoon perustuvat tulokset puuston runkoluvun, tilavuuden ja tukkitilavuuden ennustamisesta.

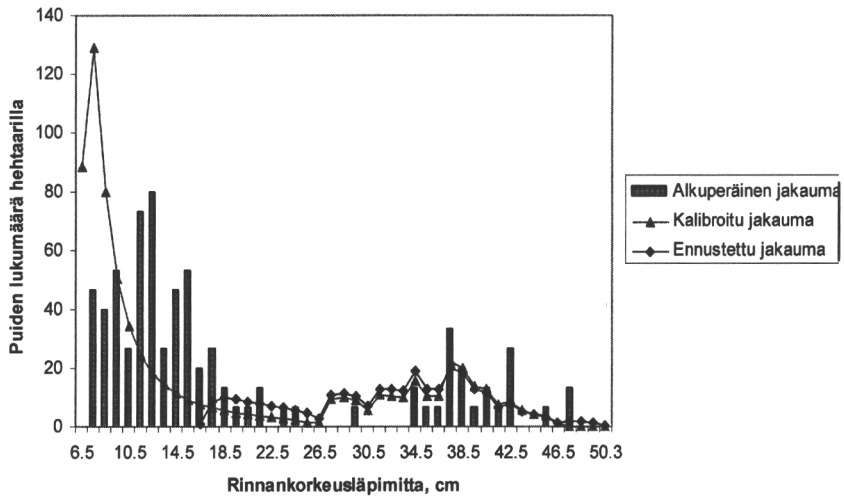
	Runkoluku, RMSE (%)	Kalibroitu runkoluku, RMSE (%)	Tilavuus, RMSE (%)	Kalibroitu tilavuus, RMSE (%)	Tukkikokoisten puiden tilavuus, RMSE (%)	Kalibroitu tukki-kokoisten puiden tilavuus, RMSE (%)
Prosenttiosuusmalli 1	22.90	0.01	2.46	1.16	13.72	9.84
Prosenttiosuusmalli 2	4.24	0.00	0.95	0.85	10.43	9.56
Weibull	24.32	0.02	2.98	1.89	15.45	9.17

runkoluvun välillä. Mikäli runkoluku on mitattu, parhaat tulokset saadaan, kun käytetään runkoluvullista mallia ja sen lisäksi kalibroidaan tulokset, jolloin virheet pienenevät vielä hieman.

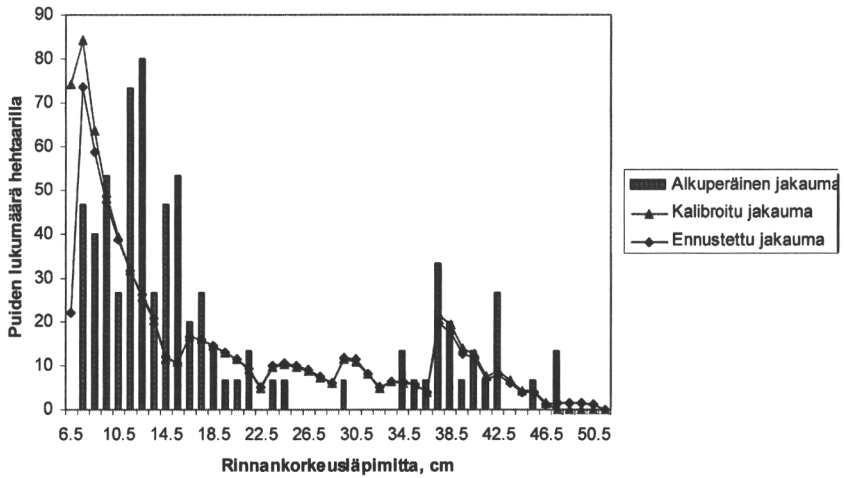
Prosenttiosuusmallin 1 kalibroitua kokeiltiin myös siten, että käytettiin ainoastaan minimi- ja maksimiläpimittoja. Tällöin minimiläpimitalla kalibrointi pienensi hieman tilavuuden virhettä (2.27 %), mutta maksimiläpimitalla ei pystytty enää parantamaan muuta kuin tukkitilavuuden ennustustarkkuutta. Pitää kuitenkin muistaa, että nämä tulokset perustuvat suppeahkoon aineistoon, jolloin jo yhdenkin selvästi poikkeavan koealan vaikutus on suuri. Laajemmassa aineistossa tulokset voisivat olla toisenlaisia.

Esimerkki prosenttiosuusmenetelmään ja Weibull-jakaumaan perustuvasta jakauman ennustamisesta sekä kalibroimisesta valittiin tutkimusaineiston äärimmäisestä tapauksesta, jossa koealan puusto on selvästi kaksihuippuinen. Kuvassa 1 on esitetty prosenttiosuusmalliin 1, kuvassa 2 prosenttiosuusmalliin 2 ja kuvassa 3 Weibull-jakaumaan perustuvat puujoukon ennusteet. Puujoukot ennustettiin pohjapinta-ala jakaumina ja on tässä yhteydessä muutettu takaisin runkoluvuksi. Kalibroinnissa lisäinformaationa hyödynnettiin runkolukua sekä koealan minimi- ja maksimiläpimittoja. Koealan alkuperäinen runkoluku oli 706 runkoa hehtaarilla.

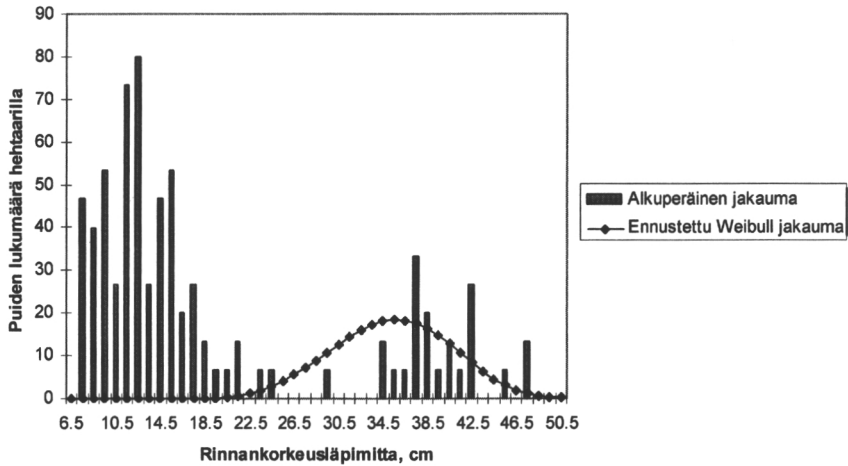
Runkoluvuttoman prosenttiosuusmallin tapauksessa (Kuva 1) alkuperäinen jakaumaennuste ei pystynyt kuvaamaan koealan pientä puustoa ja ennustettu runkoluku oli selvä aliarvio, 295 runkoa hehtaarilla. Kalibroinnin ansiosta jakaumasta muodostui kuitenkin kaksihuippuinen, joskaan pienen puuston ennuste ei ole kovin tarkka. Runkoluvullisen prosenttiosuusmallin tapauksessa (Kuva 2) jo alkuperäinen ennustettu jakauma pystyi kuvaamaan jakauman kaksihuippuisuuden ja kalibroinnin vaikutuksesta jakauman molempia huippuja korostettiin. Samalla jakaumasta poistettiin suurimpia puita, jotta alkuperäinen pohjapinta-ala säilyi. Alkuperäisen jakaumaennusteen runkoluku oli 639 runkoa hehtaarilla, joten kalibrointi lisäsi jakaumaan noin 65 puuta. Weibull-jakauman tapauksessa (Kuva 3) alkuperäinen ennuste tuotti vain 257 puuta ja jakauman kaksihuippuisuutta ei pystytty kuvaamaan. Ero ennustetun ja todellisen runkoluvun välillä oli niin suuri, että kalibrointi ei löytänyt käypää ratkaisua. Muutenkin Weibull-jakauman tuottaman ennuste on varsin epätarkka.



Kuva 1. Runkoluvuttoman prosentiosuusmalliin perustuva ennustettu läpimittajakauma sekä runkoluvulla, minimi- ja maksimiläpimitalla kalibroitu jakauma.



Kuva 2. Runkoluvulliseen prosentiosuusmalliin perustuva ennustettu läpimittajakauma sekä runkoluvulla, minimi- ja maksimiläpimitalla kalibroitu jakauma.



Kuva 3. Weibull-jakaumaan perustuva ennustettu läpimittajakauma

Esimerkkikoealan puusto on niin selvästi kaksijaksoinen, että kuvioittaisen arvioinnin maastotöissä olisi mahdollista erottaa kaksi erillistä jaksoa, jolloin nyt esitetyt ennusteet muuttuisivat hyvin voimakkaasti. Kuitenkin, jos puusto kuvataan vain yhdellä ositteella, on saatu Weibull-jakauman ennuste nykyisen käytännön mukainen.

3 Lopuksi

Tässä tutkimuksessa esiteltiin prosenttiosuusmenetelmä läpimittajakauman kuvaajana sekä lisäinformaation käyttö ennustetun puujoukon kalibroinnissa. Menetelmällä saadaan erittäin joustavia läpimittajakaumia ja sovellus on yhtä helppoa kuin todennäköisyysjakaumien. Kalibrointi puolestaan takaa mitatun informaation tehokkaan hyödyntämisen ja soveltuu kaikille puujoukon muodostusmenetelmille. Kalibroinnin tulokset ovat sitä parempia, mitä tarkemmin jakauma on kuvattu alunperin.

Esitellyllä menetelmällä saatiin erittäin tarkat puuston ennusteet. Koska kuitenkin läpimittajakaumien käytännön sovelluksissa on esiintynyt ongelmia, on ilmeistä, että jatkossa tulisi tutkimusta suunnata mittausvirheiden vaikutuksiin jakaumaennusteissa. Erityisesti runkoluvun, joka ei perinteisesti kuulu kuvioittaisessa arvioinnissa mitattaviin tunnuksiin, mittauksen tarkkuus vaatii lisäselvityksiä. Kalibroinnin yhteydessä mittausvirheet voitaisiin periaatteessa ottaa huomioon optimiratkaisua muodostettaessa.

Jakaumaennusteita saatiin huomattavasti tarkennettua runkoluvun avulla. Tulos on yhtenevä Siipilehdon (1999) kanssa. Kalibrointi osoittautui kaikkein tehokkaimmak-

si, kun siinä hyödynnettiin niin runkolukua kuin myös minimi- ja maksimiläpimito-
toja. Pelkän ääri­läpimit­tain­for­maation hyödyntäminen kalibroinnissa tarkensi tulok-
sia vain vähän.

Runkoluvun sisällyttäminen puustosta mitattaviin keskitunnuksiin lisää kalliin mas-
totyön määrää. Näin ollen olisi selvitettävä, millaisissa metsissä runkoluku kannattaa
mitata. On ilmeistä, että suurimmassa osassa metsikkökuvioista puusto on niin tasa-
rakenteista, että runkoluvun mittaaminen ei juurikaan paranna ennustetun jakauman
tarkkuutta. Kuitenkin tietyillä kuvioilla jakauman muodostaminen pelkkään pohja-
pinta-alainformaatioon perustuen johtaa selvästi virheelliseen lopputulokseen.

Tässä tutkimuksessa esitelty puujoukon muodostusmenetelmä sekä Suomessa yleensäkin
viime aikoina tehdyt läpimittajakaumatutkimukset johtanevat siihen, että
suunnitteluohjelmistoissa käytetyt parametrien ennustemallit korvataan uusilla, en-
tistä tarkemmilla menetelmillä. Tämä antaa mahdollisuuden laatia myös entistä rea-
listisempia puuston kasvuennusteita.

Kirjallisuus

- Borders, B.E., Souter, R.A., Bailey, R.L. & Ware, K.D. 1987. Percentile-based dis-
tributions characterize forest stand tables. *Forest Science* 33: 570-576.
- Deville, J-C. & Särndal, C-E: 1992. Calibration estimators in survey sampling. *Journal of American Statistical Association* 87: 376-382.
- Kangas, A. & Maltamo, M. 1999a. Calibrating predicted diameter distribution with
additional information. *Käsikirjoitus*.
- Kangas, A. & Maltamo, M. 1999b. Percentile based basal area diameter distributions
models for Scots pine, Norway spruce and birch species. *Käsikirjoitus*.
- Kilikki, P. & Päivinen, R. 1986: Weibull function in the estimation of the basal area
DBH- distribution. *Silva Fennica* 20: 149-156.
- Maltamo, M. 1997: Comparing basal area diameter distributions estimated by tree
species and for the entire growing stock in a mixed stand. *Silva Fennica* 31: 53-
65.
- Maltamo, M. & Kangas, A. 1998. Methods based on k-nearest neighbor regression
in the estimation of basal area diameter distribution. *Canadian Journal of Forest
Research*. 28:1107-1115.
- Maltamo, M., Kangas, A., Uutera, J., Torniainen, T. & Saramäki, J. 1999. Compari-
son of percentile based predicted methods and Weibull distribution in describ-
ing diameter distribution of heterogeneous Scots pine stands. *Forest Ecology
& Management*.
- Mykkänen, R. 1986. Weibull-funktion käyttö puuston läpimittajakauman estimoinnis-
sa. *Metsätalouden syventävien opintojen tutkielma*. Joensuu. 80 s
- Siipilehto, J. 1999. Improving the accuracy of predicted basal-area diameter distri-
bution in advanced stands by determining stem number. *Käsikirjoitus*.
- Späth, H. 1974. Spline algorithms for curves and surfaces, *Utilitas Mathematica
Publishing, Inc., Winnipeg, Canada*.

Yleiskeskustelun avaus:

MELAn käytettävyys?

Juha Parkkonen

1 MELA UPM-Kymmenen metsäosastolla?

UPM-Kymmenen metsiä kasvatetaan MELA-malleilla. Metsävaratiedot pidetään jatkuvasti ajantasalla joko maastopäivityksillä tai tekemällä vuosittainmallilla kuvioille puustotietojen päivitys. Malleilla lasketaan aina tarvittaessa myös metsävarojen kehityssennuste, jonka perusteella määritetään hakkuusuunnite. Hakkuusuunnitetta vastaavat kuvioittaiset hakkuuesitykset palautetaan kuvioille.

Puustotietojen kasvatuksessa lähtötietoina ovat mitatut, metsikköä kuvaavat tunnuksset ja niiden perusteella lasketut metsikköä ja puuta kuvaavat tunnuksset. Kuvion vuosittaisen päivityksen lähtötietoina yhtiössä ovat aina maastomittaustiedot. Näin ollen mallit eivät aiheuta väärinkään toimiessaan virhettä virheen päälle, mutta mallien muutokset voivat aiheuttaa suuriakin muutoksia eri vuosien tietojen välille. Tämä voi olla kiusallista yksityismetsän metsävaroja esitettäessä.

2 Kasvumallien toiminta?

Mallien on toimittava mahdollisimman oikein laskettaessa erilaisia laskentoja: koko metsäomaisuuden kehittymistä, yksittäisen kuvion kehittymistä, yhden vuoden kehitystä, 50 vuoden kehitystä tai yhtiön/yksityismetsän kehitystä. Mallit toimivat parhaiten suuralueilla. Puustotietoja käytetään kuitenkin paljon kuviokohtaisina töiden suunnitteluun, työkohteiden esittämiseen ja tapahtumien seurantaan, joten suuri osa havainnoista ja palautteesta mallien toiminnasta tulee yksittäisiltä kuvioilla. Yksittäisillä kuvioilla mallien ennusteissa saattaa olla suuriakin virheitä.

Epävarmuutta mallien toimintaan aiheuttavat kuvion sisäinen puuston vaihtelu ja ryhmittäisyys, erilaiset suojavyöhykkeet ja säästöpuuryhmät, kasvupaikan vaihtelu, soilla kasvupaikan ja puustotietojen oikeellisuus sekä ojitustilanteen kuvaus ja ojituksen onnistuminen sekä pitkä laskentajakso eli maastotietojen vanhuus. Erityisesti soiden, taimikoiden ja yhtiön pohjoisempien alueiden kasvuntaso herättää tällä hetkellä epäilyjä. Kasvumallit osaavat ennustaa mh-töiden, harvennusten ja ojitusten vaikutuksen keskimääräisenä, mutta normaalista poikkeavien käsittelyjen ennustaminen on lähes mahdotonta. Maastoinventoinnin työehdotukset onkin säilytettävä kuvioilla.

3 Ohjelmiston käyttömukavuus?

Mela-ohjelmistoa käyttää yhtiössä vain muutama asiantuntija. Mikäli melaa käytetään esimerkiksi metsäpalvelutilojen suunnitelmien tekoon, on tarvetta laajentaa huomattavasti käyttäjäkuntaa. Silloin oleelliseksi tekijäksi käytettävyyden kannalta nousee myös ohjelmiston käytön helppous. Melan kriteerien editointi tulisi olla yksinkertaisempaa, perustunnusten kehityksestä olisi hyvä olla grafiikkaa ja tulosteet yleisesti voisivat olla luettavampia ja tilan/kuvion puustojen kehittymisen esittäminen näyttävämpää. Optimointia tehtäessä ohjelman tulisi kertoa suoraan, menikö ajo läpi tai mistä tunnuksesta johtuen se ei mennyt läpi.

4 Käyttäjälle musta laatikko?

Laskentaohjelmat eivät saa olla käyttäjälle täydellisiä mustia laatikoita, vaan käyttäjällä tulee olla mahdollisuus seurata esimerkiksi yhden kuvion kehittymistä ja sille tulevia toimenpiteitä. Käyttäjän on myös pystyttävä helposti muuttamaan omat kriteerinsä laskentaan. Tällöin vältetään esimerkiksi maastossa katsotun kehitysluokan ja mela-kasvatuksen antaman kehitysluokan eroista. Pakostakin tulee mieleen se, eikö yksinkertaisemmilla ohjelmilla pärjätä monissa käytännön tapauksissa? Olenaisinta on saada luotettavasti puuston kasvu ja hakkuumahdollisuus ennustettua ja tulevat lähiajan hakkuut ajoitettua harvennusmallien ja uudistuskypsyyksien perusteella.

5 Lähtötietojen vaikutus laskelmiin?

Oman virhelähteensä laskelmiin antaa myös lähtötietojen mahdollinen epätarkkuus. Yhtiön metsävaroista vain pieni osa on inventoitu suoraan maastossa nykyisellä tietosisällöllä. Valtaosa aineistosta on vanhaa maastotietoa, joka on muutettu nykyiseen puulajikohtaiseen kuviotietoon. Aineistosta on saattanut myös puuttua joitain nykyisin inventoitavia tunnuksia, kuten esimerkiksi puiden kasvun ennustamista tarkoittavia tietoja puiden kilpailutilanteesta. Tiettyjä tunnuksia käytetään eri tavalla kuin inventoija on kuvitellut, esimerkiksi valtapuiden rinnankorkeusikää pituusboniteetin laskennassa. Systemaattisesti liian pieneksi arvioitu ikä antaa liian hyvän boniteetin ja liian suuren kasvuennusteen.

Aineisto voi pahimmillaan olla selvästi yli kymmenen vuotta vanhaa. Siinä voi olla myös systemaattista virhettä esimerkiksi maastossa liian suureksi arvioidun pohjapinta-alan tai runkoluvun takia. Eri tunnusten virheiden vaikutuksen merkitys laskelmiin olisi hyvä tietää, jotta puustotietojen päivityksen panostus voidaan tehdä järkevällä tasolla.

6 Tulevaisuus?

Kasvumallit perustuvat parhaaseen tämän hetkiseen tietoon metsien kehityksestä. Parin viime vuoden ajan Metsäntutkimuslaitoksessa on uusittu valtaosa malleista. Työ onneksi jatkuu mm. turvemaiden mallien ja puutavaralajiennusteiden tarkenta-

misella. Myös uudistumista ja puiden varhaiskehitystä koskevien mallien tarkistus- ja uudistamistyö on Metlassa aloitettu. On varmasti tarpeen myös selvittää, kuinka vanhoja puustotietoja malleilla kannattaa yleensä käyttää ja mikä on eri lähtötietojen virheiden vaikutus laskelmiin. Tarve nykyistä yksinkertaisempaan ja helppokäyttöisempään metsätaloussuunnitelman tekoon ja esittämiseen on ilmeinen.

MELA kansallisten ja alueellisten strategioiden valmistelussa

Jan Heino

1 Johdanto

Hallituksen yleisenä metsäpoliittisena strategiana on Kansallinen metsäohjelma 2010 (KMO), joka hallitusohjelman mukaisesti on määrä toteuttaa. Metsäohjelman yleisenä lähtökohdانا on kehittää metsien hoitoa ja käyttöä sekä suojelua edelleen siten, että metsät säilyvät terveinä, elinvoimaisina ja monimuotoisina ja samalla tyydyttävät monipuolisesti ja kestävästi suomalaisten aineellisia ja henkisiä tarpeita.

Metsäohjelman toteutus on alkanut mm. ympäristövaikutusten arvioinnilla, joka valmistuu syksyyn mennessä. Arvioinnin tuloksista riippuen ohjelmaa tarkistetaan ennen kuin varsinaista toteuttamista jatketaan. KMO:n toteuttamista ja seurantaan varten on tarkoitettu valtioneuvoston toimesta asettaa metsäneuvosto, joka korvaa metsäpolitiikan neuvottelukunnan. Ensimmäisiä sen alaisuudessa toimivia työryhmiä tulee olemaan lähinnä Etelä-Suomen suojelukysymyksiä käsittelevä työryhmä sekä kesähakkuutyöryhmä. Jo pitkään ministeriön apuna työskennellyt kansainvälisen metsäpolitiikan neuvottelukunta jatkaa osana KMO:n toteuttamisorganisaatiota.

Koska KMO:n toteutus ja seuranta tulee käsittämään lähes koko metsätalouden kentän, maa- ja metsätalousministeriön alaisuudessa toimivat organisaatiot halutaan aktiivisesti mukaan hyvin moninaiisiin tehtäviin. Metlan lisäksi myötävaikutusta tarvitaan myös Metsätalouden kehittämiskeskus Tapiolta, metsäkeskuksilta ja metsähallitukselta. Erityinen paino on KMO:ssa annettu innovaatiotoiminnan tehostamiselle. Maa- ja metsätalousministeriö aikoo metsäneuvostolle ehdottaa valmistelusta keskeisesti vastaavan työvaliokunnan perustamista. Siihen on tarkoitus kutsua mm. Metla mukaan.

2 MELA:n käyttö Kansallinen metsäohjelma 2010:n laadinnassa

Suomessa on 1960-luvulta lähtien tehty lukuisia valtakunnallisia metsäohjelmia sektorin pitkäjänteistä suunnittelua ja kehittämistä varten. Ensimmäisissä ohjelmissa puuntuotantolaskelmat olivat hyvin keskeisessä asemassa. Vuonna 1998 toteutetussa KMO:n valmistelussa MELA antoi edelleenkin arvokasta taustatietoa yhdessä valtiovarainministeriön KESSU-laskelmien kanssa. KMO:n perusasetelma on markkinalähtöinen: arvioidaan, miten suomalaisten puunjalosteiden kysyntä maailmamarkkinoilla kehittyä. Vastaavasti puun tarjonnan arviot pitkällä aikavälillä perustuvat metsien puuntuotantomahdollisuuksiin. Metsäohjelmassa ei kuitenkaan pyritä vaikuttamaan lyhyellä aikavälillä sen enempää kysyntään kuin tarjontaan, vaan pelkästään luomaan edellytyksiä puumarkkinoiden tasapainoiselle toiminnalle. Kes-

keisellä sijalla ohjelmassa on metsänhoito- ja perusparannustöiden määrän lisääminen.

MELA-ohjelmistolla laskettiin KMO:n valmistelussa metsien kehitys neljällä eri hakkuuvaihtoehdolla. Vaihtoehdot vastasivat noin 50, 60, 70 ja 80 miljoonan kuutiometrin hakkuukertymää. Suojelusta aiheutuvaa puuntuotannon vähenemistä simuloitiin jättämällä kaikki lehdot hakkuuiden ulkopuolelle sekä ottamalla pinta-alassa huomioon vuoteen 2007 mennessä toteutettavat suojeluohjelmat. Säästöpuita oletettiin jätettävän viisi kuutiometriä hehtaarille. Metsänhoitotyöt tehtäisiin Tapion suositusten mukaan. Ohjelmassa päädyttiin likimain suurinta kestävästä ainespuun hakkuukertymää vastaavaan tavoitteeseen. MELA-laskelmien mukaan suurin kestävä ainespuun hakkuukertymä on edellä mainituilla oletuksilla 67 miljoonaa kuutiometriä vuosina 1996 - 2005. Sen jälkeen suurin kestävä hakkuumäärä nousisi 69 ja edelleen 74 miljoonaa kuutiometriin vuoteen 2030 mennessä. Puuston tilavuus säilyisi ennallaan 2020-luvulle saakka, minkä jälkeen se alkaisi lievästi nousta.

Kansallisesta metsäohjelmasta tehdään siis ympäristövaikutusten perusteellinen arviointi (YVA), joka valmistuu syyskuussa 1999. YVA-menettelyn tavoitteena on tuottaa näkemys eri vaihtoehtojen seurauksista. YVA:ssa tarkastellaan taloudellisen, ekologisen ja sosiaalisen kestävyden toteutumista. YVA:n tarkoitus ei ole tuottaa ainoaa oikeaa ratkaisua, vaan asiantuntijanäkemyksiä suunnitelmasta ja verrata sitä nk. nollavaihtoehtoon eli siihen, että toiminta säilyy ennallaan (business as usual). Normaalisti YVA-menettely sisältää aina nollavaihtoehdon. Vaihtoehtojen vertailussa tarvitaan MELA:a. Sitä tulisi kehittää siten, että myös ekologisen kestävyden toteutumista voitaisiin arvioida nykyistä tarkemmin.

MELA-ohjelmaa kehitettäessä tulee varautua siihen, että puuta käytetään yhä enemmän energiapuuna. Jo edellisellä hallituskaudella otettiin käyttöön energiapuun käyttöä edistäviä uusia keinoja. Tarkoitus on edelleen parantaa energiapuun käytön edellytyksiä.

Pieniläpimittaisen puun vaikutus hakkuusuunnitteeseen ja metsien kasvuun tulee voida selvittää. Kansallisen metsäohjelman tarkoitus on lisätä metsien hoitoa merkittävästi. Nykymuotoinen MELA ei pysty ottamaan huomioon sitä, että metsänhoitotyöt laiminlyödään, sillä se lähtee oletuksesta että kaikki tarpeellinen tehdään. Jotta Kansallinen metsäohjelma 2010:ssä ehdotettua lisäpanostusta metsänhoitotöiden rahoitukseen voidaan perustella, MELA:n avulla pitäisi pystyä osoittamaan, mitä vaikutuksia hoidon laiminlyönnillä on tulevaisuuden hakkuumahdollisuuksiin ja hakkuukertymän rakenteeseen.

Kun metsäohjelman seurantaa ja toteutusta parhaillaan käynnistetään, MELA on tärkeä apuväline jo alusta lähtien. Metsien kehitystä lasketaan myös metsäkeskustasolla, kun valtakunnallisen ohjelman seuranta liitetään alueellisiin ohjelmiin aikaisempaa lähemmin. KMO:n valmistelussa MELA-laskelmista ja erityisesti eri hakkuukertymätavoitteista keskusteltiin hyvin vilkkaasti. Keskustelua häiritsi jossain määrin se, että MELA-laskelmien tuottamat eri vaihtoehdot miellettiin ajoittain melko konkreettisiksi tavoitteiksi. KMO:n valmistelussa käyty keskustelu on toivon mukaan selkeyttänyt ilmapiiriä tältä osin. Yhteiskunnan metsiin kohdistuvat odotukset ovat koko ajan aiempaa moninaisempia, mikä merkitsee kasvavia odotuksia myös MELA-laskelmien sisällölle.

3 MELA-hakkuulaskelman kehittäminen alueellisia metsäohjelmia (metsätalouden alueellisia tavoite-ohjelmia) varten

Metsäkeskukset tukeutuivat hakkuumahdollisuuksia määritellössään osin Metsäntutkimuslaitoksen MELA:n antamiin suurimman jatkuvasti hakattavissa olevan käyttöpuumäärän arvioihin. Metsäkeskukset ovat käyttäneet myös aluesuunnitelmista summattua tietoa. Aluesuunnitelmiin pohjautuvan tiedon hyvänä puolena on, että sen hakkuusuunnite perustuu todellisiin metsänomistajien tavoitteisiin alueella ja luovutettuihin metsäsuunnitelmiin. Käyttöpuuarviot olivat 67 miljoonaa kuutiometriä vuosina 1996 - 2005 ja runsaat 70 miljoonaa kuutiometriä vuodessa kahden seuraavan vuosikymmenen kuluessa. Samoja lukuja käytetään kansallisen metsäohjelman hakkuumahdollisuusarvioissa.

Metsätalouden alueellisten tavoiteohjelmien (alueelliset metsäohjelmat) laadinnassa nähtiin aiheelliseksi laatia alueittaiset arviot hakkuumahdollisuuksista, joissa otetaan huomioon hakkuita vähentävinä tekijöinä kaikki mahdolliset rajoitteet. Näistä tärkeimpiä ovat puumarkkinatilanne, maankäytön erilaiset rajoitukset (mm. vahvistamattomat kaava- tai suojelualueet) sekä metsänhoidon rästien aiheuttama hakkuumahdollisuuksien pieneneminen. Lisäksi alueellisiin hakkuukertymiin vaikuttavat tällä hetkellä metsänomistajien erilaiset tavoitteet hoitaa ja käyttää metsäänsä. Monet arvot ovat omiaan vähentämään tulevia hakkuukertymiä. Näiden rajoitteiden vallitessa metsäkeskukset arvioivat, että vuosina 1998 - 2002 markkinoille kotimaasta tuleva puumäärä olisi vain 60 miljoonaa kuutiometriä vuodessa, vaikka MELA:n valtakunnan metsien inventointiin perustuva suurin kestävä hakkuumäärä oli 67 miljoonaa kuutiometriä vuodessa.

MELA-hakkuulaskelman suurin haaste alueellisten metsäohjelmien päivityksessä on sen käytettävyyden lisäämisessä metsäkeskustasolla. Ohjelmien taustatietojen hankinnassa, esim. tilakohtaisessa suunnittelussa, MELA:n suurin puute nähdään metsien käsittelytoimien tuottamisessa. Esimerkiksi MELA ei ota huomioon jäävän siemenpuiden määrää. Koivun siemenpuuhakkuu on MELA:lle tuntematon hakkuutapa samoin kuin harvennushakkuut kaksijaksoisissa metsässä. MELA:n toimenpiteiden tuottamisen eräänlainen 'konservatiivisuus' heikentää sen käytettävyyttä nykyisten, hyvinkin joustavien metsänhoitomenetelmien aikana. Tämä aiheutuu siitä, että MELA:ssa olevat metsien käsittelymallit ovat peräisin 1980-luvulta. MELA laskee esimerkiksi hakkuumäärien arvioinnissa teoreettisen maksimin. Yhtenä keskeisenä lähtökohtana ovat kasvumallit, mutta se ei ota huomioon hakkuumahdollisuuksia rajoittavina tekijöinä, esim. metsänomistajan näkemyksiä tai metsien tilassa olevia normaalia poikkeavia tapauksia, esimerkiksi tuhot, jotka vähentävät kertymää tai muuttavat metsien käsittelyä.

Metsäkeskukset tarvitsevat alueellisten laskelmien tarkistuksissa ja laadinnassa kunta-, metsänhoitoyhdistys- ja maakuntatason tietoja, joita ei tällä hetkellä ole mahdollista saada, koska aluesuunnitelman laskentajärjestelmä puuttuu. Lisäksi metsäkeskuksissa nykyisin oleva MELA- kapasiteetti ei riitä kuviopohjaisella tiedolla tapahtuviin alueellisiin laskelmiin.

Nyt tarvitaan kiireellisesti aluelaskentajärjestelmä metsäkeskuksia varten. Tällaista järjestelmää kehittää muun muassa Tapion johtama Aluesuunnittelun pilottiprojekti

(Kutteri), jota toteutetaan Rannikon metsäkeskuksessa. Tämän avulla MELA:an tukeutuen saataisiin luotettavat alueelliset metsävaralaskelmat muun muassa alueellisten metsäohjelmien tarkistuksia varten. Näissä laskelmissa käytettäisiin sekä VMI:n antamaa, monilähdeinventointeihin perustuvaa suuraluetietoa sekä tilakohtaista SOLMU-perustaista aineistoa, jossa sekä metsänomistajan näkemykset että muut tilakohtaiset erityispiirteet olisi huomioitu. Lisäksi uuden järjestelmän tulisi olla metsäkeskuksille hinnaltaan kohtuullinen, mukaan lukien VMI:n MELA-aineistot.

Tämä tilaisuus antaa tutkijoille uusia haasteita kehittää MELA-järjestelmää entistä operationaalisemmaksi ja käyttäjäystävällisemmäksi pitäen MELA:n hyvää tieteellistä pohjaa edelleen lähtökohtana.

Kirjallisuus

Kansallinen metsäohjelma 2010, maa- ja metsätalousministeriö, 1999.

Metsätalouden suunnittelun tutkimusohjelman (2000-2005) tausta ja tavoitteet

Tuula Nuutinen

1 Metsätalouden suunnittelu ja MELA

Metsätalouden suunnittelussa haetaan vastauksia mm. siihen

- mitkä ovat metsien tuotanto- ja käyttömahdollisuudet pitkällä aikavälillä ja miten ne riippuvat ihmisen toiminnasta tai toimintaympäristön muutoksista tai
- miten olisi hoidettava metsiä tai hakattava puuta asetettujen metsätalouden tavoitteiden saavuttamiseksi.

MELA on Suomen olosuhteisiin kehitetty metsätalousmalli ja suunnitteluväline (Siitonen 1983, 1993, 1994a; Siitonen ym. 1996), jonka avulla voidaan tehostaa metsävarojen suunnittelua ja käyttöä

- tarkastelemalla metsävarojen ja niiden käytön välisiä riippuvuuksia nyt ja tulevaisuudessa,
- kartoittamalla metsien käyttömahdollisuuksia erilaisia maankäyttöohjelmia tai metsänkäsittelyohjeita sovellettaessa sekä
- laatimalla metsäalueen (metsätilan tai -yrityksen) tuotanto-ohjelmia ottaen huomioon markkinatilanne, metsänomistajan tavoitteet tai yrityksen aluehierarkia.

MELA-ohjelmisto koostuu yksittäisiä puita kuvaavia malleja käyttävästä metsikösimulaattorista ja yleisestä lineaarisen optimoinnin ohjelmistosta (JLP, Lappi 1992), mikä mahdollistaa samojen välineiden käytön erilaisilla lähtöaineistoilla ja metsätalouden suunnittelun eri tasoilla.

MELA-ohjelmiston avulla voidaan tehdä vaihtoehtolaskelmia, joiden rooli suunnitteluprosessissa on tuottaa yhteismitallista tietoa tarkasteltavien tuotanto-ohjelmien panos-tuotossuhteista hyöty-kustannusanalyysiä varten.

MELA-ohjelmisto otettiin käyttöön 1980-luvulla Metsä 2000 -ohjelmaa laadittaessa (The Forest 2000...). MELA-laskelmia varten laadittiin koko maan kattavat yksittäisiin puihin perustuvat mallit (Ojansuu ym. 1991) ja VMI-aineistosta muodostettiin laskentayksiköitä, joiden avulla tehtiin maanlaajuiset laskelmat metsälautakunnittain. Vuonna 1990 MELAa käytettiin uudelleen valtakunnallisiin laskelmiin Metsä 2000 -tarkistusohjelman yhteydessä (Siitonen 1990a, Komiteanmietintö 1995:5). Näitä laskelmia varten kehitettiin menetelmä, jolla voitiin ajantasaistaa VMI-tiedot laskenta-ajankohtaan. Analyysejä varten tehtiin kasvun tasokorjaus ja tuottoarvon laskentaa varten simulointi ulotettiin kiertoajan loppuun saakka.

Tuoreimpia valtakunnallisia metsälaskelmia ovat ns. MESTRA-laskelmat (Nuutinen ym. 1996, Komiteanmietintö 1996:9), Suomen metsien käyttömahdollisuusarvi-

ot vuosille 1996-2025 (<http://www.metla.fi:4446/MELA>, Nuutinen ym. 1998) sekä kansallisen metsäohjelman laskelmat (Kansallinen metsäohjelma 1999). Kahdessa jälkimmäisessä laskelmat perustuvat valtakunnan metsien kahdeksannen inventoinnin VMI8-aineistoon, joka on toimenpiteiden ja kasvun perusteella laskennallisesti ajantasaistettu vuoden 1996 alkuun. Laskelmia varten MELA-ohjelmistoon oli sovitettu uusimmat metsien kehitystä kuvaavat mallit (Hynynen ja Ojansuu 1996).

Valtakunnan metsien 9. inventoinnin yhteydessä on tehty ja julkaistu MELA-laskelmia metsäkeskusten alueille (Hirvelä ym. 1998, 1999). Muita laskelmia on tehty erilaisissa tutkimushankkeissa (mm. Siitonen 1990b, 1994b; Nuutinen ja Siitonen 1994, Salminen & Salminen 1999) ja asiakkaiden tilauksesta mm. alueellisia strategioita (Jämsä & Hirvelä 1996, Kajala 1996) ja metsätalouden alueellisia tavoiteohjelmia varten.

1980-luvulla MELAa alettiin käyttää myös yliopistojen harjoitustöissä ja metsätaloussuunnitelmien laskelmissa. MELA-ohjelmiston käytön helpottamiseksi kuviopohjaisissa metsätietojärjestelmissä MELA-ohjelmistoon on liitetty laajennusosia (Kilpeläinen & Malinen 1998). MELA-käyttäjiä ovat mm. metsäyhtiöt, Metsähallitus (Laamanen ym. 1997, Heinonen ym. 1997, Hiltunen ym. 1997), Puolustusministeriö, metsäkeskukset ja Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio (Oksanen-Peltola & Paananen 1995, Ärölä 1995), metsäoppilaitokset sekä Metlan tutkimusmetsät (Nuutinen 1994, Vilppulan tutkimusalue... 1996). Metsäyhtiöiden tietojärjestelmiin upotettuna MELA-ohjelmistosta on tullut myös operatiivisen suunnittelun väline.

MELA- ja JLP-ohjelmistojen mahdollisuuksia ja käyttökelpoisuutta on tutkittu yli 10 vuoden ajan mm. opinnäytetöissä (Kangas 1985, Vainio 1986, Mäkitalo 1986, Jääskeläinen 1987, Pesonen 1987, Pihljerta 1987, Kangas 1988, Nuutinen 1989, Jämsä 1991, Kilpeläinen 1991, Kähkönen 1991, Jorri 1992, Kolström 1992, Nalli 1992, Anola-Pukkila 1995, Vauhkonen 1995, Nuutinen 1996, Soinne 1996) ja muissa tutkimuksissa (esimerkiksi Pesonen ym. 1993, Mielikäinen ym. 1995, Malinen & Pesonen 1996, Nalli ym. 1996). Osa näistä töistä on tehty erillään MELA-ryhmästä eikä niiden tuloksia ole kyetty resurssien puutteen vuoksi hyödyntämään MELAn tai JLP:n kehittämisessä.

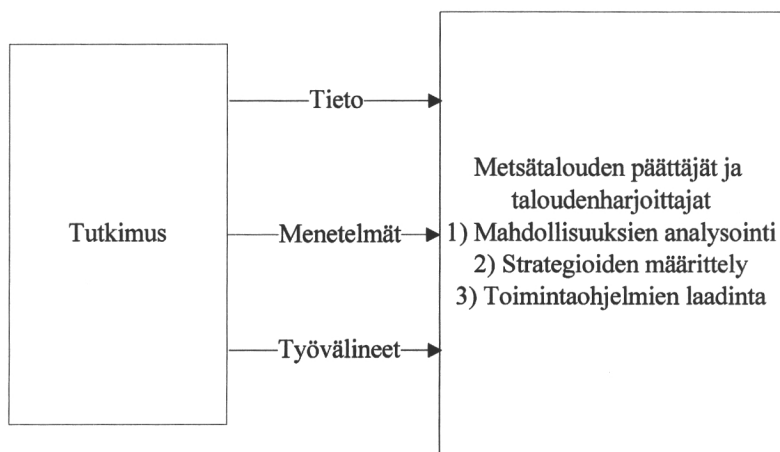
2 Metsätalouden suunnittelun muuttunut toimintaympäristö

Perinteiset suunnitelmat kuten asiantuntijatyönä laaditut valtakunnalliset ja alueelliset hakkuusuunnitteet tai maastotöihin perustuvat tilakohtaiset metsäsuunnitelmat ja niiden koosteena laaditut aluesuunnitelmat tarkastelevat lähinnä metsien fyysisiä käyttömahdollisuuksia. Markkinoiden huomioon ottaminen on jätetty taloudenharjoittajien tehtäväksi. Talouden globalisoituminen on kuitenkin jo alkanut näkyä metsäpolitiikassa ja yksittäisten taloudenharjoittajien päätöksenteossa ja siihen liittyvässä suunnittelussa. Suunnittelu ei ole enää hypoteettisten tavoiteohjelmien julistamista vaan myös tulevaisuuden ennakkointia ja sen epävarmuuksiin varautumista. Suunnittelun avulla halutaan aikaisempaa tietoisemmin - paitsi hyödyntää mahdollisuudet täysimääräisesti - myös reagoida tai varautua toimintaympäristössä havaittuihin tai ennakoitavissa oleviin ärsykeisiin, häiriöihin tai trendeihin kuten raaka-aineiden tai energian niukkenemiseen, väestön lisääntymiseen, kilpailun kiristymi-

seen, markkinoiden nousu- ja laskukausiin, ekokatastrofeihin, yhteiskunnan rakennemuutokseen tai tuote- ja teknologiainnovaatioihin.

3 Metsätalouden suunnittelun tutkimus- ja kehittämissarpeita

Metsätalouden suunnittelun tutkimuksen tehtävänä on tarjota tietoa, menetelmiä ja työvälineitä, joiden avulla metsätalouden päättäjät ja taloudenharjoittajat voivat analysoida metsätalouden tuotanto-, toiminta- ja päätösmahdollisuuksia sekä määrittellä strategioita ja laatia toimintaohjelmia muuttuvassa toimintaympäristössä (kuva 1).



Kuva 1. Tutkimuksen rooli metsätalouden suunnittelussa.

MELA-ohjelmisto on käytössä mm. puunhankinnan ja metsien hoidon integroidussa suunnittelussa yritystasolla, alue-ekologisessa suunnittelussa valtion metsissä sekä yksityismetsien tilakohtaisessa suunnittelussa. Taloudenharjoittajat tarvitsevat nykyistä enemmän vaihtoehtolaskelmia, omistaja- ja metsäaluekohtaisia teemoja sekä ajantasalla pidettyihin metsävaratietoihin perustuvaa ns. jatkuvaa suunnittelua. Koska suunnitteluprosessi on vietävä lähemmäs päätöksentekijää ja päätöstilannetta, tarvitaan metsätietojärjestelmään sovitettu suunnittelukäyttöliittymä, jonka avulla taloudenharjoittaja pystyy nykyistä helpommin kuvaamaan päätöstilanteensa ja tarkastelemaan vaihtoehtolaskelmien tuloksia itselleen käyttökelpoisessa muodossa.

Monitavoiteanalyysien (puuntuotanto, metsän muut käyttömuodot, metsätalouden ympäristövaikutukset) ja kokonaistarkastelujen (elinkaarianalyysit, kansantaloudelliset vaikutusanalyysit, alue-ekologinen suunnittelu) yleistyminen edellyttää syyseuraussuhteita tarkastelevien mallien, analyyseissä tarvittavan metsän kuvauksen (monilähdeaineisto), vaihtoehtolaskelmien ja niiden käyttöön (erityisesti tavoite- ja riskianalyysit) soveltuvien mallien, menetelmien ja tekniikoiden kehittämistä.

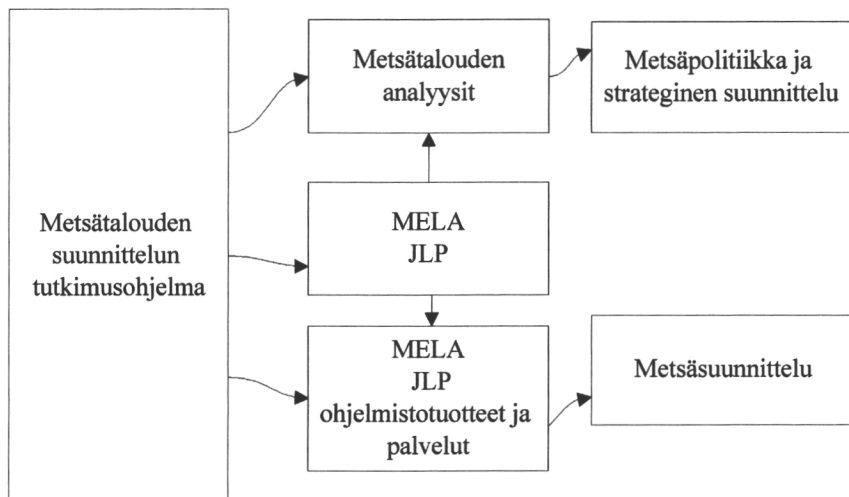
4 Metsätalouden suunnittelun tutkimusohjelman tavoitteet

Tutkimusohjelman tarkoituksena on

- kytkeä suunnittelun lähtötiedot, menetelmät ja välineet entistä paremmin käytännön suunnitteluprosessiin ja päätöksentekotilanteisiin,
- tuottaa entistä kattavammin yhteismitallisia tietoja metsien käyttömahdollisuuksista kansallisten ja alueellisten tavoiteohjelmien valmisteluun,
- nopeuttaa tutkimustulosten siirtymistä käytännön metsätalouden suunnitteluun ja sen tietojärjestelmiin,
- kehittää tietotuotteita ja -palveluita, jotta tiedot olisivat entistä helpommin ja nopeammin tarvitsijoiden saatavissa
- edistää metsätalouden analyysien hyödynnettävyyttä kehittämällä tulosten havainnollistamista ja niiden syvällisempää (mm. taloustieteellistä) tulkintaa.

Tutkimusohjelman hankkeissa (kuva 2)

- kehitetään ja ylläpidetään suunnittelussa tarvittavia tietoja, malleja ja menetelmiä,
- ylläpidetään ja kehitetään MELA- ja JLP-ohjelmistoja sekä käytetään niitä erilaisiin suunnittelu- ja tutkimustehtäviin ja
- kehitetään MELA- ja JLP-ohjelmistoihin perustuvia tuotteita ja -palveluita asiakkaiden äyrytöön.



Kuva 2. Metsätalouden suunnittelun tutkimusohjelman rajaus.

Kirjallisuus

- Anola-Pukkila, A. 1995. MELAn kasvusimuloinnin käyttökelpoisuus Ladenson toiminta-alueella. Metsätalouden suunnittelun syventävien opintojen tutkielma. Joensuun yliopisto. Metsätieteellinen tiedekunta. 61 s.
- The Forest 2000 Programme. 1986. Guidelines for Developing Finnish Forestry and the Forest Industries. Tiivistelmä: Metsä 2000-ohjelma. *Silva Fennica* 20(1):35-44.
- Heinonen, P., Hallila, H., Koivurinne, J., Oikarinen, A., Saarikoski, P., Salmi, O., Soinne, H. & Tanninen, T. 1997. Länsi-Suomen alueen luonnonvarasuunnitelma. Metsähallituksen metsätalouden julkaisuja 12. 111 s. + kartta.
- Hiltunen, V., Kytövuori, T., Siira, J., Jorri, E-L., Leskinen, A., Leskinen, J., Meriruoko, A., Santala, E., Tolonen, A., & Tolonen J. 1997. Kainuun alueen luonnonvarasuunnitelma. Metsähallituksen metsätalouden julkaisuja 8. 76 s.+karttaliite.
- Hirvelä, H., Nuutinen, T. & Salminen, O. 1998. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1997-2026 Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueella. *Metsätieteen aikakauskirja - Folia Forestalia* 2B/1998: 279-291.
- Hirvelä, H., Nuutinen, T. & Salminen, O. 1999. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1996-2025 Keski-Suomen ja Pohjois-Savon metsäkeskusten alueilla. Julkaisussa: Keski-Suomi. Pohjois-Savo. *Metsävarat 1967-96, hakkuumahdollisuudet 1996-2025. Metsätieteen aikakauskirja - Folia Forestalia* 2B/1999:289-307.
- Hynynen, J. & Ojansuu, R. (toim.) 1996. Puuston kehityksen ennustaminen - MELA ja vaihtoehtoja. Tutkimusseminaari Vantaalla 1996. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 612. 116 s.
- Jorri, E.-L. 1992. MELA-metsälaskelma hakkuiden mitoituksessa ja kohdentamisessa. Tutkimuskohteena Taivalkosken hoitoalue. Pro gradu -työ. Helsingin yliopisto.
- Jämsä, J. 1991. Harvennushakkuiden liiketaloudellinen edullisuus metsälähtöisellä. Metsätalouden suunnittelun syventävien opintojen tutkielma. Joensuun yliopisto. Metsätieteellinen tiedekunta. 56 s.
- Jämsä, J. & Hirvelä, H. 1996. Pohjois-Suomen metsien hakkuumahdollisuudet. Julkaisussa: Hökkä, H., Salminen, H. & Varmola, M. (toim.). Pohjoisten metsien kasvu - ennen, nyt ja tulevaisuudessa. Metsäntutkimuspäivä Rovaniemellä 1996. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 589: 96-106.
- Jääskeläinen, J. 1987. Kasvu- ja harvennussmallien vaikutus metsälaskelman tuloksiin. Pro gradu -työ. Helsingin yliopisto.
- Kajala, L. (toim.). 1996. Lapin metsästrategia. MMM:n julkaisuja 2/1996. Maa- ja metsätalousministeriö.
- Kangas, A. 1988. Hyötyfunktion ja epälineaarisen optimoinnin käyttö raakapuun tarjonnan mallitukseen. Metsätalouden suunnittelun syventävien opintojen tutkielma. Joensuun yliopisto. Metsätieteellinen tiedekunta. 64 s.
- Kangas, J. 1985. MELAn soveltaminen suurella kuvioittain arvioidulla metsäalueella. Metsätalouden suunnittelun syventävien opintojen tutkielma. Joensuun yliopisto. Metsätieteellinen tiedekunta. 43 s.
- Kansallinen metsäohjelma 2010. 1999. Maa- ja metsätalousministeriö. MMM:n julkaisuja 2/1999. 38 s.

- Kilpeläinen, H. 1991. Puuntuotanto-ohjelman valinta interaktiivisesti JLP-algoritmeilla. Metsätalouden suunnittelun syventävien opintojen tutkielma. Joensuun yliopisto. Metsätieteellinen tiedekunta. 58 s.
- Kilpeläinen, H. & Malinen, J. 1998. MELA-laajennusosat. MELA96-versio. Metsäntutkimuslaitos. Joensuun tutkimusasema. Moniste 42 s.
- Kolström, M. 1992. MELA:n hakkuuehdotusten ja suunniteltujen hakkuiden erot Yhtyneet Paperitehtaat Oy:n metsissä. Metsätalouden suunnittelun syventävien opintojen tutkielma. Joensuun yliopisto. Metsätieteellinen tiedekunta. 45 s.
- Komiteamietintö 1995:5. Metsä 2000-ohjelman tarkistustoimikunnan mietintö. Maa- ja metsätalousministeriö.
- Komiteamietintö 1996:9. Metsänsuojelun ja työllisyyden rahoitustoimikunnan mietintö. Maa- ja metsätalousministeriö.
- Kähkönen, V. 1991. Monikäyttöä painottava metsätalouden suunnittelu. Esimerkkinä Sipoon kunta. Pro gradu -työ. Helsingin yliopisto.
- Laamanen, R., Leskinen, J. & Soenne, H. 1997. MELA-hakkuulaskelman käyttö Metsähallituksessa. Metsätalouden kehittämissyksikön tiedote 10/1997: 1-6.
- Lappi, Juha, 1992. JLP A linear programming package for management planning. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 414. 134 s.
- Malinen, J. & Pesonen, M. 1996. Etelä-Suomen energiapuutarat. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 610. 33 s.
- Mielikäinen, K., Hirvelä, H., Härkönen, K. & Malinen, J. 1995. Energiapuu osana metsänkasvatusta Keski-Pohjanmaalla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 556. 56 s.
- Mäkitalo, J. 1986. VT-männikön tuottoarvon määrittäminen ja tuottoarvon soveltaminen MELAn käyttöön. Metsätalouden suunnittelun syventävien opintojen tutkielma. Joensuun yliopisto. Metsätieteellinen tiedekunta. 36 s.
- Nalli, A. 1992. Monikäytön suunnittelumenetelmä. Metsätalouden suunnittelun syventävien opintojen tutkielma. Joensuun yliopisto. Metsätieteellinen tiedekunta. 65 s.
- Nalli, A., Nuutinen, T. & Päivinen, R. 1996. Site-specific constraints in integrated forest planning. Scand. J. For. Res. 11: 85-96.
- Nuutinen, T. 1989. Combinatorial optimization in short-term forest planning. Lisen-siaattityö. Joensuun yliopisto. Metsätieteellinen tiedekunta. 54 s.
- Nuutinen, T. 1994. GISMELA - paikkatietojärjestelmä metsäsuunnittelussa. Teok-sessa: Niemeläinen, P., Kangas, J. & Päivinen, R. (toim.). Integroidun metsälli-sen päätöksenteon tutkijajärjestelmä (IMPJ) - yhteistutkimushankkeen loppuse-minaari 2.2.1994. Joensuun yliopisto. Metsätieteellinen tiedekunta. Tiedonan-toja 15: 18-33.
- Nuutinen, T. 1996. Timber sale and logging planning: using a Geographical Infor-mation System based methodology. University of Edinburg, Faculty of Social Sciences. Thesis fo the Degree of PhD. 177 + 103 s.
- Nuutinen, T. & Siitonen, M. 1994. Entä jos luovutaan avohakkuista tai suojellaan vanhat metsät? Julkaisussa: Kuuluvainen, J. (toim.) Metsäsektorin ajankohtais-katsaus 1994. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 516:14-16.
- Nuutinen, T., Hirvelä, H., Härkönen, K., Salminen O. & Siitonen, M. 1996. Metsien suojelun vaikutukset hakkuumahdollisuuksiin. Metsäntutkimuslaitos. Osara-portti Metsänsuojelun ja työllisyyden rahoitustoimikunnalle. Moniste. 13 s.
- Nuutinen, T., Hirvelä, H., Härkönen, K., Kilpeläinen, H., Salminen, O. & Siitonen, M. 1998. Metsien puuntuotantomahdollisuudet. Julkaisussa: Hänninen, H. (toim.). Puuvarojen käyttömahdollisuudet. Metsäntutkimuslaitos & Metsälehti Kustannus, s. 67-79.

- Ojansuu, R., Hynynen, J., Koivunen, J. & Luoma, P. 1991. Luonnonprosessit metsälaskelmassa (MELA) - Metsä 2000-versio. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 385. 59 s.
- Oksanen-Peltola, L. & Paananen, R. 1995. Metsäsuunnittelu - yksityismetsätalouden toiminnan perusta. Työtehosteuran metsätiedote 546 8/1995: 1-6.
- Pesonen, M. 1987. Metsälön optimaalisen puuntuotanto-ohjelman valinta mikrotietokoneella. Metsätalouden suunnittelun syventävien opintojen tutkielma. Joensuun yliopisto. Metsätieteellinen tiedekunta. 59 s.
- Pesonen, M., Jämsä, J. & Hirvelä, H. 1993. Harvennushakkuiden edullisuusvertailu metsälötasolla. Summary: Profitability comparisons of thinnings at the forest holding level. Folia Forestalia 802. 23 s.
- Pihljerta, K. 1987. Puustotunnusten arviointivirheiden vaikutus kuvioittaisiin toimenpidevalintoihin MELAssa. Metsätalouden suunnittelun syventävien opintojen tutkielma. Joensuun yliopisto. Metsätieteellinen tiedekunta. 68 s.
- Salminen, S. ja Salminen, O. 1998. Metsävarat Keskisessä Suomessa 1988-92 sekä koko Etelä-Suomessa 1986-92. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 710. 137 s.
- Siitonen, Markku, 1983. A long term forestry planning system based on data from the Finnish national forest inventory. In: Forest Inventory for Improved Management. Proceedings of the IUFRO. Subject Group 4.02. Meeting in Finland, September 5-9, 1983. Helsingin yliopiston metsänarvioimistieteen laitoksen tiedonantoja 17. s. 195-207.
- Siitonen, M. 1990a. Suomen metsävarat 1990 ja metsien kehitysmahdollisuudet 1990-2030. Selvitys Metsä 2000-ohjelman tarkistustoimikunnalle. Metsäntutkimuslaitos, Metsänarvioimisen tutkimusosasto. 13.7.1990. 56 s.
- Siitonen, M. 1990b. Pohjois-Karjalan metsien kehitysvaihtoehdot. Teoksessa: Saramäki, J. & Mäkkeli, P. (toim.) Metsätalouden suunnittelu - metsäntutkimuspäivä Joensuussa 1990. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 357: 45-63.
- 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. Teoksessa: Niemeläinen, P., Kangas, J. ja Päivinen, R. (toim.) Integroidun metsäsuunnittelun menetelmiä ja välineitä. Integroidun metsällisen päätöksenteon tukijärjestelmä (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: Saramäki, J. & Mäkkeli, P. (toim.) Metsäsektori myllerryksessä - Metsäntutkimuslaitoksen Joensuun tutkimusosaston ja metsien käytön tutkimusosaston metsätalkoot 3.2.1994. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 500: 10-21.
- Siitonen, M., Härkönen, K., Hirvelä, H., Jämsä, J., Kilpeläinen, H., Salminen, O. & Teuri, M. 1996. MELA Handbook 1996 Edition. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 622. 452 s.
- Soinne, H. 1996. Strategiavaihtoehtojen tuottaminen MELA-järjestelmällä. Tapaustutkimus Kainuun alueella. Metsänarvioimistieteen pro gradu -työ. Helsingin yliopisto. 62 s. + 12 liites.
- Vainio, T. 1986. Kuviotietojärjestelmä. Metsätalouden suunnittelun syventävien opintojen tutkielma. Joensuun yliopisto. Metsätieteellinen tiedekunta. 47 s.

- Vauhkonen, E. 1995. VMI-tietojen ajantasaistaminen MELAn avulla. Metsätalouden syventävien opintojen tutkielma. Joensuun yliopisto. Metsätieteellinen tiedekunta. 36 s.
- Vilppulan tutkimusalue, Hoito- ja käyttösuunnitelma 1996-2005. 1996. Metsäntutkimuslaitos, tutkimusmetsäpalvelut. Metlan tutkimusmetsien julkaisusarja 8/1996. 349 s.
- Ärölä, E. 1995. Hakkuulaskelma, käyttöohje. Metsäkeskus Tapio. 28 s.

Metsätalouden suunnittelu

Kasvu- ja tuotostutkimuksen, taloustieteen ja operaatioanalyysin sovellus

Juha Lappi

1 Johdattelu

Metsätalouden suunnittelussa, kuten kaikessa suunnittelussa, päätöksentekijä yrittää tietoisesti valita ne konstit käytettävissä olevien konstivalikoimien joukosta, joilla saavutetaan suurin mahdollinen hyöty. Päätöstilanteen analyysissä voidaan käyttää avuksi laskennallisia apuvälineitä (kuten. MELA), mutta kaikkea olennaista tietoa päätöstilanteesta ei voida syöttää laskennalliseen järjestelmään. Päätöksentekijä joutuu tekemään lopulliset valinnat turvautuen vaistoonsa, pelkoihinsa, ennakkoluuloihinsa ja yleiseen tietämykseensä. Suunnittelujärjestelmästä on hyötyä vain, jos se pystyy muokkaamaan siihen syötettyä tietoa niin, että päätöstilanteessa käytössä oleva tieto ja tiedon puute tulee paremmin ymmärretyksi kuin ilman laskelmia.

Metsätalouden suunnittelujärjestelmää voidaan käyttää paitsi aitona suunnittelutyökaluna myös metsien rakenteen ja kehittymismahdollisuuksien analysointiin. Jos mahdollisista toimenpiteistä oletetaan tehtäväksi todennäköisimmät, suunnittelujärjestelmää voidaan käyttää myös ennustamiseen.

Laskennallisia suunnittelujärjestelmiä käytettäessä vaarana on, että ajaudutaan järjestelmien vietäväksi eikä niitä käytetä päätöstilanteen aidon analyysin apuvälineenä. Yritän tässä hahmottaa yleisellä tasolla MELAn kaltaisen suunnittelujärjestelmän käytön ongelmia, mahdollisuuksia ja kehitystarpeita. Luulen, että nykyisen MELAn käyttömahdollisuuksista on hyödynnetty vain pieni osa. MELAan pitäisi myös lisätä työkaluja, jotka mahdollistaisivat paremmat analyysit. Tutkimuksen pitäisi tarjota lisää tietoa suunnittelun pohjaksi. Suunnittelun tietopohjan monet puutteet ovat luonteeltaan metodisia. Empiirinen tieto jää aina epävarmaksi, joten suunnittelijalla tulee olla metodinen valmius käsitellä epävarmuutta. Joten otsikkoni 'Metsätalouden suunnittelu – kasvu- ja tuotostutkimuksen, taloustieteen ja operaatioanalyysin sovellus' voisi täydentää muotoon: 'Metsätalouden suunnittelu voisi olla kasvu- ja tuotostutkimuksen, taloustieteen ja operaatioanalyysin sovellus'.

2 Kasvu- ja tuotostutkimus

Metsätalouden suunnittelu perustuu tietoon siitä, miten erilaiset metsät kasvavat kun niitä käsitellään eri tavoin. Pohjana on siten kasvu- ja tuotostutkimuksen tarjoama aito tieto riippuvuuksista. Perinteisen kasvu- ja tuotostutkimuksen tuloksia lukiessa on syytä varoa kätkeytyä oletuksia metsänkasvatuksen tavoitteista. Siten on syytä suhtautua hyvin suurella varauksella esimerkiksi sellaisiin käsitteisiin kuin keskikasvu, kokonaistuotos ja ohjekiertoaika. Pitkänajan ennustuksia käyttävässä metsätalouden suunnittelussa tulokset riippuvat olennaisesti siitä, miten kasvun oletetaan riippuvan metsikön tiheydestä. Tilastotieteellisin argumentein (avainsanana selittävien muut-

tujen mittausvirheet) päädytään epäilyyn, että estimoidut kasvumallit ovat helposti siten harhaisia, että ympäröivän metsän kilpailu ei tarpeeksi rajoita kasvun ennustetta.

3 Metsän inventointi

Tulevaisuuden ennustaminen perustuu tietoon metsän nykytilasta, metsän inventointiin. Metsän lähtötilanteen arvioinnin virheet aiheuttavat virheitä sekä metsikkötasolla että metsälötasolla. Metsälötasolla virheet johtuvat siitä että arvioitujen metsikkötunnusten jakaumat poikkeavat tosien metsikkötunnusten jakaumista. Riippuu arviointivirheitä generoivan mekanismin tilastollisesta luonteesta, miten arvioitujen tunnusten jakaumat poikkeavat tosien tunnusten jakaumista.

Jos arviointivirhe voidaan kuvata siten, että arvioitu tunnus on tehtyjen mittausten suhteen paras mahdollinen ennuste, eli arvio saadaan oikein määritetystä regressiomallista, niin silloin arvioitujen tunnusten jakumat ovat liian kapeita ja keskimääräisestä poikkeavien metsiköiden osuudelle saadaan aliarviot. Jos arviointivirheet syntyvät siten, että arvio on toden arvon ja satunnaisen mittausvirheen summa, arvioiden jakaumat ovat liian leveitä. Inventointitietojen virheet aiheuttavat erityyppisissä ongelmia suunnittelulaskelmien soveltamisessa metsälötasolla ja metsikkötasolla. Kunnan analyysissä otetaan inventoitietojen virheet eksplisiittisesti huomioon.

4 Taloudelliset oletukset

Metsätalouden suunnittelujärjestelmä vaatii syöttötiedokseen myös oletukset toiminnan taloudellisesta ympäristöstä. Rahatalouteen siirtynyt suunnittelulaskemien tekijä vertaa eri tekijöitä hintojen avulla. Päätöksentekijä voi syöttää suunnittelujärjestelmään oletetut hinnat tai hän voi antaa suunnittelujärjestelmän ratkaista ne, eli hinnat voivat olla eksogeensia tai endogeensia. En usko, että päätöksentekijät pystyvät järkevästi hinnoittelemaan etukäteen ei-taloudellisia tekijöitä. Suunnittelujärjestelmän tehtävänä on siten kertoa mitä ei-taloudelliset tekijät maksavat. Makrotalouden tarkasteluissa myös taloudellisten tekijöiden hinnat voivat olla endogeensia. Lineaarista ohjelmointia käyttävässä suunnittelujärjestelmässä varjohinnat kertovat minkä arvoisia eri tekijät päätöksentekijän mielestä itse asiassa ovat.

5 Eri päätöksentekijöillä on eri tavoitteet ja eri keinot

Eri päätöksentekijöillä on erilaiset tavoitteet ja erilaiset keinot käytettävissään. Periaatteessa tavoitteet ovat keinoista riippumattomat. Mutta kukaan päätöksentekijä ei pysty kuvaamaan tavoitteitaan täysin yleispätevästi. Fanaatikot ovat säännön vahvistamiseen tarvittava poikkeus. Käytännössä keinojen ja tavoitteiden välillä käydään dialektista leikkiä. Joudumme aina tutkailemaan, mitä meidän tässä tilanteessa kannattaa tavoitella. Siten erilaiset tavoitteet, erilaiset metsät ja erilaiset keinot omaavien päätöksentekijöiden tuskin kannattaa laskea samanlaisilla asetuksilla metsäsuunnitelmia. MELA-kielellä tulkittuna: kukin käyttäjä on vastuussa optimointitehtävän määrittelystä. Osa MELA-käyttäjien MELA-kritiikistä lienee yhtä perus-

teltua kuin sellaisen autonostajan, joka hitsaa auton ohjauspyörän siihen asentoon missä se ostohetkellä on ja rupeaa sitten ensimmäisessä mutkassa lepikkoon ajettuaan syyttämään auton valmistajaa.

Yksittäinen metsänomistaja joutuu ottamaan vastaan puun hinnan ulkoapäin annettuna. Metsänomistaja voi lähinnä päättää vain hakkuiden ajoituksesta. Jos metsänomistaja tekee vain vähän töitä metsässään, metsien käytön suunnittelussa valitaan mahdollisista rahavirroista sopivin. Suurin kestävä hakkuusuunnite on oikea perusvalinta vain, jos metsänomistaja elää ikuisesti, hänen ei tarvitse rakentaa taloa tai ostaa autoa tai maksaa puolisoa pois talosta, ja pankki ei suostu lainaamaan hänelle rahaa tai tallettamaan hänen rahojaan. Rahavirtojen analyysissä korko on helppoiten ymmärrettävissä oleva mittari eri ajankohtien tulojen vertailuun. Siksi lineaarisen optimoinnin varjohinnat kannattaa muuttaa koroiksi.

Jos metsänomistaja tekee töitä metsässään, silloin hänen työpanoksensa ja hankitut koneet ovat tärkeitä keinoja, jotka on syytä ottaa suunnitteluun mukaan. Rahaa on helppo käsitellä suurempinakin läjinä. Mutta työn ja koneiden käytöllä on aitoja tasaisuusrajoitteita.

Metsänomistajalla voi olla rahan lisäksi muita metsäänsä liittyviä intressejä, kuten maisema, marjat ja liikkumismahdollisuudet. Rahan liittäminen suoraan muihin hyödykkeisiin saattaa olla mahdotonta. Mutta jos puuntuotannon ulkopuolisille tuotteille annetaan tavoitteita ja rajoitteita, niin suunnittelulaskelmilla on voitava osoittaa, mitä nämä muut rajoitteet maksavat. Eräissä monitavoitetarkasteluissa on puuston tilavuus ja kasvu otettu puuntuotannon kriteerimuuttujiksi rahan ohella. En pysty ymmärtämään tällaisten tarkastelujen perusteita.

Metsää omistava ja puuta käyttävä yritys voi käyttää suunnittelujärjestelmää sekä omien metsiensä aitoon suunnitteluun että puunhankintastrategioiden analysointiin. Tehtaiden pyörittäjien ja yrityksen omien metsien käytön suunnittelijoiden välinen kommunikointi puun tarpeesta sujuu varmaan parhaiten, jos omista metsistäkin saatavalle puulle käytetään laskennallista hintaa. Kun markkinoiden veto ja tuotantolaitosten kapasiteetti määräävät toiminnan puitteet, hinta on määrästä riippuvainen. Kun hinta riippuu määrästä, lineaarisella optimoinnilla ei suunnitelmia voida laskea ilman iterointia.

Omien metsien käyttö voidaan kunnolla integroida puunhankintaan ja investointipäätöksiin vain, jos samaan laskentamylyyn otetaan omien metsien lisäksi koko hankintalupeen metsät, ja metsänomistajien tarjontakäyttäytyminen, tuontipuu ja kilpailijat. Metsien hoitoon palkattu työvoima ja hankitut koneet asettavat metsien käsittelylle aitoja tasaisuusrajoitteita. En pysty keksimään yhtään syytä hakattavien puumäärien tasaisuusvaatimuksille paitsi siinä tilanteessa, että omista metsistä saadaan valtaosa tarvittavasta puumäärästä.

Yhteiskunta voi käyttää metsätalouden suunnittelujärjestelmiä lisäämään metsien tuottamaa yhteistä hyvää. Analyseissä kannatta pitää mielessä, että yhteiskunnalla on suora käskyvalta vain pieneen osaan metsistä. Yhteiskunta voi vaikuttaa metsätalouteen komentolainsäädännön, verotuksen, metsänomistajan edusta lähtevän neuvonnan, yhteiskunnan edusta lähtevän propagandan tai tukiaisten avulla. Toimenpiteitä pohtiessaan yhteiskunta voi käyttää suunnittelujärjestelmää avuksi tuotantomahdollisuuksien analyysissä tai erilaisten skenarioiden laatimisessa.

Perinteisesti yhteiskunta on kenties yrittänyt ohjata metsätaloutta liikaa äkseerauksen, propagandan ja tukiaisten avulla. Resurssien joustavan allokoinnin eli markkinoiden toiminnan kannalta olisi hyväksi, että hintojen kautta välittyisi kitkatta oikea informaatio kysynnästä ja tarjonnasta. Paras tapa saada koko maahan tasaiset tai muuten 'hyvät' hakkuut on opettaa metsänomistajat reagoimaan hintoihin. Toivottavasti yhteiskunnan tukema neuvonta ei enää suosittele metsänomistajille suurinta kestäväää hakkuusuunnitetta, josta useimmat metsänomistaja kärsivät. Vaikka yhteiskunta saattaisikin hyötyä jonkinlaisesta hakkuiden tasaisuudesta, niin päädytään täysin epäoptimaaliseen kokonaishakkuiden tasoon, jos kaikki metsänomistajat patistetaan erikseen tasaisuuteen.

MELAn käyttämän lineaarisen optimoinnin yksi tärkeimmistä eduista on se, että optimointitehtävässä laskettavat varjohinnat kertovat minkälaisilla vaihtosuhteilla päätöksentekijän olisi oltava valmis vaihtamaan eri tekijöitä toisiinsa. Jos päätöksentekijä ei ole tällaiseen vaihtokauppaan valmis, hänen ratkaisemansa optimointitehtävä ei vastaa hänen tavoitteitaan. Minulle on syntynyt sellainen hirvittävä epäily, että MELAn käyttäjät jättävät joskus varjohinnat hyödyntämättä.

6 Metsiköistä metsälöön ja takaisin

Metsätalouden suunnittelussa eri tekijöiden väliset kytkennät voidaan ottaa paremmin huomioon, jos laskelmat tehdään metsälötasolla. Metsälötason laskelmista saadaan korjatut hinnat (varjohinnat) panoksille ja tuotoksille. Kun korjatuilla hinnoilla tehdään metsikkötason optimointi, saadaan kullekin metsikölle metsälötason kanssa yhteensopiva metsikön käsittelyohjelma. Tämä metsikkötason ratkaisu saadaan MELAssa automaattisesti metsälötason optimoinnin sivutuotteena.

Jos metsälötason optimointia ei ole tehty asiallisesti loppuun saakka, niin optimointitehtävästä saatavat varjohinnat ovat kelvottomia ja niin muodoin myös metsikkötason toimenpiteet. Järkevillä varjohinnoilla pitäisi saada kasvu- ja tuotosopin, ja metsikkötason optimoinnin periaatteiden kanssa yhteensopivat kiertoajat, harvenukset ja uudistamishdotukset. Jos näin ei MELAssa käy, silloin MELAn käyttäjillä on syytä ahdistella MELAn ja siinä käytettävien kasvumallien kehittäjiä. Jos käyttäjät eivät ole optimointitehtävänsä ja siitä johdettavia varjohintoja tarkastaneet, MELAn kehittäjät voivat torjua MELAn ehdottamien metsikkötoimenpiteiden kritiikin perusteettomana.

7 Yhteenveto

Metsätalouden suunnittelun kehittäminen kasvu ja tuotostutkimuksen, taloustieteen ja operaatioanalyysin aidoksi sovellukseksi edellyttää lisää ponnistusta niin järjestelmien kehittäjiltä kuin käyttäjiltäkin. MELAn käytössä ja kehittämisessä tarvitaan:

- todellisten keinojen ottamista mukaan suunnitteluun
- luopumista nk. hyvän metsänhoidon ajatusluutumista
- varjohintojen analyysiä (optimiratkaisun lokaalia analyysiä)

- metsälötason tulosten palauttamista metsikkötasolle ja ehdotettujen toimenpiteiden analyysiä kasvu- ja tuotostutkimuksen ja johdettujen hintojen (varjohintojen) avulla
- optimointimenetelmien kehittämistä niin, että niin luonnossa kuin taloudessa olevat epälineaarisuudet voidaan ottaa huomioon (ensimmäinen askel on käyttää lineaarista optimointia iteratiivisesti).

Puuhankinnan skenaariot

Arto Rummukainen

1 Puuhankinta ja skenaariot

Puuhankinnan tehtävä on hankkia raakapuun käyttäjille oikea määrä, oikeanlaatuista raaka-ainetta sovitun aikataulun mukaan sovittuihin paikkoihin. Toiminnan kustannusten ja työtapojen tulee olla sellaiset, että hankintayhtiö voi jatkaa toimintaansa. Hankintaan kuuluvat varsinainen fyysinen puun käsittelytyö ja sitä toteuttamaan sekä ohjaamaan tarvittavat henkiset ja aineelliset pääomat sekä organisaatiot.

Mielenkiinto tulevaisuutta kohtaan ja tulevaisuuden ennustaminen kuuluu ihmisen perusluonteeseen. Yhteiskunta ja liike-elämä ovat kiinnostuneita tulevaisuudesta voidakseen toimia muuttuvissa oloissa tai muokatakseen tulevaisuutta omien toiveidensa mukaisesti. Ennustaminen on kuitenkin vaikeaa, koska tulevaisuus on hyvin monien fyysisten ja henkisten asioiden summa. Tietojenkäsittelymenetelmät tarjoavat nykyään menetelmiä, joiden avulla voi helposti muokata tilastoista malleja, joilla voidaan ennustaa tulevaisuutta halutun ajan eteenpäin. Mannermaa (1991) käyttää tällaisesta kapea-alaisesta kvantitatiivisesta tulevaisuuden tutkimisesta nimitystä deskriptiivinen tulevaisuuden tutkimus.

Mennyttä selittävät määrämallit ovat voimattomia, jos ennustettavan asian ulkopuoliset tekijät muuttavat olosuhteita voimakkaasti, kuten 1990-luvun alun talouslama. Skenaariot ja evolutionaarinen tulevaisuuden tutkimus pyrkivät ottamaan huomioon myös murrosvaiheita (Mannermaa 1991). Evolutionaarisessa tulevaisuudentutkimuksessa käytetään määrällisiä ja laadullisia tieteellisiä menetelmiä kokonaisten ihmisten järjestelmien tulevaisuuden ennakointiin. Menettelyssä ajatellaan evolutionaarisen kehityksen koostuvan ennakoitavien ja ennakoimattomien vaiheiden vuorottelusta. Tieteellisen teorianmuodostuksen ja metodien avulla laaditaan ennusteita ja murrosanalyysjä.

Skenaariotyössä ajatellaan, että tulevaisuuden vaihtoehdot ovat tunnistettavissa, olivat ne sitten edistystä, katastrofeja tai jotain siltä väliltä (Mannermaa 1991). Skenaarioita laativa ryhmä kuvailee nykytilanteen ja kehittää sen pohjalta mahdollisia tulevaisuuden kuvia. Kutakin yksittäistä vaihtoehtoista tulevaisuuden kuvaa kutsutaan skenaarioksi. Skenaariolle voidaan antaa toteutumistodennäköisyyksiä. Käyttäjä voi hyödyntää skenaarioita valmistautuessaan tulevaisuuteen. Skenaarion tekijöiden hyvä ominaisuus on luovuus, jolla muutosilmiöitä ja niiden seurauksena syntyviä tulevaisuuksia kartoitetaan. Tukena voidaan tietenkin käyttää määrällisiä ennusteita. Skenaariotyöskentelyllä ei ole mitään kiinteitä metodeja, joten sitä voi soveltaa hyvin monille aloille ja ajanjaksoille. Tehokkaimmillaan skenaario toimii organisaation työkaluna, jolloin työskentelyllä pyritään kehittämään organisaation toimintaa tulevaisuutta varten selvittämällä organisaation uhkia ja mahdollisuuksia sekä heikkoja ja vahvoja puolia ennustettujen muutosilmiöiden suhteen (Meristö 1991).

Puunhankinta on kiihtyvällä nopeudella muuttunut tämän vuosisadan ajan. Hankintamäärät ja puun käyttäjien ja yhteiskunnan vaatimukset ovat kasvaneet samalla kun hankintaorganisaatiot ovat ohentuneet. Ulkoilmassa tehtävä raskas ihmistyö on muuttunut suurelta osin koneiden ohjaustyöksi, mikä on johtanut työntekijöiden määrän huomattavaan vähenemiseen. Yhtenä skenaariona puunhankinnan voidaan toivoa jatkuvan Suomessa, koska puu on tärkein ja vielä uudistuva luonnonvaramme. Metsätalouteen ja puunjalostukseen liittyvä tietotaito ja sitä tukevan teollisuuden tuotteet ovat varsinaisen metsäteollisuuden tuotteiden ohella tärkeimpiä vientitukkeitamme. Nämä ovat hyviä syitä katsoa tarkemmin kuinka puunhankinnan tulevaisuutta on tutkittu ja mitä työkaluja uusien skenaarioiden luomiseen on käytettävissä.

2 Ennusteita hevosista ja koneista

Talvi- ja jatkosota sotakorvauksineen hajottivat yhteiskunnan vanhoja rakenteita, jonka seurauksena muuttuivat niin metsänhakuutavat, elinkeinorakenne kuin työvoiman tehokkuusajattelukin. Niinpä 1940-luvulta alkaen niin metsäteollisuus kuin yhteiskuntakin alkoivat tutkia metsätöiden tehokkuutta sekä koneiden soveltumista metsätöihin. Metsäteollisuutta laajennettiin ja puu siirtyi omatarvekäytöstä teollisiin prosesseihin. Putkisto (1959) selittää metsätyövoiman määrän ja koneellistumisteen ennusteensa 15 seuraavalle vuodelle olevan ”erittäin karkea ja subjektiiviseen näkemykseen pohjautuva”, mikä johtuu ”koneellistumisnopeuteen vaikuttavien tekijöiden runsaudesta ja niiden yhteisvaikutuksen erittäin suuresta komplisoituneisuudesta”. Yhteen ainoaan ennusteeseen päättyvässä esityksessä on monipuolisesti tarkasteltu työn, koneellistumisen ja puutavaralajien muutosten vaikutusta työmääriin unohtamatta metsän omistuksen ja työkauden pituuden vaikutusta.

Putkiston (1959) ennusteen mukaan moottorisahan osuus puutavaran kaadosta ja pölkytyksestä olisi noussut vuodesta 1957 vuoteen 1972 mennessä 15 %:sta 68 %:iin. Koneellisen puutavaran metsäkuljetuksen eli maataloustraktorikuljetuksen osuus kohoaisi vastaavasti 2 %:sta 54 %:iin. Metsätyöntekijöiden määrä olisi pudonnut 515 000 työntekijästä 405 000 työntekijään. Nykyajattelun mukaan ylettömän suuri työntekijämäärä johtuu osaksi siitä, että suurin osa metsätyöväestä oli töissä vain 4...5 kuukautta vuodessa. Kausivaihtelu olisi koneellistumisen takia pienentynyt siten että tammi-maaliskuussa olisi vuonna 1972 käytetty 40 % markkinapuun valmistamiseen käytetystä työajasta vuoden 1957 46 % sijasta. Vuonna 1972 noin 75 000 metsätyöntekijää kaatoi, karsi ja pölkytti lähes kaiken puutavaran moottorisahalla. Moottorisahojen kehittyminen myös karsintaan sopiviksi, teiden ja autokaluston kehittymisen mahdollistama kuorinnan siirtyminen tehtaille sekä maataloustraktoreiden rinnalle tulleet metsätraktorit olivat työn tuottavuutta kohottavia teknisiä tekijöitä, jotka nopeuttivat kehitystä Putkiston (1959) arvioita selvästi enemmän (kuva 1). Koneiden hinnan aleneminen, pääomien saannin helpottuminen ja maaltamuutto tai teollisuuden työvoiman tarve olivat muutoksia, joiden voimakkuus yllätti Putkiston.

Suomen Metalliteollisuuden yhdistys pyysi 1960-luvun puolella välissä Metsätehoa selvittämään puunhankinnan koneellistamistarvetta teollisuuden kehittämismahdollisuuksia varten (Puutavaran ...1967). Selvityksessä laskettiin kuinka paljon koneilla voitaisiin korvata ihmistyötä, kuinka paljon niitä tarvittaisiin ja paljonko ne saisivat maksaa. Muutaman vuoden päästä vastaavanlaisen laskelman päätarkoitus oli sel-

vittää metsätaloudelle edullisimpia korjuumenetelmiä ja investointikustannuksia (Rysä ym. 1972)(kuva 1). Seuraavaksi energiakriisin seurauksena selvitettiin kaukokuljetuksen työnjakoennustetta vuoteen 1983 asti (Savolainen ja Vesikallio 1974). Kehityksen odotettiin noudattavan aiempien kausien toteutuneita muutoksia öljyn hinnan korotukset huomioiden. Perusvaihtoehdon lisäksi laskettiin ”markan ulkoisen arvon epäedullisemmalle kehitykselle” toinen kustannusten nousuennuste. Savolainen ja Vesikallio (1974) tarjosivat malliaan avuksi myös yrityskohtaisiin kuljetusoptimointeihin.

Tietokoneiden käyttöönotto tarjosi Mikkoselle ym. (1975) mahdollisuuden ”ottaa huomioon entistä useampia puunkorjuun kehittymiseen vaikuttavia tekijöitä ja tarkemmin kuin aikaisemmin” ennustaessaan puunkorjuun taloudellista koneellistamista kaudelle 1975-84 (kuva 1). Leimikkotyypeittäisen ennusteen pohjana olivat tapahtuneen kehityksen lisäksi ”tulevaisuudesta tiedossa olevat seikat”. Monipuolisen simulointimallilla tehdyn tarkastelun täydensi ainoalle ennusteelle laskettu herkkyyksianalyysi, jossa otettiin huomioon seitsemän eri inflaatiotasoa. Energiakriisin ja markan heikon ulkoisen arvon aikana tarkasteluissa oli vahvasti mukana energiapuun korjuu. Vertailulaskelmiin perustuvat ennusteet ovat olleet tämän jälkeen paljon käytettyjä työkaluja esimerkiksi uusien työmenetelmien kilpailukykyä tutkittaessa. Metsänomistajien oman työn kehityksestä laati Koistinen (1991) metsänomistajille lähetetyn kyselyn perusteella Työtehoseurassa arvion.

3 Tietokoneilla simuloimaan

Simuloinnin avulla voitiin laskennallisesti vertailla monista tekijöistä riippuvien työketjujen tuottavuutta ja kustannuksia. Optimointimenetelmät antoivat mahdollisuuden laskea monista simuloinnilla luoduista ketjuista jonkin tekijän suhteen edullisin yhdistelmä eli yleensä halvin ratkaisu. Simuloinnin ja optimoinnin käyttöönotto laajoissa puunhankinnan tutkimuksissa oli mahdollista vasta tietokoneiden laskentakapasiteetin lisääntymisen ja ohjelmien kehittymisen myötä. Lilleberg ja Raitanen (1989) käyttivät simulointiin perustuvaa MELA-metsälaskelmaa apunaan ennustaessaan leimikko-olojen muutosta ensi vuosituhannele. Imponen ym. (1992) optimoivat simuloimalla laskettuja esimerkkileimikoiden korjuukustannuksia tutkiakseen hakkuukonetyön vaikutusta töiden organisointiin ja taloudellisuuteen (kuva 1). Metsämiesten säätiön laajan metsätyön murrostutkimuksen osana Rummukainen ym. (1993 ja 1995) minimoivat annettujen hakkuumäärien hankinnassa tarvittavien työmenetelmäyhdistelmien kustannukset lineaaroptimoinnilla (kuva 1) ja Alanne (1993) laati tavoiteoptimointimallin työvoimatarpeen laskemiseksi. Esityksissä annettiin karkeat, eri lähteistä koottuihin tietoihin perustuvat matemaattiset ajanmenekki- ja kustannusmallit korjuun lisäksi kaukokuljetukselle, työnjohdolle ja mittausmenetelmille. Hankinnan työmäärä, -menetelmä, hakkutapa ja kustannusennusteet laskettiin kolmelle eri hakkuumäärätasolle, kolmelle kustannuskehitystasolle ja lisäksi metsänhoitotyöt mukaan ottavalle vaihtoehdolle.

Laskennallisissa ennusteissa jouduttiin laskentakapasiteettirajoituksista johtuen rajoittamaan vaihtoehtojen määrät vähäisiksi ennen tietokoneiden kehittymistä. Varsinkin yrityksen oman toiminnan kehittämisessä olisi ollut mahdollista miettiä tulevaisuuden antamia toiminnan rajoja ja mahdollisuuksia jo ennen tietokoneita esimerkiksi skenaariomenetelmillä (Hynynen ym. 1979), mutta ne otettiin metsäalalla käyttöön vasta 1990-luvulla. Vantaala (1990) kyseli hankinnan ammattilaisilta nä-

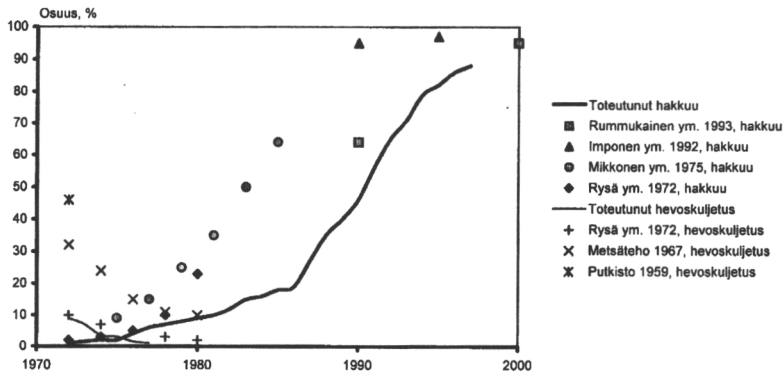
kemyksiä alan kehityksestä Metsämiesten säätiön murrostutkimusta varten ja Kettunen (1990) mittausmenetelmien kehittymistä ennustaakseen. Matilainen (1995) selvitti laajoin haastatteluin metsänomistajien, koneyrittäjien ja -valmistajien sekä hankintahenkilöiden näkemyksiä puunkorjuun kehitysnäkymistä perustaksi tulevaisuuden metsäkoneen kehittämiseksi. Kolmesta kuvatussta skenaariosta kahdessa tuli esille nykyistä pienempien korjuukoneiden lisääntyvä tarve. Leinonen (1998) kehitti viisi puunhankinnan skenaariota toistuviin ja ohjattuihin haastatteluihin perustuvalla aivoriihi-menetelmällä. Tulevaisuuden vaihtoehdot kuvattiin metsävarojen, suoje- lun, puukaupan, korjuun ja kuljetuksen sekä työvoiman kannalta.

Ulkomaalaisista puunhankinnan ennusteista voidaan mainita norjalaisen Eidin (1998) laatimat hakkuukoneen ja kuormatraktorin tuottavuusmallit avohakkuulle, harvennushakkuille sekä siemen- ja suojuspuuhakkuille ja niiden poistolle. Laatija tarjoaa näitä mallejaan korjuumenetelmien vertailuun ja kustannusten pitkän aikavälin ennusteisiin. Saksalaiset Becker ym. (1998) käyttivät osavaltion metsänhoitoalueen resurssien kehityksen ennustamiseen vuosina 1953-1995 toteutuneen työntuottavuuskäyrän edelleen mallittamista vuoteen 2007. Vuonna 1953 hoitoalueella tarvittiin 11 tuntia yhden puu-kiintokuutiometrin hakkuuseen ja vuonna 1996 enää yksi tunti. Logaritmisella mallilla laadittu työntuottavuuskehitys on sitten jaettu valtion omien työntekijöiden ja yrittäjien työmääräksi erilaisilla oletuksilla. Owari ym. (1995) laativat "koneellistamisen kehitysmallin" tutkiakseen koneellistamisprosessia ja -menetelmiä. Simuloimalla puunkorjuuta Hokkaidon oloissa he tutkivat työvoimapulan vaikutuksia ja koneellistamisessa tarvittavien puunkorjuuyritysten kokoa. Japanin jyrkillä rinteillä korjuun koneellistaminen etenee laskelmien valossa suhteellisen hitaasti.

4 Ennusteet varovaisia, mutta muutokset nopeita

Ensimmäisetkin koneellistamis- ja työvoimaennusteet oli laadittu laajalti olosuhteisiin ja työn rakenteeseen tutustuen. Putkiston (1959) ennuste 15 vuotta eteenpäin hevoskuljetuksen vähenemisestä jäi kuitenkin huomattavan kauas vuonna 1972 toteutuneesta tilanteesta (kuva 1). Putkiston (1959) ei kuitenkaan tarvitse yhtään hävetä myöhempien ennustajien seurassa. Hevoskuljetuksen vähenemisestä eli traktorikuljetuksen lisääntymisestä tehdyt ennusteet lähestyivät tietysti toteutunutta sitä paremmin mitä lähempänä hevoskuljetuksen loppumista ne on tehty (kuva 1). Kahden viimeisen ennusteen väliä oli vain muutama vuosi (Puutavaran ... 1967 ja Rysä ym. 1972), mutta ennustetta korjattiin parikymmentä prosenttiyksikköä. Sekään ei tosin riittänyt tapahtuneen kuvaamiseen.

Koneellisen hakkuun osuuden kasvun ennustaminen näyttää ollen yhtä hankalaa kuin hevoskuljetuksen vähenemisenkin (kuva 1). Toteutunutta hitaampaa hevoskuljetuksen vähenemistä ennustaneet Rysä ym. (1972) ennustavatkin nyt 8 vuoden päähän koneellistumisen nopeammaksi kuin se on toteutui. Rysän ym. (1972) varovainen ennuste toteutui alussa yllättävän hyvin, joten jälkeinpäin yllättävältä voi tuntua seuraava, Mikkosen ym. (1975) alusta asti voimakkaasti ylioptimistinen ennuste. Käyrän muoto oli oikea, mutta ennuste oli melkein 10 vuotta etuajassa. 1990-luvun ennustajatkaan (Imponen ym. 1992 ja Rummukainen ym. 1993) eivät ole juuri onnistuneet paremmin, vaikka koneellisen korjuun osuus lähestyy jo sataa prosenttia.



Kuva 1. Hevoskuljetuksen ja koneellisen hakkuun osuuden kehitys (Metsätalastollinen ... 1998) ja näiden ennusteita. Ennusteiden lähteet on annettu kuvassa merkkien selityksessä.

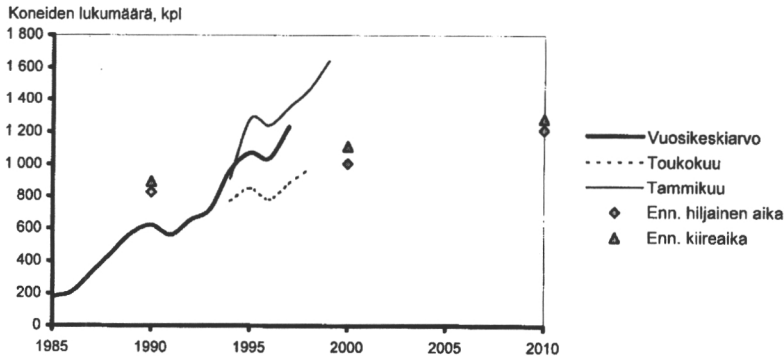
Suuri syy eroihin on tietenkin se, että ennusteet ovat laskelmia eri menetelmien ja toimintaolojen edullisimmista vaihtoehdoista, eli osoittavat ennustushetken tietämyksen mukaista koneiden tai menetelmien kehityspotentiaalia. Tätä ei ole kuitenkaan voitu ottaa käyttöön sellaisten muutosten takia, joita laskelmissa ei ollut huomioitu. Osa yllättävistä muutoksista on puunhankinnan sisäisiä, mutta monet asiat ovat tulleet alan ulkopuolelta. Hevoskuljetusten kehityspotentiaali arveltiin liian hyväksi ja/tai traktorikuljetuksen liian huonoksi, kun todellisuudessa traktorien käyttöönottoa rajoittavat kustannustekijät poistuivat paljon ennakoitua nopeammin. Hevoskuljetus loppui vaurastuvan yhteiskunnan tarjotessa parempia työpaikkoja hevosmiehille. Sijoitukset traktoreihin, joiden tuottavuus ja erityisesti tuottavuuden kehitysmahdollisuus olivat ylivertaiset hevoskuljetukseen verrattuna, olivat mahdollisia koneiden halvetessa ja pääomien lisääntyessä.

Konehakuussa kehityspotentiaali arveltiin taas alussa liian suureksi. Pienyrittäjille suuri pääomatarve oli varmasti yksi hidastava tekijä, mutta yksi pääsyy edellä mainitun vajaan kymmenen vuoden ”myöhästymiseen” oli se, ettei prosessori tai kaksioite-harvesteri ollutkaan vielä niin luotettava teknisesti ja joustava organisatorisesti kuin oletettiin. Koneellistumiskäyrä lähti noudattamaan Mikkosen ym. (1975) ennustetta vasta kun toimivat kuormainharvesterit tulivat markkinoille (kuva 1). 1990-luvun ennusteetkaan eivät ole prosentilleen toteutuneet. Syynä saattaa olla se, etteivät koneet ole oikein vielä sopineet pieniin harvennuksiin, kesällä heikosti kantaville maille eikä vaneritukin hakkuuseen. Koneellisen korjuun mahdollisuuksia on rajoittanut myös yhteiskunnan halu säilyttää työpaikkoja metsässä. Toisaalta vaikka konehaku ei olekaan saavuttanut ennustetasoja, on sen tehokkuus lisääntynyt ja kustannukset laskeneet esimerkiksi kilpailun, informaatioteknologian ja automaation ansiosta ennusteita enemmän, jolloin on ehkä ollut mahdollista palkata toisaalla metsureita useammissa tapauksissa, jolloin koneellisen hakkuun osuus on jäänyt pienemmäksi.

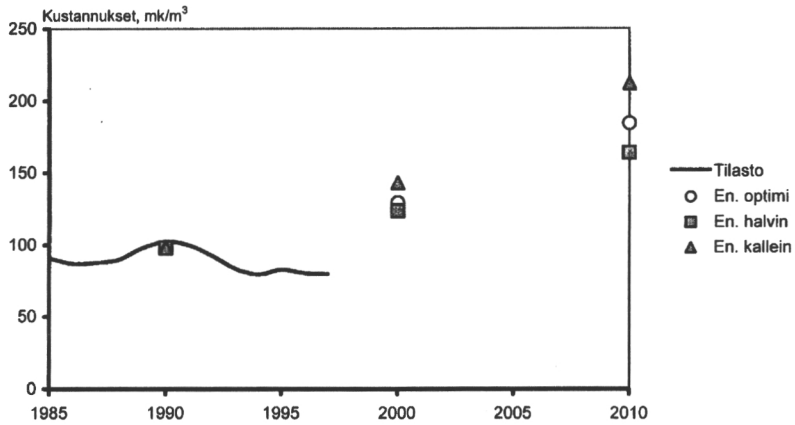
Koneellisen korjuun tai hevoskuljetuksen suhteiden ennusteet ovat suhteellisen luotettavia, koska ne vertailevat työmenetelmiä samoilla kriteereillä. Konemäärien tai kustannusten ennusteet ovat taas alttiimpia useampien tekijöiden toisistaan riippumattomille vaikutuksille, jolloin vaihtelumahdollisuudet ja ennustamiserheet ovat suurempia. Rummukaisen ym. (1993) ennuste vuodelle 2000 hakkuukoneiden määrän kasvusta on jo ylittynyt (kuva 2), aivan kuten kuormatraktoreiden ja kuorma-autojen määräennusteetkin. Saman tutkimuksen kohoavat korjuu- ja kuljetuskustannusennusteet muuttuivat todellisuudessa 1990-luvun laman myötä laskeviksi kustannuksiksi (kuva 3).

Resurssimääriin vaikuttavat voimakkaasti vaihtelevat työmäärät. Rummukaisen ym. (1993) konemääräennusteiden ylityksiin olivat pääsyyinä 1997 ja 1998 ennustettua suuremmat hakkuumäärät (kuva 4). Ennusteessa on pyritty alentamaan kustannuksia vähentämällä konemäärien kausivaihtelua, mutta todellisuudessa kausivaihtelu on vain lisääntynyt viimeiset viisi vuotta (kuva 2). Kuormatraktoreiden ja -autojen osalta ennustettiin konemäärätarpeiden vähenevän lievästi kasvavasta hakkuumäärästä huolimatta. Hakkuumäärien voimakkaan kasvun myötä toteutuneet konemäärät ovat nousseet ja kausivaihtelu lisääntynyt myös kuormatraktoreiden ja -autojen osalla.

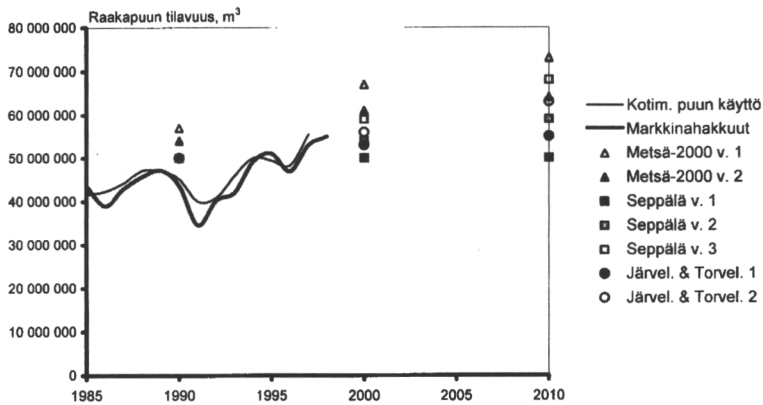
Haastattelumenetelmillä tehdyissä tutkimuksissa useimmat haastatellut tukeutuvat tuttuun lähiympäristöön ja luontaisesti konservatiiveina laativat varovaisia ennusteita (Vantaala 1990, Koistinen 1991 ja Matilainen 1995). Tavallaan ennustetaan vain niiden muutosten jatkumista, jotka ovat jo meneillään. Leinonen (1998) on aktiivisella yrittämisellä saanut vastaajat jo rohkeammin miettimään useammanlaisia kehittymismahdollisuuksia.



Kuva 2. Hakkuukoneiden keskimääräinen vuosittainen lukumäärä sekä tammi- ja toukokuun konemäärät 1985-1997 (Metsätilastollinen ... 1998) sekä Rummukaisen ym. (1993) ennuste konemäärästä vuosille 1990, 2000 ja 2010.



Kuva 3. Puutavaran hakkuun ja kaukokuljetuksen kustannukset 1985-1997 (Metsätilastollinen ... 1998) sekä Rummukaisen ym. (1993) ennuste kustannuksista vuosille 1990, 2000 ja 2010.



Kuva 4. Kotimaisen raakapuun käyttö ja markkinahakkuut 1985-1998 (Metsätilastollinen ... 1998) sekä Rummukaisen ym. (1993) tutkimuksessa selostetut puunkäyttö ja -tarjontaennusteet.

5 Ulkopuolisia muutostekijöitä puunhankinnassa

Metsäteollisuus on suurten pääomatarpeidensa ja tuotantokoneistojensa takia yksi kansainvälisimpiä teollisuuden aloja, joten kaukaisetkin muutokset vaikuttavat hyvin nopeasti Suomen metsäteollisuuteen ja sen kautta, osittain suoraankin, puunhankintaan. Teollisuuden politiikkana on enenevässä määrin sopeuttaa tuotantomäärät kysynnän vaihteluihin, eli lopputuotemarkkinoiden markkinatilanne vaikuttaa hyvin nopeasti raaka-aineen eli puun tarpeeseen. Teollisuus haluaa raaka-ainetarpeidensa lisäksi vaikuttaa kustannussyistä myös puunhankkijan varasto- ja varantopolitiikkaan sekä ulkomailta hankittavan puun määrään. Puutarpeestaan kaikenkokoiset yritykset hankkivat suurimman osan yksityisiltä metsänomistajilta (Mäkinen ym. 1997). Näiden puuntarjonta riippuu suurelta osin puun hinnasta, koska pienillä tiloilla ei useinkaan ole tarvetta tai mahdollisuuttakaan myydä puuta jatkuvasti. Kysynnän ja tarjonnan perusteella määräytyvän kotimaisen markkinapuun vuotuinen hakkuumäärä vuosina 1985-1998 vaihteli 34,5 – 54,9 milj.m³ välillä (kuva 4). Tarkastelujaksoon sisältyvät sotien jälkeisen ajan syvin talouslama ja kautta aikojen suurin hakkuumäärä.

Vuotuisen hakkuumäärän keskiarvo 13 viimeisen vuoden aikana oli 45 milj. m³, jonka variaatiokerroin eli keskiarvolla painotettu keskihajonta oli 12 % eli 5,4 milj.m³ (Metsätilastollinen ... 1998). Kahdeksan vuoden aikana pienimmän ja suurimman hakkuumäärän erotus oli 20,5 milj. m³ eli lähes puolet keskiarvosta. Kotimaisesta raakapuusta 83 % tuli yksityismetsistä. Metsähallituksella on ollut voimakkaimminkin pyrkimys tasaisiin tuloihin sekä henkilökunnan ja yrittäjien vakaaseen työllistämiseen, koska sen hakkuiden variaatiokerroin on kaikkein pienin eli 8 %. Hankintakauppoja tekevien omatoimisten metsänomistajien kollektiivilla hakkuumäärät ovat olleet toiseksi tasaisimmat, eli variaatiokerroin oli 15 %. Suhdannevaihtelu koskee tietysti voimakkaasti suurinta erää, eli pystykauppojen hakkuita, joiden variaatiokerroin oli 22 %. Selvästi eniten yhtiöt ovat käyttäneet omia metsiään hakkuumäärien tasaukseen, koska variaatiokerroin oli 38 %. Tämä näkyi korostetusti puun puutetilanteessa vuosina 1991-1994. Kokonaishankinnan variaatioker-toimella ilmaistu vaihtelu vastaa yli viidesosaa korjuuketjujen määrästä. Ulkomailta tuotavan puun määrän variaatiokerroin 19 %, mutta vaihtelu oli hyvin pientä 1980-luvulla. Puunhankinnan resurssitarpeet määräytyvät siten hyvin voimakkaasti puunhankkijoiden vaikutuspiirin ulkopuolelta.

Puun hinta määräytyi aiemmin metsäteollisuuden ja metsänomistajien välisissä neuvotteluissa. Muutama vuosi neuvoteltiin hinnoista alueittain ja aivan viimeksi metsänomistajat keskustelivat kahden yhtiön kanssa erikseen hintaodotuksista. Vaikuttaa siltä, että EU kilpailun rajoitussäännöt estävät Suomessakin yhteisesti sovitut puunhinnat jatkossa. Puun hinta ei vaikuta suoraan korjuu- ja kuljetustyön suorittamiseen, mutta kanto- ja hankintahintojen välinen erotus vaikuttaa jo metsänomistajien kiinnostukseen tehdä tai teettää korjuu itse. Puun hinnasta johtuva myyntihaluttomuus tai vilkas tarjonta vaikuttavat työn määrän ajallisen vaihtelun suuruuteen (katso luku 7).

Monet puunhankinnassa käyttöön otetut tekniset kehitysaskleet ovat tulleet ulkopuolelta. Uusi tekniikka on usein nopeasti korvannut kokonaan juuri huippunsa saavuttaneen vanhan tekniikan. Pokasahaa eivät pelastaneet höylähampaat eikä moottorisahaa keveneminen. Viime aikoina tekniikan muutokset ovat näkyneet erityisesti

tietotekniikan kehityksessä, joka on vaikuttanut puutavaran mittaukseen, hydraulikan automatisoimiseen, koneiden paikallistamiseen ja työmääräysten antoon. Moottoritekniikassa tietotekniikka on vähentänyt päästöjä ja edistänyt energiataloutta. Tällä hetkellä hakkuun ja kuljetuksen koneet ovat hitaan kehityksen vaiheessa, mikä toisaalta saattaisi ennustaa jonkin täysin uuden teknologian löytymistä. Onko hakkuun ja kuljetuksen tekevä yhdistelmäkone tällainen (Björnheden 1999)?

Suomalainen yhteiskunta vaikuttaa laeillaan joskus nopeastikin puunhankinnan edellytyksiin ja oloihin. Verolait vaikuttavat tilojen perimiseen, hankkimiseen ja pirstoutumiseen sekä puukauppatapoihin, omatoimisen työn edullisuuteen ja metsänhoitotöiden tukiin. Täysi arvoitus on miten puukauppojen määriin vaikuttaa pian loppuva mahdollisuus säilyttää metsälö pinta-alaverotuksessa. Muutosta ovat edeltäneet voimakkaat hakkuut, jonka pelätään johtavan veromuutoksen jälkeen hakkuiden voimakkaaseen vähenemiseen. Energian verotus ratkaisee puuenergian käyttömahdollisuudet. Ympäristöön ja monikäyttöön liittyvät lait ja toimintaohjeet ovat viimeisen kymmenen vuoden aikana muuttaneet hakkuutapoja ja ajankohtia sekä vähentäneet tuotannossa olevaa metsäalaa ja pinta-alayksikköä kohti korjattavaa puumäärää (Nuutinen ym. 1998). Metsänhoitoyhdistysten mahdollisuuksia ajaa metsänomistajan etua ja tehdä puukauppaa on juuri lailla muutettu. Työaikasäädökset voivat ratkaisevasti muuttaa kuljettajien tarvetta kaukana kotoa tehtävissä metsätöissä. Edellä mainitut ovat vain muutamia esimerkkejä yhteiskunnan suorasta vaikutuksesta, epäsuorasti toimintaoloihin vaikuttavat kaikki suuret muutokset.

Kaupan vapautuminen ja Euroopan yhentyminen siirtävät päätöksentekoa Suomen ulkopuolelle. Yhtenäisen valuutan myötä paine hintojen yhtenäistämiseen kasvaa. Suomessa on työ kallista moniin Euroopan maihin verrattuna. Kansainvälisessä omistuksessa olevat yhtiöt voivat eri maissa sijaitsevien tehtaiden työkajoa kehittäessään lakkauttaa Suomesta kannattaviakin tehtaita. Kustannuskilpailukyky korostuu kaikessa toiminnassa, myös ehkä enenevästi puun hinnoissa. Markkinoille saattaa tulla ulkomaisia puunhankintayrityksiä. Puuta on tarjolla entistä enemmän Venäjältä, Baltiasta sekä jopa Puolasta ja Saksasta. Toisaalta hyvälaatuiselle raaka- puulle löytyy ostajia ulkomailta. Puun arvo voi vielä nousta suuresti, koska se on uusiutuva ja hiiltä sitova luonnonvara.

6 Puunhankinnassa suuri liikevaihto

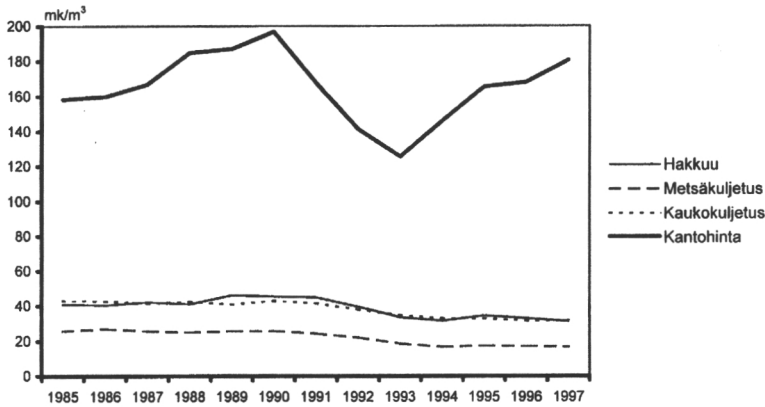
Puunhankinnan kustannukset vuonna 1997 voidaan arvioida 13 miljardiksi markaksi (taulukko 1). Puuaineen hinnan osuus on siitä lähes kaksi kolmasosaa (Metsätaloustollinen ... 1998). Raakapuun hinnat määräytyvät teoreettisesti lopputuotteiden maailmanmarkkinahintojen ja niistä johdettujen raaka-aineiden käyttöarvojen perusteella, mutta perinteisesti puun hinta ei Suomessa ole paljoakaan riippunut puun laadusta eikä korjuuloista. Pieni kantohinnan hintahaitari ja korjuulojen vähäinen vaikutus hintaan eivät lisää metsänomistajan kiinnostusta parempilaatuisten puiden kasvattamiseen, eikä leimikko-olojen kohentamiseen. Kantohintojen suhdannevaihtelu vaikuttaa toimintaan sitoutuvan pääoman korkokustannuksiin ja siten toimintatapoihin. Puutavaralajien hintasuhteet suuntaavat kauppoja erilaisiin leimikoihin ja vaikuttavat siten suoraan työoloihin.

Taulukko 1. Puunhankinnan liikevaihto vuonna 1997. Laskelmia on selitetty tekstissä.

Kustannustekijä ja lähde	Osakustannuksia, mrd. mk	Kustannus, mrd. mk	Osuus, %
Kantorahatut, (Metsätilastollinen ... 1998)		8,5	63
-yksityismetsät	7,6		
-valtion metsät	0,6		
-metsäteollisuuden omat metsät	0,3		
Teollisuuden puunkorjuu, (Metsätilastollinen ... 1998)		1,8	13
Teollisuuden kaukokuljetukset, (Metsätilastollinen ... 1998)		1,5	11
Hankintakorjuu ¹⁾		0,7	5
-metsänomistajien oma työ	0,5		
-yrittäjien työpanokset	0,2		
Hankintaorganisaatioiden yleiskulut (Arvioitu Mäkinen ym. 1997 tietojen perusteella.)		0,9	7
Yhteensä		13,4	100

¹⁾Hankintakorjuun tilavuus (Metsätilastollinen ... 1998) on jaettu omatoimiseen ja yrittäjätyöhön Koistinen (1995) perusteella. Työläjit on hinnoiteltu korjuukustannusten (Metsätilastollinen ... 1998) perusteella

Neljäsosa hankinnan liikevaihdosta maksetaan yrittäjille ja metsureille puutavaran valmistamisesta ja kuljettamisesta. Metsänomistajien itse tekemän työn arvoksi jää vajaat 4 % liikevaihdosta, kun hankintakaupoin tehty puumäärä jaotellaan yrittäjien ja metsänomistajien työksi Koistisen (1995) kuvaamaa kehitystä eteenpäin arvioimalla. Kun omatoiminen työ hinnoitellaan moottorisahan ja maataloustraktorin käytöstä aiheutuvien kustannusten ja tekijän palkan mukaan (Metsätilastollinen ... 1998), saadaan yrittäjien ja metsänomistajien hankintakorjuun kustannuksiksi yhteensä 680 miljoonaa markkaa. Kanto- ja hankintahintojen erotuksena saadaan 400 miljoonaa markkaa, joka siis ajatellaan hankintatyön arvoksi. Hankintatyön korvaus on siis laskennallisesti 280 miljoonaa markkaa on liian pieni, koska metsänomistaja on tehnyt sen arvosta työtä, josta ei ole saanut korvausta. Asia voidaan ymmärtää myös siten, että hankintamyymä saa keskimäärin pienempää kantohintaa, jos hän ajattelee kattavansa korjuukustannukset täysin. Yksi selitys on, että hyväksymällä hankintakaupassa omatoimiselle korjuulle kustannuksia pienemmän korvauksen, metsänomistaja saa myytyä sellaiset erät, jotka eivät huonojen korjuuolojen takia muuten menisi kaupaksi. Hankintaorganisaation, oston, suunnittelun, ohjauksen ja erilaisten korko ym. kulujen osuudeksi voidaan Mäkinen ym. (1997) perusteella arvioida 7 % liikevaihdosta. Ilman yleiskuluja esitetyistä tehdashinnan kustannusosioista suurin vaihtelu 1985-1997 on ollut puun hinnassa (kuva 5). Muut kustannukset ovat ajanjaksolla pääasiassa laskeneet.



Kuva 5. Ilman yleiskuluja esitetyn tehdashinnan pääkomponenttien vaihtelu vuosina 1985-1997 pystykaupoissa (Metsätalostollinen ... 1998). Nimelliset kustannukset on muutettu vuoden 1997 hinnoiksi tukkuhintaaindeksillä korjaamalla. Kantohinta on laskettu kunakin vuonna kertomalla puutavaralajin hakkuumäärä puutavaralajin keskimääräisellä hinnalla ja jakamalla summa kokonaishakkuumäärällä.

Vuoden 1997 puunhankinnan kustannuksista kantohinta pois lukien suurimman erän muodosti yrittäjä- ja metsurikorjuun maksut (41 %), seuraavaksi suurimman kaukokuljetuksen yrittäjämaksut (31 %), sitten hankintaorganisaatioiden yleiskulut (18 %) ja pienin erä olivat metsänomistajien omatoimisen työn kustannukset (10 %)(taulukko 1). Yleiskulujen arviota voidaan pitää ylärajana, koska vuoden 1994 jälkeen ei ole ollut saatavana todellisiin kuluja (Mäkinen ym. 1997). Yleiskuluihin vaikuttavista tekijöistä organisaatiot ovat pienentyneet ja toimien ohjaus on tehostunut. Toisaalta osto ei ole juurikaan kehittynyt ja valmiin puutavaran varastot ovat hieman kasvaneet. Tämän artikkelin kirjoittaja on arvioinut taulukkoon 1 yleiskulujen vähenemisen vuoteen 1997, mutta todellisuudessa kulut ovat voineet laskea enemmänkin.

7 Metsäkoneilla pääosassa pääoma- ja autoilla käyttökustannukset

Metsäkone- ja autoyrittäjien sekä metsänomistajien korvaukset muodostavat 29 % hankinnan liikevaihdosta (taulukko 1). Metsäteollisuuden mukaan vuonna 1996 keskimääräinen konekorjuukustannus oli uudistushakkuissa 40 mk/m³, vaihdellen 30 - 50 mk/m³, muissa kuin ensiharvennuksissa 65 mk/m³, vaihdellen 45 - 90 mk/m³ ja ensiharvennuksissa 80 mk/m³, vaihdellen 70 - 135 mk/m³ (Korjuukustannusten ... 1996). Moottorisahahakkuussa keskimääräinen korjuukustannus oli aina 20-30 mk/m³ korkeampi kuin koneellisessa hakkuussa. Kaikkien hakuiden keskimääräi-

nen korjuukustannus oli 50 mk/m³. Uudistushakkuiden kustannuksiin verrattuna muiden hakkuutapojen korjuukustannukset olivat siis noin kaksinkertaiset.

Yrittäjien kustannusrakenteen analyysissä kustannukset voidaan jakaa aikaan sidottuihin, eli kiinteisiin kustannuksiin, ja työmäärään sidottuihin, eli muuttuviin tai käyttökustannuksiin. Polttoaineet, varaosat, auton renkaat, kulkukorvaukset, siirrot, palkat, aerauskulut ym. ovat esimerkkejä työn määrästä riippuvista kustannuksista. Koneiden investointikustannukset pitää maksaa takaisin työn määrästä riippumatta. Palkat ovat periaatteessa muuttuvia kustannuksia, mutta jos työnantaja haluaa pitää pätevät työntekijät hän maksaa palkan ympäri vuoden, jolloin ainakin osa kustannuksista voidaan katsoa kiinteäksi. Puunhankintayhtiöille ovat toisaalta kaikki yrittäjän kustannukset muuttuvia kustannuksia, eli yrittäjälle maksetaan vain tehdystä työstä.

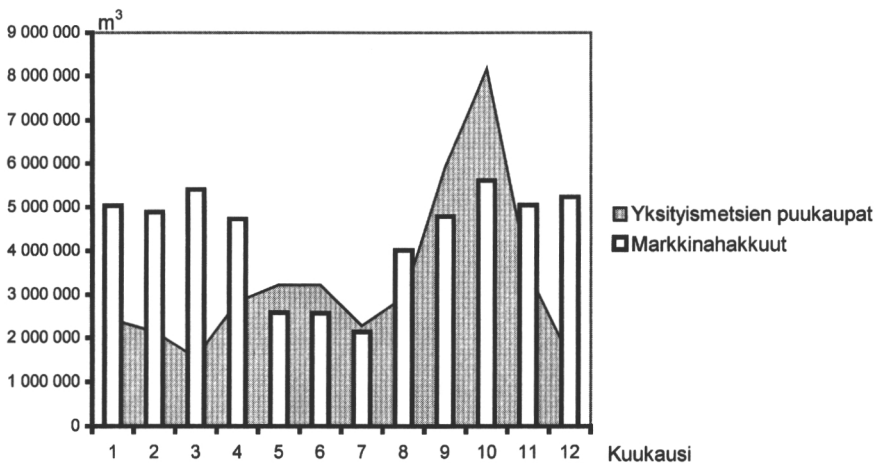
Taulukossa 2 esitetään Rummukaisen ym. (1993) tutkimuksesta vuodelta 1990 toisiinsa verrannolliset kustannusrakenteet silloin tyypillisille yhden koneen tai auton yrityksille. Niitä voidaan pitää lähtökohtana muutosarvioille. Hakkuukone ja kuormatraktori ovat pieniä määriä valmistettavia erikoistyökoneita, jolloin niiden hinta sekä korjaus- ja huoltokulut ovat suhteellisen korkeita (taulukko 2). Kuljettajat ovat erikoiskoulutettuja ja kustannuksia lisäävät hankalat matkat työpaikalle. Kuorma-auto on taas tyypillinen sarjatuote, jolla valmistus, korjaus- ja huoltokustannukset ovat pienet. Kuljettajan ammattitaitovaatimus on myös metsäkoneita pienempi. Kuljetustyön kustannuksista energian ja renkaiden kustannusosuus onkin suurin. Palkkakustannukset ovat kaikilla koneilla toiseksi suurin ja yleiskustannukset pienin kustannuserä.

Taulukko 2. Hakkuukoneen, kuormatraktorin ja kuorma-auton kuutiometrikustannus vuonna 1990 ja sen jakautuminen kustannustekijäryhmiin (Rummukainen ym. 1993). Alimmaisena ovat vuoden 1997 kuutiometrikustannukset (Metsätalastollinen ... 1998).

Kustannuslaji	Hakkuukone	Kuormatraktori	Kuorma-auto
Palkkakustannukset, %	26	30	28
Pääomakustannukset, %	37	39	27
Koneen käyttökustannukset, %	24	17	30
Yleiskustannukset, %	13	14	15
Kustannukset yhteensä, %	100	100	100
Vuoden 1990 kustannus, mk/m³	36,60	23,60	36,60
Vuoden 1997 kustannus, mk/m ³	31,10	16,70	31,70

Pääoman korko on laskenut. Kone- ja autoyritysten yleis-, pääoma- ja käyttökustannuksia olisi mahdollista laskea kasvattamalla yritysten kokoa, jolloin hankinnat voidaan tehdä halvemmalla suuremmissa erissä ja samat yleiskulut jakautuvat suuremmille tuotoille. Yleiskustannukset ovat laskeneet yrityskokojen kasvettua (Mäkinen 1999) ja kilpailun kavennettua voittomarginaalia. Useamman koneen yrityksissä siirtokustannukset halpenevat, mutta toisaalta ympäristön huomioon ottamisen takia leimikoiden tiheydet ja koot pienenevät (Nuutinen ym. 1998), ja lisäävät siirtojen tarvetta. Koneiden siirtokustannukset leimikoiden välillä olivat (Rummukainen ym. 1993) metsäkoneilla noin 4 %. Metsäkoneiden hinnat voivat hieman laskea, kun koneiden valmistussarjat pitenevät, mutta toisaalta varsinkin hakkuukoneisiin on koko ajan tullut uusia hintaa nostavia ominaisuuksia. Palkkakustannukset seuraavat yleisiä palkkoja, mutta lisääntyvien ympäristö- ja tuottavuusvaatimusten johdosta tarvitaan yhä pätevämpää väkeä, mikä saattaa nostaa palkkakuluja. Työaikasäännösten tiukentuminen nostaa myös palkkakustannuksia.

Korpilahden (1990) mukaan hankinnan kustannuksia, pääasiassa hankintaorganisaation pääoma- sekä yrittäjien pääoma- ja palkkakustannuksia, voitaisiin alentaa pyrkimällä tasaisempaan työtasoon vuoden sisällä. Korjuun kausivaihtelu on onneksi vähentynyt Putkiston (1959) kuvaamasta vuodesta 1957, jolloin kolmena vilkkaimpana kuukautena hakattiin 46 % koko vuoden hakkuumäärästä; vuonna 1997 osuus oli 30 %. Tilanne on parantunut Korpilahdenkin (1990) perusvuodesta 1988 huomattavasti, mutta säästöpotentiaalia on vielä olemassa. Vuonna 1997 toukoheinäkuu erottui hiljaisempaan kautena muusta vuodesta, koska hakkuut olivat 2,5 milj. m³/kk (Metsätilastollinen ... 1998)(kuva 6). Kolmen vilkkaimman talvikuukauden hakkuut olivat 5,6 milj. m³/kk. Kuukausittaisten hakkuumäärien variaatiokerroin oli 27 %.



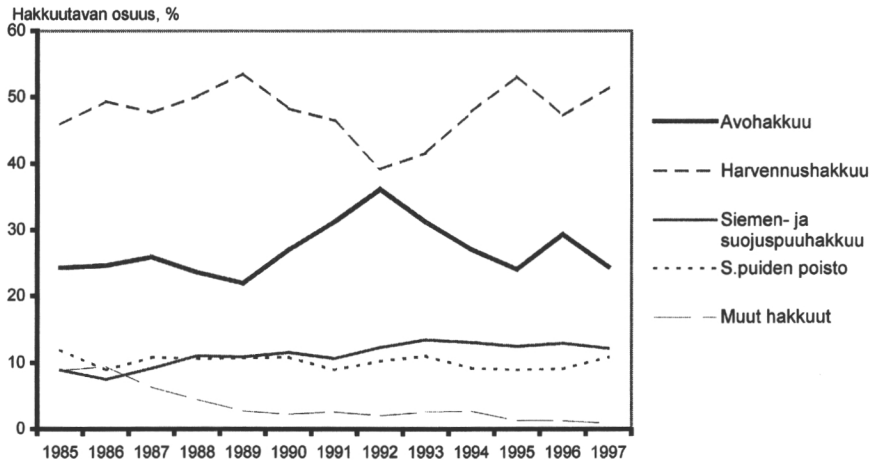
Kuva 6. Vuonna 1997 toteutuneet kuukausittaiset puukaupat yksityismetsistä ja markkinahakkuut (Metsätilastollinen ... 1998).

Vuotuisen vaihtelun lisäksi kustannuksia nostaa tarpeettoman korkealle suhdannevaihtelu vuosien välillä, joka hakkuumäärien variaatiokertoimella mitattuna vuosina 1985-1997 vastasi 17 % hakkuukoneiden lukumäärästä. Tasaisella vuotuisella hakkuumäärällä olisi siis voitu toimia 17 % suurinta konemäärää pienemmällä määrällä. 8 vuoden sisällä tapahtunut hakkuumäärien ääriarvojen vaihtelu vastaa puolestaan 670 koneen työmääräeroa eli 62 % konemäärästä. Hakkuukoneiden tekninen käyttöikä on noin yhdeksän vuotta, eli vuotuinen uudistustarve on 12 % koneiden lukumäärästä. Tämä tarkoittaa sitä, ettei yhden vuoden aikana ei pystytä kaikki uushankintatkaen pois jättämällä vähentämään kapasiteettia edes keskimääräisen suhdannevaihtelun vertaa, ääri vuosista puhumattakaan. Autojen lukumäärävaihtelu on suuremmasta vuosituotoksesta ja pienemmästä kausivaihtelusta johtuen ollut hieman pienempää kuin hakkuukoneilla, kuormatraktoreilla suhdannevaihtelujen aiheuttama lukumäärävaihtelu on vastaavasti taas suurempaa.

Osa vuotuisesta kausivaihtelusta johtuu kehittymättömistä kauppatavoista ja perinteistä, joiden mukaan lähinnä neljän puutavaralajin hinnoista keskustellaan pääosin kerran vuodessa, jonka jälkeen myyntipäätökset tulevat syksyllä yhdessä rysäyksessä (kuva 6). Kaupanteko syksyllä korostaa toista kausivaihtelun syytä eli sitä, ettei käytettävissä ole edullisia menetelmiä sulan maan aikaiseen hakkuuseen ja kuljetukseen heikosti kantavilla mailla, joiden määrä on lisääntymässä ojitettujen leimikoiden hakkuiden lisääntyessä. Varsinkin Etelä-Suomessa puunostajalla olisi hyvä olla kautta vuoden suuri pystyvaranto, jotta leimikoiden ajoituksella voitaisiin kohdistaa hakkuut ympäri vuoden sopivasti kantaviin kohteisiin. Kesäaikaista korjuuta saattavat rajoittaa yhteiskunnan paineet esimerkiksi tuhosienten leviämisen ja eläinten pesimisaikeisen häirinnän estämisestä, vaikka pystyttäisiinkin kehittämään nykyistä paremmin heikosti kantavilla mailla toimivia koneita.

Kone- ja autoyrittäjät joutuvat tänä päivänä maksamaan kausivaihtelun kustannukset korkeina, koska hankintayhtiöt ovat suosineet pieniä yrittäjiä ja vaatineet uudet koneet, jolloin yrittäjillä ei ole ollut mahdollista kehittää omia resurssiaan paremmin kausivaihteluun sopeutuviksi. Pidemmän päälle, kun alan ylikapasiteetti on kilpailutettu pois, pienten yrityskokojen suosiminen johtaa puunhankintayhtiöt maksamaan tarpeettoman korkeita yleiskustannuksia.

Tukkuhintaindeksillä korjatut hakkuun, metsäkuljetuksen ja kaukokuljetuksen kustannukset ovat pääasiassa laskeneet vuodesta 1990 alkaen (kuva 5). Talouslama pudotti kaikkia hintoja vuosikymmenen alussa, ja hakkuiden painopisteen siirto avohakkuihin vuonna 1992 (kuva 7) mahdollisti suurimman pudotuksen tarkastelluissa kustannuksissa. Vuodesta 1993 harvennus- ja siemenpuuhakkuiden osuus on kasvanut, eli olosuhteet ovat heikentyneet, mutta koneiden ja menetelmien kehittymisen sekä osittain kone- ja autoyritysten yritysten kannattavuuden heikkenemisen johdosta maksut eivät ole nousseet.



Kuva 7. Hakuupinta-alojen jakautuminen hakkuutapoihin (Metsätilastollinen ... 1998).

8 Puunhankinnan mallitusta käytännön tarpeisiin

Almquist (1973) laati Pohjoismaissa ensimmäiset matemaattiset mallit kuvaamaan koneellista puunkorjuuta. Ruotsalaiset käyttivät hyvinkin paljon malleja konekehityksessä apuna. Sen jälkeen Ruotsissa on julkaistu aika ajoin yksinkertaistettuja aikaturkimuksiin perustuvia ajanmenekkimalleja mm. kuormajuonnolle (Bergstrand 1985), kaksioite-harvesterille (Brunberg 1988) sekä kuormainharvesterille harvennuksissa (Brunberg 1997). Uuden simulointimallin kuormainharvesterille on julkaissut Eliasson (1996). Mallit soveltuvat monilta osin myös suomalaisiin olosuhteisiin. Ekologiselta ja ekonomiselta kannalta edelleen kiinnostava on Sundbergin (1982) esittelemä polttoaineen kulutukseen perustuva kustannuslaskelmamalli.

Suomessa on metsätöistä tehty aikaturkimuksia 1940-luvulta alkaen. Metsäpalkkain toteuttamiseksi tarvittiin palkkataulukoiden perustaksi tuottavuustietoja. Samoin menetelmin tutkittiin uusia työmenetelmiä ja koneita. Metsäkuljetuksen koneellistuttua laadittiin yrittäjille ohjemaksutaulukot. Tuottavuuden riippuvuus työvaikeustekijöistä ilmoitettiin taulukoina tai käsin tasoitetuilla käyrillä. Vähien metsurien palkkarakenne on nyt erilainen, ja yrittäjät sopivat maksut hankintayhtiön kanssa kahden kesken. Viimeiset Metsätehon laajat aikaturkimukset olivat Kahalan (1980) moottorisahatyön selvitys, Alveen (1988) autokuljetuksen ajanmenekkitutkimus ja Kuiton ym. 1994 konehakkuun ja metsäkuljetuksen aika- ja seurantatutkimus selvitys. Tämän jälkeen Metsäteho on muuttunut osakeyhtiöksi, eivätkä heidän tutkimuksensa yleensä enää ole julkisia. Työtehoseurassa on tutkittu paljon metsänomistajien omatoimista työtä, josta viimeisimpänä esimerkkinä energiapuun korjuu (Ryynänen ym. 1998). Viimeisin aikaturkimukseen perustuva konehakkuun julkinen

tuottavuusselvitys on Sirénin (1997) konehakuun aiheuttamien maasto- ja puustovaurioiden selvitys, jossa tulokset annetaan valmiiksi matemaattisina malleina. Oleellinen osa työntutkimuksia on aina ollut kustannuslaskenta. Metsätyöpalkka- taulukoiden ja ohjemaksujen jälkeen kaupalliset yritykset ovat laatineet kustannus- laskentaohjelmia metsureille, metsänomistajille ja yrittäjille.

Puunhankinta koostuu useista peräkkäisistä ja rinnakkaisista työmenetelmistä ja ko- neista, joiden yhteistoiminnan kuvaaminen on suunnittelussa tarpeen. Tietokoneiden mukanaan tuomaa laskentakapasiteettia käytti hyväkseen Seppälä (1971), joka mal- litti korjuuketjun toimintaa. Eskelinen ym. (1984) selvittivät puunhankintayrityksen simulointimallilla energiapuun hankinnan menetelmien kilpailukykyisyyttä. Korpi- lahti käytti myös simulointia (1990) tutkiessaan kausivaihtelun vaikutuksia puuvir- taan sekä hankinnan resurssisiin ja kustannuksiin. Imposen ym. (1992) ja Rummukaisen ym. (1993) simulointiin ja optimointiin perustuvat resurssitarkastelut on jo mainittukin. Jälkimmäisessä oli olemassa olevien aikaturkimusmallien perusteella tehty matemaattiset mallit korjuun ja kaukokuljetuksen lisäksi myös mittaukselle ja työjohdolle. Kaivola (1995) laati täysin matemaattisen simulaattorin kuvaamaan hakkuukoneen työtä. Oinas ja Sikanen (1997) ovat laatimassaan Puuha- puunhankintasimulaattorissa mallittaneet myös puunoston, jota mallia kehitetään edelleen.

Puunhankinnan olosuhteiden mallitukseen on puuston osalta käytetty paljon MELA- metsälaskelmaa (Puuston ... 1996), jota ovat käyttäneet mm. Lilleberg ja Raitanen (1989) harvennuspuestojen selvitykseen ja Nuutinen ym. (1998) metsien monimuo- toisuuden ylläpitämisen vaatimien hakkuutapojen muutosten selvittämiseen. Saari- lahti (1991) on laajalti selvittänyt maastoliikkuvuuden matemaattista mallitusta, jota Metsäntutkimuslaitoksessa jatketaan (Rummukainen & Ala-Ilomäki 1994 ja Ala- Ilomäki ym. 1997). Nuutinen (1996) on laatinut paikkatietojärjestelmäpohjaiseen metsätalouslaskelmaan algoritmit hakkuukohteiden käsittelyjärjestyksen optimoimi- seen mm. metsäkuljetusreittien automaattista valintaa hyväksikäyttäen. Kaukokul- jetusten ohjauksen järjestelmät ovat nykyään yrityskohtaisesti rakennettuja reitinva- linnan ja ohjauksen optimointiohjelmia, joiden kehittämiseen on osallistunut mm. VTT:n tietojenkäsittelylaboratorio (Linnainmaa 1992).

Sirén (1997) on laatinut tilastomatemattisen mallin puiden vaurioitumiselle kone- hakuussa sekä kustannuslaskentajärjestelmän näistä koituvien taloudellisten tappi- oiden selvittämiseen. Metsäteollisuustuotteiden elinkaarianalyysiä varten on Härkö- nen (1998) laatinut koko puuntuotanto- ja hankintaketjulle ekotaseen laskentaohjel- man, jossa tulevat esille erityisesti ketjun päästöt ja hiilitase.

9 Rungon ja leimikon koko määräävät tuottavuuden

Konehakuun tehoajan tuotos oli 1990-luvun alussa 5...10-kertainen moottorisaha- hakuun tuotokseen verrattuna (Rummukainen ym. 1993). Imposen ym. (1992) suuralueittaisessa tarkastelussa hakkuukoneen käyttötuntituotos vaihteli 4 - 32 m³/tunti. Tärkein tuottavuuteen vaikuttava tekijä on rungon tilavuus. Tuottavuus putoaa jyrkästi rungon koon pienetessä alle 150 - 200 dm³/runko. Tuottavuutta pie- nentävät myös valintahakuun olosuhteet, lumi ja pimeys sekä lehtipuiden osuus. Keskkokoisen, omapaino 10-12 tonnia, kuormatraktorin käyttötuntia kohti laskettu

tuotos vaihtelee 3 - 15 m³/tunti (Imponen ym. 1992). Tuottavuuteen vaikuttavat voimakkaasti puutavaran määrä pinta-alaa kohti ja puutavaralajien lukumäärä sekä tietysti kuljetusmatka. Muita tekijöitä ovat mm. lumi ja maaston kantavuus. Kuiton ym. (1994) laajan aika- ja seurantatutkimuksen perusteella konehakkuun käyttötuntituotos päätehakuilla oli keskimäärin 15 m³/h, ylispuiden poistossa 11 m³/h, ensiharvennuksissa 7 m³/h ja myöhemmissä harvennuksissa 10 m³/h. Metsäkuljetuksessa tuottavuuserot olivat konehakkuun jälkeen hieman pienempiä, päätehakuilla keskimäärin 17 m³/h, ylispuiden poistossa 12 m³/h, ensiharvennuksen 11 m³/h ja myöhempien harvennusten 13 m³/h. Karkeasti laskettuna muiden hakkuiden tuottavuus on kaksi kolmasosaa päätehakuista.

Korjuuseen vaikuttavat siis olosuhteista voimakkaimmin hakattavien runkojen tilavuus ja pinta-alaa kohti hakattava puumäärä. Metsien rakenne ja metsänhoito-ohjeet ovat siis tärkeitä tekijöitä korjuun tuottavuutta ennustettaessa. Maastokuljetusmatkan vaihtelu on hyvin pientä koko Suomessa (Mäkinen ym. 1997). Puu- ja puutavaralajien määrän lisääntyminen pienentää tuottavuutta. Leimikoiden valinnan vapautta rajoittaa se, ettei heikosti kantavilla leimikoilla pystytä työskentelemään sulan maan aikaan. Pienten runkojen ja leimikoiden ongelmaa on lähestytty kehittämällä hakkuukoneisiin kerääviä kaatopäitä sekä yhdistämällä hakkuu- ja kuljetuskone (Björnheden 1999). Metsäkuljetuksen tuottavuutta lisää pitkillä matkoilla suurempi kuormatila, mutta sen hyödyllisyys vähenee puutavaralajien määrän kasvaessa. Hydrauliikan automatiikka, uudet raaka-aineet ja voimansiirron kehittyminen tehostavat korjuukoneita pienin askelin.

Autokuljetuksen tuottavuus riippuu kuljetettavien puutavaralajien massasta, kuljetusmatkasta, varaston tilavuudesta, tiestön laadusta sekä kuormaus- ja purkausmenetelmistä (Alve 1988). Puutavaralajien tiheysvaihtelu on enimmillään 20 % luokkaa. Hyvien teiden osuuden lisääntyminen lisää kuljetusten keskinopeutta 50 km kuljetusetäisyyteen asti, jonka jälkeen keskinopeus on 60 km/h. Kuormaus auton omalla kuormaimella kestää noin kaksi kertaa tehtäällä purkamisen ajan. Tekniikan kehittyminen keventää autoja, vähentää kulkuvastuksia ja parantaa energiataloudellisuutta. Optimoivia ohjausjärjestelmiä on jo käytetty jonkin aikaa, mutta niillä on vielä mahdollista tehostaa kuljetuksia.

Rautatie- ja vesikuljetusten tuottavuus riippuu kuljetusmatkasta ja terminaalivaiheista (Rummukainen ym. 1993). Terminaalivaiheet tekevät lyhyet kuljetusmatkat kannattamattomiksi. Menetelmät soveltuvat suurien määrien yhtäaikaiseen kuljetukseen, mutta edellytyksenä on, että alkukuljetukset voidaan järjestää tehokkaasti. Rautatiekuljetuksia käytetään jo useimmilla mahdollisilla reiteillä, joten niiden käyttöä voidaan tehostaa junanrunkoja kasvattamalla, mutta vastaan tulee tällöin riittävän nopean kuormauksen ongelma. Neljällä vilkkaimmalla terminaaliasemalla autot puretaan ja junat lastataan erilliskuormaajalla välivaraston kautta. Vesikuljetuksissa uiton rinnalle on noussut aluskuljetus, jolla kuljetuksia voidaan nopeuttaa ja puutavaran laatumuutoksia vähentää. Vesikuljetusten käyttöä hankaloittaa niiden vuodenaikariippuvuus sekä sopivien vesistöjen ja kuormauspaikkojen rajallisuus, jotka tekijät vaikuttavat myös aluksiin investointihalukkuuteen. Tekniikan kehitymisellä on ehkä korjuun ja autokuljetuksen kehittämistä pienemmät mahdollisuudet rautatie- ja vesikuljetuksissa, jo niiden rajoitettujen reittimahdollisuuksienkin takia.

Palstalla tapahtuvissa suunnittelu-, mittaus- ja työnjohtotehtävissä tuottavuus riippuu hyvin pitkälti henkilöiden palstalla käyntikertojen määrästä käsiteltävää puumäärää kohti (Rummukainen ym. 1993). Mittaus- ja työnjohto ovat automatisoitu-

neet ja siirtyneet yrittäjien tai tehtaan tehtäviksi. Strategisessa suunnittelussa ja töiden ketjutuksessa käytetään kehittyneitä paikkatietopohjaisia suunnittelujärjestelmiä ainakin kolmessa suurimmassa yrityksessä. Hankinnassa ehkä vähiten on kehittynyt puukauppa, jonka tutkimiseen nyt panostetaan (Oinas & Sikanen 1997 ja Rummukainen & Aarnio 1999). Puunostossa entistä suurempi paino tulee tarvittavien puutavaralajien löytämiseen leimikkovarannosta tai suoraan metsänomistajilta.

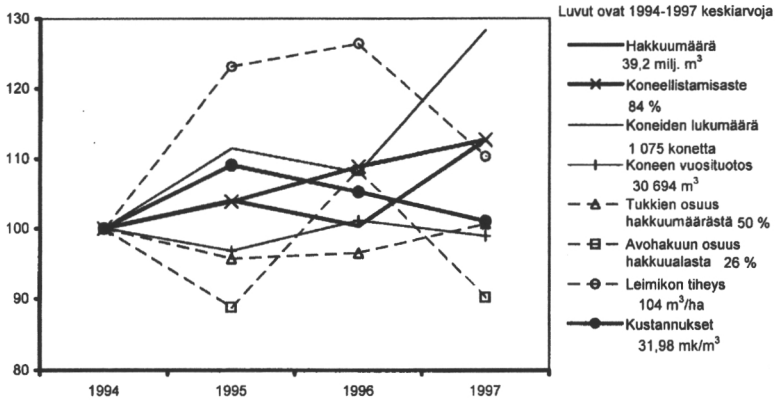
Valtion harjoittamasta energiapolitiikasta riippuen puunhankintaan voi tulla mukaan erilaisia enemmän biomassaa kerääviä haketus- ja osapuuketjuja (Elonen & Korpi-lahti 1996). Hakkilan (1999) arvion mukaan kaksi miljoonaa kuutiometriä lisää metsänenergian korjuuta, joka on puuenergian teknologianohjelmassa tavoitteena vuonna 2003, tuo uutta työtä 5 hakkuukoneelle, 100 kuormatraktorille, 80 hakkurille ja 100 hakeautolle vuodessa.

10 Harvennushakkuut esiin tuottavuudessa

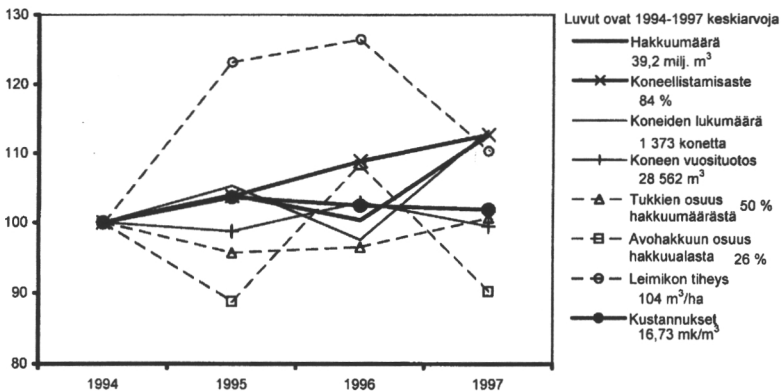
Yhtiöiden ja Metsähallituksen suorittamien hakkuiden konehakkuun aste oli 1994 hieman vajaat 80 % (kuva 1). Sen jälkeen koneellistumisen kasvu on hidastunut pariin prosenttiyksikköön vuodessa. Suurin osa nyt käytössä olevista mitta- ja tiedon-siirtolaitteista oli jo silloin käytössä ainakin osassa koneita. Vuodesta 1991 alkanut markkinahakkuumäärien nousu taittui 1995 noustakseen jälleen 1997, eli vuoden 1994 jälkeen on sekä nousua että laskua. Kuorma-autoyhdistelmien kokonaispaino nousi 1993 ympäri vuotuisesti 60 tonniin. Näin ollen vuodesta 1994 eteenpäin voidaan vertailla hankinnan oloja kaluston ja suhdannevaihtelujen suhteen "normaaleissa" oloissa. Valitettavasti käytettävissä on tietoja vain vuoteen 1997 asti, joten neljän vuoden havaintojen perusteella ei voida tehdä tilastollisesti kovin merkittäviä päätelmiä.

Kuvissa 8, 9 ja 10 vuoden 1994 tunnusten arvot on otettu perusluvuksi, johon muiden vuosien muutoksia verrataan. Näin on mahdollista verrata hyvin erikokoistenkin muuttujien kehityssuuntia toisiinsa. Hakkuukonetyön määrä oli viimeisenä vuonna suurimmillaan 13 % enemmän kuin ensimmäisenä vuonna (Metsätilastollinen ... 1998)(kuva 8). Koneellistamisaste kasvoi saman verran. Koneiden lukumäärä kohosi sitten näiden yhdistelmänä 28 %. Laskennallisesti suurimmat muutokset tapahtuivat kausivaihtelusta johtuvassa koneiden tammikuun ja toukokuun lukumäärien erotuksessa.

Työoloista on koko valtakunnan tilastoista saatavissa tukkien osuus hakkumäärästä, leimikon tiheys ja avohakkuualan osuus hakkuualasta. Keskimääräinen koneen vuosituotos on laskettu jakamalla Metsähallituksen ja teollisuuden oman korjuun kuutiomäärän koneella korjattu osuus hakkuukoneiden vuoden keskilukumäärällä. Vuosituotos vaihtelee joka vuosi saman suuntaisesti kuin avohakkuualan osuus hakkuualasta, eli kun avohakkuualan osuuden arvo pienenee tai kasvaa 10 % niin vuosituotos muuttuu samaan suuntaan muutaman prosentin. Leimikon tiheyden vaihtelut ovat voimakkaat, mutta eivät näy yksiselitteisesti vuosituotoksessa. Tukkien osuus hakkumäärästä menee yllättäen ristiin leimikon tiheyden kanssa, ja viimeisen vuoden vähemmän herkästi avohakkuualan putoamista seurannut vuosituotos saattaa olla sen seurausta.



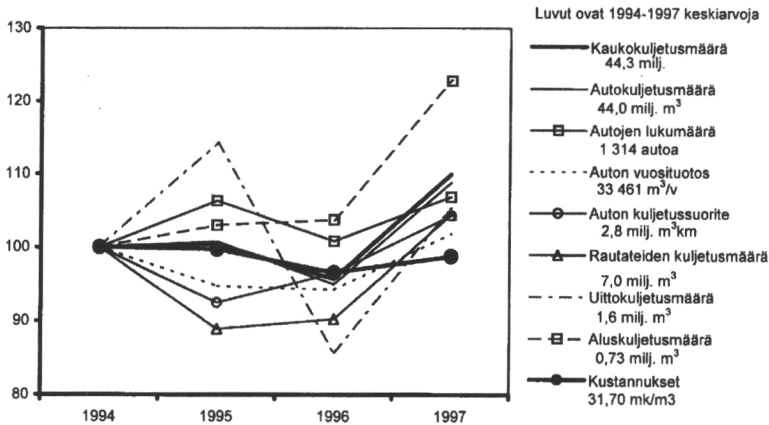
Kuva 8. Hakkuukonetyön indeksejä vuosilta 1994-1997 (Metsätilastollinen... 1998). Vuoden 1994 muuttujan arvo on merkitty sadalla. Muiden vuosien muuttujien arvot on jaettu vuoden 1994 arvolla, jolloin käyrät kuvaavat muuttujien arvojen prosentuaalisia muutoksia vuoteen 1997. Käyrien selityksissä annetut arvot ovat taas vuosien 1994-1997 keskiarvot.



Kuva 9. Metsäkuljetuksen indeksejä vuosilta 1994-1997 (Metsätilastollinen... 1998). Katso selitykset kuvasta 8.

Metsätraktorikuljetuksen indeksikehitys noudattelee samoja linjoja kuin hakkuukoneillakin (kuva 9). Koneellistamisaste ei tosin tietenkään vaikuta suoraan kone-määrien kasvuun, vaan traktorimäärät seuraavat hakkuumäärän muutoksia.

Kaukokuljetuksen olot ovat korjuun oloja vakiintuneemmat. Kuljetusmatkat ja kaukokuljetusmuotojen osuudet eivät juuri vaihdelleet vuosina 1994-1997 (Metsätilastollinen ... 1998). Autolla kuljetetaan noin 80 % tehtaalle tulevasta puumäärästä. Autokuljetusmäärän kehitys seuraakin muodoltaan koko kaukokuljetusmäärän kehitystä (kuva 10). Autojen lukumäärä kehittyi eri suuntaan kuin kuljetusmäärä, mikä näkyy sitten vuosituotoksen muutoksissa. Autojen lukumäärän kausivaihtelun muutokset ovat hyvin voimakkaat, kuten korjuukoneillakin. Uittokuljetusmäärä heilahtelee kuljetusmäärien muutosten kanssa saman suuntaisesti, mutta voimakkaammin. Aluskuljetus on ollut neljän vuoden ajan selkeästi nousussa. Kustannukset



Kuva 10. Kaukokuljetuksen indeksejä vuosilta 1994-1997 (Metsätilastollinen ... 1998). Katso selitykset kuvasta 8.

Kuormatraktorimäärän kausivaihtelu on hieman suurempaa kuin hakkuukoneilla, mutta vuotuinen vaihtelu on hieman hillitympää. Kuormatraktorien vuosituotos on laskettu koko Metsähallituksen ja teollisuuden korjuumäärästä. Se kasvaa avohakkuualan osuuden kasvaessa ja pienenee sen pienessä, aivan kuin hakkuukoneenkin vuosituotos. Muutokset ovat tosin hieman loivempia siten, että kuormatraktorin vuosituotos laskee suhteessa hieman vähemmän ja vastaavasti nousee hieman enemmän avohakkuualan osuuden muuttuessa kuin hakkuukoneen vuosituotos. Leimikon tiheyden ja tukkipuun osuuden tapahtuneet muutokset eivät näytä vaikuttavan kuormatraktorin vuosituotokseen.

Uudistushakkuiden osuus hakkuupinta-alasta näyttää selvimmin vaikuttavan sekä hakkuukoneiden että kuormatraktorien tuottavuuteen (kuvat 8 ja 9). Korjuun osalta yksikkökustannuksiin ei näytä vaikuttavan tuottavuustaso sen paremmin kuin hakkuuiden määräkään. Kaukokuljetusten yksikkökustannukset näyttävät seuraavan kuljetusmääriä, tietenkin sillä erolla, että kuljetusmäärien nousu on aina suurempi kuin kustannusten nousu (kuva 10). Metsäala elää siis ainakin korjuun ja kuljetuksen osalta vahvasti neuvotteluvoimaan ja mielikuviin perustuvassa vapaassa markkinataloudessa, koska työn tuottavuus ja työolot eivät näy vaikuttavan maksettavan korvauksen suuruuteen.

11 Malleja tarvitaan lisää

Puunhankinnassa on julkaistuja ennusteita laadittu siis jo 50 vuotta. Ne ovat olleet selvityksinä monipuolisia työn rakenteen ja olojen kuvaajia sekä erilaisten työmenetelmien ja koneiden käyttömahdollisuuksien osoittajia. Numeroarvot tai muutosnopeudet riippuvat monista ulkopuolisistakin tekijöistä, joten arviot vaihtelevat paljonkin. Kehityksen suuntaa ja nopeutta muuttaa usein hyvin voimakkaasti jokin murros. Jatkossa tulisi laskelmapohjaisille ennusteille tehdä laajempia herkkyyksianalyyssejä. Pidemmälle tähdätyt ennusteet voisivat olla rohkeita, toisistaan selvästi poikkeavia murroskohtia sisältäviä rajojen kartoituksia.

Skenaarioita tarvitaan kuvaamaan erilaisia näkemyksiä tulevaisuudesta, joihin organisaatiot sitten voivat valmistautua. Parhaissa tapauksissa organisaatio pyrkii muovaamaan tulevaisuutta haluamaansa suuntaan. Erilaisia skenaarioiden rakennuspalikoita eli malleja tarvitaan ennusteiden lisäksi ainakin suunnittelussa, optimoinnissa, tutkimuksessa, hintaneuvottelussa, menetelmä- ja konekehityksessä, politiikan luomisessa sekä automaattisten koneiden ja menetelmien ohjauksessa. Viimeaikainen ongelma on Metsätehon laajojen tutkimusten sulkeutuminen tiedeyhteisöltä. Metsäteollisuuden keskusliiton ulkopuolisille organisaatioille tulee painetta selvittää samoja asioita omin voimin, jolloin tutkimuspanosten tarve kasvaa entisestä työnjaon ajasta.

Kone-, työmenetelmä- ja olosuhdekohtaisia malleja on olemassa lähes kaikista hankinnan osavaiheista. Ne eivät ole enää monilta osin ajan tasalla. Uudet mallit kannattaisi tehdä suoraan toiminnan rakenteeseen perustuvina, jolloin niiden päivitys olisi halpaa ja niitä voitaisiin käyttää myös sellaisissa oloissa, joissa ei ole aikatutkimusta tehty. Kokonaisuuksien mallitus on vielä kesken, esimerkiksi useiden erityyppisten korjuuketjujen rinnakkain organisoinnista ei ole juuri tietoa. Maastossa liikkumisen fyysikaalisille malleille olisi tarvetta konekehityksessä. Puunhankinnan osapuolilla on lisäksi erilaiset mallitarpeet, suunnittelusta ja politiikasta puhumatta.

Puunhankinta on peruskoneiden osalta kypsässä hitaan kehityksen vaiheessa. Toisaalta juuri tällaisessa vaiheessa voi käyttöön tulla joku uusi teknologia, joka mullistaa kaiken. Yhdistelmä- ja pienet koneet sekä esimerkiksi metsäenergian korjuuketjut omannevat vielä melkoisesti kehityspotentiaalia, jos niiden käyttöä lisätään. Muutospaineita on toiminnan organisoinnissa sekä hankintayhtiöissä että yrittäjäkunnassa metsänomistajia unohtamatta. Nykyinen muutaman puutavaralajin suhteellisen tasahintainen leimikkokauppa ei yksinään täytä ostajien eikä myyjien tarpeita. Asiakaslähtöisen tuotannon vaatimusten ulottaminen puukauppaan asti vaatii

uutta ajattelua koko toimintaketjulta. Yhtenäisen eurooppalaisen markkina-alueen sisällä kilpailu kiristyy niin puunkorjuussa, kuljetuksissa ja puukaupassa kuin pätevän henkilökunnan ja yrittäjien alalla pysymisessä. Toisaalta Suomella on paljon ulkomaille annettavaakin puunhankinnan osaamisessa.

Kirjallisuus

- Ala-Ilomäki, J., Saarilahti, M. & Rummukainen, A. 1997. Ajoneuvojen liikkuvuusmallien soveltuvuus puunkorjuun ympäristövaurioiden ennustamiseen. Miten puunkorjuun tutkimus vastaa ajan haasteisiin? Vantaan tutkimuskeskuksen tutkimuspäivä Vääkssä 3.12.1996. Toimittajat: Kanninen, K. & Heino, M. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 635. 25-34.
- Alanne, H. 1993. Tavoiteoptimointimalli markkinahakkuiden työvoiman laskennassa. Helsingin yliopisto, metsäteknologian tutkielma MMK-tutkintoa varten. 62 s.
- Almquist, A. 1973. Simulering av skogsmaskiner. Summary: Simulation of logging machines. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Meddelande 9. 136 s.
- Alve, M. 1988. Puutavara-autojen ajankäyttö. Metsäteho, moniste 1.9.1988. 21 s.
- Becker, G., Mutz, R., Mehlin, I. & Lewark, S. 1998. Produktivitätsprognosen in der Forstwirtschaft, Resümee nach zwanzigjähriger Erfahrung. Allgemeine Forst Zeitschrift der Wald 5. 1567-1569.
- Bergstrand, K.-G. 1985. Underlag för prestationsmål för skotning. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Redogörelse 7. 35 s.
- Björnheden, R. 1999. Some operational properties of the Harvester-forwarder. The thinning wood chain. Editors: Keane, M. & Kofman, P. Proceedings of a IUFRO (Research Unit 3.09.00) conference on harvesting and economics of thinning. 4-7th May 1999, Ennis, Ireland. 128-135.
- Brunberg, T. 1988. Underlag för prestationsnormer för skördare i slutavverkning. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Redogörelse 4. 20 s.
- Brunberg, T. 1997. Underlag för produktionsnorm för engreppsskördare i gallring. Summary: Basic data for productivity norms for single-grip harvesters in thinning. Skogsforsk, Redogörelse 8. 18 s.
- Eid, T. 1998. Langsiktige prognoser og bruk av prestasjonfunksjoner for å estimere kostnader ved mekanisk drift. Summary: Long range prognosis and use of production functions to estimate costs of mechanized harvesting. Norsk Institutt for skogforskning, Rapport fra skogforskningen 7. 32 s.
- Eliasson, L. 1996. A single-grip harvester simulation model. Sveriges lantbruksumuniversitet, Institutionen för skogsteknik, Arbetsdokument 17. 17 s.
- Elonen, J. & Korpilahti, A. 1996. Hakkuutähteen talteenoton vaikutus hakkuun ajanmenekkiin ja tuottavuuteen. Summary: The effect of recovery of logging residues on mechanised logging. Metsätehon katsaus 5. 6 s.
- Eskelinen, A., Häggblom, R & Peltonen, J. 1984. Osapuuna- ja metsähakkeen hankinnan kustannuskilpailukyky. Summary: A model for optimising the use of wood raw material. Metsätehon tiedotus 389. 31 s.
- Hakkila, P. 1999. Metsähakkeen tuotanto kone- ja kuljetusyrittäjän näkökulmasta. Käsikirjoitus Puuenergiälehteen. 6 s.
- Hynynen, P, Leppo, T., Puikkonen, J. & Alsta K. 1979. Skenaariomenetelmä tulevaisuuden tutkimuksessa. Käännös ranskankielisestä julkaisusta: La methode

- des scenarios. Julien, P.-A., Lamonde, P. & Lafouche, D. Valtioneuvoston kanslian julkaisuja 1. 127 s.
- Härkönen, K. 1998. Metsätalouden ekotase - laskentaohjelma ja sen testaus Enso Oyj:n Karjalan hankinta-alueen tiedoilla. Joensuun yliopisto, Metsätieteellinen tiedekunta, Tiedonantoja 74. 42 s.
- Imponen, V., Hämäläinen, J. & Örn, J. 1992. Hakkuun koneellistamisen taloudelliset ja organisatoriset vaikutukset. Summary: The economic and organizational effects of mechanization of cutting. Metsätehon tiedotus 407. 51 s.
- Kahala, M. 1980. Puutavaran valmistus moottorisahalla. Palkkaperustiedien tarkistustutkimus. Summary: Preparation of timber by power saw. Study for the adjustment of wage bases. Metsätehon tiedotus 364. 19 s.
- Kaivola, A. 1995. Yksiotehakuukoneen joukkokäsittelyn simulointi. Metsäteknologian lisensiaatintutkimus maatalous- ja metsätieteiden lisensiaatin tutkintoa varten. Helsingin yliopisto, Metsävarojen käytön laitos. 83 s.
- Kettunen, A. 1990. Puutavaran mittauksen kehittäminen metsäteollisuudessa. Summary: The development of Wood measuring methods and techniques in the forest industry. Helsingin yliopiston metsäteknologian laitoksen tiedonantoja 52. 53 s.
- Koistinen, A. 1991. Yksityismetsänomistajien tekemän metsätyön kehitys. Summary: On the development of forestry work carried out by private woodlot owners in Finland. Työtehoseuran julkaisuja 325. 120 s.
- Koistinen, A. 1995. Metsänomistajien omatoimisuus korjuukaudella 1994/95. Summary: Finnish forest owners' self-reliance in forest work during the 1994/95 timber harvesting season. Työtehoseuran julkaisuja 347. 46 s.
- Korjuukustannusten vaihtelu erilaisissa leimikoissa, 1996. Metsäteollisuus ry. Internet sivulla http://www.metsäsanomat.net/tied_view.asp?tied_id=511.
- Korpilahti, A. 1990. Puunhankinnan kausivaihtelun vaikutuksesta puuvirtaan, resurssien käyttöön ja hankintakustannuksiin. Summary: On the effect of seasonal variation in wood procurement. Metsätehon tiedotus 404. 19 s.
- Kuitto, P.-J., Keskinen, S., Lindroos, J., Oijala, T., Rajamäki, J., Räsänen, T. & Terävä, J. 1994. Puutavaran koneellinen hakkuu ja metsäkuljetus. Summary: Mechanized cutting and forest haulage. Metsätehon tiedotus 410. 61 s.
- Leinonen, T. 1998. Puunhankinnan tulevaisuusanalyysi. Helsingin yliopiston Metsävarojen käytön laitos, lisensiaation tutkimus. 137 s.
- Lilleberg, R. & Raitanen, A. 1989. Etelä-Suomen harvennuseurometsien määrä ja korjuolosuhteet vuosina 1988-2000. Summary: The amount of thinning forests in Southern Finland - harvesting conditions 1988-2000. Metsätehon tiedotus 401. 19 s.
- Linnainmaa, S. 1992. Karttoihin perustuva raskaiden teollisuuskuljetusten optimoiva ohjaus. Paikkatietomarkkinat 22-23.9.1992. Moniste. 5 s.
- Mannermaa, M. 1991. Evolutionaarinen tulevaisuudentutkimus. Acta Futura Fennica 2: 362 s.
- Matilainen, J. 1995. Tulevaisuuden puunkorjuukoneen suunnitteluvaatimukset. Oulun yliopisto, Prosessiteknikan osasto, Työtieteen jaos. Hanke 93314. Lopparaportti Työsuojelurahastolle. 173 s.
- Meristö, T. 1991. Skenaariotyöskentely yrityksen johtamisessa. Acta Futura Fennica 3. 188 s.
- Metsätalastollinen vuosikirja 1998 - Skogsstatistisk årsbok 1998 - Finnish Statistical Yearbook of Forestry 1998, 1998. Metsäntutkimuslaitos, Suomen virallinen tilasto, Maa- ja metsätalous 1998:3. 344 s.

- Mikkonen, E., Peltonen, J., Savolainen, R. & Vesikallio, H. 1975. Puunkorjuun kehityssennuste 1975-1984. Summary: Development prognosis for timber harvesting in 1975-1984. Metsätehon tiedotus 336. 28 s.
- Mäkinen, P. 1999. Puunkorjuu ja kuljetusyrietykset. Kirjassa: Metsäteknologia muuttuvassa metsätaloudessa. Toimittaja: Kanninen, K. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 720. 158-167.
- Mäkinen, P., Rummukainen, A. & Aarnio, J. 1997. Puunhankinnan organisointitavat. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 647. 102 s.
- Nuutinen, T. 1996. Timber sale and logging planning: using a Geographical Information System based methodology. University of Edinburgh, Faculty of Social Sciences. Thesis for the Degree of Ph.D. 280 s.
- Nuutinen, T., Hirvelä, H., Härkönen, K., Kilpeläinen, H., Salminen, O. & Siitonen, M. 1998. Metsien puuntuotantomahdollisuudet. Julkaisussa: Hänninen, H. (toim.). Puuvarojen käyttömahdollisuudet. Metsäntutkimuslaitos & Metsälehti Kustannus, s. 67-79.
- Oinas, S. & Sikanen, L. 1997. PUUHA - puunhankintasimulaattori: Oliopohjainen rakenteen ja toiminnan kuvaus. Joensuun yliopisto, Metsätieteellinen tiedekunta, Tiedonantoja 63. 44 s.
- Owari, T., Nitami, & Minato, K. 1995. A mechanization development model of logging operations. Journal of the Japan Forest Engineering Association, 10(2). 145-152.
- Putkisto, K. 1959. Puutavaran valmistus- ja metsäkuljetustöiden koneellistumisen vaikutus metsätalouden työvoiman tarpeeseen – Ennuste vuoteen 1972. Summary: Effect of the mechanization of timber preparation and forest transport on the need of labour force in forestry – Prognosis up to 1972. Silva Fennica 101. 79 s.
- Puuston kehityksen ennustaminen - MELA ja vaihtoehtoja, Tutkimusseminaari Vantaalla 1996. Toimittaneet Hynynen, J. & Ojansuu, R. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 612. 116 s.
- Puutavaran korjuun lähitulevaisuuden koneellistamistarve Suomessa, 1967. Metsätehon Suomen Metalliteollisuusyhdistykselle suorittama tutkimus. Helsinki. 43 s.
- Rummukainen, A. & Aarnio, J. 1999. Ostajan ja myyjän tarpeet huomioon hankintakaupassa. Developing delivery sales to pay regards on buyer's and seller's demands. Teho 1: 8-10.
- Rummukainen, A. & Ala-Ilomäki, J. 1994. Paikkatietojärjestelmät puunkorjuun apuvälineinä, Korjuukoneiden suorituskyky mallien kehittäminen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 519. 66 s.
- Rummukainen, A., Alanne, H. & Mikkonen, E. 1993. Puunhankinta muutospaineissa – Voimavaratarpeiden arviointimalli vuoteen 2010. Helsingin yliopiston metsävarojen käytön laitoksen julkaisu 2. 154 s.
- Rummukainen, A., Alanne, H. & Mikkonen, E. 1995. Wood procurement in the pressure of change - resource evaluation model till year 2010. Acta Forestalia Fennica 248. 98 s.
- Rysä, M., Savolainen, R. & Väisänen, U. 1972. Puunkorjuun kehityssennuste 1970-luvulle. Summary: Forecast of the development of timber harvesting in the 1970s. Metsätehon tiedotus 314. 39 s.
- Ryynänen, S., Itonen, M. & Nätti, H. 1998. Metsänomistajien energiapuun korjuutekniikat, Bioenergian tutkimusohjelman tutkimusprojektien 130 ja 135 loppuraportti, Technology in harvesting of energy wood by Finnish forest owners. Työtehoseuran julkaisu 363. 56 s.

- Saarilahti, M. 1991. Maastoliikkuvuuden perusteet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 390. 99 s.
- Savolainen, R. & Vesikallio, H. 1974. Raakapuun kaukokuljetusmuotojen käytön edullisuus vuonna 1973 ja sen kehitys vuosina 1974-1983. Summary: The costs of the forms of long-distance transport of roundwood in Finland in 1973 and their development in 1974-1983. Metsätehon tiedotus 328. 40 s.
- Seppälä, R. 1971. Simulation of timber harvesting systems. Seloste: Puun korjuuketjujen simulointi. Folia Forestalia 125. 36 s.
- Sirén, M. 1997. Hakkuukonetyö, sen korjuujälki ja puustovaurioiden ennustaminen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 694. 179 s.
- Sundberg, U. 1982. A study on cost of machine use in forestry - proposing fuel consumption as cost determinant. Sammanfattning: Skogsmaskinkostnad - en studie av bränsleförbrukningen som kostnadsdeterminant. Sveriges lantbrukshögskolan, Institutionen för skogsteknik, Rapport 142. 89 s.
- Vantaala, J. 1990. Metsäteollisuuden puunkorjuun kehityssuuntia 1990-luvun alkupuoliskolla. Helsingin yliopiston metsäteknologian laitos, Metsäteknologian tiedote 1. 10 s.

Metsänomistuksen rakenteen ja tavoitteiden kehitys

Pekka Ripatti ja Heimo Karppinen

1 Johdanto

Suomessa on noin 300 000 vähintään viiden hehtaarin suuruista yksityismetsälöä. Niiden keskimääräinen hallinta-aika on noin 30 vuotta, joten vuodessa vaihtuu noin 10 000 metsälön omistusoikeus kun taustaltaan ja asemaltaan erilaisia henkilöitä tulee metsänomistajiksi perintöjen ja kauppojen välityksellä. Joka neljännessä omistajanvaihdoksessa metsälö ositetaan keskimäärin kolmeen osaan, jolloin myös metsälöiden kokorakenne muuttuu (Ripatti 1994).

Yksityismetsänomistuksessa tapahtuvien muutosten taustalla on yleinen yhteiskunnan muutos. Siksi metsänomistusrakenteen muutoksiin voidaan vaikuttaa metsäpolitiikan keinoin vain rajoitetusti. Metsätalouden osana onkin sopeutuminen kehityksen luomiin puitteisiin, joiden vaikutuksia yksityismetsänomistuksen rakenteeseen ja tavoitteisiin tulisi kyetä ennustamaan.

Yksityismetsien omistusrakenteen muutoksia voidaan ennustaa vähintään kahtena eri ajankohtana havaittujen yksittäisten rakennetekijöiden perusteella trendien avulla tai useampien rakennetekijöiden riippuvuussuhteisiin perustuen. Trenditarkastelujen ongelmana on, että ne rajoittuvat vain yhteen tekijään kerrallaan. Sen sijaan mallien avulla voidaan samanaikaisesti tarkastella useita rakennetekijöitä ja niiden riippuvuussuhteita (ks. Ripatti ja Järveläinen 1997).

Seuraavassa esitetään log-lineaaristen mallien avulla laadittu ennuste keskeisten yksityismetsänomistuksen rakennetekijöiden muutoksesta vuoteen 2020 saakka (Ripatti 1998). Ennuste perustuu Metsäntutkimuslaitoksen koko maan kattaviin metsänomistaja-aineistoihin vuosilta 1975 ja 1990 (aineistoista tarkemmin Järveläisen (1978) ja Ihalaisen (1992) julkaisuissa). Lisäksi tarkastellaan metsänomistajien omalle metsänomistukselleen asettamia tavoitteita ja niiden yhteyttä metsänomistuksen rakennekehitykseen.

2 Tulokset

2.1 Metsänomistuksen rakennekehitys

Yksityismetsänomistuksen rakennemuutosta on perinteisesti kuvattu metsänomistuksen siirtymisenä maanviljelijöiltä metsätilanomistajille (esim. Reunala 1974). Julkisessa keskustelussa metsätilanomistajilla saatetaan tarkoittaa kaupunkilaismetsänomistajia, muita kuin maatalousyrittäjiä tai ainoastaan metsämaata käsittävien tilojen omistajia. Vakiintuneen määritelmän mukaan metsätilanomistajia ovat ne metsänomistajat, jotka saavat pääasiallisen toimeentulonsa muualta kuin omasta

maa- ja metsätaloudesta. Eläkeläiset on luokiteltu metsätilanomistajiksi tai maanviljelijöiksi entisen ammatin perusteella ja perikunnat sekä yhtymät niiden metsäasioiden hoidosta vastaavan henkilön ammatin perusteella.

Maanviljelijä–metsätilanomistaja-luokitus ei siis kuvaa metsänomistajakunnan ammattirakennetta tai sosioekonomista asemaa, vaan sillä pyritään kuvaamaan metsänomistuksen rakennetta mahdollisimman yksinkertaisesti. Vuosina 1975–90 metsätilanomistajien osuus kasvoi runsaasta kolmanneksesta yli puoleen ja heidän osuutensa yksityismetsien pinta-alasta kasvoi vajaasta kolmanneksesta 44 prosenttiin (taulukko 1). Ennusteen mukaan muutosvauhti selvästi hidastuu ja vuonna 2020 metsätilanomistajia on runsaat kaksi kolmasosaa metsänomistajista ja he omistavat 57 prosenttia yksityismetsien pinta-alasta.

Jos muutosvauhti pysyisi samalla tasolla kuin vuosina 1975–90, vuonna 2020 metsätilanomistajien osuus kaikista metsänomistajista olisi peräti 82 prosenttia. Se on kuitenkin epätodennäköistä, koska maatalouden rakennemuutos ei heijastu metsänomistuksen rakenteeseen enää samassa suhteessa kuin 1970- ja 1980-luvuilla. Tämä johtuu osin siitä, että maataloudesta luopuvat viljelijät usein jättävät metsälönn omistukseensa ja siirtyvät vanhuus- tai luopumiseläkkeelle sekä tulevat maanviljelijä–metsätilanomistaja-jaottelussa edelleenkin luokitelluiksi maanviljelijöiksi.

Taulukko 1. Yksityismetsänomistuksen rakenne että kuvaavia tietoja vuosina 1975 ja 1990 sekä ennuste rakennekehityksestä vuoteen 2020 saakka.

	Vuosi		
	1975	1990	2020
	%metsänomistajista tai metsälöistä (% yksityismetsien pinta-alasta)		
Metsätilanomistajia	37 (31)	52 (44)	68 (57)
Tilan ulkopuolella asuvia	29 (25)	41 (34)	51 (39)
Vähintään 60-vuotiaita	32 (31)	37 (34)	46 (39)
Yhteisomistustiloja	16 (19)	24 (25)	34 (32)
Naisia	17 (16)	28 (25)	43 (36)
5--20 hehtaarin metsälöitä	49 (17)	49 (19)	48 (21)

Metsälöiden omistajavaihdosten yhteydessä ja vähäisemmässä määrin suoranaisen muuttoliikkeen vuoksi yksityismetsien omistusta on myös siirtynyt tilan ulkopuolella asuville metsänomistajille. Vuonna 1975 vain 29 prosenttia metsänomistajista asui tilansa ulkopuolella, mutta viisitoista vuotta myöhemmin tällaisia metsänomistajia oli jo 41 prosenttia. Metsäalasta tilan ulkopuolella asuvien osuus oli vuonna 1990 noin kolmannes. He siis omistivat keskimäärin pienempiä metsälöitä kuin tilalla asuvat metsänomistajat. Ennusteen mukaan muutosvauhti selvästi hidastuu ja vuonna 2020 tilan ulkopuolella asuvia metsänomistajia on noin puolet kaikista metsänomistajista. Tällöin he omistavat noin 40 prosenttia yksityismetsien pinta-alasta.

Yksityismetsien omistusrakenteen muutos on osa yleistä yhteiskunnan muutosta. Se kanavoituu yksityismetsätalouteen ennen kaikkea sukupolvenvaihdosten kautta. Omistajanvaihdoksiin liittyvien ongelmien seurauksena metsänomistajat ovat entisestään ikääntyneet ja yhteisomistustilojen määrä on lisääntynyt. Kun vallitsee epä-tietoisuus maatilana jatkajasta tai yleensä maatilatalouden jatkuvuudesta, metsälöt pysyvät pidempään samojen omistajien hallinnassa tai siirtyvät heidän kuoltuaan perikuntien haltuun.

Vuosina 1975–90 metsänomistajien keski-ikä nousi yhdellä vuodella 54 vuoteen. Merkittävää on kuitenkin iäkkäiden, vähintään 60-vuotiaiden, metsänomistajien osuuden kasvu. Viidessätoista vuodessa heidän osuutensa kasvoi vajaasta kolmanneksesta 37 prosenttiin. Yksityismetsien pinta-alasta vähintään 60-vuotiaiden metsänomistajien osuus kasvoi 31 prosentista 34 prosenttiin. Ennusteen mukaan iäkkäiden metsänomistajien osuus kasvaa jatkossakin samalla vauhdilla ja vuonna 2020 lähes joka toinen metsänomistaja on vähintään 60-vuotias. Tällöin heidän omistuksessaan on jo 39 prosenttia yksityismetsien pinta-alasta.

Yhteisomistustilojen eli perikuntien ja yhtymien osuus kasvoi 16 prosentista vajaan neljännekseen vuosina 1975–90 ja tällaisten tilojen hallinnassa oleva metsäalaoosuus kasvoi vajaasta viidenneksestä neljäsosaan. Ennusteen mukaan muutosvauhti hidastuu ja vuonna 2020 yhteisomistustilojen osuus niin metsälöiden lukumäärästä kuin yksityismetsien pinta-alastakin on noin kolmannes.

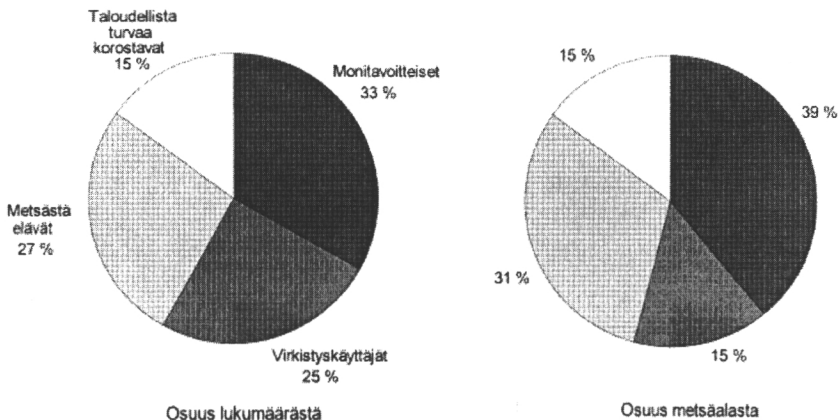
Metsänomistajien ikääntyminen ja yhteisomistustilojen osuuden kasvu liittyvät metsänomistajakunnan naisvaltaistumiseen, koska naiset elävät miehiä pidempään (Nieminen 1994). Esimerkiksi joka toisen perikunnan metsäasioista vastaa nainen. Vuosina 1975–90 naisten osuus metsänomistajista kasvoikin 17 prosentista runsaaseen neljännekseen ja heidän omistamansa metsäalaoosuus kasvoi 16 prosentista niinkään neljännekseen. Ennusteen mukaan muutosvauhti jonkin verran hidastuu ja vuonna 2020 naisia on runsaat 40 prosenttia metsänomistajista, jolloin he omistavat yli kolmanneksen yksityismetsien pinta-alasta.

Viime vuosikymmeninä metsälöiden määrä on lisääntynyt noin 2 000 metsälön vuosivauhdilla. Metsätalouden kannalta tärkeää on myös se, miten metsälöiden määrän lisääntyminen näkyy metsälöiden kokoluokkajakaumassa. Vuonna 1975 noin puolet metsälöistä oli 5–20 hehtaarin suuruisia ja kokoluokan osuus yksityismetsien pinta-alasta oli 17 prosenttia. Viisitoista vuotta myöhemmin tällaisia metsälöitä oli edelleenkin noin puolet ja kokoluokan osuus yksityismetsien pinta-alasta oli lähes viidesosa. Ennusteen mukaan 5–20 hehtaarin metsälöiden lukumääräosuus säilyy samana vuonna 2020 ja osuus yksityismetsien pinta-alasta kasvaa hieman yli viidesosaan.

Hehtaareissa tarkasteltuna 5–20 hehtaarin metsälöiden pinta-ala kasvoi noin 200 000 hehtaarilla 2,3 miljoonaa hehtaariin vuosina 1975–90 eli noin 13 000 hehtaarin vuosivauhdilla, joka vastaa noin yhtä promillea yksityismetsien kokonaispinta-alasta. Sama kasvuvauhti jatkuu myös tulevaisuudessa.

2.2 Metsänomistajien tavoitteisiin perustuva ryhmittely

Metsänomistuksen tavoitteiden perusteella metsänomistajat voidaan jakaa erilaisiin ryhmiin, joita voidaan edelleen kuvata rakennepiirteiden avulla (Karppinen 1998). Maan eteläpuoliskossa (Oulun läänin eteläpuoli) voidaan erottaa neljä tavoitteiltaan erilaista omistajaryhmää: monitavoitteiset, virkistyskäyttäjät, metsästä elävät ja taloudellista turvaa korostavat (kuva 1). Pohjois-Suomessa tällaista ryhmittelyä ei ole havaittavissa.



Kuva 1. Metsänomistajien tavoiteryhmit maan eteläpuoliskossa.

Virkistyskäyttäjät painottavat selvästi metsänomistuksen aineettomia näkökohtia kuten ulkoilumahdollisuuksia sekä luonnon- ja maisemansuojelua, kun taas metsän merkitys säännöllisten tulojen ja työtilaisuuksien kannalta korostuu *metsästä elävien* metsänomistajien keskuudessa. *Taloudellista turvaa korostaville* metsänomistajille on tärkeintä metsän tuoma taloudellinen turvallisuus ja metsän merkitys sijoituskohteena. *Monitavoitteisille* metsänomistajille sekä em. taloudelliset että aineettomat tavoitteet ovat yhtä tärkeitä.

Tavoiteryhmittelyn hyödyntämisen kannalta on oleellista tietää, miten ryhmät eroavat toisistaan taustapiirteiltään. Kuhunkin ryhmään kuuluvat voidaankin tunnistaa muista metsänomistajista todennäköisyyksmallien (logit-mallit) avulla. Virkistyskäyttäjät ovat todennäköisimmin metsätilanomistajia, nuoria, naisia, yhtymämuotoisten sekä pienten metsälöiden omistajia. Metsästä eläviä voi luonnehtia ns. aktiiviviljelijöiksi, koska he ovat pääosin nuoria, miehiä ja tilalla asuvia maanviljelijöitä. Taloudellista turvaa korostavat ovat puolestaan tyypillisesti metsätilanomistajia, vanhoja ja tilan ulkopuolella asuvia. Monitavoitteiset ovat sen sijaan vanhoja, suurehkojen metsälöiden omistajia ja asuvat yleensä tilansa ulkopuolella.

Tutkimusten perusteella ei voi suoraan päätellä, missä määrin metsänomistajien tavoitteet ovat muuttuneet tai tulevat muuttumaan jatkossa. Tavoitteita on mitattu eri tavoin eri aikoina tutkimuksesta riippuen. Tavoitteiden muutosta koskevat päätelmät onkin tehtävä metsänomistusrakenteen kehityksen ja em. todennäköisyyksmallien avulla. Näin arvioituna metsien virkistysarvoja ja taloudellista turvaa tavoitteinaan korostavien metsänomistajien – molemmat metsätilanomistajaryhmiä – osuudet kasvavat maan eteläpuoliskossa. Sen sijaan välittömien puunmyynti- ja työtulojen merkitystä painottavien – aktiiviviljelijöiden – joukko pienenee selvästi. Suurimman omistajaryhmän, tasapuolisesti sekä taloudellisia että aineettomia tavoitteita korostavien metsänomistajien osuus näyttäisi säilyvän nykytasolla.

3 Johtopäätökset

Arviot yhteiskunnan muutoksesta viittaavat siihen, että ainakaan lähivuosina ennusteessa mukana olevien rakennetekijöiden riippuvuussuhteissa ei tapahdu merkittäviä muutoksia. Metsänomistuksen rakennemuutoksen voi siis odottaa etenevän esitetyllä tavalla. Ennuste perustuu kuitenkin vuosina 1975–90 havaittuun muutokseen, jolloin esim. yli 65-vuotiaiden osuus koko väestöstä kasvoi 11 prosentista 14 prosenttiin. Tilastokeskuksen väestöennusteiden perusteella vuonna 2020 yli 65-vuotiaiden osuus koko väestöstä on jo 22 prosenttia (Väestöennusteet... 1993). Eläkeikäisen väestön osuus siis kasvaa tuntuvasti, mikä voi myös heijastua metsänomistuksen rakenteeseen.

Metsänomistusrakenteeseen vaikuttavat myös institutionaaliset tekijät, kuten maanhankintalaki, joka lakkautettiin koko maassa vuoden 1998 alusta lähtien. Tämä muutos luultavasti lisää vapailla markkinoilla vaihdettujen metsälöiden määrää, jolloin yksityismetsien omistusrakenteessa ja pinta-alassa voi tapahtua merkittäviäkin muutoksia.

Muuttuvatko myös metsänomistuksen tavoitteet ennustetulla tavalla? Ainakin rakennepiirteiden avulla tarkasteltuna näin näyttäisi käyvän. Tavoitemuutoksen tarkastelu rakenne-ennusteiden ja todennäköisyyksmallien avulla on kuitenkin vain suuntaa-antavaa ja ennusteet tarkentuvat, kun jatkossa on käytettävissä tietoja tavoiteryhmiä osuuksissa tapahtuneista todellisista muutoksista.

Vielä 1980-luvulla puun tarjonnan ja metsänhoidollisen aktiivisuuden arveltiin heikenevän metsänomistuksen rakennemuutoksen myötä. Tutkimukset ovat sittemmin tarkentaneet kuvaa rakennetekijöiden vaikutuksista metsänomistajien käyttäytymiseen. Ainoastaan metsänomistajakunnan ikääntymisellä on havaittu selvä puunmyyntejä vähentävä vaikutus (Kuuluvainen ja Ovaskainen 1994). Yksityismetsien

puun tarjonta ei näyttäisi sanottavammin heikkenevän myöskään metsänomistajien tavoitteiden muuttumisen vuoksi. Arvomuutos voi tosin ilmetä lisääntyneenä kiinnostuksena kevyempää metsän käsittelyä kohtaan.

Metsänomistuksen rakenteen ja metsätaloudellisen käyttäytymisen riippuvuussuhteet eivät kuitenkaan välttämättä enää päde sellaisenaan tällä hetkellä, koska 1980-luvulla harjoitettu metsäneuvonta ja siihen kytkeytyvä puukaupan määräohjaus ovat saattaneet tasoittaa metsänomistajien rakenne- ja tavoite-eroista johtuvia metsätaloudellisen käyttäytymisen eroja. Metsätaloudessa onkin 1990-luvulla tapahtunut useita merkittäviä institutionaalisia muutoksia. Mm. metsäverojärjestelmä on muuttunut, eikä puukaupassa enää sallita sopimusjärjestelmiä. Myös yksityismetsätalouden suunnattuja resursseja on olennaisesti supistettu.

Metsänomistuksen rakennemuutos ja metsänomistajien tavoitteiden eriytyminen asettavat uusia vaatimuksia myös metsätalouden neuvonnalle. Erityisesti joukko- ja ryhmäneuvonta ei ole kyennyt riittävässä määrin tavoittamaan sellaisia metsänomistajaryhmiä, joiden määrä lisääntyy rakennemuutoksen myötä (Hänninen ja Viitala 1994). Metsätalonomistajien, naisten sekä perikuntien ja yhtymien metsäasioista vastaavien henkilöiden sekä erityisesti metsälön sijaintipaikkakunnan ulkopuolella asuvien metsänomistajien tavoittaminen vaatiikin neuvontaorganisaatiolta uusia ponnisteluja. Neuvonnan kohdentamisessa sekä sisällön suunnittelussa tulisi myös entistä paremmin ottaa huomioon metsänomistajien erilaiset tavoitteet.

Kirjallisuus

- Hänninen, H. & Viitala, E. 1994. Metsänomistuksen rakennemuutos ja metsätalouden edistämistoiminta. Julkaisussa: Ovaskainen, V. & Kuuluvainen, J. (toim.). Yksityismetsänomistuksen rakennemuutos ja metsien käyttö. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 484: 75–103.
- Ihalainen, R. 1992. Yksityismetsänomistuksen rakenne 1990. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 405. 41 s.
- Järveläinen, V-P. 1978. Yksityismetsätalouden seuranta. Metsälöötökseen perustuvan tietojärjestelmän kokeilu. Summary: Monitoring the development of Finnish private forestry. A test of an information system based on a sample of forest holdings. Folia Forestalia 222. 190 s.
- Karppinen, H. 1998. Metsänomistajien muuttuvat tavoitteet. Julkaisussa: Hänninen, H. (toim.). Puuvarojen käyttömahdollisuudet. Metsäntutkimuslaitos & Metsälehti Kustannus. s. 28–32.
- Kuuluvainen, J. & Ovaskainen, V. 1994. Yksityismetsänomistajien puunmyynteihin vaikuttavat tekijät. Julkaisussa: Ovaskainen, V. & Kuuluvainen, J. (toim.). Yksityismetsänomistuksen rakennemuutos ja metsien käyttö. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 484: 45–59.
- Nieminen, M. 1994. Väestöpyramidi — menneisyyden peili. Julkaisussa: Sailas, R. & Mikkonen, S. (toim.). 55+ Katsaus ikääntyvien elinoloihin. Tilastokeskus & STAKES. Elinolot 1994:1 s. 32–46.
- Reunala, A. 1974. Structural change of private forest ownership in Finland. Seloste: Yksityismetsänomistuksen rakennemuutos. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 82(2). 79 s.

- Ripatti, P. 1994. Yksityismetsien omistusrakenteen muutokset. Julkaisussa: Ovaskainen, V. & Kuuluvainen, J. (toim.). Yksityismetsänomistuksen rakennemuutos ja metsien käyttö. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 484: 12–15, 18–24.
- Ripatti, P. 1998. Metsien omistus. Julkaisussa: Hänninen, H. (toim.). Puuvarojen käyttömahdollisuudet. Metsäntutkimuslaitos & Metsälehti Kustannus. s. 62–67.
- Ripatti, P. & Järveläinen, V-P. 1997. Forecasting Structural Changes in Non-industrial Private Forest Ownership in Finland. Scandinavian Forest Economics No. 36: 215–230.
- Väestöennusteet 1993–2030. 1993. SVT, Väestö 1993: 10. Tilastokeskus. 37 s.

Luonnon virkistyskäytön skenaariot

Tuija Sievänen ja Eija Pouta

1 Johdanto

Kun metsäsuunnittelussa halutaan ottaa luonnon virkistyskäyttö huomioon, on tärkeää tietää missä ihmiset ulkoilevat ja kuinka paljon sekä minkälaiset ovat ulkoilijoiden virkistysympäristön laatuvaatimukset. Koska metsäsuunnittelussa vaikutetaan pitkälle tulevaisuuden virkistysympäristöön, ei tietämys nykyhetken virkistyskäytöstä ja sen asettamista vaatimuksista riitä. Metsäsuunnittelulle tulisi tarjota tietoa myös tulevaisuudessa metsäympäristölle asetetuista vaatimuksista. Perustieto luonnon virkistyskäytöstä Suomessa on vielä hyvin puutteellista. Tietoaukkoja pyritään täyttämään Luonnon virkistyskäytön valtakunnallinen inventointi (LVVI) tutkimuksella, jonka tuottamat tilastot ovat käytettävissä vuonna 2000. Tutkimus tuottaa myös malleja, joiden avulla voidaan ymmärtää ja myös ennustaa virkistysmahdollisuuksiin kohdistuvaa kysyntää tulevaisuudessa. Virkistyskäytön ennustamiseen liittyy kuitenkin myös runsaasti epävarmuutta, vaikeasti ennakoitavia mahdollisia yhteiskunnallisia muutoksia ja tekijöitä, joihin voidaan vaikuttaa politiikalla. Epävarman tulevaisuuden hahmottamiseksi voidaan laatia virkistyskäyttöskenaarioita. Seuraavassa tarkastellaan nykytietämystä luonnon virkistyskäytöstä, esitetään muutostekijöitä ja mahdollisia tulevaisuuden tiloja. Erityisesti pyritään hahmottelemaan sitä, millaisiin metsäalueisiin luonnon virkistyskäytön kysyntä kohdistuu tulevaisuudessa.

2 Skenaariomenetelmä

Virkistyskysynnän ennusteita voidaan perinteisesti laatia käyttäen useita erilaisia menetelmiä (Walsh 1986). Markkinatutkimusten tapaan voidaan tehdä haastatteluja tai kyselyjä kansalaisten aikomuksista ulkoilla luonnossa. Mikäli kysymykset aikomuksista kohdistetaan tiettyyn aikaan, paikkaan ja asiayhteyteen, voidaan päästä lyhyellä tähtäimellä tarkkoihinkin ennusteisiin ulkoilukäyttäytymisestä. Hieman pidemmän tähtäimen virkistyskysynnän ennustamisessa on käytetty trenditarkastelua. Tällöin on pitkän aikavälin seuranta tutkimuksin muodostettu trendejä, joiden oletetaan jatkuvan tulevaisuudessa. Trendien laventaminen tulevaisuuteen on toimiva menetelmä, jos ulkoilijoiden käyttäytymistottumuksissa ei ole odotettavissa voimakkaita muutoksia. Kysyntämalleilla pyritään virkistyskäytön tulevaisuutta ennustamaan käyttäytymistä selittävien tekijöiden avulla (Walsh ym. 1992, Cordell 1999). Regressioanalyysillä rakennettuihin kysyntämalleihin voidaan sijoittaa väestöennusteiden tuottamaa tietoa kysyntää selittävistä tekijöistä. LVVI-tutkimuksessa virkistyskysynnän ennusteet tullaan laatimaan kysyntämallein hyödyntämällä väestöennusteita.

Kysyntämalleihin pohjautuvat ennusteet ovat kuitenkin heikkoja ottamaan huomioon epävarmuutta esim. sellaisten muutostekijöiden suhteen, joihin poliittiset päätökset vaikuttavat suuresti. Tällaisia muutostekijöitä ovat esimerkiksi vapaa-ajan määrä ja tulojaon tasaisuus. Skenaariomenetelmän avulla voidaan tarkasteluun liittää enem-

män epävarmuutta sekä määritellä ennusteiden sijaan vaihtoehtoisia kehityssuuntia. Soveltaen Mannermaan (1991) esittelemää skenaariomenetelmää virkistyskäyttöskenaariolla voidaan ymmärtää kuvausta

- a) luonnon virkistyskäytön nykytilasta
- b) luonnon virkistyskäytön mahdollisista tulevaisuuden tiloista
- c) tapahtumaketjuista, jotka johtavat nykytilasta tulevaisuuden tiloihin.

Skenaariot ovat hypoteettisia, koska tulevaisuutta koskevaa varmaa tietoa ei ole. Ne ovat luonnosmaisia kiinnittäen päähuomion kehityksen olennaisiin piirteisiin ja muutoskohtiin. Skenaariotarkastelut ovat myös laaja-alaisia sisältäen kuvauksia teknologisista, taloudellisista, sosiaalisista ja arvomuutosprosesseista. Skenaariomenetelmää ei ole aiemmin sovellettu luonnon virkistyskäytön kysymyksiin, sensijaan esimerkiksi liikunnan tulevaisuutta on hahmoteltu skenaariomenetelmällä (Mäntylä 1993).

Seuraavassa luonnostellaan luonnon virkistyskäyttöskenaariota kuvaten ensin sitä, millaista tietoa luonnon virkistyskäytön nykytilasta on saatavilla. Toiseksi tarkastellaan virkistyskäytön muutostekijöitä ja kolmanneksi esitetään luonnon virkistyskäytön vaihtoehtoisia tulevaisuuden tiloja.

3 Tieto virkistyskäytön nykytilasta

Metsäntutkimuslaitoksen aloitteesta on käynnistynyt laaja-alainen Luonnon virkistyskäytön valtakunnallinen inventointi, LVVI –tutkimus, joka tulee tuottamaan perustiedon luonnon virkistyskäytöstä Suomessa (Sievänen 1998). Seurantatutkimuksen luonteensa takia se antaa mahdollisuuksia tarkastella myös tulevaisuuden näköaloja. LVVI –tutkimus tarjoaa tietoa virkistyskäytön nykytilasta vasta vuoden 2000 jälkeen, jolloin inventoinnin ensimmäinen vaihe valmistuu.

LVVI:n kysyntätutkimuksessa, jota tekevät Metsäntutkimuslaitos ja Helsingin yliopisto, kerätään tietoa koko väestön ulkoilukäyttäytymisestä. Metsäsunnittelun kannalta tärkeimpiä tietoja ovat virkistyskäytön kohdistuminen eri alueille paikallisesti, alueellisesti ja valtakunnallisesti. LVVI-tutkimuksessa mitataan käytinkertoja ja virkistystunteja sekä valtion että kuntien ulkoilu- ja retkeilyalueilla, muilla virkistysalueilla, kansallispuistoissa, talousmetsissä ja yksityisten tarjoamissa palvelukohteissa. Aineistosta voidaan arvioida ulkoilun kohdistuminen taajamien lähiympäristöön tai harvaanasutulle maaseudulle. Virkistysympäristön laatuvaatimuksista suuntaa antavaa tietoa saadaan tarkastelemalla ulkoiluharrastuksia luontoympäristöltään ja varustetasoltaan erityyppisillä alueilla.

Tarjontatutkimuksessa selvitetään kuinka paljon erityisesti virkistykseen varattuja alueita, reittejä ja palveluita meillä on ja missä ne sijaitsevat. Virkistysalueista kerätään mm. metsän pinta-alatietoja sekä tietoja metsän erityisominaisuuksista kuten onko virkistysalueella jalopuumetsiköitä, vanhoja metsiä, lehtoja tai arvokkaita soita. Tarjontatiedot kerätään kunnista sekä valtionalueista suoraan Metsähallitukselta ja Metsäntutkimuslaitokselta. Tiedot tallennetaan Suomen ympäristökeskuksen paikkatietokantaan sekä Jyväskylän yliopiston Suomalaisen liikunnan tietopankkeihin.

LVVI –tarjontatietoja analysoimalla saadaan käsitys siitä, miten virkistysalueet ja palvelut sijaitsevat väestöön nähden, miten niiden palveluvarustus vastaa väestön tarpeita sekä miten arvokasta luontoympäristöä näillä alueilla on. Virkistysmahdollisuuksien kysynnän ja tarjonnan vertailu suuntaa tulevaisuudessa ennen kaikkea virkistysalueiden ja ulkoilureittien suunnittelua sekä hoitoa. Samalla saadaan tietoa siitä, missä virkistysmahdollisuuksia on riittävästi tai toisaalta missä on lisätarvetta aluevarauksille. Metsäsuunnittelun kannalta on tarpeen tietää sellaisista metsäalueista, joihin kohdistuu kasvavia virkistyspaineita.

4 Virkistyskäytön muutostekijät

Luonnon virkistyskäytön muutoksiin vaikuttavat ennenkaikkea väestössä tapahtuvat muutokset. Virkistysmahdollisuuksien kysynnällä tarkoitetaan juuri väestön tarvetta virkistäytyä luonnossa. Virkistyskäytön tutkimus tarkastelee nykypäivällä tapahtuvaa ulkoilukäyttämistä, ja sen pohjalta laatii trendeihin ja malleihin perustavia ennusteita tulevaisuuden kysynnästä ja muutoksen suunnasta. Kysyntämallit perustuvat väestön sosioekonomisiin muuttujiin sekä alueiden tarjontaa kuvaaviin tekijöihin. Tässä tarkastellaan ennenkaikkea väestöä koskevia tekijöitä, joilla aiempien tutkimusten (esim. Manning 1986, Sievänen 1993) mukaan on vaikutusta ulkoilukäyttämiseen.

Tärkeimpiä väestöä kuvaavia ulkoiluun vaikuttavia sosioekonomisia tekijöitä ovat ikärakenne, koulutustaso, tulotaso sekä käytettävissä oleva vapaa-aika. Suomen väestö ikääntyy ainakin seuraavat 20 vuotta (Tilastokeskus 1995). Nykyinen koulutusjärjestelmä nostaa väestön koulutustasoa (Opetushallitus 1997). Myös ammattirakenne muuttuu edelleen perustuotanto- ja teollisuusaloilta palvelualoilta (Tilastokeskus 1998). Korkeasti koulutettujen osuuden kasvaessa ja työn muuttuessa entistä enemmän tietotyöksi, todennäköisesti ainakin osan väestöä tulotaso nousee. Keskitulojen voidaan olettaa kohoavan, mutta samalla tuloerot voivat kasvaa (Tilastokeskus 1998), jos erityisesti koulutusrakenne ei vastaa eri alojen osaamiseen kohdistuvaa kysyntää. Nämä ovat tärkeimpiä väestörakenteen oletettuja muutoksia, jotka vaikuttavat väestön ulkoilutarpeen ja ulkoilukäyttämisen muutoksiin.

Jos väestössä on entistä enemmän vanhoja ja pienituloisia henkilöitä sekä autottomia kotitalouksia, lähivirkistysmahdollisuuksien merkitys kasvaa. Toisaalta suuri varallisuutta keränneiden eläkeläisten osuus lisää vapaa-ajan asumista. Nuoret, koulutetut ja hyvätuloiset ovat kiinnostuneita elämispainotteisista luonto- ja liikuntaharrastuksista. Nuoret muodostavat pieniä ikäluokkia, joten harrastajamäärät eivät kasva, mutta siitä huolimatta harrastuskerrat voivat lisääntyä. Koulutustason kohoamisen myötä virkistysympäristön laatuvaatimukset kasvavat.

Eräs muutossuunta näyttäisi olevan se, että väestö siirtyy yhä voimakkaammin kasvukeskuksiin (Tilastokeskus 1998). Yhä useammat jakavat asumisen ympärivuoden kahteen paikkaan eli ykkösasuntoon taajamassa ja kakkosasuntoon maalla. Ennen kaikkea on odotettavissa loma-asumisen määrällinen kasvu siten, että loma-asunnossa tai kakkosasunnossa asutaan yhä pidempiä aikoja vuodessa. Loma-asuntojen määrän ennakoidaan yhä kasvavan (Kotilainen 1998).

Väestön käytettävissä olevan vapaa-ajan odotetaan lisääntyvän edelleen väestötasolla (Niemi & Pääkkönen 1989), mutta eri väestöryhmien välillä voi olla suuria eroja.

Eurooppalaisittain katsoen näyttää siltä, että työn tehokkaampi jakaminen on työllisyyden ylläpidon kannalta eräs ratkaisu. Miten työajan lyhentäminen ja vapaa-ajan lisääntyminen jakautuu, vaikuttaa suuresti luonnossa virkistytymisen aluetarpeeseen. Jos päivittäinen vapaa-aika lisääntyy, merkitsee se lähivirkistykseen lisääntymistä. Jos viikottaista vapaa-aikaa on enemmän, kakkosasuminen ja retkeilyalueiden käyttö lisääntyvät. Jos vuosilomaa on enemmän, loma-asuminen ja luontomatkaileminen lisääntyvät.

Muuttuva teknologia tuo uusia harrastusmahdollisuuksia. Perinteisten ulkoiluharrastusten kuten marjastuksen ja metsästyksen taantuminen on odotettavaa (Lindhagen & Hörnsten 1998, Cordell ym. 1999). Nyt nuorin aikuissukupolvi arvostaa yksilöllisyyttä, perinteitä, riskinottoa, 'antiteknologiaa' sekä tietoja ja taitoja vaativia harrastuksia kuten lumilautailua, maastopyöräilyä, telttailua ja matkustamista 'karttoittamattomiin' maihin (Rinzler 1995). Motorisoitu liikkuminen talousmetsäalueilla voi olla yksi lisääntyvä harrastusmuoto (vrt. Bowker ym. 1999).

Arvojen ja asenteiden muutos on vaikeasti ennakoitavissa. Tulevaisuudessa vallitsevat mahdollisesti polarisoituvat arvot (Nurmela ym. 1997, Puohiniemi 1993). Asenteiden tasolla suomalaiset ovat jo hyvin ympäristölähtöisiä, mutta vain osa väestöstä ottaa ympäristön myös toiminnassa huomioon. Toiset kannattavat ympäristöä säästäviä ja luontoarvoja korostavia ulkoiluharrastuksia, kun taas toiset suuntautuvat urbaaniin, teknologiasuuntautuneeseen harrastamiseen.

Ympäristötekijöiden muutoksellakin voi olla vaikutusta siihen, missä ja miten paljon suomalaiset ulkoilevat. Jos talvet lämpenevät, mahdollisuus talvilajien harrastamiseen on vain yhä pohjoisempana. Maaseutumaisemasta vähenevät avoimet tilat ja perinnemaisemat häviävät ja sitä kautta virkistysympäristö yksipuolistuu. Maaseutumaisemien yksipuolistumisella voi olla ainakin paikallisesti ja alueellisesti heikentävää vaikutusta alueen vetovoimaisuuteen luontomatkailemisenä (vrt. Silvennoinen ym. 1998).

Muutokset matkailun sisällössä heijastuvat myös luonnonvirkistyskäyttöön. Kotimaan matkailija etsii erikoisia luontoelämyksiä. Tämä lisää kiinnostusta luonnon-suojelualueita kohtaan, ja merkitsee virkistyskäyttöpaineiden kasvua muillakin luontoarvoiltaan tärkeillä alueilla. Ulkomaisten matkailijoiden odotukset ovat kahdella tavalla: he hakevat Suomesta turvallisuutta, puhdasta luontoympäristöä, tilaa ja hiljaisuutta, ja toisaalta taas kysyntä kohdistuu laadukkaisiin luontoliikunta palveluihin, jolloin tavanomainen luontoympäristö on riittävä, kunhan se on toiminnallisesti laadukas (vrt. Rajahaastattelututkimus osa 1 ja osa 2 b 1999, Kauppi 1996).

5 Mahdollisia tulevaisuuden tiloja

Seuraavassa esitetään neljä mahdollista tulevaisuuden tilaa, jotka määrittyvät kahden ulottuvuuden suhteen. Näistä muutostekijöistä rakennetaan nelikenttä. Tämän avulla arvioidaan sitä, mitä suomalaiset harrastavat luonnossa v. 2010 ja missä harrastaminen tapahtuu (taulukko 1.)

Ensimmäinen ulottuvuus on väestörakenne, erityisesti väestön käytettävissä olevat resurssit kuten aika ja raha. Tässä on nostettu tärkeimmiksi muuttujiksi käytettävissä oleva vapaa-aika, käytettävissä olevien tulojen määrä sekä asumisen jakautuminen koko maan puitteissa. Tässä ulottuvuudessa ajatellaan kahta mahdollista muutoksen

pääsuuntaa, joiden välillä tehtävä valinta on poliittinen. Ensimmäisessä vaihtoehdossa väestö polarisoituu siten, että osa väestöstä köyhtyy varallisuuden ja tulojen suhteen, mutta työttömyyden vallitessa omaa runsaasti vapaa-aikaa. Toisaalta osa väestöstä käyttää runsaasti aikaa työhön ja vaurastuu. Väestö keskittyy kasvukeskuksiin. Toisessa mahdollisessa vaihtoehdossa vapaa-aika ja varallisuus jaetaan tasaisesti väestön kesken ja koko maa säilytetään pääosin asuttuna.

Toisena ulottuvuutena on arvojen muutokset, joita on myös vaikea ennakoita. Yksi mahdollisuus on, että luontoa ja ympäristöä säästävät arvot vahvistuvat. Ihmiset kaipaavat luontosuhteen ylläpitämistä ja käyttävät vapaa-aikaansa siihen. Toinen mahdollisuus on, että ihmiset vieraantuvat yhä enemmän luonnosta ja teknologiset sekä urbaanin kulttuurin arvot vahvistuvat.

Perinteisten arvojen vahvistumisen ja väestön polarisoitumisen tapahtuessa voidaan kohdata tulevaisuus, joka tässä on nimetty *'Laatuluontoa ja puistoja'*. Tässä mahdollisessa tulevaisuuden tilassa on paljon kaupunkiväestöä, jotka arvostavat luontoa. Heillä ei ole kuitenkaan mahdollisuuksia hakeutua luontoon muualla kuin asuntojen lähialueilla ja julkisen liikenteen mahdollisuuksien rajoissa. Tämä väestön osa kävelee, lenkkeilee ja harrastaa muuta lähivirkistytymistä. He odottavat löytävänsä luontoarvoja puistoista ja lähimetsistä. Osa väestöstä taas on kiinnostunut tietoja ja taitoja vaativista luontoharrastuksista. Heillä on myös runsaasti loma-asuntoja, mutta ei kovin paljon aikaa käyttää niitä. Heillä on taloudellisia mahdollisuuksia ottaa kaikki irti vähästä vapaa-ajastaan ja hakeutua kauaksikin arvokkaisiin luontokohteisiin. Tällöin luonnonsuojelualueiden virkistyskäyttöpaineet kasvavat.

Teknologisten arvojen vahvistuessa polarisoituva väestö jakaantuu myös kahteen paikkaan. Se väestön osa, jolla on niukasti tuloja ja varallisuutta, harrastavat urbaaneja ulkoilumuotoja kuten oleskelua puistoissa ja toreilla, asemilla ja ostoskeskuksissa sekä rullaluistelua kävelyteillä ja kaduilla. Luonnossa virkistytymisen vähenee tai ainakin ympäristön luontoarvoihin ei kiinnitetä kovin paljon huomiota. Toisaalta ne, joilla on varallisuutta, tuloja, ja toisaalta vähän vapaa-aikaa, hakeutuvat hyvien palvelujen äärelle matkailu- ja ulkoilukeskuksiin harrastamaan trendikkäitä välineharrastuksia. Tätä tulevaisuutta kutsutaan *'Ultrateknoilua ja asfalttikukkaa'* – tulevaisuudeksi.

Päädyttäessä yhteiskuntapolitiikkaan, jossa pyritään tasaamaan sekä väestön käytettävissä olevaa vapaa-aikaa että tuloja ja samalla harjoitetaan voimakasta aluepolitiikka, vaikutetaan myös paljon väestön mahdollisuuksiin virkistyttyä luonnossa. Myös tässä tapauksessa luontoon ja ympäristöön liittyvät arvot voivat vaihdella. Jos luontoa ja ympäristöä säästävät arvot vahvistuvat, päädytään kakkosasumisen lisääntymiseen koko väestön keskuudessa. Tällöin virkistyskäyttöpaineet jakautuvat tasaisesti koko maahan ja erityisesti tavallisiin talousmetsiin, jotka ympäröivät vapaa-ajanasuntoja. Erityisten virkistysalueiden tarve ei kasva. Arvokkaita luonnonalueita ja laadukkaita luontoharrastusmahdollisuuksia tarjoavia alueita kysytään lisää. *'Luonnonläheistä mökkeilyä'* –tulevaisuus tuo ihmiset takaisin luontoon.

Jos tasaisen hyvinvoinnin yhteiskunnassa voimistuvat teknologiset ja urbaanin kulttuurin arvot, luonnossa virkistytymisen edellytyksinä korostuvat alueet, jotka voivat tarjota toiminnallisesti hyviä harrastusmahdollisuuksia. *'Jokamiehen motorisoitua liikkumista'* –tulevaisuudessa virkistyspalveluja tarvitaan lisää. Niiden tulee olla hinnaltaan edullisia tai maksuttomia, julkisin varoin tuotettuja ja sijaita lähellä väestöä. Motorisoitu liikkuminen on tyypillistä koko kansan liikkumista luonnossa.

Virkistäytyminen tarvitsee laajoja reittiverkostoja, jotka sijoittuvat tavallisiin talousmetsiin ympäri maata. Virkistysympäristön laatu ei ole avainkysymys. Tavanomainen metsäluonto sopii hyvin vauhdikkaaseen harrastamiseen. Kaupungeissa viihtyvä väestö tarvitsee reittejä myös lähialueilla.

Näin hieman kärjistäen hahmotellen mahdollisia tulevaisuuden pääasiallisia ulkoilu ympäristöjä ovat:

- 1) Luonnonsojelualueet: luontoarvojen korostuminen ohjaa kysyntää.
- 2) Talousmetsät; loma-asumisen lisääntyminen tuo runsaasti jokamiehenoikeuksiin perustuvaa virkistyskäyttöä ympäröiviin metsiin.
- 3) Ulkoilu- ja matkailukeskukset laadukkaine palveluineen vastaavat virkistystarpeisiin. Luonto on enemmänkin kullisi kuin kiinnostuksen kohde.
- 4) Taajamien läheiset virkistysalueet.
- 5) Kaupunkien rakennetut ympäristöt kuten kaupunkipuistot, kävely- ja pyöräreitit, kadut, torit, asemat ja ostoskeskukset.

6 Loppupäätelmät

Toteutuva tulevaisuus ei todennäköisesti ole yksinään mikään edellä kuvatuista tulevaisuuden tiloista. Muutoksen pääsuunta voi kuitenkin olla jokin näistä, ja muista tulevaisuuksista toteutuu joitakin piirteitä. Esitetyt tulevaisuuden tilat rakennettiin ottaen huomioon mahdolliset luonnossa virkistäytymiseen liittyvät arvomuutokset ja muutokset väestön tuloissa, vapaa-ajan määrässä ja sijainnissa. Muita suuria muutostekijöitä ovat mm. teknologia- ja ympäristömuutokset. Ilmaston muutos voi aiheuttaa dramaattisia olosuhteiden muutoksia, joilla on vaikutusta erityisesti virkistämisen maantieteelliseen jakautumiseen. Myös väestökäyttäytymiseen voi liittyä vaikeasti ennakoitavia muospaineita. Väestön määrän Suomessa ei ennusteta ainakaan kasvavan, mutta kansainvälisesti voi tapahtua mullistuksia, jotka aiheuttavat suuria siirtolaispainetta myös Suomeen. Tällöin kaupunkiväestön määrä kasvaa entisestään. Maahanmuuttajilla voi hyvin olla suomalaisista poikkeavia ulkoilutottumuksia. Myös virkistysympäristöön liittyvät arvostukset poikkeavat todennäköisesti suomalaisten arvostuksista. Luontoon perustuvan matkailun kasvu tuo joka tapauksessa toisenlaisten kulttuurien edustajia katselemaan metsämaisemiamme. Näin maisemanhoidon huomioon ottava metsätalous voi olla myös kansantaloudellisesti perusteltua tulevaisuudessa.

LVVI-tutkimuksen tuottaman virkistyskäytön nykytilan kuvauksen jälkeen on mahdollista konkretisoida virkistyskäyttöpaineiden kohdistumista maantieteellisesti. Kaupunkien ja taajamien lähialueiden virkistyskäyttöpaineet tuskin vähenevät vaan pikemminkin voimistuvat tulevaisuudessa. Taajamien läheisten virkistysalueiden luontoympäristön laatu ja palvelurakenne vaatii kehittämistä. Metsätalouden maata siirtynee enenevästi virkistyskäyttöpainotteiseksi alueiksi, erityisesti alueilla, joilla on maisema- luonnonsuojelu- ja virkistysarvoja. Erityisesti kesämökkikunnissa virkistyskäyttöpaineet kohdistuvat jokamiehenoikeudella tavallisiin talousmetsiin. Niillä seuduilla metsätalouden suunnittelussa olisi suositeltavaa ottaa jo nyt virkistyskäyttöpaineet vakavasti huomioon.

Taulukko 1. Luonnon virkistyskäytön mahdollisia tulevaisuuden tiloja: harrastamisen muutokset ja virkistysympäristön kysynnän alueellinen kohdistuminen

	<i>Perinteiset ja luonnonläheiset ympäristöt- ja harrastusarvostukset</i>	<i>Teknologiset ja urbaanit ympäristöt- ja harrastusarvostukset</i>
<p>Väestö polarisoituu</p> <ul style="list-style-type: none"> - osalla väestöstä vähän vapaa-aikaa ja suuret tulot - osalla väestöstä paljon vapaa-aikaa ja pienet tulot - kasvukeskukset kasvavat ja maaseutu tyhjenee 	<p>"Laatuluontoa ja puistoja"</p> <p>Harrastaminen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - luontoharrastukset kiinnostavat laadukkaiden luonto-alueiden käyttäjiä - loma-asuminen harvojen huvia: vähällä käytöllä olevia loma-asuntoja on paljon - lähivirkistysmahdollisuuksien merkitys kasvaa entistä enemmän <p>Ympäristö:</p> <ul style="list-style-type: none"> - mielenkiinto kohdistuu luonnonuojelualueisiin tai luonnonarvoja omaaviin virkistysalueisiin - lähivirkistysalueet tärkeitä 	<p>"Ultrateknoilua ja asfalttikukkia"</p> <p>Harrastaminen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - laadukkaiden harrastusmahdollisuuksien kysyntä lisääntyy - liikunta ja oleskelu lähivirkistysalueilla lisääntyy - urbaani ulkoilu (rullaluistelu, skeittailu) lisääntyy <p>Ympäristö:</p> <ul style="list-style-type: none"> - mielenkiinto kohdistuu laadukkaita harrastusmahdollisuuksia tarjoaviin ulkoilu- ja matkailukeskuksiin - lähivirkistysalueet ja lähiluonto tungostuu - osa väestöstä käyttää rakennettua ympäristöä (kadut, ostoskeskukset, asemat)
<p>Väestö tasapäisyty</p> <ul style="list-style-type: none"> - työaika jaetaan tasaisesti työikäisten kesken, ja kokonaistyöaika vähenee; vapaa-aika lisääntyy kaikilla - käytettävissä olevat tulot jakautuvat tasaisesti ja kasvavat hieman - koko maa on asuttuna 	<p>"Luonnonläheistä mökkeilyä"</p> <p>Harrastaminen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - virkistyspainee liittyyvät loma-asumiseen etsitään harrastusmahdollisuuksia talousmetsissä - luonnonympäristön laatu - esteettiset ja luonnonarvot - korostuvat jokamiehenoikeudella käytettävillä alueilla <p>Ympäristö:</p> <ul style="list-style-type: none"> - mielenkiinto luontokohteisiin ja luonnonmuotteisiin talousmetsissä - metsäympäristön laatuun suuri huomio 	<p>"Jokamiehen motorisoitua liikkumista"</p> <p>Harrastaminen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - virkistysalueiden toiminnallisuus on tärkeää - virkistyspalvelujen merkitys kasvaa - massojen motorisoitu liikkuminen luonnossa lisääntyy <p>Ympäristö:</p> <ul style="list-style-type: none"> - virkistysalueilla luonto on kullissi - tarvitaan moottorikelkka- ja mönkijäreittejä talousmetsissä - metsäympäristön laadulla ei väliä

Kirjallisuus

- Bowker, J.M., English, D.B.K. and Cordell, H.K. 1999. Projection of Outdoor Recreation Participation to 2050. Teoksessa: Cordell, H.K. 1999. Outdoor Recreation in American Life. A National Assessment of Demand and Supply Trends. Sagamore Publishing, p. 323-350.
- Cordell, H.K. 1999. Outdoor Recreation in American Life. A National Assessment of Demand and Supply Trends. Sagamore Publishing, 449 p.
- Cordell, H.K., McDonald, B.L., Teasley, R.J., Bergstrom, J.C., Martin, J. Bason, J. and Leeworthy, V.R. 1999. Outdoor Recreation Participation Trends. Teoksessa: Cordell, H.K. 1999. Outdoor Recreation in American Life. A National Assessment of Demand and Supply Trends. Sagamore Publishing . p. 219- 242.
- Kauppi, L. 1996. Suomen luonto kansainvälisenä matkailutuotteena. Finnish Nature as an International Tourism Product. Suomen matkailun kehitys Oy. Travel Development Centre, Finland. Matkailun koulutus- ja tutkimuskeskuksen julkaisu A:70.
- Kotilainen, H. 1998. Ulkokuntalaiset mökkiläiset kuntien taloudessa. Maaseutupoliitiikan yhteistyöryhmän julkaisu 2/1998. 85 s. + liitteet.
- Lindhagen, A. & Hörnsten, L. 1998. Changes in forest recreation between 1977 and 1997 - a study of public preferences and behavior in Sweden. Teoksessa AISF-EFI International Conference on Forest Management in Designated Conservation & Recreation Areas, 7-11 october 1998, Florence, Italy. S. 105-114.
- Mannermaa, M. 1991. Evolutionaarinen tulevaisuudentutkimus. Tulevaisuudentutkimuksen paradigmoja ja niiden metodologisten ominaisuuksien tarkastelua. Valtion painatuskeskus. Helsinki.
- Manning, R.E. 1986. Studies in Outdoor Recreation, a review and synthesis of social science literature in outdoor recreation. Oregon State University Press. 166 p.
- Mäntylä, K. 1993. Ikäkerrostuma-analyysi skenaarioiden laadinnassa. Esimerkkinä liikunnan tulevaisuuden hahmottaminen. Julkaisussa Vapaavuori, M. (toim.) Miten tutkimme tulevaisuutta? Kommunikatiivinen tulevaisuudentutkimus Suomessa. Acta Futura Fennica No 5. Tulevaisuuden Tutkimuksen Seura. Painatuskeskus Oy. Helsinki.
- Niemi, I. & Pääkkönen, H. 1989. Ajankäytön muutokset 1980-luvulla. Tilastokeskus. Tutkimuksia 153.
- Nurmela, S., Pehkonen, J. & Sänkiaho, R. 1997. Viiltoja suomalaisen yhteiskuntaan – katsaus suomalaisten asenteiden ja arvojen kehitykseen. Julkaisussa: Suomen tulevaisuus – taloudesta arvoihin. Valtioneuvoston tulevaisuusselonteko Eduskunnalle Osa II, oheisjulkaisu 2. Valtioneuvoston kanslian Julkaisusarja 1997/6.
- Opetushallitus 1997. Koulutuksen kuva 1997, tilastoja koulutuksesta ja koulutettavista.
- Puohiniemi, M. 1993. Suomalaisten arvot ja tulevaisuus, analyysi väestön ja vaikuttajien näkemyksistä. Valtioneuvoston selonteko Eduskunnalle pitkän aikavälin tulevaisuudesta. Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 1993/5.
- Rajahaastattelututkimus. Osa 1. Ulkomaalaiset Suomessa talvella 1997-1998 (1.12.1997-30.4.1998). MEK A: 101/1999. Helsinki 1999.
- Rajahaastattelututkimus. Osa 2. Ulkomaalaiset Suomessa kesällä 1998 (1.6.1998-30.9.1998). MEK A: 102/1999. Helsinki 1999.

- Rinzler, J. 1995. Traveling Teens: Getting Them Where you Want Them. Teoksessa: LaVarre Thompson, J., Lime, D., Gartner, B. and Sames W. M. Proceedings of the Fourth International Outdoor Recreation and Tourism Trends Symposium and The 1995 National Recreation Resource Planning Conference. University of Minnesota. p. 28-31.
- Silvennoinen, H., Tahvanainen, L., Tyrväinen, L. 1998. Luonto ja maisema loma-kohteen vetovoimatekijänä: maatila ja luontomatkoilun erityisvaatimukset. Abstract: Nature and landscape as attractions for nature-based tourism. Teoksessa: Saarinen, J. & Järviluoma, J. (toim.). Kestävyys luonnon virkistys- ja matkailukäytössä. Pallas symposium 1997. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 671:109-127.
- Sievänen, T. 1993. Kaupunkiväestön ulkoilukäyttäytyminen ja ulkoilualueiden käyttö. Hämeenlinnan ulkoilututkimus. Outdoor recreation household survey in the City of Hämeenlinna. Folia Forestalia 824: 1-62.
- Sievänen, T. (toim.) 1998. LVVI –tutkimus 1997-2000. Esitutkimusraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 703. 85 s. + liitteet.
- Tilastokeskus 1995. Väestöennuste kunnittain 1995-2030. Väestö 1995:9.
- Tilastokeskus 1997. Tulonjaon ennakkotilasto. Tulot ja kulutus 1998:27.
- Tilastokeskus 1998. Suomen tilastollinen vuosikirja 1998.
- Walsh, R. 1986. Recreation Economic Decisions: Comparing Benefits And Costs. Venture Publishing, Inc.
- Walsh, R., Kun, J. & Hof, J. 1992. Effect of price on forecasts of participation in fish and wildlife recreation: an aggregate demand model. Journal of Leisure Research, Vol 24:140-156.

MELA-KÄYTTÄJÄPÄIVÄ JA TUTKIMUSSEMINAARI 11.-12.5.1999 MAJVIK, KIRKKONUMMI

Ensimmäinen päivä

11.5.1999 MELA-käyttäjäpäivä, pj. Matti Kärkkäinen

9.00-9.15 MELA-käyttäjäpäivän avaus

- Käyttäjäpäivän avaus: Tietotuotteet ja -palvelut - tutkimustuloksia käytännön metsätalouteen, *Matti Kärkkäinen, Metsäntutkimuslaitos*

9.15-10.00 MELA99 ja luonnonläheisen metsänhoidon ohjeet

- Metsien käsittely endogeenisesta analyysistä, *Markku Siitonen, Metsäntutkimuslaitos*
- MELA99, *Olli Salminen, Metsäntutkimuslaitos*
- Metsän kehitysmallit - validointiesimerkki, *Kari Härkönen, Metsäntutkimuslaitos*¹

10.00-10.30 Kahvitauko

10.30-12.00 MELA-sovelluksia

- MELA metsäyhtiössä - integroidun puunhankinnan ja metsien hoidon suunnittelun näkökulma, *Janne Soimasuo, Metsämannut*
- MELA yksityismetsätalouden tilakohtaisessa ja alueellisessa suunnittelussa, *Esa Ärölä, Metsätalouden kehittämisskeskus Tapio*

12.00-13.00 Lounas

13.00-14.00 Katsauksia tutkimukseen

- Ryhmäsuunnittelun mallit ja menetelmät, *Timo Pukkala, Jouni Pykäläinen ja Mikko Kurttila, Joensuun yliopisto*
- Ekologinen informaatio metsäsuunnittelussa, *Mikko Kurttila, Jyrki Kangas ja Annika Kangas, Joensuun yliopisto ja Metsäntutkimuslaitos*

14.00-14.30 Kahvitauko

14.30-15.30 Ajankohtaisia tutkimus- ja kehittämishankkeita

- Metsäsuunnittelun eri tietolähteiden yhdistämisvaihtoehdot, *Jari Varjo ja Helena Mäkelä, Metsäntutkimuslaitos*
- Käyttöpuun kuvauksen kehittäminen, *Tuula Nuutinen ja Matti Maltamo, Metsäntutkimuslaitos*

15.30-16.30 Alustettu yleiskeskustelu

- MELAn käytettävyys, *Juha Parkkonen, UPM-Kymmene*

Yhteenveto ja tilaisuuden päättäminen

Tuotetori

Illallinen

MELA-KÄYTTÄJÄPÄIVÄ JA TUTKIMUSSEMINAARI 11.-12.5.1999 MAJVIK, KIRKKONUMMI

Toinen päivä

12.5.1999 Tutkimusseminaari, pj. Eljas Pohtila

9.00-9.15 Tutkimusseminaarin avaus

- Tutkimusseminaarin avaus, *Eljas Pohtila, Metsäntutkimuslaitos*

9.15-10.00 MELA kansallisten ja alueellisten strategioiden valmistelusa/toteutuksessa

- Kansallisten ja alueellisten metsäohjelmien laadinta, *Jan Heino, Maa- ja metsätalousministeriö*
- Miltä MELA näyttää metsäkeskuksesta katsottuna, *Kaarlo Kytökorpi, Keski-Suomen metsäkeskus*

10.00-10.30 Kahvitauko

10.30-10.50 MELAsta metsätalouden suunnitteluun

- Metsätalouden suunnittelun tutkimusohjelman tausta ja tavoitteet, *Tuula Nuutinen, Metsäntutkimuslaitos*

10.50-11.20 Metsätalouden suunnittelun viitekehys

- Metsätalouden suunnittelu - kasvu- ja tuotostutkimuksen, taloustieteen ja operaatioanalyysin sovellus, *Juha Lappi, Metsäntutkimuslaitos*

11.20-12.00 Metsävaratiedot suunnittelun perustana

- VMI9, *Kari Korhonen, Metsäntutkimuslaitos*
- Suomen metsävaratietojen laskennallinen ajantasaistus, *Hannu Hirvelä, Metsäntutkimuslaitos*⁽¹⁾

12.00-13.00 Lounas

13.00-15.00 Metsätalouden toimintaympäristön mallintaminen ja analyysit

- Puunhankintaskenaariot, *Arto Rummukainen, Metsäntutkimuslaitos*
- Metsänomistajaskenaariot, *Pekka Ripatti ja Heimo Karppinen, Metsäntutkimuslaitos*
- Virkistyskäyttökkenaariot, *Tuija Sievänen ja Eija Pouta, Metsäntutkimuslaitos ja Helsingin yliopisto*
- Metsäteollisuuden seuraavat 15 vuotta, *Jyrki Kettunen, Metsä-Serla*

15.00-15.45 Kahvitauko ja ideariihi

15.45-16.30 Yleiskeskustelu, yhteenveto ja tilaisuuden päättäminen

¹⁾ Esitys peruttu

Osallistujat

MELA-Käyttäjäpäivä 11.5.99

Stora-Enso Oy/Metsäosasto
Joensuun yliopisto

Maa- ja metsätalousministeriö
Metsähallitus

Metsämannut Oy
Metsäteollisuus ry
Metla/Helsinki

Metla/Joensuu

Metla/Suonenjoki

Metla/Vantaa

Metla/Rovaniemi
Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio
Novosat Oy
UPM-Kymmene Metsä
Etelä-Pohjanmaan metsäkeskus
Hämeen-Uudenmaan metsäkeskus

Keski-Suomen metsäkeskus
Kymen metsäkeskus

Lapin metsäkeskus
Pirkanmaan metsäkeskus
Pohjois-Pohjanmaan metsäkeskus
Pohjois-Savon metsäkeskus
Rannikon metsäkeskus
Puolustusministeriö
Rovaniemen AMK / metsäoppilaitos
Seinäjoen AMK/Metsäalan yksikkö

Hannu Hokkanen
Perttu Anttila
Arto Haara
Jouni Pykäläinen
Janne Uutera
Jouni Suoheimo
Ismo Minkkinen
Hanna Soinne
Janne Soimasuo
Erkki Uusitalo
Matti Kärkkäinen
Hannu Hirvelä
Markku Penttinen
Olli Salminen
Markku Siitonen
Maarit Teuri
Helena Mäkelä
Jari Varjo
Aimo Anola-Pukkila
Harri Kilpeläinen
Reetta Lempinen
Matti Maltamo
Tuula Nuutinen
Mika Pirinen
Juha Lappi
Heikki Smolander
Pertti Kangas-Korhonen
Mikko Kurttila
Jouni Siipilehto
Hannu Hökkä
Esa Ärölä
Juho Heikkilä
Seppo Paananen
Jarmo Sinko
Seppo Leinonen
Jukka Matilainen
Kaarlo Kytökorpi
Jorma Jyrkilä
Pekka Järvinen
Markku Mehtätalo
Jouni Vettenranta
Juha Pyykkönen
Juha Hiltunen
Mats Nurmio
Johanna Leinonen
Ari Talkkari
Raimo Jaakkola

Tutkimusseminaari 12.5.99

Stora-Enso Oy/Metsäosasto Helsingin yliopisto	Hannu Hokkanen Jyrki Koivuniemi Eija Pouta Perttu Anttila Arto Haara Jouni Pykäläinen Janne Uuttera Jan Heino Jouni Suoheimo Timo Nyrhinen Ismo Minkkinen Hanna Soinne Eljas Pohtila Matti Kärkkäinen Hannu Hirvelä Kari Korhonen Markku Penttinen Olli Salminen Tuija Sievänen Markku Siitonen Maarit Teuri Aimo Anola-Pukkila Harri Kilpeläinen Reetta Lempinen Matti Maltamo Tuula Nuutinen Mika Pirinen Juha Lappi Heikki Smolander Pertti Kangas-Korhonen Mikko Kurttila Arto Rummukainen Hannu Hökkä Ilpo Puputti Esa Ärölä Juho Heikkilä Seppo Paananen Jarmo Sinko Kaarlo Kytökorpi Jouni Vettenranta Juha Pyykkönen Juha Hiltunen Mats Nurmio Johanna Leinonen Ari Talkkari Raimo Jaakkola
Joensuun yliopisto	
Maa- ja metsätalousministeriö	
Maataloustuottajien Keskusliitto Metsähallitus	
Metla/Helsinki	
Metla/Joensuu	
Metla/Suonenjoki	
Metla/Vantaa	
Metla/Rovaniemi Metla/Tutkimusmetsät Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio Novosat Oy UPM-Kymmene Metsä Etelä-Pohjanmaan metsäkeskus Keski-Suomen metsäkeskus Pirkanmaan metsäkeskus Pohjois-Pohjanmaan metsäkeskus Pohjois-Savon metsäkeskus Rannikon metsäkeskus Puolustusministeriö Rovaniemen AMK/Metsäoppilaitos Seinäjoen AMK/Metsäalan yksikkö	

ISBN 951-40-1707-2,
ISSN 0358-4283