



MELA2002 ja käyttöpuun kuvaus MELA-käyttöpäivä 7.5.2002 Joensuu

Tuula Nuutinen ja Arja Kiiskinen (toim.)

JOENSUUN TUTKIMUSKESKUS

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 865, 2002

MELA2002 ja käyttöpuun kuvaus

MELA-käyttäjäpäivä 7.5.2002 Joensuu

Tuula Nuutinen ja Arja Kiiskinen (toim.)

JOENSUUN TUTKIMUSKESKUS

Nuutinen, T. ja Kiiskinen, A. (toim.) 2002. MELA2002 ja käyttöpuun kuvaus. MELA-käyttäjöpäivä 7.5.2002 Joensuu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 865. 104 s. ISBN 951-40-1847-8, ISSN 0358-4283.

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus

Hyväksynyt: Kari Mielikäinen 19.9.2002

Kannen kuva: Mika Riekkinen

Toimittajien yhteystiedot:

Tuula Nuutinen ja Arja Kiiskinen. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus, PL 68, 80101 JOENSUU. Puh. (013) 251 4000, email: tuula.nuutinen@metla.fi

Kirjoittajien yhteystiedot:

Matti Maltamo, Joensuun yliopisto, Metsätieteellinen tiedekunta, PL 111, 80101 Joensuu. Puh. (013) 2513615, telekopio (013) 251 3590. Email: matti.maltamo@forest.joensuu.fi

Aimo Anola-Pukkila, Arto Haara, Jyrki Kangas, Kari T. Korhonen, Reetta Lempinen, Lauri Mehtätalo, Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus, PL 68, 80101 Joensuu.

Email: aimo.anola-pukkila@metla.fi, arto.haara@metla.fi, jyrki.kangas@metla.fi, kari.t.korhonen@metla.fi, reetta.lempinen@metla.fi, lauri.mehtatalo@metla.fi

Hannu Hirvelä ja Kari Härkönen, Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus, Helsingin toimipaikka, Unioninkatu 40 A, 00170 Helsinki. Email: hannu.hirvela@metla.fi, kari.harkonen@metla.fi

Annika Kangas, Helsingin yliopisto, Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta, Metsävarojen käytön laitos, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto. Email: annika.kangas@helsinki.fi

Juha Malinen ja Aki Nalli, TietoEnator Oyj, Niittymäentie 7, 02200 Espoo. Email: juha.malinen@tietoenator.com, aki.nalli@tietoenator.com

Jouni Siipilehto, Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus, PL 18, 01301. Email: jouni.siipilehto@metla.fi

Kari Mielikäinen, Metsäntutkimuslaitos, Unioninkatu 40 A, 00170 Helsinki. Email: kari.mielikainen@metla.fi

Raito Paananen, Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio, Soidinkuja 4, 00700 Helsinki. Email: raito.paananen@tapio.mailnet.fi

Yrjö Niskanen, Metsäkeskus, Etelä-Savon toiminta-alue, Mikonkatu 5, 50100 Mikkeli. Email: yrjo.niskanen@metakeskus.fi

Hanna Soinne, Metsähallitus, PL 94, 01301 Vantaa. Email: hanna.soinne@metso.fi

Juha Jumppanen, Metsämannut Oy, PL 314, 33101 TAMPERE. Email: juha.jumppanen@metso.fi

Taitto: Arja Kiiskinen

Painopaikka: Joensuun yliopistopaino, Joensuu, 2002

MELA2002 JA KÄYTTÖPUUN KUVAUS

Sisällys

Alkusanat

Kari Mielikäinen.....4

MELA2002 ja DemoMELA

MELA 2002

Tuula Nuutinen.....6

MELA2002 ja kuvauspuiden muodostamisen vaihtoehdot

Matti Maltamo ym. 11

MELA2002 ja uudet tukkivähennyksmallit

Lauri Mehtätalo.....32

MELA2002 ja harvennusten ohjaus

Kari Härkönen.....47

DemoMELA

Tuula Nuutinen ja Aimo Anola-Pukkila.....54

DemoMELAn käytön kuvaus

Aimo Anola-Pukkila.....57

Vaatimuksia uuden sukupolven suunnittelujärjestelmälle

Lisää ekologiaa, osallistumista ja kilpailua yksityismetsien suunnitteluun?

Jyrki Kangas.....68

Uuden metsäsuunnittelujärjestelmän kehittämisen lähtökohtia ja tavoitteita

Raito Paananen.....74

Kohti asiakaslähtöisiä metsäsuunnitelmia

Yrjö Niskanen.....80

Vaatimuksia uuden sukupolven suunnittelujärjestelmälle

Hanna Soinne.....85

MELA - tulevaisuuden suunnittelujärjestelmä

Juha Jumppanen.....88

Uuden sukupolven suunnittelujärjestelmän kehittäminen Metlassa

Uuden sukupolven suunnittelujärjestelmä - demoja, malleja, komponentteja vai järjestelmiä Metlassa

Tuula Nuutinen.....92

Metsäsuunnitteluun liittyvät inventointitutkimukset MTS-ohjelmassa

Kari T. Korhonen.....102

Voisi luulla, että vuosittain pidettävät MELA-käyttäjöpäivät alkavat varsin pian toistaa itseään. Näin ei ole kuitenkaan käynyt. Metsänkäsittelyyn liittyvien uusien kysymysten viriäminen ja niiden ratkaisemiseksi tarvittavien mallien kehittäminen ovat pitäneet siitä huolen. Olen itse ollut mukana käyttämässä MELAa tutkimusongelmien ratkaisuun kuluneen vuoden aikana kaksi kertaa. Sekametsien mahdollisuuksia kotimaisen koivun saatavuuden parantamiseksi käsittelevä tutkimus edellytti panostusta mallitukseen. Työn tuloksena syntyivät MELA2002-versioon liitetyt uudet mallit sekametsien harvennusvalinnasta.

Maaliskuussa 2002 Eduskunnan maa- ja metsätalousvaliokunta sekä ympäristövaliokunta pyysivät Metsäntutkimuslaitokselta arviota energiapuun mahdollisuuksista suunnitellun ydinvoimalan korvaajana. Jälleen MELAlla oli käyttöä. MELA-laskelmat ja niiden perusteella tehdyt tarkastelut osoittivat, että käytännön korjuurajoitteiden huomioon ottaminen (korjuuhävikki, taloudellinen minimikertymä, maaperän ravinteet) rajoitti korjuukelpoisen hakkuutähteen maksimin kahdeksaan miljoonaan kuutiometriin vuodessa. Tällä määrällä voitaisiin korvata 40 % uuden voimalan energias- ta, jos kaikki hakkuutähde käytettäisiin mahdollisimman tehokkaasti sähköntuotantoon.

MELA2002-version huomattavimmat muutokset liittyvät aiemmin mainitun harvennusvalinnan ohella simulointien lähtöpuustojen muodostamiseen ja teoreettisilla malleilla laskettavaan tukkiosuuteen tehtävään tukkivähennykseen. Molemmilla muutoksilla on ratkaiseva vaikutus metsien kuutiometreinä ja euroina ilmaistaviin kehityssennusteisiin.

Huomattava uusi kehitysaskel käyttäjien kannalta on ollut verkossa pyörivän NettiMELAn kehittäminen. Tällä hetkellä NettiMELA (DemoMELA) on demonstraatio- ja opetuskäytössä. Nettipohjaisen ohjelmiston suurimmat edut liittyvät käytön helpouteen ja ohjelmien jatkuvaan ajantasaisuuteen.

Noin puolet seminaariajasta käytettiin keskusteluun uuden sukupolven suunnittelujärjestelmistä. Puheenvuoroissa käsiteltiin muun muassa suunnittelun tekniikkaa, kustannusten alentamista, monitavoitteista suunnittelua sekä suunnittelun vaikuttavuutta ja asiakaslähtöisyyttä. Metsäsuunnittelu on Kansallisen Metsäohjelman mukaan tärkeimpiä informaatio-ohjauksen työkaluja. Uuden sukupolven suunnittelujärjestelmän kehittäminen edellyttää metsäalan käytännön ja tutkimusorganisaatioiden sujuvaa yhteispeliä ja yhteisen hyvän tavoittelua.

Helsingissä 19.09.2002

Kari Mielikäinen



A

MELA2002 ja DemoMELA

I Johdanto

I.1 MELA-oppaat

MELA2000-ohjelmiston ja sitä edeltävien versioiden käyttöohjeet on jaettu kahteen eri julkaisuun (englanninkielinen MELA Handbook ja suomenkielinen laajennusosia käsittelevä opas). Ohjelmiston uusista ominaisuuksista ja niiden soveltamisesta on kerrottu MELA-käyttäjöpäivillä sekä niiden yhteydessä järjestetyissä koulutuksissa.

MELA-opas (Handbook) sisältää MELA-ohjelmiston periaatteiden esittelyn, käytöön liittyviä ohjeita ja käsikirjan. Laajennusosiin liittyvä opas on lähinnä käsikirja, joka on tarkoitettu tietojärjestelmien toteuttajille.

Jokaisen MELA-julkistusversion yhteydessä on oppaista ilmestynyt uudet versiot. Viimeisimmät versiot on julkaistu ainoastaan pdf-muodossa internetissä.

I.2 Kuvaus- eli simulointipuiden muodostus

MELA-ohjelmistossa on laajennus, joka mahdollistaa metsikkösimulaattorin käyttämien kuvaus- eli simulointipuiden muodostuksen puusto-ositteittain kerätyistä metsävaratiedoista. MELA2000-ohjelmistossa ja sitä edeltävissä versioissa käytetään taimikoissa pituusjakaumaa ja varttuneemmissa metsiköissä läpimittajakaumaa, joka muodostetaan Weibull-funktion avulla. Simulointipuiden muodostus on ollut ongelmallista erityisesti taimikoissa sekä nuorissa ja eri-ikäisrakenteisissa metsissä.

I.3 Tukkivähennysmalli

MELA-ohjelmiston metsikkösimulaattori hakee simulointipuiden runkotilavuuden ja puutavaralajeittaiset tilavuudet valmiiksi lasketusta taulukosta. Puutavaralajeittaiset tilavuudet on laskettu erillisellä ohjelmalla puutavarakappaleiden annettujen minimiläpimittojen ja –pituuksien perusteella. Pelkästään teknisten mittojen mukaan laskettu tukkipuun määrä on keskimäärin yliarvio. Muiden laatuun vaikuttavien tekijöiden huomioon ottamiseksi metsikkösimulaattorissa on ns. tukkivähennysmalli, jonka avulla teknisten mittojen perusteella laskettua tukkipuun määrää voidaan muuttaa. MELA2000-ohjelmiston ja sitä edeltävien versioiden tukkivähennysmalli on laskettu valtakunnan metsien 7. inventoinnin (VMI7) koepuumittausten avulla. Malli on laadittu ao. ajankohdan apteerausohjeiden mukaisesti eikä vastaa enää nykyisiä tukkipuun määritelmiä. Lisäksi malli ei ota huomioon esimerkiksi kasvupaikasta johtuvia riskitekijöitä.

I.4 Puiden valinta

MELA2000-ohjelmistossa ja sitä edeltävissä versioissa tapahtumien (esimerkiksi harvennusten) määrittelyssä puiden poisto-ohjeiden avulla on määriteltävä poistettavat puut. Jäävälle puustolle ei ole voinut määritellä tavoitteita, minkä vuoksi esimerkiksi sekametsiä suosivien tapahtumien määrittely on ollut hankalaa ja osin jopa mahdotonta.

1.5 Talous- ja metsänkäsittelymallien oletusarvot

MELA2000-julkistusversiossa ja sitä edeltävissä versioissa metsänkäsittelyohjeet ovat perustuneet Tapion luonnonläheisen metsänhoidon suosituksiin vuodelta 1994 ja talousmalleissa käytettyjen yksikköhintojen oletusarvot ovat olleet markkoina.

Vuonna 2001 ilmestyivät uudet metsänkäsittelysuositukset ja vuoden 2002 alusta lähtien Suomen rahayksikkö on ollut euro.

1.6 Raporttigeneraattori

MELA2000-ohjelmistossa ja sitä edeltävissä versioissa on ollut käytössä taulukointi, jolle on voitu määritellä erillisessä ohjetiedostossa (TAB-tiedosto) ne päätösmuuttujat, jotka halutaan tulostettavaksi summatulosteisiin (SUM-tiedosto). Päätösmuuttujien luokitukset on tehty etukäteen ja vain muutamia luokituksia (esimerkiksi puulajit, kasvupaikat) on ollut käytössä.

1.7 MELA-ajojen seuranta ja virheiden hallinta

MELA-käyttäjät haluavat seurata ajojien onnistumista ja tarkistaa, onko ohjelmisto antanut aineistoista tai laskelmaoletuksista johtuen varoituksia. MELA-tulosteista ei ole aina helppoa päätellä, missä laskentayksikössä mahdollinen virhetilanne on aiheutunut tai mistä varoitus/virheilmoitus johtuu ja miten asia olisi hoidettava.

Tulosteiden tulkintaa on vaikeuttanut myös se, että MELA2000-ohjelmiston ja sitä edeltävien versioiden päätetulostukset ovat olleet englanninkielisiä.

2 Tavoite

Tässä artikkelissa esitellään MELA2002-version yhteydessä julkistettavia uudistuksia.

Wood Wisdom –tutkimusohjelman hankkeessa ”Käyttöpuun jakauman kuvaus tulevien hakkuumahdollisuuksien arvioinnissa” kehitetyistä menetelmistä valittiin MELA2002-versioon tuoteistettavaksi simulointipuiden muodostukseen uusia malleja ja menetelmiä, uudet tukkivähennysmallit ja uusi raporttigeneraattori. Lisäksi ao. hankkeessa kehitettiin käyttöliittymä, jonka pohjalta aloitettiin ns. NettiMELA- ja DemoMELA-kehitystyö (Nuutinen & Anola-Pukkila 2002).

MELA2002-versioon päätettiin tuoteistaa myös Metsäntutkimuslaitoksen ja Metsätehon yhteistutkimusta varten kehitetty puiden valinta –algoritmi.

Lisäksi MELA2002-version talousmallien oletusarvot muutettiin euroiksi ja metsänkäsittelysuositusten oletukset vuoden 2001 ohjeiden mukaiseksi. MELA2002-versiossa raporttitulosteiden lisäksi myös päätetulosteet ohjelmoitiin valittavaksi suomen- tai englanninkielisenä. Käyttäjää varten kehitettiin joukko seuranta- ja virheraportteja. Lisäksi yhtenäistettiin teksti- ja binaarimuotoisten tietokantapalautetiedostojen rakenne.

Myös MELA-käsikirja uudistettiin täydellisesti.

3 MELA2002

3.1 Oppaat

MELA2002-version käyttöohjeet ovat englanninkielisessä käsikirjassa (Redsven ym. 2002), johon on liitetty myös laajennusosien käyttöön kuuluvat asiat ja aikaisemmista oppaista puuttunut muuttujien kuvaus. Käsikirja (Reference Manual) on tarkoitettu lähinnä kokeneen käyttäjän hakuteokseksi, koska siitä puuttuvat MELA-oppaaseen (Handbook) kuuluvat yleiset periaatteiden ja käytön kuvaukset.

3.2 Uudet mallit, menetelmät ja tekniikat aineiston muodostuksessa

MELA2002-versioon on lisätty parametri LAPIMITTAJAKAUMA, jonka avulla käyttäjä voi valita puulajeittain läpimittajakaumamallin (Maltamo ym. 2002) kolmesta eri vaihtoehdosta (Weibull, prosenttiosuusmallit tai Johnsonin SB). Lisäksi käyttäjä voi valita ao. parametrin avulla, kalibroidaanko läpimittajakauma mitatulla runkoluvulla (Maltamo ym. 2002).

Aineiston muodostukseen liittyen käyttäjä voi lisäksi valita, käytetäänkö nuorissa metsissä erillisiä malleja keskiläpimitan ja pohjapinta-alan ennustamiseen (parametri NUORI_METSA, Maltamo ym. 2002).

Kuviomuotoisessa aineistotiedostossa (RSU-tiedosto) voidaan nyt välittää MELA-ohjelmistolle laskentayksikkökohtaisia ns. c-muuttujia, joita käytetään optimoinnissa.

3.3 Uusi tukkivähennysmalli

MELA2002-versiossa on otettu käyttöön uudet tuoreimpaan VMI-aineistoon perustuvat tukkivähennysmallit (Mehtätalo 2002), joka ottaa entistä paremmin huomioon puulajeittaiset erot sekä kasvupaikan ja maantieteellisen sijainnin vaikutukset.

3.4 Puiden valinnan ohjaus

MELA2002-versiossa on mahdollisuus antaa jäävän puuston määrälle ja puulajisuhteilla tavoitteita (Härkönen 2002), mikä mahdollistaa esimerkiksi sekametsille aiempaa monipuolisemmat käsittelyt.

3.5 Uudistuksia oletusarvoissa

MELA2002-versiossa talousmallien oletusarvot on muutettu euroiksi. Koska nettotulojen nykyarvon laskennassa on joitakin vaiheita, joissa käytetään ohjelmiston sisäisiä oletusarvoja, MELA2002-versiosta alkaen käyttäjät eivät enää voi käyttää markkoja omissa parametreissaan.

MELA2002-versiossa metsänkäsittelysuositukset on tarkistettu vastaamaan metsänhoitosuosituksia vuodelta 2001.

3.6 Uusi raporttigeneraattori

MELA2002-versiossa on otettu käyttöön uusi raporttigeneraattori, joka käsittelee tietopyyntöjä (METSARAPORTTI-parametri). Tietopyyntöjen avulla käyttäjä voi tuot-

taa esimerkiksi aiempaa monipuolisempia hakkuukertymä tietoja sekä optimointitehtäviin että summatulosteisiin.

3.7 Uusia välineitä MELA-ajojen seurantaan ja virheiden hallintaan

MELA2002-versiossa käyttäjälle tarjotaan uusia välineitä ajojien seurantaan ja virheiden hallintaan (päätetuloste, ajoraportti ja seurantatiedosto).

3.8 Muita muutoksia

MELA2000-ohjelmiston ja sitä edeltävien versioiden päätetulos tukset ovat olleet englanninkielisiä. MELA2002-versio on mahdollista saada myös suomenkielisenä.

Metsikköpalautetiedostojen (MPS- ja MPU-tiedostot) rakenne on yhtenäistetty.

4 Päätelmiä

MELA2002-versiossa otettiin käyttöön monissa eri tutkimus- ja kehittämishankkeissa kehitettyjä ominaisuuksia, minkä vuoksi uusien ominaisuuksien liittäminen MELA2002-julkistusversioon toteutettiin aiempaa kattavamman testausprosessin kautta. Esimerkiksi simulointipuiden muodostukseen ja puiden valintaan kehitettyjä malleja ja menetelmiä sekä uutta tukkivähennysmallia testattiin monissa eri aineistoissa ja sovelluksissa. Testaustuloksista kerrotaan tarkemmin tämän julkaisun muissa artikkeleissa (Maltamo ym. 2002, Mehtätalo 2002, Härkönen 2002).

Oletusarvojen uudistaminen edellyttää aina myös käyttäjien aktiivisuutta. Tästä lähtien käyttäjän on huolehdittava, että käyttäjän omat talousparametrit ovat aina euroina ja yksittäiset tapahtumamäärittelyt synkronissa oletusarvojen kanssa.

MELA-ohjeisiin (käsikirja) ja tulosteisiin liittyvät uudistukset (uusi raporttogeneeraattori, suomenkielisyys päätetulosteissa, erilaiset seuranta- ja virheraportit) on tarkoitettu helpottamaan käyttäjän työtä. MELA-opastuksen kehittämiseksi on suunnitelmia, joista konkreettisenä esimerkkinä on ns. DemoMELA (Nuutinen&Anola-Pukkila 2002, Anola-Pukkila 2002).

Tämän julkaisun lopussa olevissa artikkeleissa kerrotaan ns. uuden sukupolven suunnittelujärjestelmän kehittämiseen liittyvistä visioista ja tavoitteista, joiden saavuttamiseen MELA2002-versio ja sen nettisovellus tarjoavat uusiä välineitä.

MELA2002-versiosta ja DemoMELAsta löytyy ajantasaista tietoa Metlan Metinfo-palvelusta (<http://www.metla.fi/metinfo>).

Kiitokset

Ohjelmistokehitystyöstä vastasivat

- Ph.D., MML Tuula Nuutinen (projektipäällikkö),
- FM Visa Redsven (käsikirja, ohjelmiston integrointi),
- MMT Matti Maltamo, MMM Arto Haara, FM Reetta Lempinen, MMyo Janne Nissinen (aineiston muodostus),
- MMM Lauri Mehtätalo (aineiston muodostus, tukkivähennysmallit),
- MMM Kari Härkönen, (puiden valinta, metsikköpalautetiedosto),
- MH Markku Siitonen (raporttigeneraattori, päätetulokset, välineet ajojen seurantaan ja virheiden hallintaan),
- MMM Hannu Hirvelä (raporttigeneraattori) ja MMM Olli Salminen (raporttigeneraattori sekä metsänkäsittely- ja talousmallien oletusarvot),
- opiskelija Juha Klemettinen (testaus) sekä
- sihteeri Arja Kiiskinen (käsikirjan ja julkaisujen taitto).

Lämpimät kiitokset kaikille ohjelmistokehitystyöhön osallistuneille!

Kirjallisuus

- Anola-Pukkila, A. 2002. DemoMELAn käytön kuvaus. Julkaisussa: Nuutinen, T. & Kiiskinen, A. (toim.). MELA2002 ja käyttöpuun kuvaus. MELA-käyttäjäpäivä 7.5.2002 Joensuu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 865: 57-66
- Härkönen, K. 2002. MELA2002 ja harvennusten ohjaus. Julkaisussa: Nuutinen, T. & Kiiskinen, A. (toim.). MELA2002 ja käyttöpuun kuvaus. MELA-käyttäjäpäivä 7.5.2002 Joensuu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 865: 47-51
- Maltamo, M., Haara, A., Hirvelä, H., Kangas, A., Lempinen, R., Malinen, J., Nalli, A., Nuutinen, T. & Siipilehto, J. 2002. MELA2002 ja kuvauspuiden muodostamisen vaihtoehdot. Julkaisussa: Nuutinen, T. & Kiiskinen, A. (toim.). MELA2002 ja käyttöpuun kuvaus. MELA-käyttäjäpäivä 7.5.2002 Joensuu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 865:11-31
- Mehtätalo, L. 2002. MELA2002 ja uudet tukkivähennysmallit. Julkaisussa: Nuutinen, T. & Kiiskinen, A. (toim.). MELA2002 ja käyttöpuun kuvaus. MELA-käyttäjäpäivä 7.5.2002 Joensuu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 865: 32-46
- Nuutinen, T. & Anola-Pukkila, A. 2002. DemoMELA. Julkaisussa: Nuutinen, T. & Kiiskinen, A. (toim.). MELA2002 ja käyttöpuun kuvaus. MELA-käyttäjäpäivä 7.5.2002 Joensuu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 865: 54-56
- Redsven, V., Anola-Pukkila, A., Haara, A., Hirvelä, H., Härkönen, K., Kettunen, L., Kiiskinen, A., Kärkkäinen, L., Lempinen, R., Muinonen, E., Nuutinen, T., Salminen, O. ja Siitonen, M. 2002. MELA2002 Reference Manual. Metsäntutkimuslaitos. 590 s.

MELA2002 ja kuvauspuiden muodostamisen vaihtoehdot

*Matti Maltamo, Arto Haara, Hannu Hirvelä,
Annika Kangas, Reetta Lempinen, Juha Malinen,
Aki Nalli, Tuula Nuutinen ja Jouni Siipilehto*

I Johdanto

Kuvioittainen arviointi on Suomessa yleisesti käytetty menetelmä metsävaratietojen hankintaan. Kuvioittaisessa arvioinnissa kerätään metsikkökuvioon ja sen puustoon liittyviä tietoja. Metsikkökuvioon liittyviä tunnuksia ovat tyypillisesti kasvupaikkaa ja kuvion käsittelyhistoriaa kuvaavat tiedot. Puustotiedot taas ovat puulajin ja puujakson perusteella muodostettujen puusto-ositteiden keskitunnuksia (Solmu... 1996). Yksittäisiin puihin perustuvia malleja käytettäessä puusto-ositteiden keskitunnusten avulla ennustetaan kuvauspuut laskennan lähtötiedoiksi. Laskennan lähtöaineiston tuottaminen perustuu tällöin puuston kokojakaumaan ja puustotunnusten välisiä relaatioita kuvaavien mallien käyttöön (esim. Kilkki ja Siitonen 1975).

Suomessa hyödynnetään kokojakaumina ns. pohjapinta-alan läpimittajakaumia, jolloin teoreettinen läpimittajakaumamalli on joko tasoitettu relaskooppiotannalla kerättyyn aineistoon tai puita on jakauman estimoinnissa painotettu pohjapinta-alallaan. Läpimittajakaumia kuvaavia erilaisia malleja onkin Suomessa esitetty runsaasti viimeisen 20 vuoden aikana eri puulajeille (Päivinen 1980, Kilkki ja Päivinen 1986, Mykkänen 1986, Siipilehto 1988, Kilkki ym. 1989, Maltamo ym. 1995, Maltamo 1997, Maltamo ja Kangas 1998, Siipilehto 1999 ja Kangas ja Maltamo 2000a ja b, Kärki ym. 2000) sekä myös erilaisiin erityisolosuhteisiin (esim. Hökkä ym. 1991, Maltamo ym. 2000). Siipilehto (1999), Kangas ja Maltamo (2000c) ja Maltamo ym. (2002) ovat myös testanneet ja vertailleet eri jakaumamalleja esimerkiksi aineiston maantieteellisen sijainnin sekä maapohjan ja puuston käsittelyhistorian suhteen vaihtelevissa olosuhteissa.

Suomalaiset läpimittajakaumasovellukset ovat perinteisesti perustuneet parametrimalleihin, joissa Weibull tai betajakauman parametreja on ennustettu metsikön keskitunnuksilla, lähinnä keskiläpimitalla, pohjapinta-alalla ja puuston iällä (esim. Kilkki ja Päivinen 1986). Koska metsikkötunnukset eivät selitä kovin hyvin jakauman muotoa vaan lähinnä sijaintia, puuston ennustetut kokojakaumat ovat käytännössä samanmuotoisia kaikissa metsiköissä. Lisäksi pohjapinta-alan käyttö jakauman skaalauksessa toisaalta parantaa jakauman avulla laskettavan puuston tilavuusestimaatin tarkkuutta mutta toisaalta puuston rakennetta kuvaava runkoluku kuvautuu epätarkasti.

Viimeaikaisissa suomalaisissa läpimittajakaumatutkimuksissa on nimenomaan keskitytty näihin edellä mainittuihin ongelmiin. Erilaisen lisäinformaation, erityisesti runkolukuinformaation, käyttöä joko parametrien ennustamisessa (Siipilehto 1999), tai jakauman kalibroinnissa (Kangas ja Maltamo 2000a,c, 2002) on tutkittu. Kalib-

roinnissa käytetyn menetelmän, kalibrointiestimoinnin (Deville ja Särndal 1992), avulla ennustettua jakaumaa voidaan muokata siten, että se tuottaa oikein kaikki maastossa mitatut tai arvioidut tunnuksset.

Myös uusia menetelmiä jakaman ennustamisessa on tutkittu. Esimerkiksi Maltamo ja Kangas (1998) sovelsivat ei-parametrasta $k:n$ lähimmän naapurin menetelmää, jossa puuston kokojakauma ennustettiin aineistotietokannasta haettujen aikaisemmin mitattujen referenssimetsiköiden kokojakaumien avulla. Haku perustuu kohdemetsikön ja referenssimetsiköiden keskitunnusten yhtäläisyyteen. Maltamo ym. (2000) ja Kangas ja Maltamo (2000b) puolestaan sovelsivat Bordersin ym. (1987) kehittämää prosenttiosuusmenetelmää puujoukon kuvaamisessa.

Tässä työssä esitetään malliketju kuvauspuiden muodostamiseksi kuvio- ja puustotiedoista sekä puuttuvien mittaustietojen täydentämiseksi MELA-ohjelmistossa. Työn tutkimuksellisessa osassa keskitytään erityisesti läpimittajakaumamalleihin, joiden osalta testataan koko Suomen kattavan maastoaineiston perusteella viime aikoina esitettyjä vaihtoehtoisia menetelmiä runkolukusarjan ennustamiseksi sekä toisaalta myös muodostetun jakauman kalibroimista lisäinformaatiolla. Käytetyt läpimittajakaumamenetelmät ovat Weibull- ja Johnsonin S_B -jakauman parametrimallit sekä prosenttiosuusmenetelmä. Tämä työ on jatkoa Maltamon ym. (2002) tutkimukseen. Siinä testaus tehtiin koko aineistolla, mutta tässä työssä testaukset tehdään erikseen kivennäis- ja turvemailed.

2 Aineisto ja menetelmät

2.1 Testausaineisto

Kuvauspuiden muodostamista testattiin koko maan kattavalla valtakunnan metsien pysyvien koealojen kolmannen mittauskerran aineistolla, joka on kerätty vuonna 1995 (Pysyvien koealojen... 1995). Aineisto valittiin maantieteellisen kattavuuden vuoksi. Siipilehdon (1999) ja Kankaan ja Maltamon (2000c) läpimittajakaumatestauksissa käyttämien aineistojen lisäksi kyseessä on ainut maantieteellisesti laaja tutkimusaineisto Suomessa. Lisäksi aineiston etuna on kiinteäsäteinen koealamuoto.

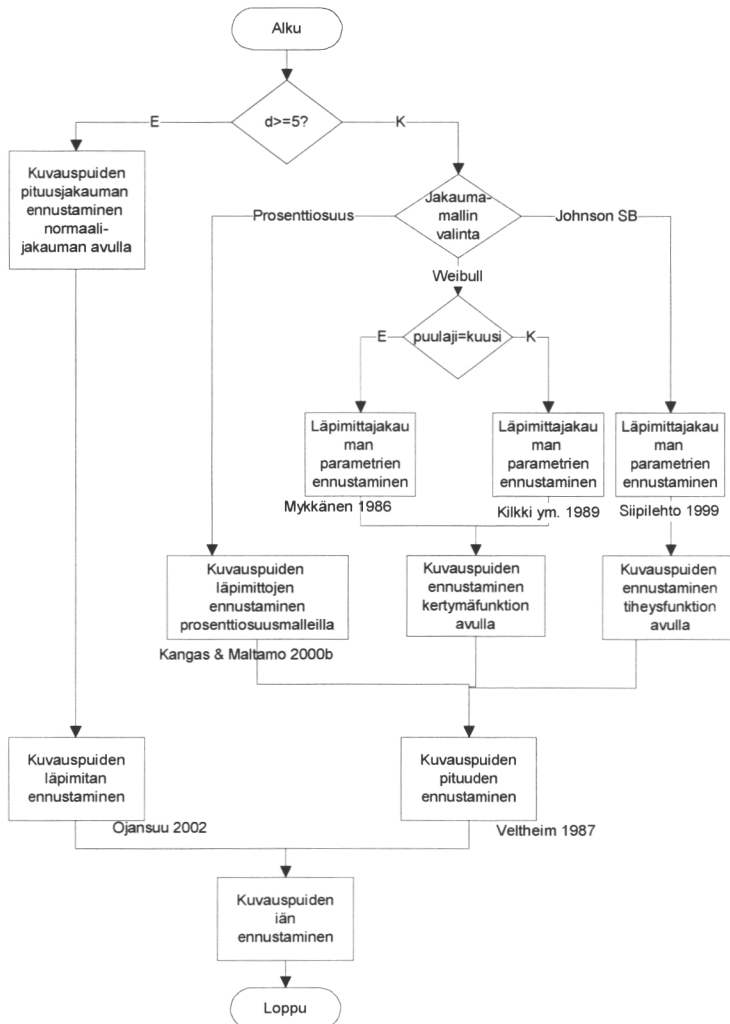
VMI:n pysyvät koealat on sijoitettu systemaattisella otannalla, mistä johtuen ne ovat sijoittuneet metsikkökuvioille objektiivisesti (Valtakunnan... 1986). Koealoilta on kuviokohtaisina muuttujina mitattu joukko kasvupaikkaa ja puustoa kuvaavia tunnuksia. Mitattavat lukupuut on yksilöity ympyräkoealoilta, joiden koko on 3 aaria yli 10 cm paksuille puille ja 1 aari sitä pienemmille puille. Kaikista lukupuista on mitattu puulaji ja läpimitta. Koska alle 4,5 cm paksuista puista vain osasta on mitattu läpimitta, tässä tutkimuksessa tarkasteltiin empiiristä runkolukusarjaa vain yli 4,5 cm paksujen puiden osalta. Koepuukoealan muodosti puolestaan ympyrä, jonka säde on puolet vastaavan kokoisen puun lukupuukoealan säteestä. Koepuista on lukupuutunnusten lisäksi mitattu mm. puun pituus ja ikä.

Aineistosta hyväksyttiin testaukseen koealat, jotka osuivat yhdelle metsä- tai kitumaan metsikkökuviolle. Usealle metsikkökuviolle osuneet koealat hylättiin, koska niiden ei katsottu kuvaavan riittävän hyvin metsikkökuvion puustoa. Koealasta muodostettiin puulajikohtainen puusto-osite, jos siltä oli mitattu vähintään 10 mäntyä, kuusta tai koivua. Lepän ja haavan tapauksessa minimiotoskooksi riitti 6 puuta. Lisäksi kun-

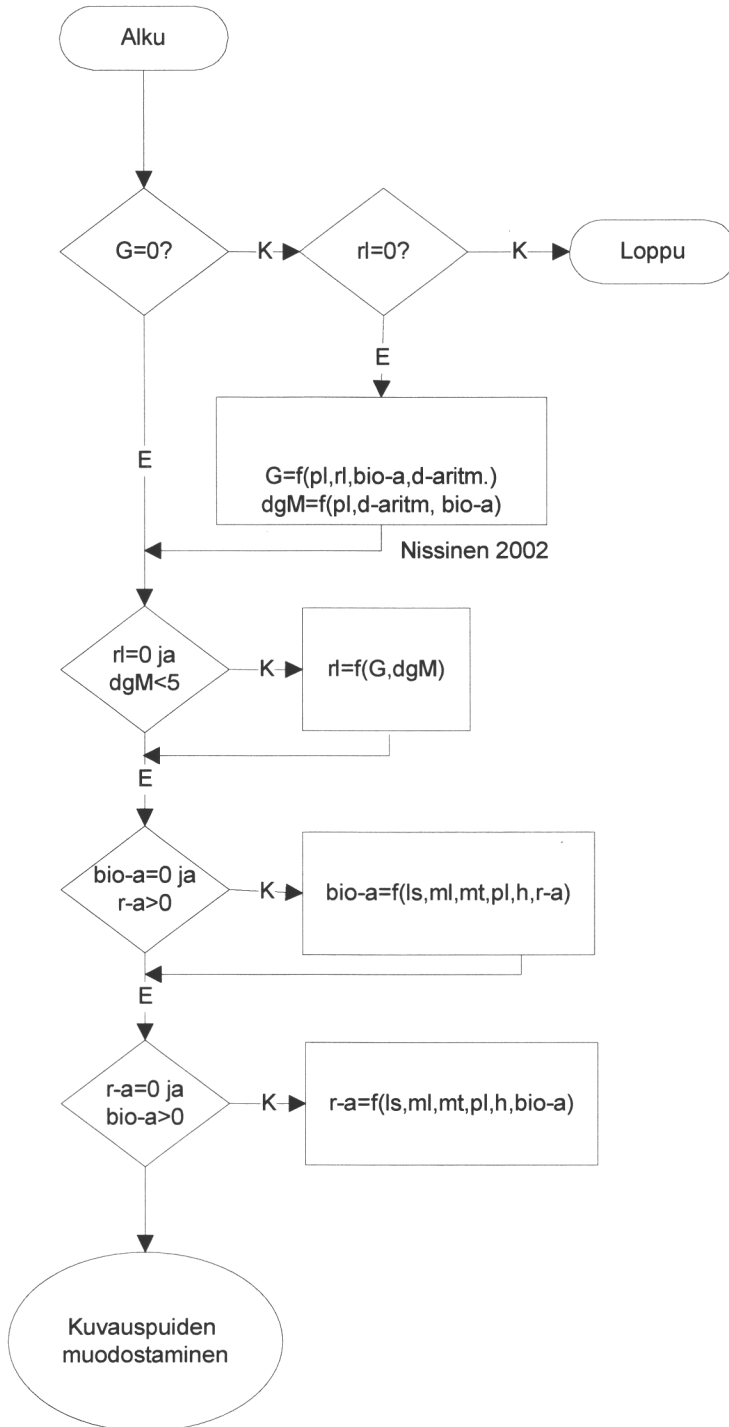
kin tarkasteluun otetun puusto-ositteen pohjapinta-alan oli oltava vähintään $1 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ ja pohjapinta-alamediaanipuun keskiläpimitan vähintään 5 cm. Lopuksi aineisto jaettiin maapohjan perusteella, mikä oli perustana myös tulosten laskennassa. Tällöin koealoista 67,4 % (1010 kpl) sattui kivennäismaille ja loput 32,6 % (597) turvemaille.

2.2 Kuvauspuiden muodostamismenetelmä

Kuvauspuiden tuottamisessa käytettiin MELA-ohjelmistoa (Redsven ym. 2002). Tällöin puujoukon muodostamisen vaiheita ovat puusto-ositteen läpimitta- tai pituusjakauman, kuvauspuiden pituuden tai läpimitan ja kuvauspuiden biologisen ja rinnan- korkeusiän ennustaminen (kuva 1). Jos kuvio- tai puusto-ositetiedot ovat puutteelliset kuvauspuiden muodostamisessa tai laskennan lähtöaineistossa tarvittavien muuttujien osalta, niitä voidaan täydentää mallien tai päättelysääntöjen avulla (kuva 2).



Kuva 1. Kuvauspuiden muodostamisen vaiheet ja käytettävät mallit.



Kuva 2. Puusto-ositetietojen täydentäminen ja siinä käytettävät mallit. (pl =puulaji, G =pohjapinta-ala, r =runkoluku, d -aritm.=aritmeettinen keskiläpimitta, dgM =pohjapinta-alamediaanipuun läpimitta, $bio-a$ =biologinen ikä, $r-a$ =rinnankorkeusikä, ls =lämpösumma, ml =maaluokka, mt =metsätyyppi, h =keskipituus).

Kuviotiedoista voidaan täydentää metsikkökuvion korkeus meren pinnan yläpuolella ja lämpösumma, jotka ennustetaan metsikkökuvion sijainnin perusteella (Ojansuu ja Henttonen 1983). Kuvauspuiden muodostamisessa käytetään aina ensisijaisesti mitattuja puusto-ositetietoja, mutta joitakin puusto-ositetietoja voidaan ennustaa malleilla (kuva 2). Jokaisella puusto-ositteella on oltava runkoluku tai pohjapinta-ala. Jos puusto-ositteelta puuttuu pohjapinta-ala, mikä on tyypillistä nuorissa puustoissa (d_{GM} kuitenkin yli 5 cm), se ennustetaan erillisillä malleilla, joissa hyödynnetään runkolukua ja aritmeettista keskiläpimittaa (Nissinen 2002). Vastaavasti pohjapinta-alamediaanipuun läpimitta ennustetaan aritmeettisen keskiläpimitan avulla, mikäli sitä ei ole nuorissa metsissä mitattu. Edelleen mediaanipuun läpimitta tai pituus voidaan toisen puuttuessa ennustaa mallilla (Nuutinen 1986, Veltheim 1987). Tämän työn laskelmisissa oletetaan kuitenkin kaikki tarvittavat puuston keskitunnukset mitatuiksi.

Puusto-osite kuvataan joko läpimitta- tai pituusjakaumalla puuston koosta riippuen. Pienissä taimikoissa hyödynnetään pituusjakaumaa (kuva 1). Tuotetuille puille ennustetaan läpimitta Ojansuun (2002) mallilla. Läpimittajakaumaa käytetään, kun puusto-ositteen keskiläpimitta on vähintään 5 cm. Läpimittajakauma voidaan muodostaa joko mitatun tai ennustetun pohjapinta-alan suhteen ja pituusjakauma vastaavasti mitatun tai ennustetun runkoluvun suhteen. Tässä työssä käsiteltiin kuitenkin ainoastaan läpimittajakauman ennustamista käyttämällä mitattua pohjapinta-alaa.

Läpimittajakauman ennustamisessa käytetään todennäköisyysjakaumiin tai prosenttiosuusmenetelmään perustuvia läpimittajakaumamalleja. Todennäköisyysjakaumia on kaksi: Weibull- tai Johnsonin S_B -funktiot. Weibull-funktion parametrit ennustetaan kuuselle Kilkin ym. (1989) ja muille puulajeille Mykkäsen (1986) malleilla, joiden selittävinä muuttujina ovat puusto-ositteen keskiläpimitta ja pohjapinta-ala. Weibull-jakauman parametrimallien laadinta-aineistona on käytetty Valtakunnan metsien kahdeksannen inventoinnin relaskooppikoeloja, joissa mitatun puuston määrä on hyvin suppea. Ennustetun Weibull-jakauman kertymäfunktioista poimitaan kuvauspuut 1 cm läpimittaluokissa. Johnsonin S_B -jakaumaa sovelletaan vastaavasti, mutta kertymäfunktion sijasta hyödynnetään tiheysfunktioita. Johnsonin S_B -jakauman parametrimallit on laadittu erikseen männylle, kuuselle ja koivulle (Siipilehto 1999). Koivun malleja käytetään myös muille lehtipuille. Kyseiset mallit on laadittu metsikkökoealaineistosta, joka sisältää keskipituudeltaan ainoastaan yli 10 metriä pitkiä varttuneita sekametsiä.

Prosenttiosuusmenetelmä poikkeaa todennäköisyysjakaumista siten, että menetelmässä ennustetaan läpimittoja pohjapinta-alan kertymäpisteissä 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 95 ja 100 %. Ääripisteet vastaavat puuston minimi- ja maksimiläpimittaa ja 50 % kertymä eli pohjapinta-alamediaanipuun läpimitta oletetaan mitatuksi. Ennustetut läpimittapisteen yhdistetään Späthin rationaalisella splinifunktiolla (Lether 1984) jatkuvaksi jakaumaksi. Prosenttipistemallit on laadittu erikseen männylle, kuuselle ja koivulle käyttämällä kuvioittaisen arvioinnin tarkistusinventointiaineistoa, joka perustuu relaskooppiotantaan (Kangas ja Maltamo 2000b). Koivun malleja käytetään myös muille lehtipuille.

Sekä Johnsonin S_B jakaumamalleista että prosenttiosuusmenetelmän malleista on laadittu runkoluvulliset ja runkoluvuttomat muodot. Runkoluvullisissa malleissa runkoluku on mukana selittäjänä, kun taas runkoluvuttomissa malleissa selittäjinä käytetään ainoastaan puusto-ositteen keskiläpimittaa sekä –pituutta, pohjapinta-alaa, ikää ja kasvupaikan hyvyttä kuvaavia tunnuksia.

MELAssa on mahdollista myös kalibroida ennustettuja jakaumia lisäinformaatiolla. Käytetty menetelmä on Devillen & Särndalin (1992) esittämä kalibrointiestimointi, jossa jo muodostetun jakauman läpimittaluokittaisia frekvenssejä muutellaan siten, että jakauma toteuttaa niin alun perin käytetyt muuttujat (ppa ja d_{gm}) kuin myös lisämittaukset (runkoluku). Kalibrointia on mahdollista käyttää missä tahansa puujoukonmuodostusmenetelmässä, mutta tässä yhteydessä testattiin esimerkinomaisesti vain Weibull-jakauman kalibrointia.

Kuvauspuiden pituudet ennustetaan puulajeittain Veltheimin (1987) malleilla. Pituusmalli kalibroidaan korjauskertoimen avulla. Muodostettujen kuvauspuiden biologisena ja rinnankorkeusikänä käytetään puusto-ositteen mitattua tai ennustettua keski-ikää. Tässä tutkimuksessa kalibrointikerroin laskettiin VMI-koealojen pituuskoeopuumittausten perusteella. Vastaavasti laskettiin myös puusto-ositteen keski-ikä.

2.3 Testausjärjestely

Myös kuvauspuiden muodostamisen testauksessa hyödynnettiin MELA-ohjelmistoa (Redsven ym. 2002). Ositteiden todellisten (VMI koealojen mitatuista puista laskettujen) ja ennustettujen (muodostetuista kuvauspuista laskettujen) puustotunnusten (kokonais- ja tukkitilavuus sekä runkoluku) laskentaa varten muodostettiin kaksi MELA-aineistoa (kuva 3):

- 1) koealojen mitatut puut sisältävä puuaineisto ja
- 2) koealojen puista laskettu kuvioaineisto.

Puuaineistosta tehtiin MELA-ohjelmiston koealoittainen syöttötiedosto, joka sisälsi koealoilta mitatut kuviotiedot ja niiltä mitattujen puiden tiedot sisältäen myös mallilla lasketut ja edelleen kalibroidut puiden pituudet (ks. edellinen luku). Aineiston avulla laskettiin metsikkökuvioiden ositteiden todelliset puustotunnukset. Puun edustama runkoluku laskettiin aineistoon seuraavasti:

$$rl_{puu} = \frac{10000}{A} \quad (1)$$

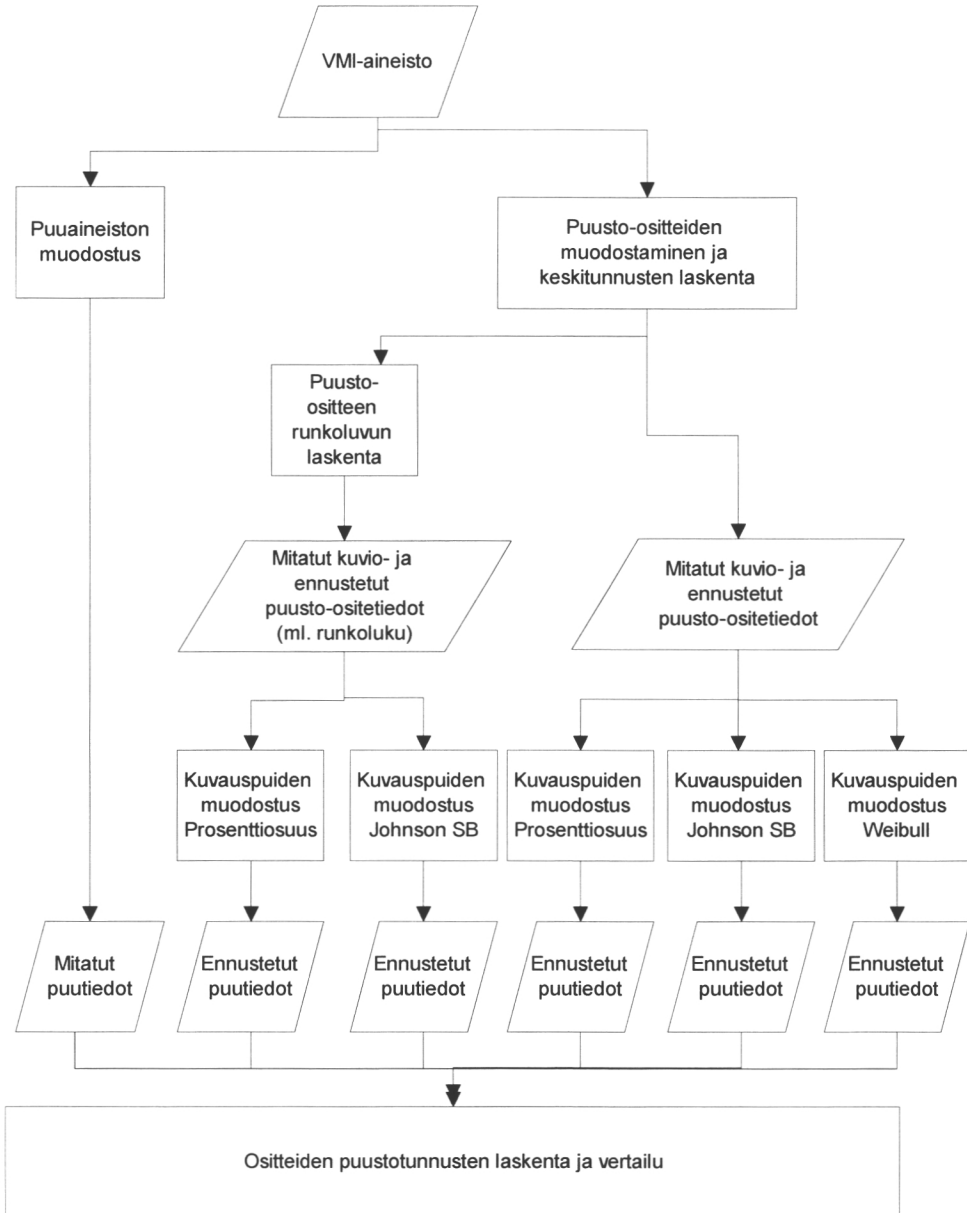
rl_{puu} = puun edustama runkoluku, r/ha

A = koealan pinta-ala, m^2

Kuvioaineistosta tehtiin MELA-ohjelmiston kuviomuotoinen siirtotiedosto, joka sisälsi metsikkökuvion kuvio- ja puusto-ositetiedot. Puusto-ositteiden keskitunnukset määritettiin pohjapinta-alamediaanipuun tunnuksista ja tiheystunnukset yleistettiin hehtaarikohtaisiksi koealan koon perusteella (kaava 1).

Kuvioaineistosta tehtiin kaksi eri versiota. Runkoluvullisten mallien tarkastelua varten laskettiin puusto-ositteille runkoluku ositteeseen kuuluvien puiden runkolukujen hehtaarikohtaiseksi yleistettynä summana. Runkoluvuttomien mallien tarkastelua varten puusto-ositteille ei laskettu runkolukua vaan tällöin ainoana tiheystunnuksena käytettiin pohjapinta-alaa.

Testausta varten kuvauspuut muodostettiin edellä esitetyillä muodostusmenetelmillä. Puustotunnusten laskennassa käytettiin ositekohtaisesti kymmentä kuvauspuu-



Kuva 3. Testausjärjestely

ta. Tällöin muodostettu puujoukko jaettiin pohjapinta-alan suhteen kymmeneen yhtä suureen osaan.

Puu- ja kuvioaineistosta laskettuja ositteiden puustotunnuksia (kokonaistilavuus, tukki-tilavuus sekä runkoluku) verrattiin keskenään ja vertailun avulla arvioitiin kuvauspuiden muodostamismenetelmien hyvyttä. Tukki-tilavuudet laskettiin puun dimensioiden perusteella ilman tukki-vähennyksiä. Puiden tilavuustunnukset laskettiin kaikissa tapauksissa Laasasenahon (1982) tilavuus- ja runkokäyrämalleilla.

Testattavien tunnusten harha ja keskivirhe (RMSE) laskettiin seuraavasti:

$$\text{Harha} = \sum_{i=1}^N \frac{(k_i - \hat{k}_i)}{N} \quad (2)$$

$$\text{RMSE} = \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{(k_i - \hat{k}_i)^2}{N-1}} \quad (3)$$

k_i = tunnuksen k todellinen arvo puusto-ositteessa i

\hat{k}_i = tunnuksen k ennustettu arvo puusto-ositteessa i

N = puusto-ositteiden lukumäärä.

Suhteellinen harha ja RMSE laskettiin eri tunnuksille jakamalla absoluuttinen harha ja RMSE ennustetuista tunnuksista lasketulla tunnuksen keskiarvolla.

3 Tulokset

Kuvauspuiden muodostamisen menetelmiä arvioitiin ensiksi niiden tuottamien puustotunnusestimaattien tarkkuuden perusteella erikseen kivennäis- ja turvemaiilla. Tarkasteltaessa kokonaistilavuuksia kivennäismailla keskivirheen avulla havaitaan, että tarkimmat tulokset saatiin runkoluvullisella prosenttiosuusmallilla (taulukko 1). Kaikkein huonoimmat tulokset saatiin puolestaan Weibull-jakaumalla, jonka kalibrointi runkoluvulla tarkensi tuloksia ainoastaan männyn osalta. Turvemaiilla puolestaan keskimäärin tarkin menetelmä oli runkoluvullinen Johnsonin S_B -jakauma (taulukko 2). Kaikkein huonoimmat tulokset saatiin turvemaiilla yleensä Weibull-jakaumalla, mutta kalibrointi runkoluvulla toimi kuusta lukuun ottamatta huomattavasti paremmin kuin kivennäismailla. Turvemaiden suhteelliset kokonaistilavuuden virheet olivat yleensä pienempiä kuin kivennäismailla. Kaiken kaikkiaan mitä enemmän informaatiota oli käytettävissä, sitä tarkempia olivat yleensä kokonaistilavuuden tulokset niin kivennäis- kuin turvemaiillakin.

Tarkasteltaessa tuloksia kalibroinnin osalta täytyy muistaa, että kyseessä on optimointiongelma, joka ei aina ratkea. Tässä aineistossa kivennäismaiden koealoista jäi kalibroittumatta 9 männyn, 59 kuusen, 1 koivun ja 6 haavan /lepän puusto-ositetta. Vastaavasti turvemaiilla 2 männikköä, 9 kuusikkoa ja 4 koivikkoa ei kalibroittunut. Näiden koealojen tapauksessa käytettiin alkuperäisiä ennustettuja tuloksia.

Kaikki menetelmät tuottivat suurimmassa osassa tapauksissa yliarvioita kokonaistilavuudesta (taulukot 3 ja 4). Weibull-jakauman tapauksessa kalibrointi yleensä pienensi harhaa. Tukkitilavuuden tapauksessa tuloksia kannattaa tarkastella vain havupuiden osalta, koska lehtipuut olivat aineistossa suurimmaksi osaksi pienikokoisia (taulukot 5 ja 6). Joka tapauksessa tukkitilavuuden osalta tulokset olivat eri menetelmien tarkkuuden järjestyksen suhteen hyvin saman suuntaisia kuin kokonaistilavuudenkin osalta. Toisaalta kalibrointi runkoluvulla ei parantanut tukkitilavuuden tulok-

Taulukko 1. Suhteelliset (%) kokonaistilavuuden keskivirheet puulajeittain eri läpimittajakaumamalleilla (suluissa absoluuttiset keskivirheet $m^3 ha^{-1}$) kangasmailla. Menetelmien lyhenteet: Weibull= Weibull-jakauma; PROS, rl = runkoluvullinen prosenttiosuusmalli; PROS, ei rl = runkoluvuton prosenttiosuusmalli; SB, rl = runkoluvullinen Johnsonin S_g -jakauma; SB, ei rl = runkoluvuton Johnsonin S-jakauma, WeibullK = runkoluvulla kalibroitu Weibull jakauma.

Menetelmä	Mänty	Kuusi	Koivu	Haapa ja leppä	Metsikkö
Weibull	3,32 (3,42)	6,38 (9,22)	4,81 (2,72)	5,02 (2,08)	5,39 (6,80)
PROS, rl	2,17 (2,35)	3,35 (4,76)	3,98 (2,26)	3,31 (1,38)	2,96 (3,70)
PROS, ei rl	3,10 (3,16)	5,19 (7,29)	4,80 (2,69)	3,70 (1,53)	4,43 (5,48)
SB, rl	2,66 (2,72)	5,06 (7,18)	4,63 (2,59)	3,49 (1,43)	4,25 (5,29)
SB, ei rl	3,01 (3,08)	5,62 (7,98)	4,59 (2,59)	4,49 (1,85)	4,73 (5,90)
WeibullK	2,72 (2,78)	6,15 (8,63)	4,71 (2,62)	4,95 (2,01)	5,06 (6,25)

Taulukko 2. Suhteelliset (%) kokonaistilavuuden keskivirheet puulajeittain eri läpimittajakaumamalleilla (suluissa absoluuttiset keskivirheet $m^3 ha^{-1}$) turvemilla. Käytetyt lyhenteet ks. Taulukko 1.

Menetelmä	Mänty	Kuusi	Koivu	Haapa ja leppä	Metsikkö
Weibull	3,67 (2,16)	5,12 (4,79)	5,05 (2,51)	2,49 (0,83)	4,40 (3,25)
PROS, rl	2,93 (1,74)	3,28 (3,04)	3,93 (1,97)	4,78 (1,63)	3,26 (2,41)
PROS, ei rl	3,30 (1,94)	4,15 (3,78)	4,13 (2,05)	3,18 (1,07)	3,64 (2,66)
SB, rl	2,62 (1,53)	3,63 (3,33)	3,72 (1,83)	3,43 (1,13)	3,10 (2,26)
SB, ei rl	3,13 (1,83)	4,11 (3,77)	4,77 (2,37)	2,44 (0,81)	3,68 (2,69)
WeibullK	2,26 (1,31)	5,10 (4,61)	3,70 (1,81)	2,77 (0,93)	3,63 (2,63)

Taulukko 3. Suhteelliset (%) kokonaistilavuuden harhat puulajeittain kangasmailla eri läpimittajakaumamalleilla (suluissa absoluuttiset harhat $m^3 ha^{-1}$). Käytetyt lyhenteet ks. Taulukko 1.

Menetelmä	Mänty	Kuusi	Koivu	Haapa ja leppä	Metsikkö
Weibull	-0,96 (-0,99)	-3,25 (-4,69)	-0,17 (-0,10)	-1,20 (-0,50)	-2,13 (-2,69)
PROS, rl	-0,83 (-0,86)	-1,62 (-2,31)	-0,49 (-0,28)	-1,85 (-0,77)	-1,26 (-1,57)
PROS, ei rl	-0,06 (-0,06)	-0,34 (-0,48)	0,80 (0,45)	-0,82 (-0,34)	-0,18 (-0,23)
SB, rl	-0,07 (-0,07)	-1,52 (-2,16)	1,26 (0,70)	0,07 (0,03)	-0,76 (-0,94)
SB, ei rl	-0,36 (-0,37)	-1,57 (-2,24)	0,10 (0,06)	-0,96 (-0,40)	-0,99 (-1,24)
WeibullK	0,03 (0,03)	-0,26 (-0,36)	0,93 (1,67)	0,63 (0,26)	-0,01 (-0,02)

Taulukko 4. Suhteelliset (%) kokonaistilavuuden harhat puulajeittain turvemilla eri läpimittajakaumamalleilla (suluissa absoluuttiset harhat $m^3 ha^{-1}$). Käytetyt lyhenteet ks. Taulukko 1.

Menetelmä	Mänty	Kuusi	Koivu	Haapa ja leppä	Metsikkö
Weibull	-1,33 (-0,79)	-2,57 (-2,41)	-1,40 (-0,34)	-1,01 (-0,34)	-1,70 (-1,26)
PROS, rl	-1,79 (-1,06)	-1,44 (-1,34)	-2,33 (-1,17)	-3,49 (-1,19)	-1,83 (-1,35)
PROS, ei rl	-0,89 (-0,52)	0,18 (0,16)	-1,42 (-0,71)	-2,06 (-0,69)	-0,72 (-0,53)
SB, rl	-0,34 (-0,20)	-0,50 (-0,46)	-0,54 (-0,27)	-0,28 (-0,09)	-0,43 (-0,31)
SB, ei rl	-0,45 (-0,76)	-0,61 (-0,56)	-1,32 (-0,66)	-0,84 (-0,28)	-0,84 (-0,62)
WeibullK	-0,13 (-0,08)	1,06 (0,96)	-0,02 (-0,01)	-1,73 (-0,58)	0,21 (0,15)

sia, vaan päinvastoin huononsi niitä jopa huomattavasti. Lisäksi tukkitilavuuden enustevirheet olivat yleensä suurempia turvemilla kuin kivennäismailla.

Eri menetelmien välillä oli havaittavissa selkeitä eroja tarkkuudessa, kun tarkasteltiin runkoluvun keskivirhettä ja harhaa (taulukot 7-10). Sen sijaan kivennäis- ja turvemaiden välillä ei ollut suuria eroja. Mikäli kaikki kalibroinnit olisivat onnistuneet, pitäisi kalibroidun Weibull-jakauman runkoluvun virheiden olla nolla kaikissa tapauksissa. Koska osa koaloista ei kuitenkaan kalibroitu, on kyseisissä puusto-ositteissa runkoluvussa virhettä.

Kuusen osalta ainoastaan runkoluvullinen prosenttiosuusmalli tuotti alle 10 % keskivirheitä, kun taas männyn kohdalla myös kalibroitu Weibull-jakauma tuotti alle

Taulukko 5. Suhteelliset (%) tukkivilavuuden keskivirheet puulajeittain kangasmailla eri läpimittajakaumamalleilla (suluissa absoluuttiset keskivirheet m³ha⁻¹). Käytetyt lyhenteet ks. Taulukko 1.

Menetelmä	Mänty	Kuusi	Koivu	Haapa ja leppä	Metsikkö
Weibull	20,62 (7,47)	19,54 (15,42)	68,59 (4,82)	120,88 (2,12)	21,62 (11,84)
PROS, rl	14,65 (5,39)	13,00 (9,84)	50,96 (4,46)	100,09 (1,99)	14,61 (7,86)
PROS, ei rl	20,23 (7,25)	18,40 (13,51)	59,85 (5,16)	100,69 (1,88)	20,33 (10,62)
SB, rl	17,38 (6,23)	17,54 (13,31)	52,59 (3,76)	115,81 (1,99)	19,00 (10,10)
SB, ei rl	19,85 (7,25)	19,43 (14,71)	65,75 (4,82)	128,89 (2,00)	21,24 (11,35)
WeibullK	25,39 (8,49)	32,82 (22,46)	78,54 (4,61)	130,41 (2,05)	33,93 (16,43)

Taulukko 6. Suhteelliset (%) tukkivilavuuden keskivirheet puulajeittain turvemaille eri läpimittajakaumamalleilla (suluissa absoluuttiset keskivirheet m³ha⁻¹). Käytetyt lyhenteet ks. Taulukko 1.

Menetelmä	Mänty	Kuusi	Koivu	Haapa ja leppä	Metsikkö
Weibull	32,74 (3,96)	20,78 (7,98)	143,70 (4,14)	331,66 (0,59)	32,05 (5,44)
PROS, rl	28,48 (3,92)	17,94 (6,69)	86,52 (4,10)	310,31 (1,14)	27,64 (5,07)
PROS, ei rl	31,32 (4,26)	25,35 (9,10)	95,16 (4,66)	311,40 (1,41)	33,96 (6,11)
SB, rl	28,96 (3,58)	21,58 (7,73)	106,71 (3,61)	331,66 (0,98)	30,11 (5,03)
SB, ei rl	31,06 (4,22)	21,81 (8,08)	133,12 (4,10)	331,66 (0,73)	31,21 (5,51)
WeibullK	39,21 (4,23)	40,55 (12,78)	171,22 (4,30)	331,66 (0,19)	50,38 (7,30)

Taulukko 7. Suhteelliset (%) runkoluvun keskivirheet puulajeittain kangasmailla eri läpimittajakaumamalleilla (suluissa absoluuttiset keskivirheet kpl ha⁻¹). Käytetyt lyhenteet ks. Taulukko 1.

Menetelmä	Mänty	Kuusi	Koivu	Haapa ja leppä	Metsikkö
Weibull	22,47 (198)	42,04 (319)	25,47 (225)	28,04 (218)	29,58 (279)
PROS, rl	5,29 (50)	6,38 (59)	11,17 (108)	11,99 (103)	6,59 (70)
PROS, ei rl	29,77 (329)	29,75 (311)	31,88 (376)	33,07 (341)	29,07 (360)
SB, rl	22,64 (246)	25,13 (248)	8,74 (85)	13,44 (113)	21,35 (248)
SB, ei rl	40,13 (430)	38,68 (371)	27,53 (267)	30,07 (260)	35,73 (409)
WeibullK	8,56 (81)	25,18 (219)	6,61 (62)	17,60 (140)	16,39 (169)

Taulukko 8. Suhteelliset (%) runkoluvun keskivirheet puulajeittain turvemaille eri läpimittajakaumamalleilla (suluissa absoluuttiset keskivirheet kpl ha⁻¹). Käytetyt lyhenteet ks. Taulukko 1.

Menetelmä	Mänty	Kuusi	Koivu	Haapa ja leppä	Metsikkö
Weibull	22,58 (212)	33,11 (265)	24,23 (244)	14,10 (106)	23,39 (256)
PROS, rl	5,19 (52)	5,19 (49)	10,34 (114)	10,01 (80)	6,73 (81)
PROS, ei rl	35,24 (446)	24,15 (267)	30,06 (401)	27,99 (276)	31,18 (460)
SB, rl	23,86 (294)	18,47 (197)	8,92 (98)	6,13 (48)	19,10 (260)
SB, ei rl	26,40 (300)	29,63 (308)	24,85 (271)	20,18 (168)	25,09 (326)
WeibullK	3,18 (32)	16,22 (150)	9,63 (101)	0,00 (0,00)	8,06 (95)

10 % keskivirheen (taulukot 7 ja 8). Muiden menetelmien keskivirheet olivat välillä 20-40 %. Lehtipuiden osalta parhaimpaan tarkkuuteen, erityisesti turvemaille, päästiin yleensä runkoluvullisella Johnsonin S_B-jakaumalla.

Runkoluvun harhojen osalta Weibull-jakauma tuotti yleensä aliarvioita, mikä on raportoitu jo aikaisemmissakin tutkimuksissa (Siipilehto 1999). Kuitenkin kalibrointi pienensi Weibull-jakauman harhaa huomattavasti. Vastaavasti runkoluvuton prosenttiosuusmenetelmä ja Johnsonin S_B-jakaumamallit tuottivat yliarvioita, joista suurimmat havaittiin runkoluvuttoman prosenttiosuusmenetelmän kohdalla. Runkoluvullisen prosenttiosuusmenetelmän tuottamat estimaatit olivat lieviä aliarvioita havupuilla ja yliarvioita lehtipuilla (taulukot 9 ja 10).

Lisäksi puujoukon muodostusmenetelmiä tarkasteltiin keskiläpimittaluokittain kokonaistilavuuden ja runkoluvun suhteen niin kivennäis- kuin turvemallakin (kuvat 4

Taulukko 9. Suhteelliset (%) runkoluvun harhat puulajeittain kangasmailla eri läpimittajakaumamalleilla (suluissa absoluuttiset harhat kpl ha⁻¹). Käytetyt lyhenteet ks. Taulukko 1.

Menetelmä	Mänty	Kuusi	Koivu	Haapa ja leppä	Metsikkö
Weibull	7,86 (69)	23,74 (180)	4,80 (42)	4,81 (37)	13,23 (125)
PROS, rl	0,17 (2)	2,2 (20)	-4,36 (-42)	-4,66 (-40)	0,16 (2)
PROS, ei rl	-13,81 (-152)	-10,20 (-107)	-21,52 (-254)	-20,63 (-213)	-13,76 (-170)
SB, rl	-12,52 (-136)	-4,87(-48)	-4,49 (-44)	-2,67 (-22)	-8,12(-94)
SB, ei rl	-11,27 (-121)	-2,22 (-21)	-4,36 (-42)	-5,54 (-48)	-6,69 (-77)
WeibullK	1,08 (10)	7,93 (69)	-0,59 (-6)	2,57 (21)	3,67 (38)

Taulukko 10. Suhteelliset (%) runkoluvun harhat puulajeittain turvemailla eri läpimittajakaumamalleilla (suluissa absoluuttiset harhat kpl ha⁻¹). Käytetyt lyhenteet ks. Taulukko 1.

Menetelmä	Mänty	Kuusi	Koivu	Haapa ja leppä	Metsikkö
Weibull	8,23 (77)	21,09 (169)	5,15 (52)	-2,12 (-16)	9,29 (102)
PROS, rl	1,19 (12)	2,69 (25)	-4,13 (-46)	-6,99 (-56)	-0,26 (-3)
PROS, ei rl	-19,74 (-250)	-12,52 (-139)	-20,57 (-275)	-23,39 (-231)	-18,84 (-278)
SB, rl	-17,68 (-218)	-9,05 (-96)	-3,36 (-37)	-4,76 (-37)	-12,25 (-167)
SB, ei rl	-10,72 (-122)	-6,94 (-72)	-2,91 (-32)	-11,00 (-92)	-7,90 (-103)
WeibullK	0,26 (2,60)	4,40 (41)	0,62 (7)	0,00 (0,00)	1,09 (12,94)

ja 5). Kokonaistilavuuden osalta erot keskivirheessä eri menetelmien välillä olivat pienet, joskin runkoluvullinen prosenttiosuusmenetelmä yleensäkin ja kalibroitu Weibull-jakauma erityisesti pienimmissä läpimittaluokissa osoittautuivat useimmiten tarkimmiksi vaihtoehtoiksi kaikkien puulajien kohdalla kivennäismailla (kuva 4). Männyn kohdalla tuloksissa on huomattavaa vaihtelua eri läpimittaluokissa, mikä ainakin osittain johtunee vähäisistä havaintojen lukumääristä. Turvemailla tarkin vaihtoehto on männyn ja koivun kohdalla yleensä kalibroitu Weibull-jakauma. Kuusen kohdalla eri menetelmien järjestyksessä on paljon vaihtelua läpimittaluokittain. Erityisen huomattavaa on kalibroidun Weibull-jakauman vaihtelu selvästi tarkimmasta vaihtoehdosta selvästi huonoimpaan vaihtoehtoon (kuva 5).

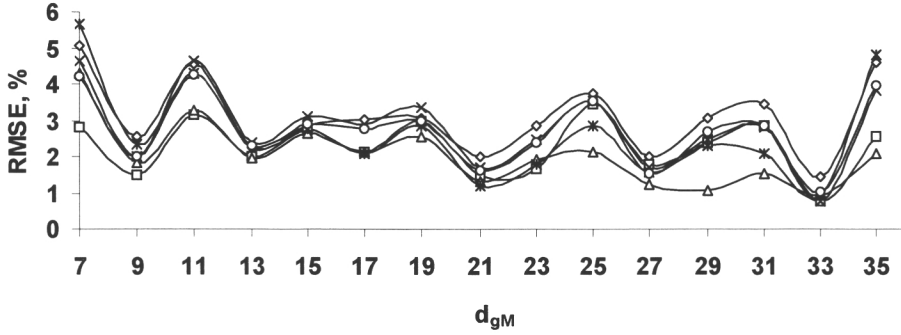
Runkoluvun kohdalla läpimittaluokittaiset keskivirheet olivat yleensä pienimpiä männyn ja kuusen kohdalla runkoluvullisella prosenttiosuusmallilla ja koivun tapauksessa runkoluvullisella Johnsonin S_B -jakaumalla niin kivennäis- kuin turvemaillakin (kuvat 6 ja 7). Toisaalta, jos kaikki koelat olivat jossain tietyssä läpimittaluokassa kalibroituneet, ei kalibroidussa Weibull-jakaumassa ollut tällöin virhettä lainkaan.

Suurimmat virheet runkoluvussa havaittiin puolestaan Weibull-jakauman tapauksessa, kun puusto-ositteen keskiläpimitta oli yli n. 13 cm niin kivennäis- kuin turvemaillakin. Keskiläpimitaltaan sitä pienemmissä metsiköissä runkoluvuton prosenttiosuusmalli puolestaan tuotti vertailluista menetelmistä yleensä suurimmat virheet turvemailla männyn ja koivun kohdalla ja runkoluvuton Johnsonin S_B -jakauma taas kuusen kohdalla (kuva 7). Vastaavasti kivennäismailla pienissä läpimittaluokissa suurimmat runkoluvun virheet olivat männyn ja kuusen kohdalla runkoluvuttomassa Johnsonin S_B -jakaumassa ja koivun kohdalla runkoluvuttomassa prosenttiosuusmallissa (kuva 6).

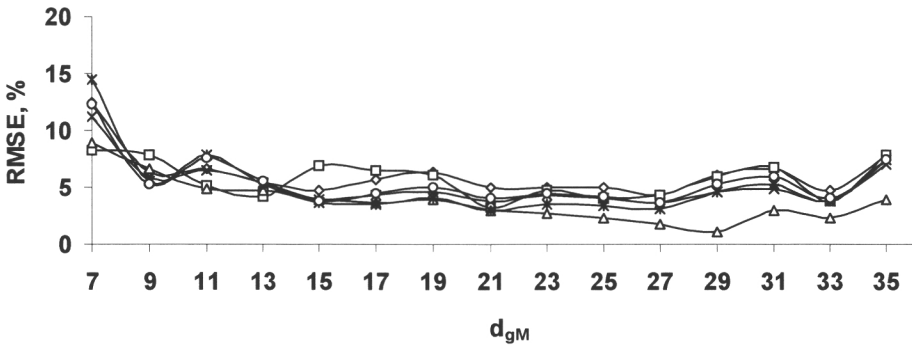
Verrattaessa runkoluvuttomia Johnsonin S_B -jakaumaa ja prosenttiosuusmallia keskenään voidaan havaita, että koivun kohdalla suuremmissa puustoissa prosenttiosuusmenetelmä on tarkempi ja pienemmissä taas Johnsonin S_B -jakauma niin kivennäis- kuin turvemaillakin. Kuusen kohdalla runkoluvuton prosenttiosuusmenetelmä on yleensä aina tarkempi ja männyn kohdalla näiden menetelmien tarkkuus eri läpimittaluokissa vaihtelee.



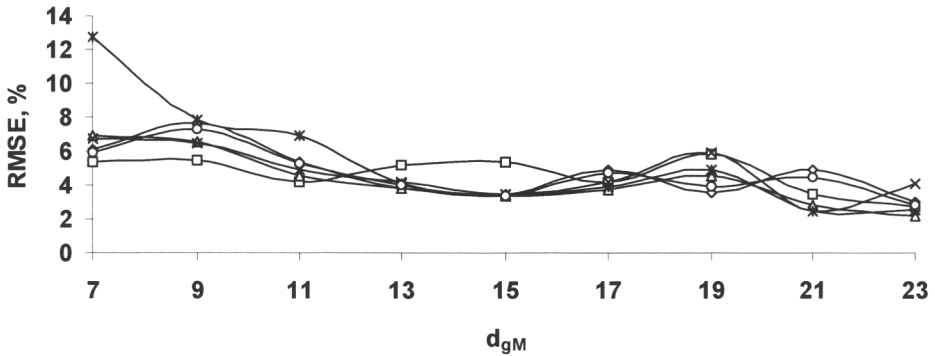
Mänty



Kuusi



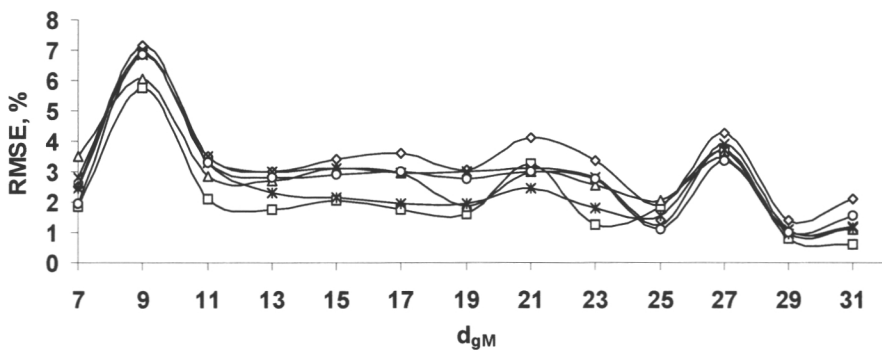
Koivu



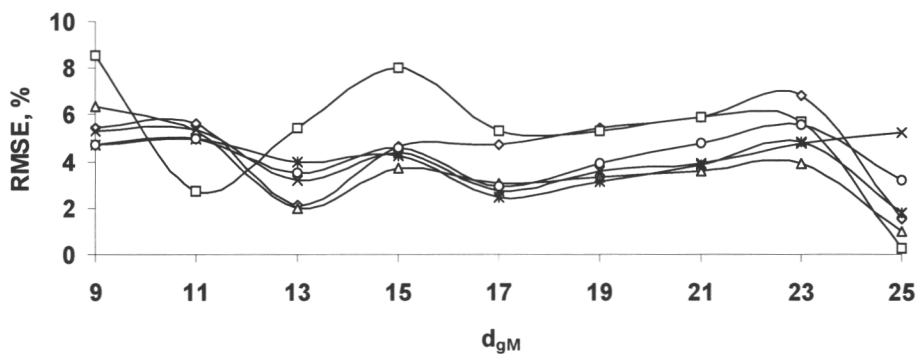
—○— Weibull —□— WeibullK —△— PROS rl —×— PROS ei rl —*— SB rl —○— SB ei rl

Kuva 4. Keskiläpimittaluokittaiset tilavuuden ennustevirheet kangasmailla eri puu-joukonmuodostusmenetelmillä. Käytetyt lyhenteet eri menetelmistä ks. Taulukko 1.

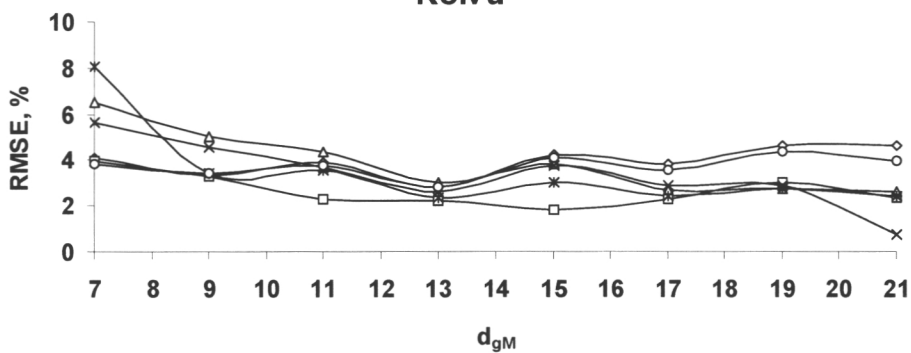
Mänty



Kuusi

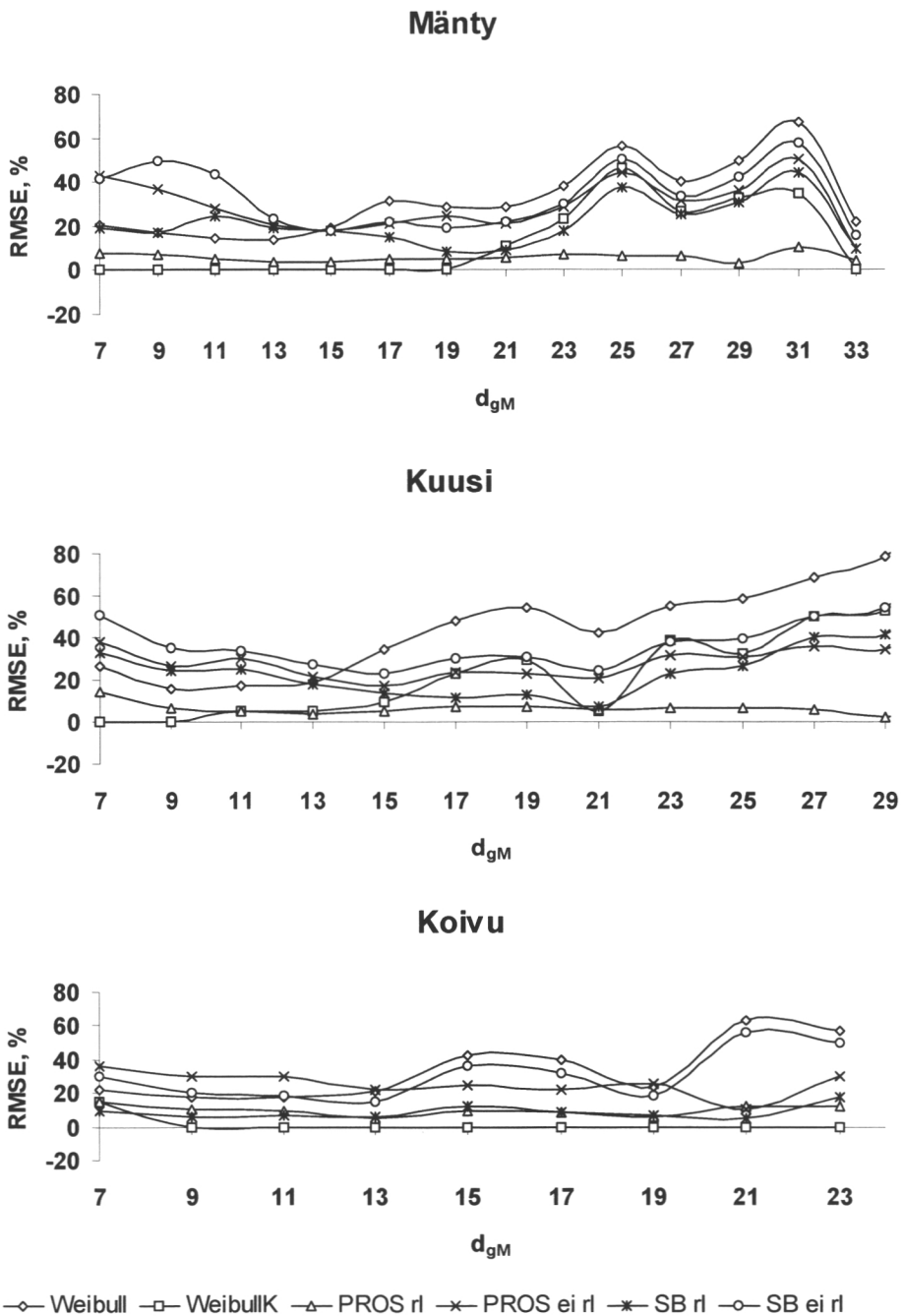


Koivu

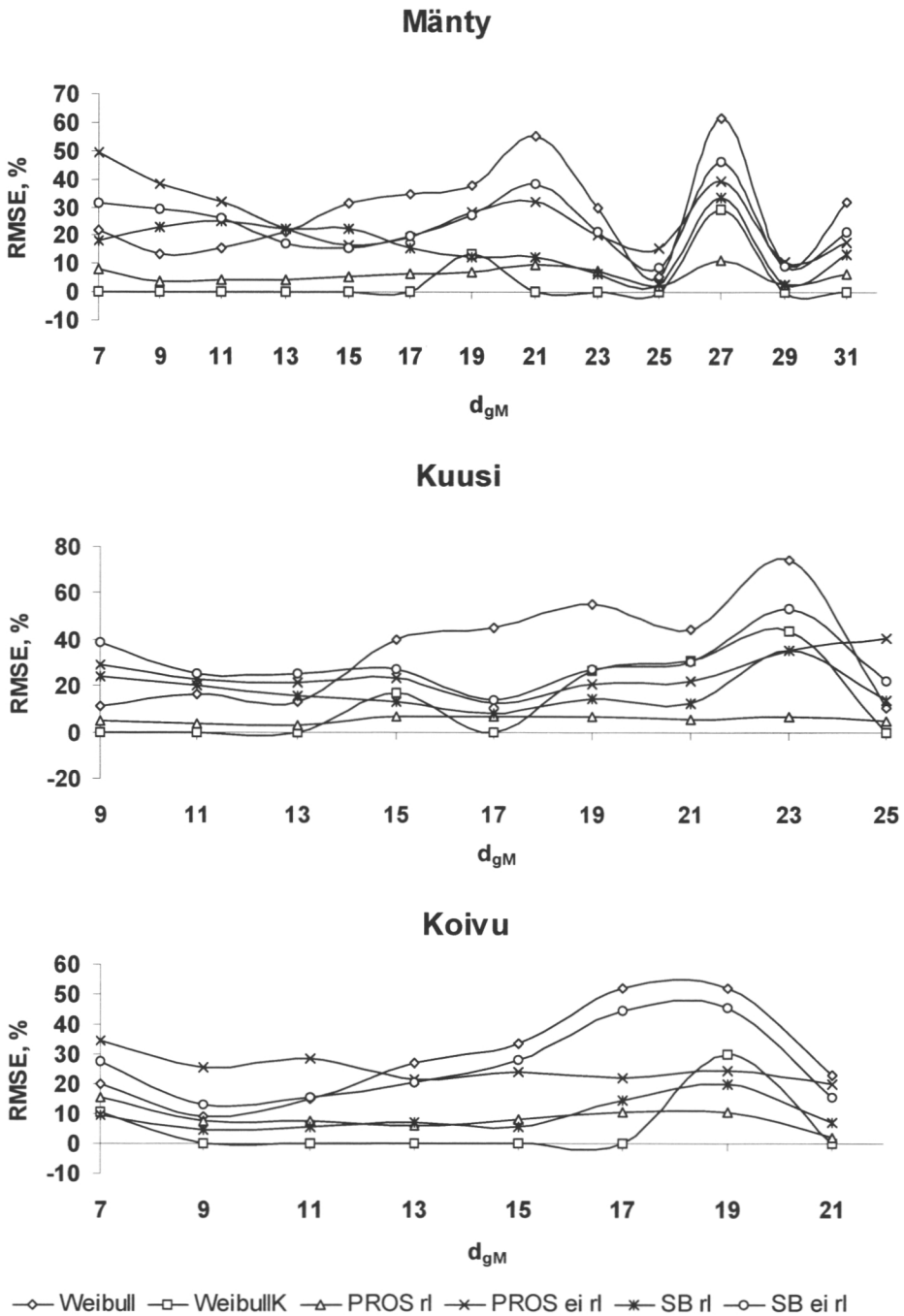


—◇— Weibull —□— WeibullK —△— PROS rl —×— PROS ei rl —*— SB rl —○— SB ei rl

Kuva 5. Keskilämpömittalukittaiset tilavuuden ennustevirheet turvemailla eri puu- joukonmuodostusmenetelmillä. Käytetyt lyhenteet eri menetelmistä ks. Taulukko 1.



Kuva 6. Keskiläpimittaluokittaiset runkoluvun ennustevirheet kangasmailla eri puu-joukonmuodostusmenetelmillä. Käytetyt lyhenteet eri menetelmistä ks. Taulukko 1.



Kuva 7. Keskiläpimittaluokittaiset runkoluvun ennustevirheet turvemaiilla eri puu-joukonmuodostusmenetelmillä. Käytetyt lyhenteet eri menetelmistä ks. Taulukko 1.

4 Tarkastelu

Tässä tutkimuksessa testattiin ja vertailtiin erilaisia läpimittajakaumamalleja kuvauspuiden muodostamisessa. Käytetyt menetelmät olivat Weibull- ja Johnsonin S_B -jakauman parametrimallit sekä prosenttiosuusmenetelmä. Johnsonin S_B -jakaumasta ja prosenttiosuusmenetelmästä oli käytettävissä myös runkoluvulliset versiot. Tuotettujen puustotunnusten tarkkuutta tarkasteltiin erikseen kivennäis- ja turvemailla niin tilavuusestimaattien kuin myös puuston rakenteen kuvautumisen kannalta. Lisäksi tarkasteltiin Weibull-jakauman tapauksessa ennustetun jakauman kalibroimista runkoluvulla.

Mikäli runkoluku oli tiedossa selittävänä muuttujana, tuotti runkoluvullinen prosenttiosuusmalli tarkimmat tulokset kokonaistilavuuden suhteen kivennäismailla. Turvemailla Johnsonin S_B -jakauman runkoluvullinen versio oli keskimäärin tarkin. Ennustetun runkoluvun tarkkuuden suhteen oli runkoluvullinen prosenttiosuusmalli oli tarkin havupuilla. Lehtipuilla Johnsonin S_B -jakauma oli yleensä vähintään yhtä tarkka niin kivennäis- kuin turvemaillakin.

Jos taas runkolukua ei selittävänä muuttujana tiedetty, olivat tulokset jossain määrin ristiriitaisia eri kriteerien suhteen. Tilavuuden suhteen olivat prosenttiosuusmalli ja Johnsonin S_B -jakauma yleensä aina Weibullia tarkempia. Huomattavaa on kuitenkin se, että runkoluvun osalta Weibull osoittautui pienissä puustoissa tarkimmaksi vaihtoehdoksi. Verrattaessa Johnsonin S_B -jakaumaa ja prosenttiosuusmenetelmää keskenään oli tuloksissa paljon vaihtelua käytetyn kriteerin, kasvupaikan ja läpimittaluokan suhteen.

Eri malleilla saadut tulokset olivat kokonaistilavuuden suhteen tarkempia turvemailla kuin kivennäismailla, kun taas tukkitilavuuden suhteen tilanne oli päinvastoin. Erityisesti Johnsonin S_B -jakauman hyvä soveltuvuus turvemaille on yllättävää, sillä kyseisten mallien laadinta-aineistossa ei ole turvemaita (Siipilehto 1999).

Weibull-jakauman kalibrointi tarkensi tuloksia tilavuuden suhteen erityisesti turvemailla, joilla tulokset olivat kuusta lukuunottamatta hyviä. Sen sijaan tukkitilavuuden osalta kalibrointi huononsi tuloksia jopa huomattavasti. Tämä osoittaa sen, että erilaisten puustotunnusten tarkkuuden parantamiseksi on käytettävä erilaisia kalibrointimuuttujia (esim. Kangas & Maltamo 2002). Runkolukua on pidetty lisämittauksena, joka parantaa erityisesti nuorten metsien kuvausta sekä tulevan kehityksen ennustamista, kun taas hakkuukypsissä metsissä esimerkiksi tukkikokoisten puiden pohjapinta-ala voisi olla käyttökelpoisempi tunnus. Myös tämän tutkimuksen tulokset omalta osaltaan tukevat tätä käsitystä.

Saatuja tuloksia voidaan suuntaa-antavasti verrata aikaisempiin tutkimuksiin, joissa on verrattu läpimittajakaumamalleja keskenään (Siipilehto 1999, Kangas ja Maltamo 2000c). Eri tutkimuksissa on kuitenkin selkeitä eroja keskenään esimerkiksi sen suhteen, miten aineisto on rajattu, kuinka puiden pituus on otettu huomioon tai miten luotettavuustunnukset laskettu. Tämän tutkimuksen tulokset ovat kuitenkin hyvin samansuuntaisia kuin mitä aiemminkin on havaittu. Suurimpana erona voidaan pitää sitä, että runkoluvullinen Johnsonin S_B -jakauma ei pystynyt kuvaamaan puuston rakennetta runkoluvun suhteen havupuiden osalta yhtä tarkasti kuin Siipilehdon (1999) tutkimuksessa.

Läpimittajakaumatutkimuksissa, kuten tässäkin työssä, puujoukko ennustetaan

yleensä virheettömillä keskitunnuksilla eli tulokset sisältävät ainoastaan mallien virheen. Tällaisissa tutkimuksissa on puuston tilavuuden suhteelliseksi keskivirheeksi yleensä saatu verrattain pieniä lukuja väliltä 1-10 % riippuen siitä onko myös pituusmallin virhe otettu huomioon (esim. Maltamo ja Kangas 1998, Siipilehto 1999, Kangas ja Maltamo 2002). Metsätaloudessa läpimittajakaumamalleja kuitenkin sovelletaan kuvioittaisen arvioinnin mukaisissa inventointitilanteissa, joissa keskitunnustieto on tyypillisesti silmävaraisesti arvioitua. Tällöin saadut tilavuuden keskivirheet ovat huomattavasti suurempia, väliltä 15-40 % (esim. Poso 1983, Laasasenaho ja Päivinen 1986, Pussinen 1992). Tällöin mallivirheen lisäksi mukana on myös mittaus- ja otosvirheiden vaikutukset. Kuvioittaisen arvioinnin luotettavuutta tulisikin tarkastella maastoinventoinnin ja aineiston muodostuksen virheiden kokonaisuutena.

Virheelliset puustotunnukset vaikuttavat huomattavasti myös kalibrintiestimöinnin sovellettavuuteen ennustetun läpimittajakauman kalibroimisessa. Jos käytettävä lisäinformaatio sisältää mittaus- ja otosvirhettä, ei jakaumaa kannata kalibroida täsmälleen niiden mukaisesti. Ennustettua jakaumaa kannattaa muokata sitä vähemmän, mitä suuremmat virheet maastotiedoissa on suhteessa ennustetun jakauman virheisiin (Mehtätalo 2002).

Pohjapinta-alan läpimittajakaumissa runkoluvun ennustaminen on melko epätarkkaa. Toisaalta myöskään maastossa arvioitu runkoluku ei välttämättä paranna tilannetta. Kankaan ym. (2002) tutkimuksen perusteella runkoluvun arviointivirhe käytännön mittaustilanteessa oli jopa 80 %. Mittaajilla ei kuitenkaan ollut koulutusta runkoluvun mittaamiseksi tutkimusaineiston kaltaisissa nuorissa kasvatusmetsissä ja sitä varttuneemmissa puustoissa. Samassa tutkimuksessa pohjapinta-alan mittausrvirheen suuruus oli 31,8 % ja keskipuun läpimitan sekä pituuden virheet noin 20 ja 15 %. Runkolukuun liittyvä ongelma on myös pienimpien puiden vaihteleva huomioonottaminen. Esimerkiksi tässä tutkimuksessa käytetyssä VMI-aineistossa osa alle 4,5 cm paksuista puista oli mitattu ja osa jätetty mittaamatta. Kaiken kaikkiaan runkoluvun käyttö niin mallien selittäjänä kuin myös kalibrintimuuttujana on hyvin ongelmallista muuttujan määrittelyn sekä suuren mittausrvirheen takia.

Tässä tutkimuksessa käsitellyistä läpimittajakaumamalleista prosenttiosuusmenetelmä toimi yleensä erinomaisesti, kun puusto-ositteen runkoluku oli tiedossa. Mallit vaikuttivat erittäin joustavilta eikä suuria virheitä esiintynyt. Sen sijaan runkoluvuttomien prosenttiosuusmallien toiminnassa oli parantamisen varaa. Voidaan todeta, että pohjapinta-alan suhteen mallitettu prosenttiosuusmalli on jakauman alkupään osalta jopa liian joustava menetelmä. Jos runkolukua ei ole mitattu, läpimittaluokittaisiksi frekvensseiksi palautettu jakaumaestimaatti kuvautuu hyvin usein laskevaksi jakaumaksi, mikä ei ole talousmetsissä realistista puuston rakenteen kuvauksen kannalta.

Johnsonin S_B -jakauma osoittautui runkoluvuttomien mallien osalta kilpailukykyiseksi menetelmäksi erityisesti laadinta-aineistonsa mukaisissa puustoissa, mutta runkoluvullinen versio ei pystynyt hyödyntämään runkolukuinformaatiota kovinkaan tehokkaasti. Johnsonin S_B -jakaumamallit on laadittu muihin vertailtuihin menetelmiin nähden erilaisesta aineistosta. Sekä prosenttiosuusmallit että Weibull-jakauman parametrimallit on laadittu inventointiperusteisista aineistosta, jotka sisältävät hyvin erilaisia metsiköitä. Johnsonin S_B -jakaumamallit on puolestaan laadittu näyteperusteisesti valituista varttuneista kivennäismaiden sekametsistä, jotka ovat sekä maantieteellisen sijainnin suhteen että myöskin keskitunnusten vaihteluvälin kannalta varsin

suppeita. Toisaalta näissä aineistoissa metsikkökohtainen puusto-otos on kuitenkin erittäin edustava (Mielikäinen 1980, 1985).

Weibull-jakauman parametrimallit eivät tässä tutkimuksessa osoittautuneet kilpailukykyiseksi vaihtoehdoksi tilavuusennusteiden kohdalla eikä suuremmissa puustoissa myöskään runkoluvun osalta. Toisaalta pienissä puustoissa menetelmällä saatiin runkoluvun suhteen jopa tarkempia tuloksia kuin muilla runkoluvuttomilla malleilla, joskin keskivirhe oli suuri kaikilla menetelmillä. Näin ollen nuorissa puustoissa kannattaa puujoukko muodostaa edelleen Weibull-jakauman avulla, mikäli runkoluku ei ole tiedossa.

Useat käytännöt organisaatiot mittaavat nuorissa metsissä ennen ensiharvennusta puuston runkoluvun ja aritmeettisen keskiläpimitan. Laskentajärjestelmä ei kuitenkaan sellaisenaan ole pystynyt hyödyntämään tätä informaatiota, vaan tunnuksille on tehty ns. triviaalimuunnos (esim. Nissinen 2002, Siipilehto 2002). Tällöin pohjapinta-ala on laskettu keskiläpimitan pohjapinta-alan avulla kertomalla se runkoluvulla. Vastaavasti on oletettu, että arvioitu aritmeettinen keskiläpimita ja pohjapinta-alamediaanipuun läpimita ovat samat.

Nissisen (2002) tutkimuksen mukaan triviaalimuunnoksen käyttö johtaa kivennäismailla esimerkiksi männyllä noin 17 % virheeseen tilavuuden ennustamisessa, kun pelkät mallivirheet tuottavat vajaan 10 % virheen. Kuusella ja koivulla vastaavat luvut ovat noin 14 % ja 11 % sekä noin 34 % ja 21 %. Näin ollen erityisesti männyllä ja koivulla tämä menettely on kasvattanut tilavuuden ennustevirhettä huomattavasti.

Nissisen (2002) tutkimuksessa laadittiin mallit, joissa ennustettiin puulajeittain pohjapinta-alaa ja pohjapinta-alamediaanipuun läpimittaa runkoluvulla ja aritmeettisellä keskiläpimitalla. Tämä menettely pudotti tilavuuden ennustevirheen männyllä noin 10,5 prosenttiin, kuusella noin 11 prosenttiin ja koivulla noin 26 prosenttiin. Toisaalta jokseenkin vastaavaan tulokseen päästään, jos jakauma ennustetaan triviaalimuunnoksen avulla ja kalibroidaan takaisin toteuttamaan niin runkoluvun kuin aritmeettisen keskiläpimitankin (Nissinen 2002). Kyseiset mallit on nyttemmin otettu käyttöön MELA 2002 versiossa. Vastaavaa aihepiiriä on pohjapinta-alan ja runkoluvun osalta tutkittu myös Siipilehdon (2002) tutkimuksessa.

Läpimittajakaumamallien lisäksi myös puiden pituuksien ennustamiseen kannattaisi kiinnittää entistä enemmän huomiota. Mikäli tarkastellaan vain mallivirheitä, on pituusmallin vaikutus tilavuuden virheeseen selvästi läpimittajakaumaa suurempi (Kangas ja Maltamo 2000c, 2002). Pituusmallien osalla erityisesti entistä tehokkaampien kalibrointimittausten ja -menetelmien kehittäminen on ensisijaisen tärkeää.

Tässä artikkelissa esitettävästä mallikokoelmasta puuttuu puukohtainen ikämalli, mikä MELA-käyttäjän on hyvä tietää harkitessaan pituusboniteetin kalibroinnin (Ojanen 1996) käyttöä.

Yksittäisten mallien lisäksi kuvioittaista arviointia pitää jatkossa pyrkiä kehittämään kokonaisuutena, jossa optimoidaan menetelmän edellyttämiä malleja, mittauksia ja kustannuksia halutulla tarkkuustasolla sekä myös vaihtelevankokoisella tarkastelualueella (Kangas ja Maltamo 2002). Tällöin puusto-ositetasolla tehtävät mittaukset voivat vaihdella hyvinkin paljon nykyisestä tasamääräisen ja samalla oletetun tasalaatuisen mittaustiedon periaatteesta. Vastaavasti myös käytettävät mallit voivat vaihdella jopa yksittäisen kuvion eri puusto-ositteissa. Jo tämänkin tutkimuksen tulosten perusteella voidaan suositella erilaisten mallien käyttöä erikokoisissa puustoissa. Keskeisenä menetelmänä tämänsuuntaisessa kehitystyössä tulee jatkossa olemaan nimenomaan kalibrointiestimoinnin hyödyntäminen.

Vaihtoehtoisesti kuvioittaista arviointia voidaan kehittää myös kaukokartoitusinformaation entistä tehokkaamman hyödyntämisen suuntaan. Tällöinkin varsin keskeisessä roolissa tulee olemaan erilaisten tietolähteiden optimaalinen yhdistäminen ja inventoinnin tarkastelu kokonaisuutena niin tarkkuuden kuin kustannustenkin kannalta. Läpimitta- ja pituusjakaumamallien tarve tulee tässäkin tapauksessa olemaan hyvin keskeisellä sijalla (esim. Maltamo ym. 2002).

Kirjallisuus

- Borders, B.E., Souter, R.A., Bailey, R.L. & Ware, K.D. 1987. Percentile-based distributions 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.
- Hökkä, H., Piironen, M.-L. & Penttilä, T. 1991. Läpimittajakauman ennustaminen Weibull-jakaumalla Pohjois-Suomen mänty- ja koivuvaltaisissa ojitusaluemetsiköissä. *Folia Forestalia* 781. 22 s.
- Kangas, A. & Maltamo, M. 2000a. Calibrating predicted diameter distribution with additional information. *Forest Science* 46: 390-396.
- & Maltamo, M. 2000b. Percentile based basal area diameter distribution models for Scots pine, Norway spruce and birch species. *Silva Fennica* 34: 371-380.
- & Maltamo, M. 2000c. Performance of percentile based diameter distribution prediction and Weibull method in independent data sets. *Silva Fennica* 34: 381-398.
- & Maltamo, M. 2002. Anticipating the variance of predicted stand volume and timber assortments with respect to stand characteristics and field measurements. Ilmestyy sarjassa *Silva Fennica*.
- , Heikkinen, E. & Maltamo, M. 2002. Puustotunnusten maastoarvioinnin luotettavuus ja ajanmenekki. *Metsätieteen aikakauskirjaan tarjottu käsikirjoitus*.
- Kilkki, P. & Siitonen M. 1975. Simulation of artificial stands and derivation of growing stock models from this material. *Acta Forestalia Fenniae* 145. 33 s.
- & Päivinen, R. 1986. Weibull function in the estimation of the basal area DBH-distribution. *Silva Fennica* 20: 149-156.
- , Maltamo, M., Mykkänen, R. & Päivinen, R. 1989. Use of the Weibull function in estimating the basal area diameter distribution. *Silva Fennica* 23: 311–318.
- Kärki, T., Maltamo, M. & Eerikäinen, K. 2000. Diameter distribution, stem volume and stem quality models for grey alder (*Alnus incana*) in eastern Finland. *New Forests* 20: 65-86.
- Laasasenaho, J. 1982. Taper curves and volume functions for pine, spruce and birch. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 108. 74 s.
- Laasasenaho, J. & Päivinen, R. 1986. Kuvioittaisen arvioinnin tarkistamisesta. *Folia Forestalia* 664. 19 s.

- Lether, F.G. 1984. A FORTRAN implementation of Späth's interpolatory rational spline: drawing a taut smooth curve through data points. Department of Mathematics, University of Georgia, Athens. Technical Report WL 22. 24 s.
- 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.
- & 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.
- , Haara, A., Hirvelä, H., Kangas, A., Lempinen, R., Malinen, J., Nalli, A., Nuutinen, T and Siipilehto, J. 2002. Kuvauspuiden muodostamisen vaihtoehdot puuston keskitunnustietojen avulla. *Metsätieteen aikakauskirjaan hyväksytty käsikirjoitus*.
- , Kangas, A., Uuttera, J., Torniaainen, T. & Saramäki, J. 2000. Comparison of percentile based predicted methods and Weibull distribution in describing diameter distribution of heterogeneous Scots pine stands. *Forest Ecology and Management* 133: 263-274.
- , Puumalainen, J. & Päivinen, R. 1995. Comparison of beta and Weibull functions for modelling basal area diameter distribution in stands of *Pinus sylvestris* and *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 10: 284–295.
- , Tokola, T. & Lehikoinen, M. 2002. Estimating stand characteristics by combining single tree pattern recognition of digital video imagery and a theoretical diameter distribution model. *Ilmestyy sarjassa Forest Science*.
- Mehtätalo, L. 2002. Calibration of the percentiles of a diameter distribution using erroneous stand-level information. *Käsikirjoitus*.
- Mielikäinen, K. 1980. Mänty-koivusekametsien rakenne ja kehitys. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 99. 82 s.
- 1985. Koivusekoituksen vaikutus kuusikon rakenteeseen ja kehitykseen. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 133. 79 s.
- Mykkänen, R. 1986. Weibull-funktion käyttö puuston läpimittajakauman estimoinnissa. *Metsätalouden syventävien opintojen tutkielma*. Joensuu. 80 s.
- Nissinen, J. 2002. Improving compatibility between prediction of basal area diameter distribution and assessments of young stands. *Metsäsuunnittelun ja -ekonomian pro gradu*. Joensuun yliopisto. 48 s.
- Nuutinen, T. 1986. Puustotunnusten väliset relaatiot. *Metsätalouden suunnittelun syventävien opintojen tutkielma*. Joensuun Yliopisto. 53 s.
- Ojansuu, R. 1996. Kangasmaiden kasvupaikan kuvaus MELA-järjestelmässä. Julkaisussa: Hynynen, J. & Ojansuu, R. (toim.). Puuston kehityksen ennustaminen -MELA ja vaihtoehdot. *Tutkimusseminaari Vantaalla 1996. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 612: 39-56.
- Ojansuu, R. 2002. Puiden läpimittojen ennustaminen, kun pituusjakauma tunnetaan. *Metsäntutkimuslaitos. Moniste*. 2 s.

- Ojansuu, R. & Henttonen, H. 1983. Kuukauden keskilämpötilan, lämpösumman ja sademäärän paikallisten arvojen johtaminen ilmatieteen laitoksen mittaustiedoista. *Silva Fennica* 17: 143-160.
- Poso, S. 1983. Basic features of forest inventory by compartments. *Silva Fennica* 17: 313-349.
- Pussinen, A. 1992. Ilmakuvat ja Landsat TM-satelliittikuva välialueiden kuvioittaisessa arvioinnissa. Metsätalouden suunnittelun syventävien opintojen tutkielma. Joensuun yliopisto. 48 s.
- Pysyvien koealojen 3. mittaus 1995. Maastotyön ohjeet: kuvio- ja puustotiedot, näytteidien keruu. Metsäntutkimuslaitos, Helsingin tutkimuskeskus. 104 s. + liitteet.
- Päivinen, R. 1980. Puiden läpimittajakauman estimointi ja siihen perustuva puustotunnusten laskenta. *Folia Forestalia* 442. 28 s.
- Redsven, V., Anola-Pukkila, A., Haara, A., Hirvelä, H., Härkönen, K., Kärkkäinen, L., Lempinen, R., Muinonen, E., Nuutinen, T., Salminen, O. ja Siitonen, M. 2002. MELA2002 Reference Manual. Metsäntutkimuslaitos. 590 s.
- Siipilehto, J. 1988. Metsätaloustutkimusten läpimittajakaumien ennustaminen Beta-funktiolla. Syventävien opintojen tutkielma. Helsingin yliopisto. 70 s.
- 1999. Improving the accuracy of predicted basal-area diameter distribution in advanced stands by determining stem number. *Silva Fennica* 33: 281–301.
- 2002. Puuston rakenteelliset ominaisuudet vaikuttavat puustotunnusten tarkkuuteen. Käsikirjoitus.
- Solmu. Maastotyöopas. 1996. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. 80 s.
- Valtakunnan metsien 8. inventointi. 1986. Kenttätyön ohjeet. Metsäntutkimuslaitos, metsänarvioimisen tutkimusosasto, metsäinventoinnin tutkimussuunta. Helsinki. Moniste. 86 s. + 20 liitettä.
- Veltheim, T. 1987. Pituusmallit männylle, kuuselle ja koivulle. Metsänarvioimistieteen pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto. 59 s. + liitteet 29 s.

MELA2002 ja uudet tukkivähennysmallit

Lauri Mehtälö

I Taustaa

MELA-ohjelmistossa puujoukon kuvaus perustuu ns. kuvaus- eli simulointipuihin (Ojansuu ym. 1991, Hynynen ym. 2002). Jos metsiköstä on mitattu lukupuita, käytetään niitä metsikön kuvauspuina. Jos puita ei ole mitattu, poimitaan kuvauspuut metsikön ennustetusta läpimittajakaumasta. Tilavuustaulukosta saatujen kuvauspuiden tilavuuksien avulla lasketaan metsikön puuston tilavuus. Tilavuustaulukosta saadaan myös rungon dimensioiden perusteella laskettu teoreettisen tukkiosan tilavuus. Tässä artikkelissa teoreettisella tukkiosalla tarkoitetaan sitä rungonosaa, joka läpimittansa ja pituutensa perusteella on tukkikelpoinen (tilavuutta kannolta tukkiosan päättymiskorkeuteen). Koko teoreettinen tukkiosa ei kuitenkaan ole tukkikelpoista, vaan rungossa olevien mutkien, korojen, lahon ym. vikojen vuoksi osa siitä joudutaan tekemään kuiduksi. Tämän osuuden ennustamiseksi simulaattorissa on käytössä tukkivähennysmalli (Hynynen ym. 2002), joka ennustaa, kuinka suuri osuus rungon teoreettisesta tukkiosuudesta ei laatunsa puolesta kelpaa tukiksi.

Aikaisemmissa MELA-versioissa käytetty tukkivähennysmalli pohjautuu Päivisen (1983) valtakunnan metsien 7. inventoinnin aineistossa havaitsemiin teoreettisen ja todellisen tukkitilavuuden eroihin. Tukkitilavuuksien erot on laskettu ikä- ja läpimittaluokittain. Kunkin ikäluokan (ikäluokat 1-20, 21-40, ..., 181-200, yli 200) sisällä tukkivähennys on vakio ja muuttuu hyppäyksittäin siirryttäessä seuraavaan ikäluokkaan (ks. kuva 4a). Läpimittoja on puulajista riippuen kaksi tai kolme, ja näiden läpimittojen välille ennuste lasketaan lineaarisella interpoloinnilla tai ekstrapoloinnilla (ks. kuva 4b). Jos tukkivähennysennusteesta saadaan suurempi kuin yksi tai pienempi kuin nolla, korjataan ennuste ykköseksi tai nollassi.

VMI7:n aineisto on kerätty vuosina 1977-1984 ja aineiston keruussa on sovellettu ao. ajankohdan tuki- ja laatuvaatimuksia. Myös koepuun apteraus on toteutettu niin, että tukkivähennyksen laskenta koepuista ei ole aivan yksiselitteistä. Vanha tukkivähennysmalli ei huomioi mitenkään puun laadun alueellista vaihtelua. Taulukkomuotoinen toteutus aiheuttaa tukkiosuuteen hyppäyksiä, minkä vuoksi optimoinnissa on riski, että valituksi tulevat esimerkiksi hakkuut juuri ennen kuin tukkiosuus hyppää seuraavan ikäluokan arvoon.

Tässä tutkimuksessa tavoitteena oli laatia ensisijaisesti MELA-simulaattoria varten valtakunnalliset tukkivähennysmallit männylle, kuuselle, raudus- ja hieskoivulle sekä haavalle. Mallien on oltava laadinta-aineistossa harhattomia. Niiden on kuvattava realistisesti tukkivähennyksen kehitys iän ja läpimitan funktiona. Mallien on lisäksi annettava uskottavia tuloksia myös ongelma-alueilla, joita ovat Etelä-Suomen tyvilahokuusikot, Ahvenanmaan maakunta, meren rannikkoalueet ja lakialueet. Jotta MELA-käyttäjät saisivat käsityksen siitä, miten tukkivähennysmallin muuttaminen vaikuttaa metsälaskelmiin, esitetään tässä työssä rinnakkain sekä vanhalla että uudella mallilla laskettuja testituloksia.

2 Aineisto ja menetelmä

Mallien laadinta-aineistona käytettiin valtakunnan metsien 8. (Pohjois-Suomi) ja 9. (Etelä-Suomi) inventoinnin kertakoealojen koepuuaineistoja vuosilta 1992 – 2000. Aineisto kattaa koko Suomen Kalajokilaaksoa lukuun ottamatta. Metsäkeskusrajojen muuttumisen vuoksi Kalajokilaakso on mitattu aikaisemmin kuin muu Pohjois-Suomi ja tukkien mitta- ja laatuvaatimukset sekä koepuiden apteeraus ovat muuttuneet merkittävästi tänä aikana. Puuttuva alue on kuitenkin pieni ja sen ympäristöstä on mittauksia, joten malleja voitaneen käyttää myös tuolla alueella.

Valtakunnan metsien inventoinnissa kaikki tukkikokoiset koepuut apteerataan laatuosiin, joita ovat I, II ja III laadun tukki, haarapuun tukkiosa, raakki, pakkokatkaisu ja lehtipuilla lisäksi välivähennys (Valtakunnan... 1997). Viimeisen laatuosan pituudeksi merkitään +, ja laskennallinen tukkiosan päättymiskorkeus määritetään laskentavaiheessa runkokäyrältä. Tukkiosan päättymisläpimitta oli männyllä 15, kuusella 16 ja lehtipuilla 18 senttimetriä. Tukki vähennyksen laskentaa varten kullekin rungolle muodostettiin polynomimuotoinen runkokäyrä Laasasenahon (1982) kolmen tunnuksen yhtälöillä. Runkokäyrältä laskettiin teoreettisen tukkiosan tilavuus ja eri laatuosien tilavuudet, joiden avulla saatiin edelleen laskettua tukki vähennys. Tukki vähennyksen kuvaaja iän funktiona on selvästi U- kirjaimen muotoinen (kuva 1). Muoto johtuu siitä, että pienillä puilla lenkous, mutkat, haarat ja korot ovat lähes aina tukki vähennyksen synä, mutta iän ja läpimitan kasvaessa näiden merkitys pienenee kylestymisen seurauksena ja puun teoreettisen tukkiosan kasvaminen tuo lisää pelivaraa apteeraukseen. Samalla puun ikääntyessä laho alkaa lisääntyä ja muilla puulajeilla kuin kuusella myös oksien paksuntuminen pienentää tukki osuutta.

Kunkin puun teoreettinen tukkiosa koostuu kahdesta osasta: tukiksi kelpaavasta ja tukiksi kelpaamattomasta raakkiosasta. Tukki vähennystä mallitettaessa tavoitteena on ennustaa raakin osuus teoreettisesta tukki osasta. Tällaisessa tilanteessa voidaan käyttää logistista regressiota (Hosmer & Lemeshow 1989, Lappi 1993). Kun havaintoja painotetaan puun teoreettisen tukkiosan tilavuudella ja etsitään parametreille suurimman uskottavuuden estimaatit, saadaan tukki tilavuuden suhteen harhaton malli (ks. Mehtätalo 2002).

3 Tukki vähennysmallit

Tukki vähennysmallit laadittiin erikseen männylle, kuuselle, rauduskoivulle, hieskoivulle ja haavalle. Muille lehtipuille käytetään hieskoivun mallia ja muille havupuille männyn mallia. Havupuille estimoitiiin erikseen Etelä-Suomen ja Pohjois-Suomen mallit. Lehtipuiden mallit kattavat koko Suomen, mutta Etelä- ja Pohjois-Suomi on eroteltu valemuuttujan *POHJ* avulla.

Tykkyrajan yläpuolella tukki vähennys on huomattavasti suurempi kuin muualla (esim. Norokorpi & Kärkkäinen 1985). Tykkyraja etsittiin visuaalisesti laadinta-aineistosta, ja sille estimoitiiin yhtälö

$$t = \frac{11}{80} * y - 741,25,$$

jossa t on tykkyrajan korkeus (m) ja y metsikön y -koordinaatti yhteiskoordinaatistossa (km). Mallissa selittäjänä käytettiin puun sijaintipaikan korkeutta tykkyrajan yläpuolella (ktr). Jos metsikkö on tykkyrajan alapuolella, saa muuttuja ktr arvokseen nollan.

Seuraavassa esitetään laaditut tukkivähennysmallit. Mallilla voidaan laskea tukkivähennyksen logit-muunnos \hat{l} , joka muutetaan tukkivähennystä kuvaavaksi suhteelliseksi osuudeksi kaavalla

$$\hat{s}_i = \frac{\exp(\hat{l}_i)}{1 + \exp(\hat{l}_i)}.$$

Kunkin mallin kohdalla ilmoitetaan myös selitysaste (R^2), joka kertoo, kuinka suuren osan tukkitilavuuden vaihtelusta malli selittää.

Malleissa on käytetty seuraavia muuttujia ja yksiköitä. Jatkuvat muuttujat: t =puun rinnankorkeusikä (vuotta), d =puun rinnankorkeusläpimitta (cm), yk =metsikön y -koordinaatti yhteiskoordinaatistossa (km, vaihteluväli 6600-7800), xk =metsikön x -koordinaatti yhtenäiskoordinaatistossa (km, vaihteluväli 0-800), kmp =metsikön korkeus meren pinnasta (m), ktr =metsikön korkeus tykkyrajan yläpuolella (m), dd =lämpösusma. Dummymuuttujat: *IST*: 1, jos puu on istutettu, *AHV*: 1, jos puu sijaitsee Ahvenanmaan metsäkeskuksen alueella, *POHJ*: 1, jos puu sijaitsee Pohjois-Pohjanmaan, Kainuun tai Lapin metsäkeskuksen alueella, *SUO*: 1, jos metsikkö sijaitsee suolla, *REH*: 1, jos metsikön metsätyyppi on lehtomainen kangas tai rehevämpi tai vastaava suo, *KAR*: 1, jos metsätyyppi on kuiva kangas tai karumpi tai vastaava suo.

Mänty, metsämaa, Etelä-Suomi ($n=8545$, $R^2=0,24$):

$$\begin{aligned} \hat{l} = & -7,3009 + 0,037655 * t - 3,5681 * \ln(t) - 0,21835 * d + 0,0030901 * d^2 \\ & + 0,0041763 * yk - 0,79743 * \ln(yk - 6600) - 0,45486 * \ln(kmp + 1) + 0,28321 * SUO \\ & + 0,46073 * REH + 0,63234 * KARU + 1,5904 * AHV. \end{aligned}$$

Mänty, metsämaa, Pohjois-Suomi ($n=4194$, $R^2=0,32$):

$$\begin{aligned} \hat{l} = & -21,946 + 5,1441 * \ln(t) + 98,187 \frac{1}{\sqrt{t}} + 0,17140 * d \\ & + 131,85 \frac{1}{d} - 0,0012803 * xk - 2,9390 * \ln(dd) - 0,29093 * \ln(kmp + 1) \\ & + 0,020533 * ktr + 0,54559 * SUO + 0,60294 * REH. \end{aligned}$$

Mänty, kitumaa, koko Suomi ($n=281$, $R^2=0,16$):

$$\hat{l} = -12,770 + 2,2270 * \ln(t) + 206,52 \frac{1}{t} + 0,073237 * d - 0,0041327 * kmp + 0,014156 * ktr.$$

Kuusi, metsämaa, Etelä-Suomi ($n=8007$, $R^2=0,094$):

$$\hat{l} = 20,607 - 0,0048525 * t + 0,000055601 * t^2 + 0,1893 * d - 8,1864 * \ln(d) \\ + 1,4926 * \frac{d}{t} - 0,015999 * \min(kmp, 60) + 0,15384 * SUO + 3,6382 * REH \\ - 0,0024928 * DD * REH - 0,0038257 * KMP * REH + 0,28839 * IST + 0,71816 * AHV.$$

Kuusi, metsämaa, Pohjois-Suomi ($n=1692$, $R^2=0,22$):

$$\hat{l} = 6,8407 + 0,012288 * t + 96,451 \frac{1}{t} + 8,7860 * \ln(d) + 298,08 \frac{1}{d} \\ - 0,016019 * xk - 3406,9 \frac{1}{xk} - 5,0658 * \ln(dd) - 0,0056841 * kmp \\ + 0,016294 * ktr + 0,33608 * SUO.$$

Kuusi, kitumaa, Etelä-Suomi ($n=3$):

$$\hat{s} = 0,42238$$

Kuusi, kitumaa, Pohjois-Suomi ($n=51$, $R^2=0,34$):

$$\hat{l} = 47,756 + 2,6682 * \ln(t) + 0,82210 * d - 25,113 * \ln(d).$$

Rauduskoivu, metsämaa, koko Suomi ($n=966$, $R^2=0,22$):

$$\hat{l} = -13,206 - 0,022152 * t + 0,00017274 * t^2 + 0,10461 * d + 73,331 \frac{1}{d} \\ + 0,0011674 * yk + 0,0068617 * kmp - 0,010920 * \min(kmp, 120) \\ + 2,2391 * KARU + 1,4009 * AHV + 0,61297 * POHJ.$$

Hieskoivu, metsämaa, koko Suomi ($n=1053$, $R^2=0,19$):

$$\hat{l} = -34,424 + 0,053201 * t - 3,6748 * \ln(t) + 0,14601 * d + 81,251 \frac{1}{d} \\ + 0,0066105 * yk - 1,1061 * \ln(yk - 6600) + 1,8708 * AHV.$$

Haapa, metsämaa, koko Suomi ($n=333$, $R^2=0,23$):

$$\hat{l} = -6,2056 + 0,011367 * t + 0,023935 * d + 0,71908 * \ln(yk - 6600) + 0,78840 * \ln(xk) \\ + 0,016862 * kmp - 1,1863 * \ln(kmp + 1) - 0,78538 * SUO + 0,51573 * POHJ.$$

Rauduskoivu ($n=3$), hieskoivu ($n=1$) ja haapa ($n=1$), kitumaa, koko Suomi:

$$\hat{s} = 1,0.$$

4 Mallien toiminnan tarkastelua

4.1 Mallien harha laadinta-aineistossa ja vertailu VMI:n tuloksiin

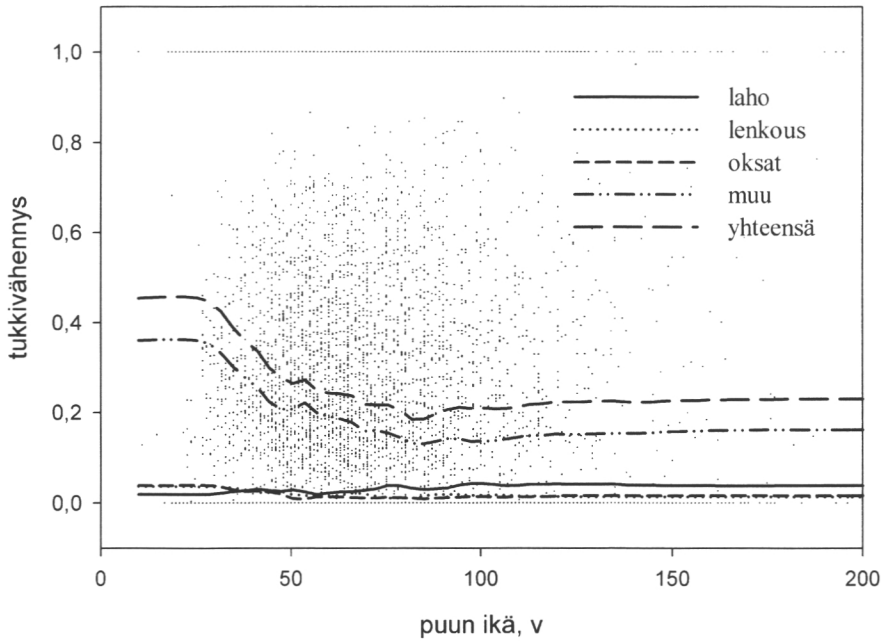
Tukkivähennysmallin harha prosentteina teoreettisen tukkiosan tilavuudesta laskettiin kaavalla

$$b_v = \frac{\sum_{i=1}^n \hat{v}_i - \sum_{i=1}^n v_i}{\sum_{i=1}^n V_i} \times 100\%,$$

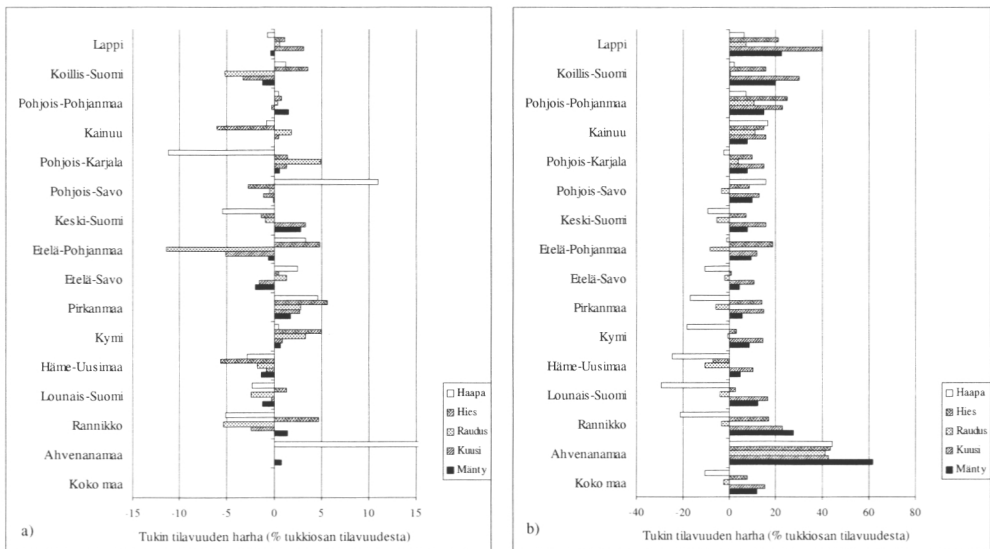
jossa v_i on puun i todellinen ja \hat{v}_i ennustettu tukin tilavuus ja V_i puun i teoreettisen tukkiosan tilavuus. Harha laskettiin sekä koko maassa että erikseen kullekin metsäkeskukselle.

Koko maan tasolla tukkivähennysmallit ovat harhattomia (kuva 2a). Metsäkeskuksittain tarkasteltuna havupuiden harhat ovat pääsääntöisesti vain muutamia prosentteja. Muilla puulajeilla harhat ovat suurempia, mikä johtuu pääasiassa siitä, että havaintomäärät ovat pienempiä kuin männyllä ja satunnaisvaihtelun vuoksi arviot eivät satu kohdalleen. Pohjoisen tai etelän metsäkeskukset eivät poikkea harhan suhteen muista metsäkeskuksista, joten mallit näyttäisivät toimivan kaikilla alueilla vähintäänkin kohtuullisesti. Sen sijaan vanhoilla tukkivähennysmalleilla (kuva 2b) harhojen itseisarvot ovat Pohjois-Suomessa ja merenrannikon metsäkeskuksissa selvästi suurempia kuin muualla maassa. Havupuiden vanhoilla malleilla lasketut tukkitilavuudet ovat selkeitä yliarvioita varsinkin Pohjois-Suomessa, Ahvenanmaalla ja Rannikon metsäkeskuksessa. Lehtipuiden yliarviot eivät ole niin suuria, ja haavalla saadaan jopa selviä aliarvioita. Kuvan 2 perusteella voidaan arvioida sitä, miten tukkiisuus muuttuu tukkivähennysmallin vaihtumisen seurauksena. Männyllä ja kuusella tukkiisuus pienenee selvästi. Koivuilla vaikutus ei ole niin selvä ja haavalla tukkiisuus jopa kasvaa. Alueellisesti tarkasteltuna suurimmat muutokset koskevat Pohjois-Suomea, Rannikkoa ja Ahvenanmaata, jossa tukkiisuudet saattavat pienentyä jopa kymmeniä prosentteja.

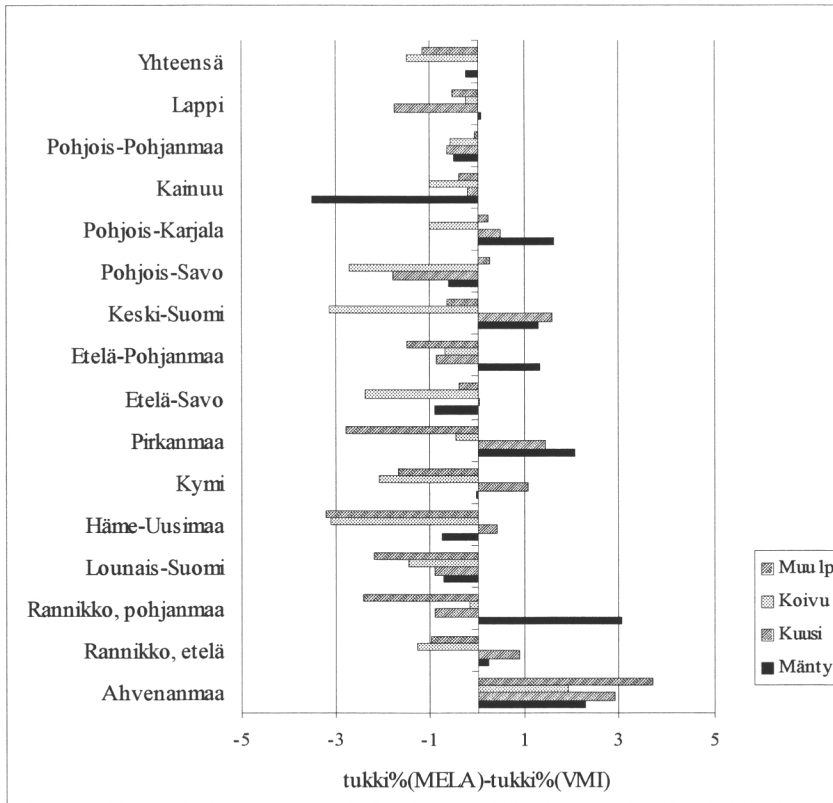
VMI-aineistosta muodostettua MELA-aineistoa simuloitiin uuden tukkivähennysmallin sisältävällä simulaattorilla. Tulosteiden tukki- ja kokonaistilavuuksista laskettiin metsäkeskuskohtaiset tukkiisuudet ja niitä verrattiin Metsätieteen aikakauskirjassa julkaistuihin VMI:n tuloksiin (esim. Tomppo ym. 1998). Molemmassa laskelmissa lähtöaineistona ovat samat puut. Havupuilla saadut tukkiprosentit ovat aika lähellä toisiaan, mutta lehtipuilla MELA antaa hieman pienempiä tukkiisuuksia kuin VMI:n julkaistut tulokset (kuva 3). Yksi mahdollinen selitys tähän on, että uuden tukkivähennysmallien laadinnassa on käytetty vain VMI:n kertakoealojen puita, kun taas VMI:n laskenta perustuu sekä kertakoealoihin että pysyviin koealoihin. Koska pysyvillä koealoilla puita ei kairata, saattaa niissä jäädä suurempi osa lahosta havaitsematta kuin kertakoealoilla ja siksi VMI:n tuloksista saatu tukkiprosentti on suurempi kuin MELA:n antama. Vanhaa tukkivähennysmallia käytettäessä MELA:n tukkiprosentin ja VMI:n tukkiprosentin erotukseksi saatiin männyllä 5,6, kuusella 10,7, koivulla -0,7 ja muilla lehtipuilla -3,7 prosenttiyksikköä.



Kuva 1. Eri syistä johtuva tukkivähennys Etelä-Suomen kuusiaineistossa puun rinnankorkeusiän suhteen. Pisteet kuvaavat havaittuja kokonaistukkivähennyksen havaittuja arvoja ja viivat ovat kokonaistukkivähennyksen sekä eri syistä johtuvien tukkivähennysten pisteparveen tasoitettuja kuvaajia. Luokkaan muu kuuluvat mutkat, korot, runkoviati, vieraat esineet yms.



Kuva 2. Melan uuden (a) ja vanhan (b) tukkivähennysmalliperheen harha uusien mallien laadinta-aineistossa. Pohjois-Suomessa on käytetty vanhaa VMI8:n aikaista metsäkeskusjakoa. Huomaa kuvien erilainen skaalaus.



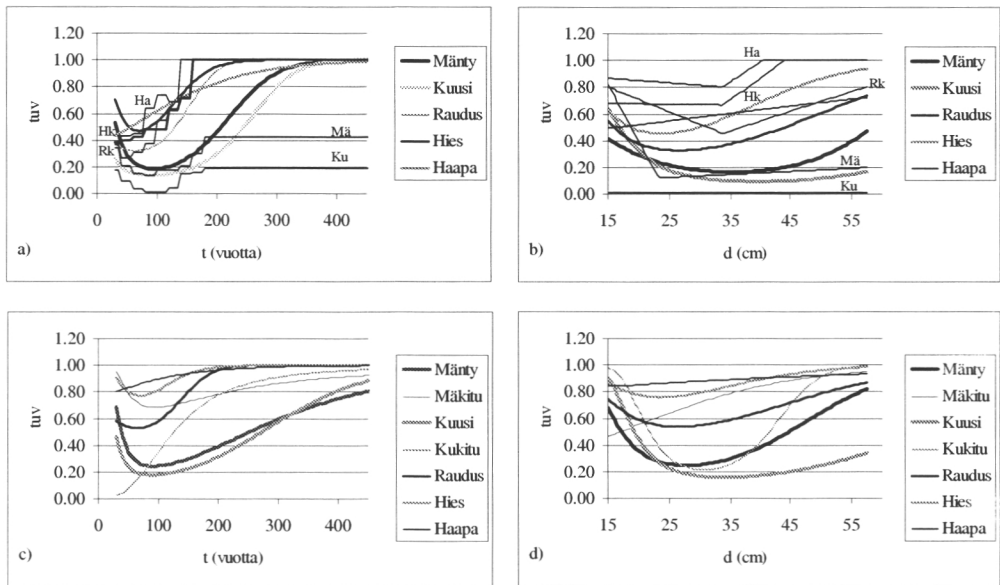
Kuva 3. Uudella MELA-simulaattorilla VMI:n metsäkeskusaineistosta lasketun tukkiprosentin ja VMI:n julkaistujen tulosten mukaisen tukkiprosentin ero metsäkeskuksittain. Laskentaa varten MELA:n tilavuustaulukko muutettiin VMI:n mittavaatimuksia vastaavaksi.

4.2 län ja läpimitan vaikutus yksittäisen puun tukkivähennysennusteeseen

Tukkivähennysmallien toimintaa tarkasteltiin kasvattamalla joko puun ikää tai läpimittaa, kun muut tukkivähennyksen ennusteeseen vaikuttavat tekijät oli vakioitu. Samalla verrattiin uusia ja vanhoja tukkivähennysmalleja keskenään. Metsämaan haavan ja kitumaan männyn mallia lukuun ottamatta kaikkien mallien kuvaaja sekä iän että läpimitan suhteen on U- käyrä (Kuva 4). Haavan ja männyn kitumaan mallien muoto johtuu siitä, että pienen havaintomäärän ja suuren satunnaisvaihtelun vuoksi aineistosta ei voitu löytää U-muotoa. Kuvissa kuusen ja männyn kuvaajat ovat lähellä toisiaan, samoin hies- ja rauduskoivun käyrät. Havupuilla tukkivähennys kääntyy nousuun n. 30 vuotta myöhemmin kuin lehtipuilla, ja 200-vuotiaista lehtipuista ei enää juurikaan saada tukkia. Sen sijaan vielä 300-vuotiaistakin havupuista voidaan uudenkin mallin mukaan saada jonkun verran tukkia.

Vanhaa ja uutta tukkivähennystä puun iän suhteen tarkasteltaessa mallien muodossa voidaan nähdä yhtäläisyyksiä, mutta uusissa malleissa tukkivähennys kehitty tasaisesti kun se vanhoissa malleissa muuttui mallin taulukkomuodon vuoksi hyppäyksinä 20 vuoden välein (Kuva 4a). Havupuilla sekä vanhojen että uusien mallien kuvaajan käännekohta oli 100 vuoden kohdalla. Lehtipuiden mallien kuvaajissa ei ole nähtävissä selvää käännekohtaa. Vanhojen lehtipuiden tukkivähennysennuste poikke-

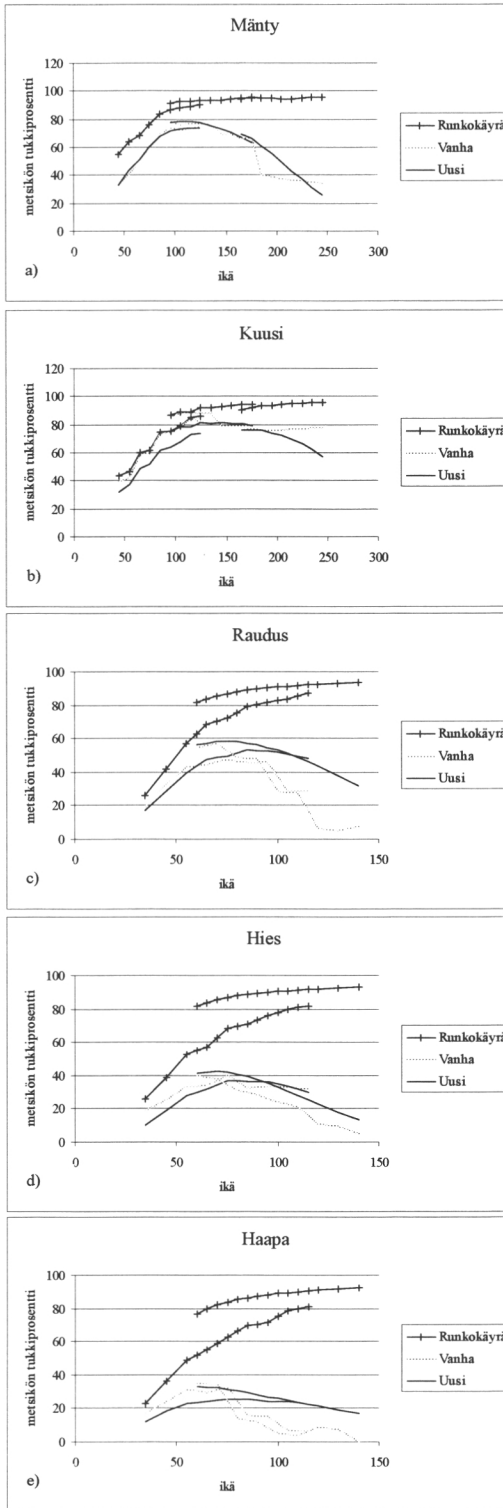
aa selvästi uusien ja vanhojen mallien välillä. Vanhat mallit eivät anna tukkia lainkaan yli 160-vuotiaista lehtipuista, kun taas uudet mallit antavat vähän tukkia aina 200 ikävuoteen asti. Havupuilla vanhoilla malleilla saatiin tukkia kuinka vanhoista puista tahansa, kun taas uusilla malleilla tukkiosuus lähestyy nolaa iän kasvaessa. Lämpimän suhteen tarkasteltuna (Kuva 4b) vanhojen mallien muoto poikkeaa selvästi uusien mallien muodosta. Vanhoissa malleissa tukkivähennys laskee lineaarisesti määrättyyn läpimittaan asti, minkä jälkeen se kääntyy nousuun ja nousee lineaarisesti kunnes saavuttaa ykkösen. Kuusella läpimitta ei vaikuttanut tukkivähennykseen lainkaan. Uusilla malleilla tukkivähennys muuttuu tasaisesti ja käyrien käännekohtat ovat myös selvästi eri läpimittojen kohdalla kuin vanhoissa malleissa.



Kuva 4. Yksittäisen puun tukkivähennys rinnankorkeusiän kasvaessa, kun läpimitta on 28 cm (a ja c) ja läpimitan kasvaessa kun rinnankorkeusikä on 80 v ja (b ja d). Muiden tekijöiden vaikutus on vakioitu niin, että kuvien a ja b puu sijaitsee Tampereen ja Jyväskylän välimaastossa ($kmp=100$ m, lämpösomma = 1200 dd, MT-kangas) ja kuvien c ja d puu Pudasjärven eteläosassa ($kmp=200$ m, lämpösomma=900 dd, MT-kangas). Kuviiin a ja b on lisäksi piirretty MELA:n vanhan tukkivähennysmallin kuvaajat (epäsäännölliset murtoviivat) ja kuviiin c ja d männyn ja kuusen kitumaan mallien kuvaajat.

4.3 Metsikön tukkiosuuden iänmukainen kehitys

Metsikön tukkiosuuden kehitystä iän kasvaessa tutkittiin MELA-simulaattorilla, jossa oli uudet tukkivähennysmallit ja tuloksia verrattiin vanhan MELA:n tuloksiin. Testausta varten muodostettiin havupuille 3 ja lehtipuille 2 eri ikäistä yhden puulajin metsikköä (Taulukko 1). Metsiköt sijaitsevat Tampereen seudulla. Kutakin metsikköä simuloitiin 80 vuotta käyttäen vanhaa tukkivähennysmallia, uutta tukkivähennysmallia sekä ilman tukkivähennystä. Simuloinnin yhteenvetotulosteesta laskettiin metsikön tukkiprosentti 10 vuoden välein. Simulointien tulokset ovat kuvassa 5. Kaikilla puulajeilla näkyy selvästi, että vanhalla simulaattorilla tukkiosuuden kuvaajissa saattaa olla suuriakin hyppäyksiä, mutta uudella simulaattorilla tuotetut kuvaajat ovat selvästi tasaisempia.



Kuva 5. Keinotekoisien yhden puulajin metsikön tukkiosuuden kehitys 80 vuoden simuloinnin aikana eri puulajeilla, kun tukkivähennysmallia ei käytetty (runkokäyrä), käytettiin vanhaa tukkivähennysmallia (Vanha) ja uutta mallia (Uusi). Metsiköiden metsikkötunnuksia simuloinnin alussa on taulukossa I.

Taulukko 1. Kuvan 5 metsiköiden tietoja simuloinnin alussa.

<i>puulaji</i>	<i>rinnankorkeusikä</i>	<i>PPA</i>	<i>keskiläpimitta</i>	<i>keskipituus</i>
mänty	45	20	19	16
mänty	95	20	32	24
mänty	165	20	38	25
kuusi	45	20	19	16
kuusi	95	20	32	24
kuusi	165	20	38	25
raudus	35	20	19	18
raudus	60	20	29	24
hies	35	20	19	18
hies	60	20	29	24
haapa	35	20	19	18
haapa	60	20	29	24

Männyllä uuden ja vanhan tukkivähennyksen kuvaajien tasot eivät tällä alueella juurikaan eroa (Kuva 5a, vrt kuva 4a). Molemmilla malleilla tukkiprosentti kääntyy laskuun 100-120 vuoden iässä. Ainoa merkittävä ero kuvaajien tasossa on silloin, kun metsikkö ikääntyy yli 180-vuotiaaksi. Uudella simulaattorilla tukkiprosentti laskee koko ajan tasaisesti, kun vanhalla mallilla 180 vuoden kohdalla on suuri hyppäys ja sen jälkeen tukkiosuus laskee hyvin hitaasti. Kuusella tukkiosuuden taso on uudella simulaattorilla tällä alueella alle 130-vuotiaassa metsikössä n. 10 prosenttiyksikköä matalampi kuin vanhalla simulaattorilla (Kuva 5b, vrt kuva 4a). Vanhalla simulaattorilla tukkiosuus ei muuttunut enää 150 ikävuoden jälkeen, kun taas uusilla malleilla tukkiosuus pienenee tasaisesti puiden lahotessa.

Kaikilla lehtipuilla selvin ero vanhan ja uuden simulaattorin välillä on se, että uudella simulaattorilla puut lahoavat selvästi hitaammin kuin vanhalla (Kuvat 5c – 5e). Käyrän käännekohta on kuitenkin suunnilleen samassa paikassa, eli noin 70 – 90 vuoden kohdalla.

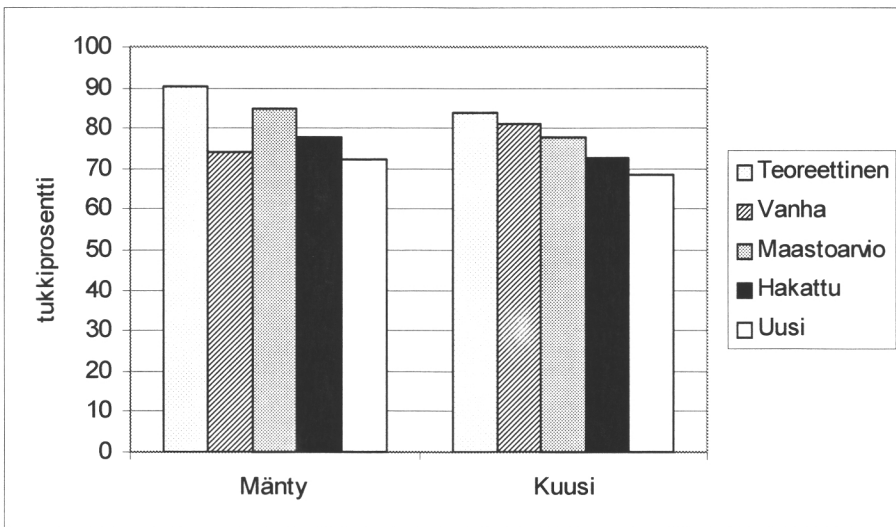
4.4 Mallien testaus päätehakkuuleimikkoaineistossa

Mallien testauksessa käytettiin aineistoa, joka koostuu 37 kivennäismaan havupuuvaltaisesta päätehakkuukuviosta (Hyvönen 2001). Metsiköt sijaitsevat Keski-, Kaakois- ja Itä-Suomessa kolmen eri metsäyhtiön mailla. Kultakin kuviolta on mitattu 3 - 5 koealaa ja koealan pohjapinta-alamediaanipuu on mitattu koepuuna. Koepuista on arvioitu tavanomaisten koepuutunnusten lisäksi tukkivähennysprosentti. Mitatut kuviot on hakattu metsäkoneella, ja koneen kuviokohtaisilta tulosteilta voitiin laskea kertymän tukkiprosentti.

Lukupuiden perusteella lasketun käyttöpuun tilavuuden ja hakkuukertymän tukkiprosentin avulla laskettiin kullekin metsikölle tukkipuuston tilavuus. Hakkuussa toteutunutta tilavuutta ei käytetty suoraan, jotta kokonaistilavuuden ja pinta-alan arviointivirheet eivät vaikuttaisi tuloksiin. Lukupuille ennustettiin tukkivähennys vanhalta ja uudella tukkivähennysmallilla ja saatujen tukkitilavuuksien avulla laskettiin edelleen kunkin metsikön ennustettu tukkitilavuus. Koepuiden maastossa arvioitu tukkivähennys yleistettiin koealan lukupuille ja niiden avulla laskettiin maastoarvioon perustuva tukkitilavuus. Eri leimikoiden eri menetelmillä saadut tukkitilavuudet sekä kokonaistilavuudet summattiin puulajeittain ja saaduista kokonaistilavuudesta tukkitilavuuksista laskettiin aineiston toteutunut ja ennustettu tukkiprosentti.

Sekä kuusella että männyllä uudella tukkivähennysmallilla saatu tukkiprosentti on pienempi kuin toteutunut tukkitilavuus (Kuva 6). Toisaalta maastoarvion perusteella laskettu tukkiprosenttikaan ei ole yhtään lähempänä toteutunutta tukkiprosenttia kuin mallilla saatu. Vanhoilla malleilla männyn tukkiprosentti on vain hieman korkeampi kuin uusilla malleilla, mutta kuusella ero on yli 12 prosenttiyksikköä. Uusilla malleilla molemmilla puulajeilla tukkiosuuden aliarvio on samaa luokkaa, ja uusilla malleilla voidaan siksi paremmin vertailla eri puulajeja keskenään kuin vanhoilla malleilla.

Tuloksia tarkasteltaessa on otettava huomioon se, että käytetty testiaineisto koostuu päätehakuuleimikoista, joista huonot puut on jo harvennuksissa poistettu, kun taas mallin laadinta-aineisto sisältää kaikenlaisia metsiköitä. Siksi tukkivähennysmalli aliarvioi tukin määrää päätehakuuleimikoissa ja luultavasti vastaavasti yliarvioi tukin määrää harvennushakuuleimikoissa.



Kuva 6. Eri menetelmillä arvioidut tukkiprosentit sekä hakkuussa toteutunut tukkiprosentti puulajeittain päätehakuuleimikkoaineistossa.

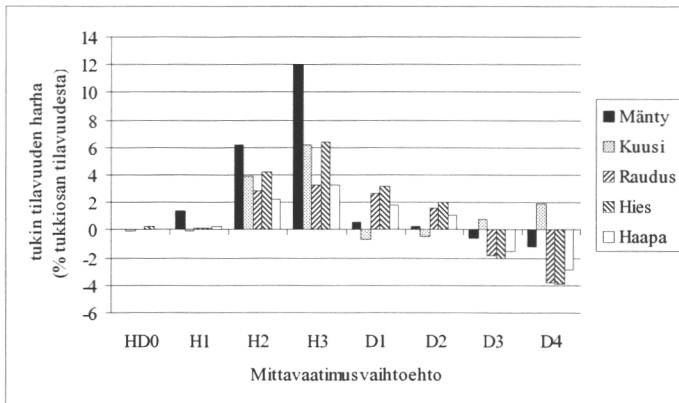
4.5 Mallien herkkyys tukin mittavaatimusten muutoksille

Herkkyysanalyysissä tukin minimipituutta tai minimiläpimittaa muutettiin ja rungot apteerattiin uusilla mittavaatimuksilla. Tukin minimipituuden herkkyysanalyysissä voitiin tehdä vain aineiston keruussa käytettyjä minimipituuksia pitempiä tukkeja. Latvaläpimittaa herkkyysanalyysissä voitiin muuttaa molempiin suuntiin, koska rungon viimeisen laatuosan pituus määritetään vasta laskentavaiheessa runkokäyrältä. Tällöin oletettiin, että viimeistä merkittävää tukin laatuosaa jatkuu myös VMI:n minimiläpimitan jälkeen. Käytetyt mittavaatimukset eri mittavaatimusvaihtoehdoissa ovat taulukossa 2.

Tukin minimipituuden muuttaminen kasvattaa tukkivähennysmallin harhaa nopeasti (kuva 7). Männyllä jo tukin minimipituuden 30 cm:n lisäys (vaihtoehto H2) kasvattaa tukkivähennysmallin harhan 6%:iin teoreettisen tukkiosan tilavuudesta. Muilla puulajeilla vaikutus on pienempi. Suuri herkkyys tukin minimipituuden muutoksille johtuu siitä, että tukin minimipituutta kasvatettaessa rungosta saatavan tukin tilavuus joko pienenee tai pysyy ennallaan, mutta teoreettisen tukkiosan tilavuus ei muutu.

Taulukko 2. Herkkyyksianalyyssissä käytetyt mittavaatimusvaihtoehdot. Pituutta muutettaessa on käytetty VMI:n minimiläpimittoja ja minimiläpimittaa muutettaessa VMI:n minimipituuksia. Lehtipuilla tukin saamisen ehtona on ollut lisäksi, että rungosta on tultava vähintään kaksi tukkimoduulia.

Vaihtoehto	Mänty		Kuusi		Lehtipuut
	I	II ja III	Tukin laatuluokka		I, II, ja III
	<i>Havutukin/ lehtipuutukin moduulin minimipituus, dm</i>				
H1	31	40	40		15
H2	34	43	43		18
H3	49	49	49		20
	<i>Tukin minimilatvaläpimita, cm</i>				
D1		12	12		14
D2		14	14		16
D3		17	18		20
D4		20	20		22



Kuva 7. Tukkitilavuuden harha puolajettain eri mittavaatimusvaihtoehdoilla. Vaihtoehdossa HD0 on käytetty VMI:n mittavaatimuksia.

Siksi tukkivähennysmallilla saatava tukkitilavuuden ennuste ei myöskään muutu ja tukkisaannon pieneneminen näkyy kokonaisuudessaan tukkivähennysmallin harhan kasvuna.

Minimilatvaläpimitan muuttumisen vaikutus oli selvästi pienempi kuin minimipituuden muuttumisen vaikutus. Havupuilla se on suurimmillaankin alle 2% teoreettisen tukkiosan tilavuudesta. Vaikutus mallin harhaan jää suhteellisen pieneksi siksi, että minimiläpimitan muuttaminen vaikuttaa myös teoreettisen tukkiosan tilavuuteen, jolloin myös mallilla ennustettu tukkitilavuus muuttuu.

Minimilatvaläpimitan kasvattaminen saa aikaan männyn ja lehtipuiden tukkiosuuden aliarvioimisen, mutta kuusella vaikutus on päinvastainen. Tämä selittyy sillä, että kuusella rungon viimeinen laatuosa on yleensä tukkilaatua kun taas männyllä ja lehtipuilla latva menee oksien ja mutkien vuoksi usein raakiksi. Apteerattaessa puita muutuneilla laatuvaatimuksilla oletettiin, että viimeinen laatuosa jatkuu myös VMI:ssä käytetyn tukin minimilatvaläpimitan yläpuolella. Siksi kuusella yleensä teoreettiseen tukkiosaan tullut lisä oli tukkia kun se muilla puulajeilla oli usein kuitua. Koska tukkivähennysmalli ennustaa tukkiosan päättymisläpimitasta riippumatta saman tukkiprosentin, näkyy ilmiö tukkivähennysmallin harhassa.

5 Päätelmiä

Vanhan tukkivähennysmallin puutteita olivat ainakin

- mallin harhaisuus
- kuusen ja männyn mallien välinen epätasapaino
- tukkivähennyksen alueellisen vaihtelun huomioimattomuus
- metsikön epämääräinen lahoaminen havupuilla
- epämääräinen käyttäytyminen optimoinnissa mallin kuvaajassa nähtävien hyppäysten takia
- mallin dokumentoimattomuus.

Tehtyjen tarkastelujen perusteella näyttäisi siltä, että uusi tukkivähennysmalli korjaa näitä kaikkia puutteita. Kuusella ja männyllä tukkivähennyksen ennuste on uusilla malleilla yli 10 prosenttiyksikköä suurempi kuin vanhoilla. Testien perusteella kuusen ja männyn välinen ero tukkivähennyksen tasossa näyttäisi nyt olevan kohdallaan (kuva 6), mikä saattaa näkyä uudella simulaattorilla tehdyissä laskelmissa siten, että mäntyä suositaan kasvatuksessa enemmän kuin ennen. Uuden mallin harhassa ei ole havaittavissa alueellisia trendejä. Kaikilla puulajeilla tukkivähennys lähestyy ykköstä puun iän kasvaessa, jolloin tukkiosuus lähestyy nolaa ja metsikön kasvattaminen yli-ikäiseksi tulee kannattamattomaksi. Tukkivähennyksen kuvaaja nousee tasaisesti puukoh- taisten tunnusten muuttuessa. Malli on dokumentoitu ja myös mallin herkkyyttä mit- tavaatimusten muutoksille on testattu. Seuraava vaihe mallin testauksessa onkin sen käyttö erilaisissa MELA-laskelmissa ja saatujen tulosten oikeellisuuden arviointi käy- tännön asiantuntemuksen valossa.

Tukkivähennysmallin selittäjänä ei ole mitään muuttujaa, joka kertoisi metsikön tiheydestä, puulajisuhteista, tehdyistä käsittelyistä tai puun asemasta metsikössä. Täl- laisia muuttujia kokeiltiin laadintavaiheessa selittäjiksi, mutta ne paransivat mallien selitysasetta vain 0,5-2 %. Muuttujien huono selitysvoima johtunee siitä, että tukki- vähennys on seurausta vuosikymmenien takaisesta ylitiheydestä tai kilpailuasemasta ja ihan viime vuosina tapahtuneet latvavauriot tms. eivät ole vielä ehtineet kasvaa niin pitkälle, että ne vaikuttaisivat tukkisaantoon. Toisaalta metsikkökohtaisten puustotun- nusten arvot muuttuvat hakkuissa äkillisesti, minkä vuoksi myös jäävien puiden tuk- kivähennyksen ennuste muuttuu äkillisesti. Tällainen toiminta saattaisi tulla ongel- maksi optimoinnissa. Näiden syiden vuoksi metsikkökohtaisia puustotunnuksia ei otettu malliin selittäjiksi lainkaan.

Tukkivähennysmalli ennustaa keskimääräisessä suomalaisessa metsikössä kasva- van tietyn kokoisin ja ikäisen puun keskimääräisen tukkivähennyksen. Jos metsikkö on keskimääräistä parempilaatuinen, on saatu tukkivähennysennuste luultavasti liian suuri ja päinvastoin. Tämän vuoksi esimerkiksi harvennetuissa päätehakkuuleimikoissa malli luultavasti ennustaa liian vähän tukkia, kun taas hoitamattomissa harvennus- metsissä tukkia ennustetaan tulevaisuuteen liian paljon.

Koska mallin laadinta-aineisto on otos hakkuin käsitellyistä metsistä, on osa laa- dinta-aineistoon kuuluvista puista poistunut hakkuissa. Nämä puut ovat, mikäli met- sänhoitosuosituksia on noudatettu, metsikön heikkolaatuisimpia puita, ja siksi niiden tukkivähennys on suurempi kuin metsikköön jääneiden puiden tukkivähennys. Malli

ei siten kuvaa puun tukkivähennystä luonnonmetsässä vaan keskimääräisessä suomalaisessa metsässä.

Luonnossa tukkivähennys saa hyvin paljon arvoja 0 ja 1 ja vain osalla puista tukkivähennys on tällä välillä (Kuva 1). Malli ei kuvaa ilmiötä samanlaisena kuin se luonnossa esiintyy, vaan yksittäisen puun tukkivähennysennuste on aina jotain nollan ja ykkösen väliltä. Käytännössä malli antaa, kuten mallit yleensä aina antavat, määrättyissä olosuhteissa kasvavan määrätynlaisen puun tukkivähennyksen odotusarvon estimaatin, jota käytetään tukkivähennyksen ennusteena. Malli ei huomioi apteerauksen asettamia rajoitteita sille, minkä pituisia tukkeja voidaan tehdä. Siksi mallilla saatua tukkivähennystä ei voida yleensä toteuttaa puutasolla. Mallin antamasta ennusteesta puuttuu myös se satunnaisvaihtelu, joka saa harvennushakkuuta tekevän metsurin valitsemaan kahdesta samankokoisesta, vierekkäin kasvavasta puusta sen, jossa on koro, paksuja oksia tai latva poikki. Siksi mallia ei sellaisenaan voida käyttää simulaattorissa harvennushakkuissa poistettavien puiden valintaan: näin käytettynä simulaattori saattaisi poistaa esimerkiksi eteläsuomalaisesta istutuskuusikosta ensimmäiseksi kaikki istutetut kuuset.

Kirjallisuus

- Hosmer, D. W. & Lemeshow, S. 1989. Applied logistic regression. A Wiley interscience publication. John Wiley & sons. New York. 307 s.
- Hynynen, J., Ojansuu, R., Hökkä, H., Salminen, H., Siipilehto, J. & Haapala, P. 2002. Models for predicting the stand development – description of biological processes in MELA system. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 835. 116 s.
- Hyvönen, P. 2001. Maastomittaukset ja MELA2000. Julkaisussa: Nuutinen, T. & Suokas, A. (toim.). MELA2000 ja muuttuva metsänkäsittely. MELA-käyttäjäpäivä 21.11.2000 Joensuu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 814: 44-52.
- Laasasenaho, J. 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. Männyn, kuusen ja koivun runkokäyrä- ja tilavuusyhtälöt. Comm. inst. for. Fenn. 108. 74s.
- Lappi, J. 1993. Metsäbiometrian menetelmiä. Silva Carelica 24. Joensuun yliopisto, Metsätieteellinen tiedekunta. 182 s.
- Mehtätalo, L. 2002. Valtakunnalliset tukkivähennysmallit männylle, kuuselle, koivuille ja haavalle. Metsätieteen aikakauskirjaan toimitettu käsikirjoitus.
- Norokorpi, Y. & Kärkkäinen, S. 1985. Maaston korkeuden vaikutus puusto- ja kasvu- paikkatunnuksiin sekä tykkytuhoihin Kuusamossa. Folia Forestalia 632. Metsäntutkimuslaitos, Helsinki. 26 s.
- Ojansuu, R. & Hynynen J., Koivunen J., Luoma P. 1991. Luonnonprosessit metsälaskelmassa (MELA) - Metsä 2000 -versio. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 385. 59 s.
- Päivinen, R. 1983. Metsikön tukkiosuuden arviointimenetelmä. A Method for estimating the sawlog percentage in Scots pine and Norway spruce stands. Folia Forestalia 564. Metsäntutkimuslaitos, Helsinki. 16 s.

- Tomppo, E., Henttonen, H., Korhonen, K.T., Aarnio, A., Ahola, A., Heikkinen, J., Ihalainen, A., Mikkilä, H., Tonteri, T. & Tuomainen, T. 1998. Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueen metsävarat ja niiden kehitys 1968-97. Metsätieteen aikakauskirja - Folia Forestalia 2B/1998: 293-374.
- Valtakunnan metsien 9. inventointi (VMI9). Maastotyön ohjeet 1997. Etelä-Pohjanmaa, Keski-Pohjanmaa (eteläosa), Rannikko (länsiosa). Metsäntutkimuslaitos, Helsingin tutkimuskeskus. 150 s.

MELA2002 ja harvennusten ohjaus

Kari Härkönen

I Johdanto

Hyvään metsänhoitoon on vanhastaan katsottu kuuluvan kasvupaikalle sopivan ja parhaan taloudellisen tuloksen antavan puulajin kasvattaminen. Jos uudistaminen onnistuu ja pääpuulajia on riittävästi, päädytään yleensä yhden puulajin monokulttuureihin. Sekapuuta on sallittu vain jos metsikkö muuten jäisi aukkoiseksi.

Metsien monimuotoisuuden lisäämiseksi, maisemallisista syistä ja myös taloudellisin perustein metsänhoidon ohjeet ja käytännöt ovat muuttuneet. Tutkimuksissa (esim. Mielikäinen 1985, Valsta 1986) on havaittu, että hyvillä kasvupaikoilla pieni rauduskoivusekoitus on sekä kuusikossa että männikössä taloudellisesti perusteltu. Hyvän metsänhoidon suositusten (2001) mukaan havupuutaimikoihin suositellaan jätettäväksi taimikonhoidossa koivuja ja muita lehtipuita silloin kun ne eivät haittaa havupuiden taimien kehitystä. Rauduskoivua perusteellaan sekapuuna puuston elinvoimaisuuden ja monimuotoisuuden parantamisella sekä taloudellisesti kannattavana. Harvennushakkuissa suositellaan jätettäväksi pieni määrä hyvälaatuisia rauduskoivuja kuusikoihin ja mustikkatyypin männiköihin.

MELA96–MELA2000 -versioissa (Siitonen ym. 1996, 1999, 2001) harvennusten ohjauksessa kunkin puusto-ositteen poisto-ohjeessa annettiin ositteen suurin mahdollinen poisto-osuus tai vähintään ositteeseen jätettävä absoluuttinen määrä. Ositteitaisten jätettävien puustojen määrä ei kuitenkaan aina summaudu oikein, mikä on estänyt käyttäjän määrittelemästä joustavasti omia hakkuutoimenpiteitä, esimerkiksi sekapuustojen jättämistä toimenpiteissä.

Tämän työn tavoitteena oli kehittää harvennusten ohjausta siten, että käyttäjä voi määrittellä erilaisia jäävän puuston tavoitepuustoja taimikonhoidossa ja harvennuksissa mikä mahdollistaa sekametsäkasvatuksen käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen simuloinnin.

2 Harvennuksen ohjaus MELA2002 –versiossa

MELAssa on yleinen puidenvalintarutiini (Redsven ym. 2002, s. 47), jota käytetään hakkuissa, taimikonhoidossa ja säästöpuiden valinnassa. Kullekin tapahtumalle on oletusarvot, mutta käyttäjä voi antaa omia valintaohjeita parametreina.

Puiden valinta laskentayksikössä tapahtuu koeala kerrallaan. Koealan puustosta määritellään ensin se osa puustosta, josta poistettavat puut valitaan. Tämä yleinen rajoitusosite (Esimerkki 1, kohta (1)) määritellään yhden tai useamman puumuuttujan avulla, esimerkiksi tiettyä minimiläpimittaa suuremmat puut jotka eivät ole säästöpuuta. Puusto käydään läpi ositteittain (Esimerkki 1, kohdat (2)–(4)) ja valitaan poistettavia puuta kunnes jäävän puuston tavoitemäärä on saavutettu. Ositteet voidaan määrittellä minkä tahansa puumuuttujan suhteen, esimerkiksi puulajin, läpimitan tai pituuden suhteen. Ositteena voi siten olla esimerkiksi tietty puulaji tai puulajiryhmä tai tietyn kokoiset puut. Ositteen sisällä poistettavat puut valitaan kyseistä ositetta koske-

van ohjeen mukaan. Jos tavoiteltava jäävän puuston määrä saavutetaan ennen kuin kaikki ositteet on käyty läpi, loput ositteet jäävät käsittelemättä.

Jäävän puuston tavoitemäärä sijoitetaan viimeiseen ositteeseen. Taimikonhoidossa ja harvennuksissa se saadaan taimikonhoito-ohjeesta tai harvennusmallista, jotka voivat olla ohjelman oletusarvoja tai käyttäjän parametrilla antamia.

Ohjelmassa olevat poisto-ohjeiden oletusarvot toimivat metsikön pääpuulajia suosien. Käyttäjän on itse parametrilla määritettävä haluamansa sekapuustoja suosivat poisto-ohjeet taimikonhoidossa ja harvennuksissa (Esimerkki 1).

Puiden valintaa kehitettiin seuraavasti.

- Jäävän puuston määrä poisto-ositteittain summautuu yhteen siten, että jäävän puuston kokonaismäärä toteuttaa käytetyn metsänhoito-ohjeen.
- Jäävän puuston määrä ositteittain voidaan määritellä joko suhteellisena jäävän puuston kokonaismäärään tai absoluuttisena suureena (m²/ha, r/ha) (Esimerkki 1, kohta (2), rivin viimeinen alkio).
- Jäävän puuston määrä summataan lähtien ensimmäisestä poisto-ositteesta siten, että jos ohjeellinen kokonaismäärä saavutetaan ennen kaikkien ositteitten läpikäyntiä, jäljelle jääneistä ositteista poistetaan kaikki puut.
- Parametrina annettavan poisto-ohjeen järjestyks on käyttäjän vastuulla.

Esimerkki 1. Harvennuksen tapahtumamäärittely ja puiden poisto-ohje

```
TAPAHTUMA
#20 HARVENNUS - PPA_OHJE
*_____
#VASTAAVAT_TAPAHTUMAT      10 25 27 28 29 30
#SALLITUT_EDELTAJAT        70 71 99
#METSIKKOEHDOT             3 30 0 -3.99999 7 32 1 2 5 6 7 8
#TAPAHTUMAKUTSU  2 1  1 1 0 4 2 10 1.5 0 1.5 0.9 0.5 0 0 0 0
#>>           0 0 0 0 1 1 1 1 0 0
*
* Puiden valintaohje:
* Pyritään jättämään 25 % koivua, muuten pääpuulajia suosien

#>>  2   3   6  99  17 -99  1           (1)
#>>  3   2   2   5   8 -0.5 0.25         (2)
#>>   2 -1  -1   8 -0.5  0           (3)
#>>   0  0   0   8 -0.5  0           (4)
```

- (1) Yleisen rajoitusositteiden määrittelevien ehtojen lukumäärä (tässä 2) ja rajoitusehdot (2* kolme alkiota)
- (2) Poisto-ositekohtaisten määrittelyjen lukumäärä (tässä 3) ensimmäisen ositteiden määrittely (3 alkiota) ja poisto-ohje (3 alkiota).
- (3) - (4) Toisen ja kolmannen ositteiden määrittely ja poisto-ohje.

3 Testaus

3.1 Testiasetelma

Testit tehtiin seuraavilla ohjelmilla, parametreilla ja aineistoilla:

- MELASIM2002-simulaattori ja MELAOPT2002-optimointi.
- MELA2002-esimerkkiparametrit, joita käytettiin sekä metsikkötesteissä että suuraluetasolla.
- Pirkanmaan metsäkeskusaineisto (VMI9), jota käytettiin testaukseen suuraluetasolla.
- RSU-muotoinen esimerkkimetsikkö, jota käytettiin puiden valintaohjeen testeissä.

Testauksessa tehtiin seuraavat ajot:

- RSU-muotoisella esimerkkimetsiköllä tehtiin puiden valintaohjeen testejä. Esimerkkimetsiköissä luotiin erilaisia lähtöpuustoja ja niillä testattiin erilaisia valintaohjeita taimikonhoidossa, runkolukuharvennuksessa ja pohjapinta-alaharvennuksessa. Valintaohjeet annettiin tapahtumamäärittelyjen TAPAHTUMA-KUTSU – parametrialkion jatkoriveinä (Esimerkki 1).
- Pirkanmaan metsäkeskusaineistolla (VMI9) simuloitiin vaihtoehdot 50 vuoden (5 kymmenen vuoden kautta) laskelmassa MELA2002-esimerkkiparametreilla (MS.PAR, MS_EVENT2002.PAR) sekä käyttäen ohjelmakoodissa olevia puiden valintaohjeiden oletusarvoja että antaen omat puiden valintaohjeet taimikonhoidossa ja harvennuksissa. Taimikonhoidossa pyrittiin jättämään 25 % sekoitus muuta kuin pääpuulajia ja harvennuksissa 25 % koivusekoitus, jos pääpuulaji oli muu kuin koivu sekä 25 % havupuusekoitus koivun ollessa pääpuulaji. Simuloiduista vaihtoehdoista haettiin ratkaisut MELA2002-esimerkkiparametreihin kuuluvalla S4.MDL tehtävällä (suurin kestävä hakkuumäärä) ja tulostettiin summataulukot (liitteet 1 ja 2).
- Hynynen ym. (2002) koivuvarojen kehitysnäkymiä tarkastelevassa julkaisussa käytettiin tässä esitettyä vastaavaa puiden valintaohjetta simuloitaessa sekametsäkasvatusketjut suuraluetarkastelua varten.

3.2 Tulokset

Metsikköajoilla testattiin itse valintarutiinin toimintaa antamalla erilaisia valintaohjeita erilaisia puustoja sisältävissä testitapauksissa. Tulosten mukaan:

- Puiden valintarutiini toimi halutulla tavalla käytetyissä testitapauksissa.
- Rutiini osaa ottaa huomioon tapaukset, missä a) ositteessa on puuta riittävästi jättää pyydetty määrä, ja b) poisto-ositteessa ei ole puuta pyydettyä määrää vastaavasti.



- Jätettävän puuston kokonaismäärä toteutti käytetyn ohjeen.

Pirkanmaan metsäkeskusaineistolla (VMI9) tehtyjen optimointien summataulukot on esitetty liitteissä 1 ja 2. Käytettyjen puiden valintaohjeiden mukainen 25 % sekapuustotavoite (Liite 2) johti pääpuulajia suosivaan käsittelyyn (Liite 1) verrattuna:

- Hieman pienempään puuston kokonaistilavuuteen.
- Lähes samaan männyn runkotilavuuteen.
- Selvästi pienempään kuusen runkotilavuuteen.
- Selvästi suurempaan koivun kokonaistilavuuteen.
- Puulajeittainen kasvu muuttui tilavuuksien muutosta vastaavasti.
- Kokonaishakkuukertymä pieneni jonkin verran.
- Kuusen hakkuukertymä pieneni tarkastelujakson loppua kohti.
- Koivun hakkuukertymä jäi alussa selvästi pienemmäksi mutta kohosi suuremmaksi tarkastelujakson loppun mennessä.
- Nettotulot olivat lähes samat.
- Alkutuottoarvo jäi jonkin verran pienemmäksi.

Sekapuustojen suosimisen vaikutukset olivat odotettuja. Koivu sekapuuna vei tilaa havupuilta, erityisesti kuuselta ja se näkyi näiden kasvussa ja tilavuuskehityksessä. Koivun tilavuus ja kasvu lisääntyivät selvästi ja vastaavasti sen hakkuukertymä pieneni alussa kun koivua säästettiin harvennuksissa sekapuuksi. Nykyarvolla mitattuna sekametsäkasvatus ei näyttänyt olevan yhtä edullista kuin pääpuulajia suosiva kasvatus, mikä osaltaan johtuu hieman heikommasta puuvarojen tilavuuskehityksestä ja toisaalta siitä, että koivun laatu voitiin laskelmissa ottaa huomioon vain keskimääräisenä, kun todellisuudessa kasvamaan jätettäviksi koivuiksi pyritään jättämään mahdollisimman hyvälaatuisia puita.

Hynynen ym. (2002) mukaan koivuvarojen kehitys ja koivun hakkuumahdollisuudet koivua sekapuuna suosittaessa olivat koko Etelä-Suomessa samansuuntaiset kuin edellä esitetyt havainnot Pirkanmaan metsäkeskuksen alueella.

4 Päätelmät

Puiden valinnan tekninen toiminta taimikonhoidossa ja harvennuksissa varmistui. Sekametsien, erityisesti koivun suosimisen vaikutukset metsänkasvatuksessa olivat suuruelaskelmassa loogisia ja odotetun suuntaisia.

Kirjallisuus

- Hyvän metsänhoidon suositukset. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Julkaisusarja 13/2001. Helsinki.
- Hynynen, J., Härkönen, K., Lilleberg, R., Mielikäinen, K., Repola, J. ja Siipilehto, J. 2002. Koivua Suomesta – koivuvarojen kehitysnäkymät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 840.
- Mielikäinen, K. 1985. Koivusekoituksen vaikutus kuusikon rakenteeseen ja kehitykseen. Communicationes instituti forestalis Fenniae 133.
- Redsven, V., Anola-Pukkila, A., Haara, A., Hirvelä, H., Härkönen, K., Kettunen, L., Kiiskinen, A., Kärkkäinen, L., Lempinen, R., Muinonen, E., Nuutinen, T., Salminen, O. ja Siitonen, M. 2002. MELA2002 Reference Manual. Metsäntutkimuslaitos. s. 590
- Siitonen, M., Härkönen, K., Hirvelä, H., Jämsä, J., Kilpeläinen, H., Salminen, O & Teuri, M. 1996. MELA Handbook - 1996 Edition. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 662.
- , Härkönen, K., Kilpeläinen, H. & Salminen, O. (toim.) 1999. Mela Handbook, 1999 Edition. Metsäntutkimuslaitos.
- , Anola-Pukkila, A., Haara, A., Härkönen, K., Redsven, V. Salminen, O. & Suokas, A. 2001. MELA Handbook, 2000 Edition.
- Valsta, L. 1986. Mänty-rauduskoivusekametsikön hakkuuohjelman optimointi. Folia Forestalia 666. ISSN 0015-5543.

Liite I. Pirkanmaan metsäkeskuksen summataulukko MELASIM2002 simulaattorilla, MELA2002 esimerkkiparametreilla ja S4.MDL tehtävällä.

=====						
L905 - S4-SUURIN KESTÄVÄ HAKKUUKERTYMÄ - NPV 4% - all:						
	1999	2009	2019	2029	2039	2049

METSÄPINTA-ALA, ha	1023.2	1023.2	1023.2	1023.2	1023.2	1023.2
KOKONAISTILAVUUS, m3	161263	159868	156354	158297	169963	152528
Mänty	42683.9	33172.1	32592.7	38833.5	42490.1	42480.5
Kuusi	87075.1	99119.2	99613.6	98832.8	105831	88384.2
Koivu	24676.9	23079.2	20640.3	18342.2	19511.9	20118.3
Muu lehtipuu	6827.0	4497.2	3507.4	2288.7	2129.7	1545.2
Tukkipuu	65439.0	65461.9	65690.6	66645.3	70681.2	53329.6
Kuitupuu	83010.3	83090.9	83526.2	84816.1	92727.8	93127.9
ARVO (tienvarsihinnat), EUR	5895555	5855668	5877431	5934250	6352142	5281555
NYKYARVO (NPV), 3%	8175672	8348548	8580896	8879220	9280138	8308896

	1999	2009	2019	2029	2039	2049

KASVU, m3/v	7865.3	7528.4	7824.2	8746.0	9118.1	
Mänty	1605.8	1523.3	1831.8	2106.1	2192.3	
Kuusi	4645.7	4711.9	4821.1	5412.1	5501.4	
Koivu	1366.3	1124.1	1047.2	1121.4	1330.7	
Muu lehtipuu	247.6	169.1	124.1	106.5	93.7	
KOKONAISPOISTUMA, m3/v	8004.9	7879.8	7629.9	7579.5	10861.5	
Kuolleisuus	666.8	460.8	362.3	326.7	363.4	
Hakkuupoistuma	7338.1	7418.9	7267.7	7252.7	10498.1	

HAKKUUKERTYMÄ, m3/v	6998.5	7087.6	7087.6	7087.6	10347.2	
Ylispuuhakkuut	424.2	547.2	245.6	105.3	392.3	
Harvennukset	2640.7	3195.9	3341.7	3898.7	3495.6	
Uudistushakkuut	3933.5	3344.5	3500.3	3083.7	6459.3	
Mänty	2402.7	1438.6	1090.3	1600.8	2039.9	
Kuusie	3155.9	4409.2	4709.0	4544.5	7074.4	
Koivu	1108.0	1051.1	1087.1	848.1	1112.5	
Muu lehtipuu	331.9	188.9	201.3	94.3	120.3	
Tukkipuu	3652.7	3652.7	3652.7	3652.7	6160.8	
Kuitupuu	3345.8	3434.9	3434.9	3434.9	4186.4	

KOKONAISHAKKUUALA, ha/v	52.6	53.9	44.5	44.6	53.1	
Harvennukset	31.6	34.6	30.0	31.5	27.8	
Avohakkuut	10.3	9.4	10.5	7.4	18.2	
Ylispuiden poisto	5.4	6.7	2.8	1.2	4.4	
Siemenpuuhakkuut	4.2	2.1	1.0	4.0	2.1	
Suojuspuuhakkuut	1.2	1.2	0.1	0.5	0.6	
UUDISTAMISPINTA-ALA, ha/v	15.9	12.7	11.7	11.9	20.9	
Keinotekoinen uudistaminen	10.5	9.4	10.5	7.4	18.2	
Luonnollinen uudistaminen	5.4	3.2	1.2	4.5	2.7	
TAIMIKONHOITO, ha/v	8.1	13.6	10.5	7.8	8.7	

BRUTTOTULOT, EUR/v	300361	302425	299802	294919	452427	
KOKONAISKUSTANNUKSET, EUR/v	72730.2	74794.8	70971.0	66087.7	93335.3	
NETTOTULOT, EUR/v	227630	227630	228831	228831	359091	
=====						

Liite 2. Pirkanmaan metsäkeskuksen summataulukko MELASIM2002 simulaattorilla, MELA2002 esimerkkiparametreilla, sekapuustoja suosivilla taimikonhoidoilla ja harvennuksilla sekä S4.MDL tehtävällä.

=====						
L905PV - S4-SUURIN KESTÄVÄ HAKKUUKERTYMÄ - NPV 4% - all:						
	1999	2009	2019	2029	2039	2049

METSÄPINTA-ALA, ha	1023.2	1023.2	1023.2	1023.2	1023.2	1023.2
KOKONAISTILAVUUS, m3	161263	162088	160953	162966	173725	149208
Mänty	42683.9	32405.2	32142.6	37194.4	42936.9	40634.4
Kuusi	87075.1	98493.7	97045.7	93640.5	95665.2	77508.9
Koivu	24676.9	26552.1	27990.7	29398.5	32380.7	29212.0
Muu lehtipuu	6827.0	4636.4	3774.4	2732.1	2742.4	1853.1
Tukkipuu	65439.0	66330.5	67210.3	68199.4	69901.1	49566.9
Kuitupuu	83010.3	84328.6	86211.5	87660.6	96848.9	93282.3
ARVO (tienvarsihinnot), EUR	5895555	5932197	6038959	6109369	6456507	5089727
NYKYARVO (NPV), 3%	7979309	8146483	8371172	8658958	9045732	7921322

	1999	2009	2019	2029	2039	2049
KASVU, m3/v	7878.4	7526.0	7654.8	8463.9	8789.7	
Mänty	1586.2	1450.4	1720.8	2032.3	2083.8	
Kuusi	4596.0	4526.5	4395.1	4732.4	4805.8	
Koivu	1447.3	1370.8	1396.0	1565.4	1782.2	
Muu lehtipuu	248.9	178.2	142.9	133.8	117.8	
KOKONAISPOISTUMA, m3/v	7796.0	7639.4	7453.6	7387.9	11241.3	
Kuolleisuus	666.9	480.7	418.5	378.5	412.6	
Hakkuupoistuma	7129.0	7158.7	7035.1	7009.4	10828.7	

HAKKUUKERTYMÄ, m3/v	6797.2	6856.1	6856.1	6856.1	10664.2	
Ylispuuhakkuut	424.2	410.1	211.1	109.1	461.9	
Harvennuksset	2634.2	2974.1	3164.1	3607.5	3540.6	
Uudistushakkuut	3738.9	3471.9	3480.8	3139.4	6661.7	
Mänty	2456.2	1322.5	1086.5	1326.5	2149.8	
Kuusi	3152.9	4425.2	4529.4	4364.4	6477.3	
Koivu	868.1	922.3	1037.4	1064.6	1876.6	
Muu lehtipuu	320.0	186.1	202.7	100.5	160.6	
Tukkipuu	3578.9	3605.0	3578.9	3578.9	6077.7	
Kuitupuu	3218.4	3251.1	3277.2	3277.2	4586.6	

KOKONAISHAKKUUALA, ha/v	53.0	50.0	42.3	42.1	54.3	
Harvennuksset	32.7	31.9	28.3	28.1	28.7	
Avohakkuut	10.5	9.7	9.9	7.8	17.8	
Ylispuiden poisto	5.4	5.4	2.5	1.2	4.7	
Siemenpuuhakkuut	3.1	2.1	0.6	3.5	2.1	
Suojuspuuhakkuut	1.2	0.9	1.0	1.7	1.0	
UUDISTAMISPINTA-ALA, ha/v	15.1	12.8	11.6	12.9	20.9	
Keinotekoinen uudistaminen	10.8	9.7	9.9	7.8	17.8	
Luonnollinen uudistaminen	4.4	3.0	1.7	5.1	3.1	
TAIMIKONHOITO, ha/v	8.1	12.8	9.2	6.8	8.1	

BRUTTOTULOT, EUR/v	293331	294236	291573	287961	463195	
KOKONAISKUSTANNUKSET, EUR/v	71034.2	71939.2	68055.0	64443.6	97847.8	
NETTOTULOT, EUR/v	222297	222297	223518	223518	365347	
=====						

1 Tausta

MELA-ohjelmiston nykyinen käyttöliittymä on komentopohjainen. MELA-ohjelmistolla tehtävät analyysit perustuvat laskelmaoletusten määrittelyyn kymmenien eri parametrien ja niiden vaihtoehtoisten yhdistelmien avulla. Parametrien merkitys ja käyttö on kuvattu englanninkielisessä MELA-käsikirjassa (Redsven ym. 2002). Käyttäjät pääsevät säätämään lähes kaikkia parametreja, jolloin erilaisia yhdistelmiä on lähes ääretön määrä.

Laskelmaoletusten määrittely ei ole aina helppoa. Jotkut MELA-käyttäjät tekevät analyysejä vain satunnaisesti (esim. kerran vuodessa). Jos edellisestä kerrasta on kulunut kauan, parametrien sisältö ja käyttö on saattanut unohtua ja laskelmaoletusten määrittely on työlästä.

MELA-ohjauksen avoimuudella on myös riskinsä. Laskelmaoletusten määrittely on täysin käyttäjän vastuulla. Ellei käyttäjä ole perehtynyt MELA-ohjelmiston rajoituksiin ja parametrien välisiin riippuvuuksiin, on mahdollista, että laskelmatulokset vääristyvät keskenään ristiriitaisten oletusten vaikutuksesta.

Laskelmaoletusten määrittelyä helpottavan käyttöliittymän tekoa on harkittu ja kokeiltu eri yhteyksissä. Tietotekniikan nopean kehittymisen takia käyttöliittymän toteuttaminen tavalla, joka mahdollistaa jatkuvan ylläpidon ja kehittämisen, on haasteellista. Rajallisilla henkilöresursseilla ei ole mahdollista pitää yllä useampaa kuin yhtä käyttöliittymää. MELA-käyttäjien sovellusten käyttöjärjestelmät vaihtelevat (NT, unix) eikä saatavilla ole ollut sellaista teknistä ratkaisua, joka olisi mahdollistanut yhden käyttöliittymän rakentamisen niihin kaikkiin soveltuvaksi.

Tällä hetkellä näyttää siltä, että nettiteknologiaan perustuvat ns. ASP-ratkaisut (Application Service Provider) tarjoavat mahdollisuuden yhtenäiseen käyttöliittymään eri käyttöympäristöihin. ASP-ratkaisut näyttävät myös yleistyvän, koska asiakkaiden valmiudet hyödyntää nettisovelluksia paranevat.

1980-luvulla ja osin vielä 1990-luvun alkupuolella MELA-koulutuksesta huolehtivat yliopistot osana metsätalouden suunnittelun kenttäkursseja. MELA-käyttäjäkunta on viime vuosina kasvanut ja eri käyttäjillä on hyvin erilainen tausta, sovellukset ja sitä kautta koulutustarve (metsätalouden suunnittelun perusteista ohjelmiston käytön teknisiin yksityiskohtiin). Asiakkaat tarvitsisivat MELA-koulutusta, joka olisi kiinteästi integroitu heidän omaan tietojärjestelmäänsä ja käyttöliittymäänsä. Koska Metsäntutkimuslaitos ei ole toiminut kouluttajana, sillä ei ole käytössään koulutusmateriaalia laajenevan käyttäjäkunnan tarpeisiin.

2 Tavoite

Metlassa käynnistyi vuonna 2001 ns. NettiMELA-hanke, jonka tarkoituksena on kehittää ja testata yksinkertainen MELA-ohjelmiston nettisovellus. Tavoitteena on, että

asiakkaat voivat selaimella toimivan helppokäyttöisen käyttöliittymän avulla tehdä MELA-ajoja. Tässä esityksessä kuvataan kehittämishankkeen ensimmäisen vaiheen (1.1.2001-31.12.2001) tuote eli DemoMELA, jonka avulla testattiin asiakkaan aineistojen ja tietokantapalautteen käsittely sekä laskentapalvelun (laskentakapasiteetti, levytila) toimivuus.

3 Mikä DemoMELA on?

DemoMELA on nettisovellus, jossa Metlan palvelimella olevaa MELA-ohjelmistoa (ASP-ratkaisu) käytetään selaimessa toimivalla käyttöliittymällä (kuva 1). Käyttöliittymän avulla voidaan säätää joitakin simuloinnin parametreja sekä määritellä vapaasti optimointitehtävä. Käyttäjä voi tarkastella ja/tai ladata omalle koneelleen MELA-ajoissa käytettyjä parametritiedostoja sekä simuloinnin ja optimoinnin tuloksena syntyviä loki- ja tulostiedostoja. Sovelluksen käyttötarkoitus on MELA-ohjelmiston toiminnan ja käyttömahdollisuuksien esittely opetuksessa ja markkinoinnissa.

DemoMELAn laskenta-aineistona ovat MELA-koulutuksessa käytettävät (vakio- muotoiset) esimerkkiaineistot. Käyttöliittymässä on joitakin valmiiksi määriteltyjä vakio- muotoisia MELA-sovelluksia (puustotietojen laskenta ja ajantasaistus, suunnit- telulaskelmat), joissa varmistetaan parametrien ristiriidattomuus.

Tarkemmin DemoMELA-nettisovelluksen käyttöä esitellään seuraavassa artikkelissa (Anola-Pukkila 2002).

4 Tilanne ja jatkokehitys

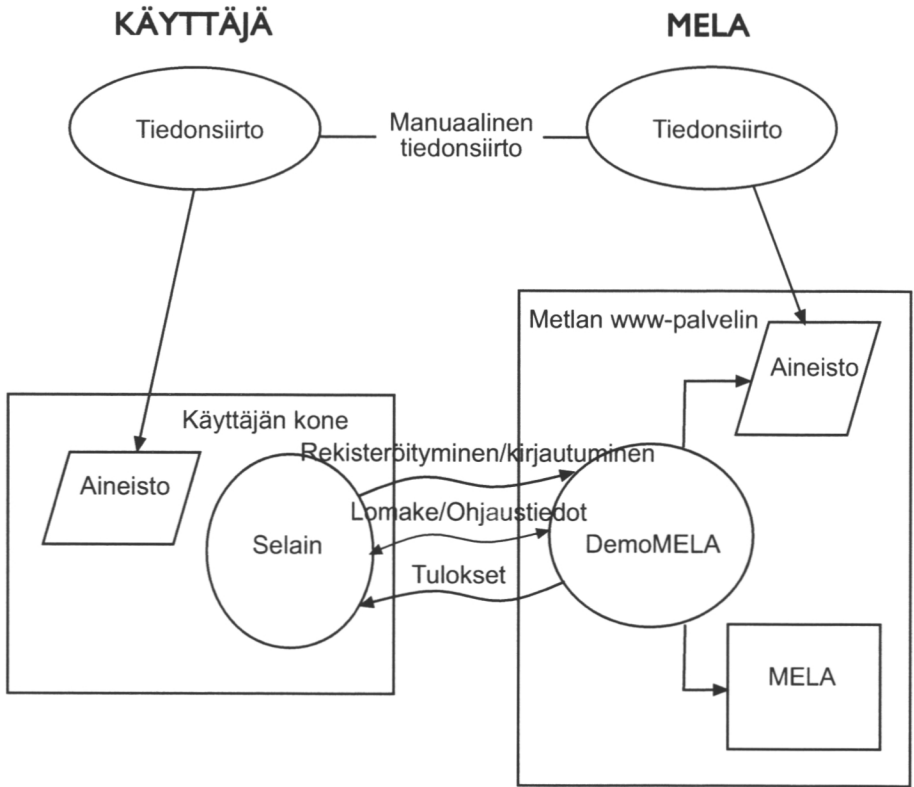
Syksyllä 2001 DemoMELA:n ensimmäinen versio oli koekäytössä Helsingin yliopis- tolla (HY) Metsäsuunnittelun laskentamenetelmät –kurssilla ([http:// honeybee.helsinki.fi/mmvar/opetusteknologia/metsasuunnittelu_verkossa_hanke/index.htm](http://honeybee.helsinki.fi/mmvar/opetusteknologia/metsasuunnittelu_verkossa_hanke/index.htm)). Kurssilla käytössä olleen DemoMELAn takana oli MELA2000-julkistusversion pieni PerusMELA. Aineistona olivat palvelimelle varastoidut (tekstimuotoiset) esimerkki- aineistot. Asiakkaan omilla esimerkkiaineistoilla työhakemistossa tehdyistä analy- seistä oli tallennettavissa tietokantapalaute asiakkaan omalle koneelle.

Syksyn 2001 ja kevään 2002 aikana sovellusta on kehitetty edelleen ja tarkoitukse- na on julkistaa DemoMELA (jonka takana pyörii MELA2002-julkistusversio) rekis- teröitymistä edellyttävänä osana Metinfo-palvelua.

Kirjallisuus

Anola-Pukkila, A. 2002. DemoMELAn käytön kuvaus. Julkaisussa: Nuutinen, T. & Kiiskinen, A. (toim.). MELA2002 ja käyttöpuun kuvaus. MELA-käyttäjäpäivä 7.5.2002 Joensuu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 865: 57-66

Redsven, V., Anola-Pukkila, A., Haara, A., Hirvelä, H., Härkönen, K., Kettunen, L., Kiiskinen, A., Kärkkäinen, L., Lempinen, R., Muinonen, E., Nuutinen, T., Salminen, O. ja Siitonen, M. 2002. MELA2002 Reference Manual. Metsäntutkimuslaitos.



Kuva 1. DemoMELAn arkkitehtuuri.

DemoMELAn käytön kuvaus

Aimo Anola-Pukkila

I Periaate

DemoMELAssa on kolme pääosiota: projektit, tulokset ja MELA-ajot. Projektit-osiassa valitaan aineisto, jota käytetään laskelmissa tai jonka valmiita tuloksia halutaan tarkastella, tulokset-osiassa on linkit valmiisiin tuloksiin ja MELA-ajot –osiasta siirrytään simulointi- ja optimointitehtävien määrittelyyn ja suorittamiseen.

DemoMELAssa suurin osa MELA-parametritiedostoista, kuten myös sovellusohjelmat MELASIM ja MELAOPT, ovat kaikille käyttäjille samat eivätkä ole yksittäisen käyttäjän muokattavissa.

Kaikille käyttäjille yhteiset tiedostot ovat

- MELASIM – sovellusohjelma
- MELAOPT – sovellusohjelma
- KAYTTAJA.CFG – käyttöoikeustiedosto
- MELA_EXT.PAR – palautustiedoston sisällön ja toimenpiteiden ohjaus ajantasaistuksessa
- MELA_SET.PAR – yleiset parametrimääritykset
- MPS_VARX.PAR – tulostettavien MPS-muuttujien määrittely
- MSD_VAR.PAR – optimointimuuttujien määrittely
- MSR_VAR.PAR – simulointimuuttujien määrittely
- MS_EVENT*.PAR – tapahtumamäärittelytiedostot
- SMT.PAR – ajantasaistuksen parametrit
- SUMMARY.PAR – määrittelee metsäraportin sisällön ja muodon
- SYMBOL.SYM – komentojen, parametrien ja viestien määrittely
- VOLUME.VOL – tilavuustaulukot

Aineistotiedostot ovat vakioimuotoisia esimerkkiaineistoja. Käyttäjä ei siis voi tuoda DemoMELAan omia aineistojaan.

DemoMELAssa jokaisella käyttäjällä on oma työhakemisto, jossa säilytetään käyttäjäkohtaisia parametri- ja tulostiedostoja. Käyttäjäkohtaisia parametritiedostoja ovat simuloinnin ohjaustiedosto, jonka sisältö on osittain käyttäjän määriteltävissä, sekä optimointitehtävän määrittelytiedosto.

Käyttäjät määrittelevät käyttöliittymän valinnoilla seuraavien tiedostojen sisällön:

- *.MDL – optimointitehtävä, kokonaan käyttäjän määriteltävissä

- Normaali.PAR, Lepo.PAR – simuloinnin parametrit, osa käyttäjän määriteltävissä

Ajantasaistusajon tuloksena saadaan kolme tulostiedostoa:

- *.SMT – ajantasaistuksen palautustiedosto
- *.SUM – summaraportti
- *.SIM – ajantasaistussimuloinnin loki

Lasketusta tuotanto-ohjelmasta saadaan kuusi tulostiedostoa:

- *.OPT – optimoinnin loki
- *.SIM- simuloinnin loki
- *.SUM – summaraportti
- *.MPU – laskentayksikköpalaute
- *.SHP – varjohinnat
- *.MRG – rajahinnat

2 Kirjautuminen DemoMELAan

DemoMELA-käyttöä varten selaimen välimuistin käyttöä koskevat asetukset on muutettava niin, että selain tarkistaa ennen jokaista sivunlatausta, onko sivusta olemassa uudempaa versiota. Esimerkit asetuksen tekemisestä:

Internet Explorer 5, suomenkielinen versio

Valitse *Työkalut – internet-asetukset...*

Valitse *Väliaikaiset internet-tiedostot – asetukset...*

Valitse *Tarkista, onko tallennetuista sivuista uudempia versioita - Aina avattaessa sivu*

Netscape Communicator 4.7, englanninkielinen versio

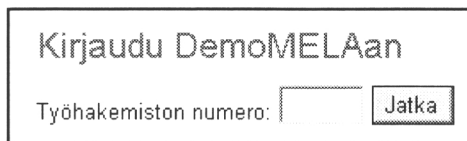
Valitse *Edit – Preferences...*

Valitse *Advanced – Cache*

Valitse *Document in cache is compared to document on network - Every time*

Käytön lopuksi salasanasuojaus palautetaan sulkemalla kaikki selainikkunat.

Kirjautumisen aluksi annetaan oman työhakemiston numero (kuva 1). Jatka-komennon jälkeen ilmestyvään ikkunaan annetaan oma käyttäjätunnus ja salasana DemoMELAn etusivulle pääsemiseksi.



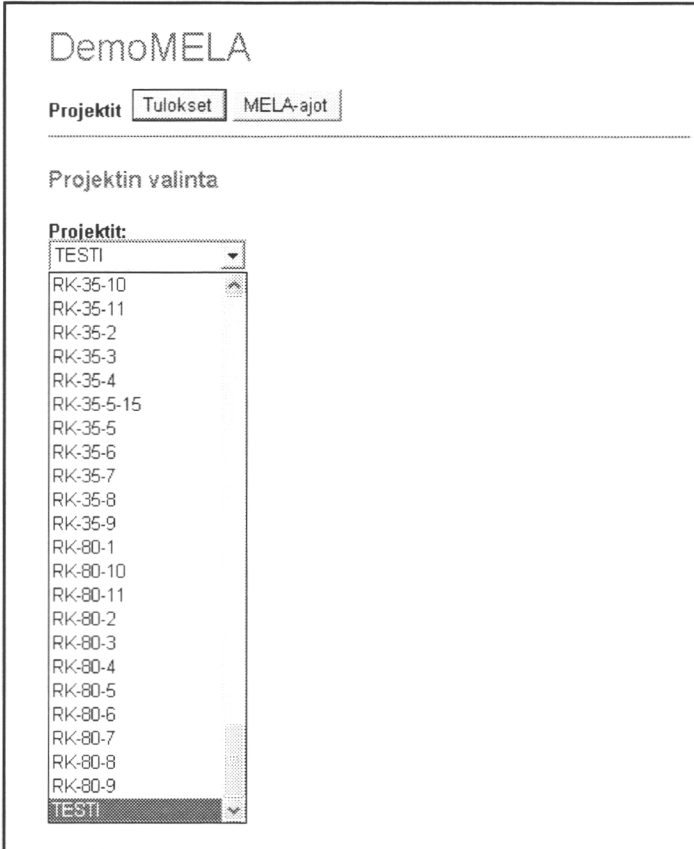
Kirjautu DemoMELAan

Työhakemiston numero:

Kuva 1. DemoMELAssa jokaisella käyttäjällä on oma työhakemisto, jonka numero annetaan kirjautumisen yhteydessä.

3 Osio: Projektit

Sisäänkirjautuminen vie osioon Projektit. DemoMELAssa aineistotiedostoja kutsutaan projekteiksi. Käytössä olevista esimerkkiprojekteista valitaan käsiteltäväksi yksi alavetolaatikon valinnalla (kuva 2). Valinnan jälkeen voi joko siirtyä tarkastelemaan projektin valmiita tuloksia tai MELA-ajot –osioon tuottamaan uusia laskelmia.



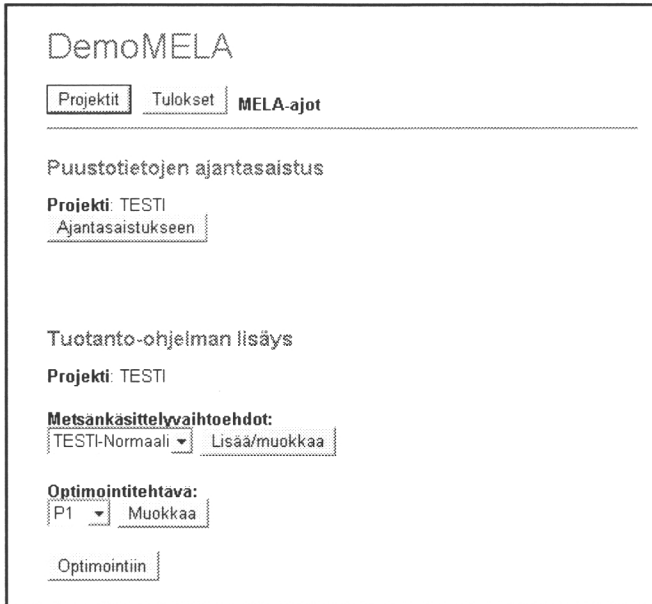
Kuva 2. Käsiteltävä projekti valitaan alavetolaatikon luettelosta.

4 Osio: MELA-ajot

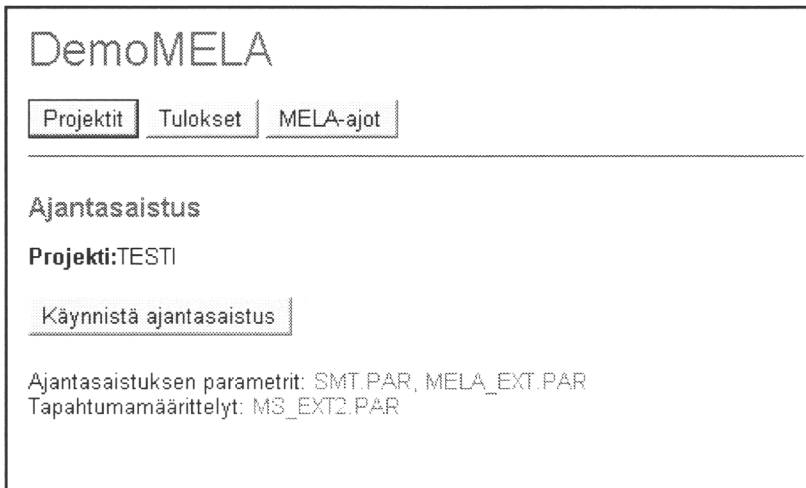
4.1 Puustotietojen ajantasaistus

Puustotietojen ajantasaistus tehdään erillisenä simulointiajona, jossa puustotiedot ajantasaistetaan inventointivuodesta haluttuun ajankohtaan. DemoMELAssa ajantasaistusajo valitaan osion MELA-ajot ajantasaistukseen-painikkeella (kuva 3). Ajantasaistusajo tehdään vakioparametrein: esimerkkiparametrit sisältäviä parametritiedostoja voi tarkastella ja tallettaa omalle koneelle, mutta niitä ei voi muokata DemoMELAn ajantasaistusajoon. Linkit parametritiedostoihin ovat ajantasaistuksen käynnis-

tyssivulla (kuva 4). Tarkasteltavana on kolme tiedostoa: ajon yleiset määrittelyt sisältävä SMT.PAR, toteutettavat toimenpiteet määrittävän tiedoston (*.SMU) ja palautustiedoston (*.SMT) käyttöä ohjaavat parametrit sisältävä MELA_EXT.PAR sekä tapahtumamäärittelyt sisältävä MS_EXT2.PAR.

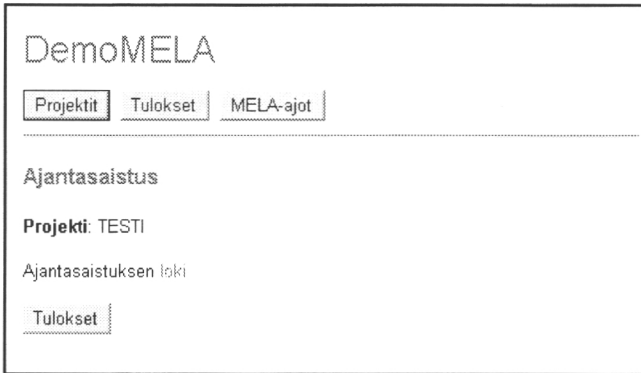


Kuva 3. MELA-ajot –osiesta siirrytään joko ajantasaistukseen, metsänkäsitelyvaihtoehtojen tuottamiseen, optimointitehtävän määrittelyyn tai optimointiin valittujen käsitelyvaihtoehtojen ja optimointitehtävän mukaisesti.



Kuva 4. Ajantasaistusajon käynnistyssivulla on linkit ajon parametritiedostoihin.

Kun ajantasaistusajo on käynnistetty ja ajo suoritettu, ajon lokista voidaan käydä läpi ajon kulku. Linkki lokitiedostoon on ajon lopetussivulla (kuva 5). Jos ajo on mennyt onnistuneesti läpi, Tulokset-osiossa on linkit ajantasaistusajon tulostiedostoihin.



Kuva 5. Ajantasaistusajon lopetussivulta voi valita tarkasteltavaksi ajon lokitiedoston.

4.2 Tuotanto-ohjelman lisäys

4.2.1 Käsittely-kehitysvaihtoehtojen tuottaminen

Tuotanto-ohjelman laatiminen aloitetaan simuloimalla käsiteltävälle alueelle käsittely- ja kehitysvaihtoehtoja. DemoMELAssa simulointia ohjaaviin määrittelyihin siirytään MELA-ajot –osion kohdasta Metsänkäsittelyvaihtoehdot -> Lisää/muokkaa. Kohdan alavetovalikossa on aiemmin tuotetut käsittely-kehitysvaihtoehdot, jos sellaisia on (kuva 3).

Käsittelyvaihtoehtojen lisäämiseen/muokkaamiseen siirryttäessä valitaan ensin toimenpiteet sisältävä tiedosto (kuva 6), tässä tapauksessa joko MELAn oletusparametrit, valinta Normaali, tai vain luonnonprosessit sisältävä määrittely, valinta Lepo.



Kuva 6. Simulointiketjun ensimmäinen määrittely on toimenpiteiden valinta.

Muokkaa parametreja –valinnalla päästään simuloinnin parametrien määrittelysivulle (kuva 7), jolla on käyttäjän määriteltävissä olevat parametrit: tienvarsihintojen järeyskorjaus, tukkivähennyskorjaus, tienvarsihinnat ja metsänhoitokustannukset. Parametrien muokkaamisen jälkeen voidaan siirtyä simulointiin tai palauttaa oletusarvot.



DemoMELA

Metsänkäsitteilyvaihtoehtojen lisäys

Projekti: TESTI
Sovellus: Normaali

Korjausparametrit

Tienvarsihintojen järeyskorjaus
 Käytössä
 Ei käytössä

Tukkivähennyskorjaus
 Kalibroitu malli
 Malli
 Ei käytössä

Tienvarsihinnat, euroa/m³

	Tukki	Kuitu
Mänty	50	26.4
Kuusi	42.6	32.3
Koivu	47.9	27.8
Haapa	27.8	27.8
Leppä	27.8	27.8
Muu havupuu	26.4	26.4
Muu lehtipuu	27.8	27.8

Metsänhoitokustannukset

Uudistusalan raivaus	67.8	euroa/ha
Äestys	127.7	euroa/ha
Auraus	181.3	euroa/ha
Kylvö	156.7	euroa/ha
Männymäntymien hankintakustannus	0.09	euroa/taim:
Kuusentaimien hankintakustannus	0.14	euroa/taim:
Koivuntaimien hankintakustannus	0.19	euroa/taim:
Männymäntymien hankintakustannus täydennysistutukseen	0.14	euroa/taimi
Kuusentaimien hankintakustannus täydennysistutukseen	0.16	euroa/taimi
Koivuntaimien hankintakustannus täydennysistutukseen	0.25	euroa/taimi
Heinäntorjunta	86.5	euroa/ha
Pystykarsinta	0.8	euroa/runko
Lannoitus	164.8	euroa/ha
Ojitus	86.6	euroa/ha
Ojien perkaus	30.0	euroa/100 m
Täydennysojitus	30.0	euroa/100 m
Metsänhoitotyön yksikköhinta	16.3	euroa/h
Hakkuutyön yksikköhinta	21.9	euroa/h

Kuva 7. Simuloinnin parametreista tienvarsihintojen järeyskorjaus, tukkivähennyskorjaus, tienvarsihinnat ja metsänhoitokustannukset ovat käyttäjän määrittelemiä.

Simulointiin-valinnalla annetut parametrivalinnat kirjoitetaan työhakemistossa olevaan, tässä simulointisovelluksessa käytettävään parametritiedostoon. Tiedoston voi avata tarkasteltavaksi ennen simuloinnin käynnistämistä, esimerkissä nimeltään Normaali.PAR (kuva 8). Osa simuloinnin parametreista, kuten VUODET tai TULOS-

TUS, ovat vakioita joita ei voi muokata. Toinen parametritiedosto, tässä tapauksessa MS_EVENT2000.PAR, sisältää tapahtumamäärittelyt.

DemoMELA

Metsänkäsittelyvaihtoehtojen lisäys

Projekti: TESTI
Sovellus: Normaali

Simuloinnin parametrin: Normaali.PAR
Tapahtumamäärittely: MS_EVENT2000.PAR

Kuva 8. Ennen simuloinnin käynnistämistä voidaan tarkastella simuloinnin parametritiedostoja, tässä tapauksessa Normaali.PAR ja MS_EVENT2000.PAR

Käynnistä simulointi –valinta käynnistää melasim-ohjelman annetuilla parametreilla ohjattuna. Ajon tuloksena saadaan simuloinnin lokitiedosto, josta voi tarkastella ajonaikaisia tapahtumia, tuotettuja kehitysvaihtoehtoja ja varmistaa ajon onnistumisen (kuva 9).

DemoMELA

Metsänkäsittelyvaihtoehtojen lisäys

Projekti: TESTI
Sovellus: Normaali

Simuloinnin loki

Kuva 9. Simulointiajon tietoja voi tarkastella loki-linkin viittaamasta tiedostosta

Kun simulointi on tehty onnistuneesti, voidaan palata MELA-ajot –osion pääsivulle (kuva 3), jossa simulointiajossa tuotetut käsittely-kehitysvaihtoehdot ovat alaspäinvalikon listalla.

4.2.2 Optimointitehtävän määrittely

Optimointitehtävässä annetaan tuotanto-ohjelman tavoite ja rajoitteet. Optimointitehtävän määrittelylle on kaksi oletusarvoista pohjaa, P1 ja S1. jos halutaan muuttaa esimerkkitehtävää tai kirjoittaa kokonaan uusi, toinen näistä valitaan muokattavaksi

MELA-ajot –osion pääsivulta (kuva 3). Optimointitehtävä avautuu tekstilaatikkoon (kuva 10), jossa sitä voi vapaasti editoida. Tallenna-valinta kirjoittaa uuden optimointitehtävän määrittelytiedoston (*.MDL) ja palauttaa MELA-ajot –osion pääsivun, Palauta esimerkki –valinta tuo alkuperäisen esimerkin tekstilaatikkoon.

DemoMELA

Projektit
Tulokset
MELA-ajot

Optimointitehtävän muokkaus

Projekti: TESTI
Optimointitehtävän nimi: P1

```

* P1.MDL *

* CUTTING POTENTIAL
* 'xvar' section is obligatory:
* at least variables of the 'prob' section have
to be mentioned
* 'xvar' section defines also decision variables
for SOLUTION report

printl 9

xvar   x0801,x0537>
,x0700,x1700,x2700,x3700,x4700,x5700>
,x0697,x1697,x2697,x3697,x4697,x5697>
,x1090,x2090,x3090,x4090,x5090>
,x1195,x2195,x3195,x4195,x5195>
,x1193,x2193,x3193,x4193,x5193>
,x1370,x2370,x3370,x4370,x5370>
,x0800,x5800

* 'prob' section is obligatory
prob P1 - CUTTING POTENTIAL - NPV 1 %

* maximize net present value using 1 % interest
rate
                
```

Tallenna
Palauta esimerkki

Kuva 10. Optimointitehtävä voidaan vapaasti määrätä editoimalla sitä tekstilaatikkossa.

4.2.3 Optimointi

Kun käsiteltävälle alueelle on tuotettu simuloinnilla käsittely-kehitysvaihtoehtoja ja määritelty optimointitehtävä, voidaan siirtyä optimointiin. MELA-ajot –osion pääsivulta (kuva 3) valitaan optimointia varten halutut käsittely-kehitysvaihtoehdot ja optimointitehtävä ko. kohtien alusvetovalikoista.

Optimointiin-valinta palauttaa tarkasteltavaksi käytetyn optimointitehtävän ennen optimoinnin käynnistämistä (kuva 11). Käynnistä optimointi –valinta tekee valintojen

mukaisen optimointiajon palvelimella ja palauttaa sivun, jolla on linkit optimointiajon lokitiedostoon ja jos optimointi onnistui, ratkaisun summataulukkoon (kuva 12).

DemoMELA

Optimointi

Projekti: TESTI
Metsänkasittelyvaihtoehdot: TESTI-Normaali
Optimointitehtävän nimi: P1

Optimointitehtävä

```

* P1 MDL *

* CUTTING POTENTIAL
* 'xvar' section is obligatory:
* at least variables of the 'prob' section have to be mentioned
* 'xvar' section defines also decision variables for SOLUTION report

printl 9

xvar  x0801,x0537>
,x0700,x1700,x2700,x3700,x4700,x5700>
,x0697,x1697,x2697,x3697,x4697,x5697>
,x1090,x2090,x3090,x4090,x5090>
,x1195,x2195,x3195,x4195,x5195>
,x1193,x2193,x3193,x4193,x5193>
,x1370,x2370,x3370,x4370,x5370>
,x0800,x5800

* 'prob' section is obligatory
prob P1 - CUTTING POTENTIAL - NPV 1 %

* maximize net present value using 1 % interest rate
x0801 max

```

Kuva 11. Ennen optimoinnin käynnistämistä esitetään optimointitehtävä, eli optimoinnissa käytettävän MDL-tiedoston sisältö.

DemoMELA

Optimointi

Projekti: TESTI
Kasittelyvaihtoehdot: TESTI-Normaali
Optimointitehtävän nimi: P1

Optimoinnin loki
Summaraportti: TESTI-Normaali_TESTI-Normaali_P1_O_SUM

Kuva 12. Onnistuneen optimointiajon tuloksena palautetaan sivu, jossa on linkit optimointiajon lokitiedostoon ja summataulukkoon.



5 Osio: Tulokset

Tulokset-osioon lisätään tuloksia ajantasaistusajon ja optimointiajon suorittamisen jälkeen (kuva 13). Uudet tulostiedostot korvaavat samannimiset vanhat tiedostot, joiden säilytettävät tulostiedostot on talletettava omalle koneelle. Kaikki tulostiedostot ovat tekstitiedostoja, jotka selaimesta ja sen asetuksista riippuen avautuvat selainikkunaan tai erilliseen tekstieditoriin, tai ilmestyvässä valintaikkunassa valitaan tiedoston tallentaminen tai avaaminen.

DemoMELA

Projektin TESTI ajantasaistusajon tulokset

Ajantasaistusajon tuloksia ei ole, siirry MELA-ajoihin.

Projektin TESTI valmiit tuotanto-ohjelmat

TESTI-Normaali_P1
17.5.2002 12.22.23
Optimoinnin loki: TESTI-Normaali_TESTI-Normaali_P1_L.OPT
Simuloinnin loki: TESTI-Normaali_TESTI-Normaali_SIM
Summaraportti: TESTI-Normaali_TESTI-Normaali_P1_O.SUM
Laskentayksikköpalaute: TESTI-Normaali_TESTI-Normaali_P1.MPU
Varjohinnat: TESTI-Normaali_P1.SHP
Rajahinnat: TESTI-Normaali_P1.MRG

MPU-tiedoston kuvaus: mpu.txt

Kuva 13. Tulokset-osio. Ajantasaistusajoa ei ole ko. projektille vielä tehty. Tuotanto-ohjelma on laskettu käyttäen simuloinnissa parametritiedostoa Normaali.PAR ja optimoinnissa optimointitehtävää P1.



Vaatimuksia uuden sukupolven suunnittelujärjestelmälle

Lisää ekologiaa, osallistumista ja kilpailua yksityismetsien suunnitteluun?

Jyrki Kangas

I Johdanto

Yksityismetsien metsäsuunnittelun kehittämistyön tahti on tiivistynyt viime aikoina. Myös yhteydet tutkimuksen ja käytännön kehittäjien kesken ovat näyttäneet aktivoitumisen merkkejä. Yksityismetsien suunnittelun kehittämistarpeita on myös pohdittu eri tahoilla (esim. Pesonen ym. 1998, Heikinheimo 1999, Kangas 1999, 2001, Nuutinen & Suokas 1999, Maa- ja metsätalousministeriön... 2001). Kaikki tämä osaltaan osoittaa, että kehittämisen tarpeita myös on oikeasti olemassa. Tämän teoksen muissa artikkeleissa on esitetty monia kehittämistarpeita ja myös keinoja vastata niihin. Ne pääosin liittyvät suhteellisen akuutteihin kehittämisenäkökuilmiin ja lienee ensi sijassa tähdätty toteuttamiskelpoisiksi nykyisenkaltaisessa suunnittelun kokonaissysteemissä – yksityismetsien nykyisessä suunnittelukontekstissa.

Paljon ovat viime aikoina olleet esillä mm. seuraavat kehittämiskohteet tai kehittämistä kaipaavat vaiheet: vaihtoehtotarkastelujen sisällyttäminen suunnitelmiin, simulointi- ja optimointilaskelmien monipuolistaminen, metsien kehitysennusteiden luotettavuuden tarkastelut, metsävaratietojen hankinnan kustannusten alentaminen esimerkiksi tietojen päivitystä tehostamalla, metsänomistajien tavoitteiden liittäminen laskelmiin ja suunnitelmien tuottaminen niitä kunnioittaen, suunnittelun ja neuvonnan integrointi, internet-sovellukset, ja kilpailun lisääminen metsäsuunnittelumarkkinoilla.

Tehdyt kehittämis ehdotukset ovat perusteltuja ja niiden viitoittamia lähiajan polkuja on paikallaan tutkailla. Tarpeen on kuitenkin pohdiskella myös pidemmän ajan kehittämisiä. Sellaisiakin, joiden toteuttamiseen ei juuri tällä hetkellä ole teknisiä tai henkisiä valmiuksia, mutta jotka todennäköisesti tai edes mahdollisesti ovat tavalla tai toisella edessä. Esimerkiksi sosiaalisen kestävyuden merkitystä, huomioon ottamista suunnittelussa, tarkastelumenetelmiä jne. on jatkossa syytä nykyistä enemmän pohtia – ja tutkia. Se, mitä yleistettäviä ja päämääriä tulevaisuuden metsäsuunnittelulle nähdään, vaikuttaa olennaisesti myös sovellettavien menetelmien ja teknisten toteutusten kehittämistarpeisiin.

Yksityismetsien metsäsuunnittelun kokonaiskehikon kehittämisen näkökulmasta on tärkeää miettiä esimerkiksi seuraavia seikkoja: tavoitellaanko suunnittelun kautta metsäpoliittisten tavoitteiden saavuttamista vai metsänomistajien omien tavoitteiden mukaisia käsittelysuosituksia; kuka maksaa ja kuinka suuren osan suunnittelun kustannuksista; kuinka paljon suunnittelu kokonaisuutena voi maksaa; mitä kukakin saa vastineeksi rahoilleen; kenellä on mahdollisuus toteuttaa suunnittelun eri vaiheet ja kenellä on oikeudet mihinkin tietoihin; kuka päättää mitä suunnitelmaan lopulta sisällytetään; mitkä ovat suunnitelman ja suositusten sitovuudet ja oikeusvaikutukset.

Hahmottelen seuraavassa yksityismetsien suunnitteluun lähestymistapaa, jonka puitteissa olisi mahdollista (I) liittää ekologiaa ja muita aluetason tarkasteluja suunnitteluun, (II) liittää osallistava ote suunnitteluun, (III) tuottaa sekä yhteiskunnan että metsänomistajien tarpeita palvelevia suunnitelmia oikeudenmukaisella kustannusten

jaolla, ja (IV) avata suunnittelumarkkinoita aidolle ja avoimelle kilpailulle. Hahmotelun mukaisessa mallissa olisi mahdollista edelleen hyödyntää nykyisiä suunnittelun apuneuvoja (kuten MELAAa) ja niiden kehittämistyön tuloksia eri tehtävissä, mutta suunnittelun toteutuksen yleisote olisi aikalailla toisenlainen kuin nykyään. Esitys on kaavamainen ja lyhyt, periaatetasolle jäävä. Hahmotelun kuitenkin myös joitakin sen mahdolliseen toteutukseen liittyviä yksityiskohtaisempia näkökulmia, etenkin sellaisilta osin kuin niissä on olennaista eroa nykyisenlaiseen yksityismetsien suunnittelu-toimen järjestelyyn.

Johdannon lopuksi todettakoon, että seuraavassa hahmoteltava suunnittelumalli on vain yksi vaihtoehto lähestymistavaksi, jolla voitaisiin vastata yksityismetsien suunnittelun joihinkin vähintäänkin mahdollisiin lähitulevaisuuden haasteisiin. Sille tielle lähteminen käytännön suunnittelutoimessa on perusteltua vain, mikäli osallistava suunnittelu sekä aluetason ekologiset ja sosiokulttuuriset tarkastelut todella nähdään tärkeiksi ulottaa myös yksityismetsiin.

2 Valtion maksamana aluesuunnitelmat, muu suunnittelu vapaaseen kilpailuun

Perusajatus hahmotelmassa on hajauttaa suunnittelu kahteen eri linjaan. Niiden yhdistelmä muodostaisi yksityismetsien maisema- ja metsälötason suunnittelun kokonaisuuden. Valtion maksama aluesuunnittelu tavallaan jatkaisi metsätalouden perinteistä ”suunnitelmatalouslinjaa” johtotähtenään yleinen etu ja toimiminen metsäpolitiikan apuneuvona, joskin aikaisempaan nähden muuttunein yleisen edun sisällöin. Näyttää näet siltä, että tällainen suunnitteluote nähdään edelleen tarpeelliseksi. Sen kustannuksia ei pidä missään tapauksessa säilyttää metsänomistajien harteille, onhan siinä metsänomistajan näkökulmasta paljolti kysymys ”hyvän metsänhoidon” propagandasta. Toiseen linjaan taas kuuluisi markkinataloushenkinen vapaa kilpailu metsälötason suunnittelussa. Sen kustannukset ja hyödyt lankeaisivat metsänomistajille. Hyötyjä olisivat kilpailun vapautumisen myötä ehkä myös suunnittelupalveluja tarjoavat yrittäjät.

Ensinnäkin valtion kustantamana ja toteuttamana laadittaisiin kylä-, metsätalous-alue- tms. tason suunnitelmat, joita myös maisematason suunnitelmiksi tai aluesuunnitelmiksi voitaisiin kutsua. Niiden ideana olisi edustaa yhteiskunnan ((metsä)poliittisten) tavoitteiden mukaista suunnittelua. Mukana olisivat kaikki kestävä kehityksen ulottuvuudet, ja suunnitteluprosessit olisivat osallistavia. Tuloksena saataisiin ns. yleistä etua ajava metsäsuunnitelma, joka toteuttaisi kansallisen metsäohjelman ja edelleen alueellisen metsäohjelman linjauksia toimien niiden käytännön jalkauttamisohjelmina. Niihin sisällytettäisiin myös keinot, joiden käyttöönottoon esimerkiksi metsien suojelun prosesseissa päädytään. Lisäksi niitä voitaisiin käyttää metsäsertifioinnin mittatikkuna.

Tätä yhteiskunnallista optimia edustavaa aluesuunnitelmaa käytettäisiin kestävä metsätalouden rahoituksen ohjaamisen keskeisenä apuneuvona. Siinä osoitettaisiin kohteet ja toimenpiteet, joihin metsänomistajat voisivat saada yhteiskunnan tukea. Myös tuen suuruus kerrottaisiin. Aluesuunnittelu voitaisiin mitoittaa kevyeksi niin että mitään ylimääräistä, edes ”varmuuden vuoksi” –tietoa ei kerättäisi; vain se, mikä

on välttämätöntä tällaisen suunnittelun tavoitteiden kannalta. Puuntuotannollisten tunnusten ja tarkastelujen yksityiskohtaisuutta olisi ainakin mahdollista vähentää, ja siirtä niiden osalta laajempaan kaukokartoituksen ja tietojen päivityksen käyttöön. Osallistava ote toisaalta lisäisi kustannuksia nykyiseen käytäntöön verrattuna.

Aluesuunnitelma palvelisi myös metsänomistajia, vaikka se laadittaisiinkin osallistavan prosessin kautta ja vaikka sitä ei pelkästään metsänomistajien näkemysten mukaiseksi muotoiltaisikaan. Jotta suunnitelmat ylipäätään olisivat toteuttamiskelpoisia, on toki metsänomistajat osallistettava mukaan prosesseihin. Jo sen takia, että tarvittavat kompensatiot voitaisiin arvioida realistisesti. Viime kädessä metsänomistajat päättävät, noudattavatko he tällaista yhteiskunnallista optimisuunnitelmaa. Siihen taas olennaisesti vaikuttaa, ovatko porkkanat ja mahdolliset kepit riittävät. On myös muistettava, että metsänomistajien tasapuolinen ja oikeudenmukainen kohtelu on yksi tärkeistä metsätalouden sosiaalisen kestävyuden vaatimuksista.

Metsäkeskus voisi toteuttaa alueellisen suunnittelun myös toimeksiantona ulkopuoliselta suunnittelupalvelujen tarjoajalta. Aluesuunnittelun prosessi olisi kuitenkin perusteltua pitää suhteellisen tiukasti metsäkeskuksen kontrollissa.

Metsänomistajat saisivat ilmaiseksi paitsi laaditut suunnitelmat, myös kaikki suunnittelua varten kerätyt metsälöidensä kuviokohtaiset ja muut puusto-, maapohja- yms. tiedot kaikin oikeuksin. Niitä käyttäen he voisivat halutessaan laatia tai laadituttaa omia metsälökohtaisia laskelmiaan ja suunnitelmiaan. Sellaisia suunnitelmia ei aluesuunnitelmien laadinnan takia tarvittaisi ja siksi yhteiskunta ei niiden kustannusten kattamiseen osallistuisi. Metsänomistaja voisi tarvita metsälökohtaisia laskelmia esimerkiksi arvioidakseen aluesuunnitelmalle vaihtoehtoisia oman metsänsä suunnitelmia. Niiden pohjalta hän taas voisi tarkastella aluesuunnitelman toteuttamisen kannattavuutta verrattuna muunlaisiin tuotanto-ohjelmiin: riittävätkö tuet tyydyttävästi kattamaan vaikkapa ekokohteiden vapaaehtoisen suojelun kustannukset eli onko aluesuunnitelmaa mielekästä omassa metsässä toteuttaa. Monet metsänomistajat voisivat ylipäätään haluta monipuolisempaa ja tarkempaa suunnittelua ja luotettavampia laskelmia kuin aluesuunnittelu tarjoaisi.

Kaikilla metsälötason suunnitelmien laatijoilla olisi sama lähtökohdat: alueellisia suunnitelmia varten hankitut metsävaratiedot voisi saada metsänomistajan kautta ja luvalla ilmaiseksi. Mikäli metsänomistaja kaipaisi aluesuunnitelmaa tarkemmat, monipuolisemmat tms. metsävaratiedot ja/tai laskelmat, hän voisi tilata vastaavat suunnittelupalvelut keneltä haluaa ja kilpailuttaen palvelujen tarjoajia. Metsäkeskus voisi kenties olla yksi palvelujen tarjoaja kilpailluilla suunnittelumarkkinoilla yhdessä metsänhoitoyhdistysten, metsäyhtiöiden, konsulttien, jne. kanssa. Kilpailuasetelmien tasapuolisuus kuitenkin edellyttäisi, että kaikki yhteiskunnan rahoituksella hankittu käytökelpoinen metsälöä koskeva tieto olisi metsänomistajalle ilmaista ja vapaasti käytettävissä.

3 Lopuksi

Suunnittelunärkevin toteutustapa riippuu suunnittelulle asetetuista yleisistä päämääristä sekä esimerkiksi siitä, kenen ja mitä metsänkäytön tavoitteita halutaan tarkastella. Tarkoitukseni ei ole väittää, että juuri edellä esitetty olisi ainoa mahdollinen tai ehdottomasti paras linjaus yksityismetsien suunnittelun kehittämiseen. Se ei kuiten-

kaan liene ainakaan kovin pahasti ristiriidassa MMM:n metsäsuunnittelustrategian (Maa- ja metsätalousministeriön... 2001) perusajatusten kanssa. Tarkoitus on, että tämä kirjoitus olisi omiaan suuntaamaan keskustelua nykysysteemin teknisten ja menetelmällisten parannusten ohella yleisempään yksityismetsätalouden koko suunnittelutoimen vaihtoehtoisten olemusten arviointiin.

Oikeastaan tutkijan tehtävä ei olekaan kertoa, mitä tavoitteita ja elementtejä suunnitteluun tulisi lopulta sisällyttää. Metsäsuunnittelun tutkimuksessa olennaisempi tehtävä on kehittää, testata, ja edelleen kehittää lähestymistapoja, menetelmiä, tekniikoita ja malleja erilaisiin suunnittelutilanteisiin ja erilaisten suunnittelupäämäärien varalle. Kehitystyössä on pyrittävä vastaamaan paitsi juuri nyt ajankohtaisiin tarpeisiin myös ennakoitaviin ja mahdollisiin tulevaisuuden tarpeisiin. Koska tulevaisuutta ei koskaan varmuudella tunneta, tämä edellyttää ennakkoluulottomuutta ja tutkimuksellista riskinottoa sekä myös parhaillaan käytettäviin tai kehitettäviin järjestelmiin sitoutumatonta tutkimusotetta.

Pohdinnat aluetason ekologisten tarkastelujen liittämisestä yksityismetsienkin suunnitteluun ovat ajankohtaisia jo nyt. Odotettavissa on ehkä myös osallistavan suunnittelun ulottaminen yksityismetsätalouden aluetason tarkasteluihin tavalla tai toisella. Osallistavaa suunnittelua sisältyy jo nyt metsäkeskuksittaisten alueellisten metsäohjelmien laadintaan. Joka tapauksessa paineet osallistavaan ja ekologiset tavoitteet painokkaasti huomioivaan aluetason metsäsuunnitteluun ovat ilmeiset. Tietävästi EU:nkin piirissä valmistellaan ympäristösuunnittelua koskevia direktiivejä, jotka saattavat ulottua myös alueelliseen metsäsuunnitteluun. Valmiutta aluetason osallistavaan metsäsuunnitteluun sekä ekologisen ja sosiaalisen kestävyuden tarkasteluihin on perusteltua parantaa. Ja kehittää ennakoivasti tarjolle menetelmiä ja käytäntöjä, joissa pidetään huoli metsänomistajien tasapuolisesta ja oikeudenmukaisesta kohtelusta sekä tuotettavien suunnitelmien hyödyllisyydestä metsänomistajillekin.

Samoin ajatus yksityismetsien suunnittelun entistä avoimemmasta avaamisesta kilpailulle ja yrittäjyyden edistäminen metsäalalla yleisemminkin on ollut esillä (esim. Palo 1993, Harstela ym. 2001). Siten edellä hahmoteltu yksi mahdollinen yksityismetsien suunnitteluotteyhdistelmä vastaisi osaltaan jo nyt näköpiirissä oleviin haasteisiin. Aidon kilpailun ulottaminen yksityismetsien suunnitteluun voisi lisäksi hyvinkin tehostaa suunnittelua ja olla myös lisäponnin metsäsuunnittelun tutkimus- ja kehittämistoiminnalle sekä sen tulosten monipuoliselle käytännön hyödyntämiselle.

Hahmoteltuun yksityismetsien suunnittelukehikkoon soveltuvia tapoja, joilla voidaan toteuttaa aluetason ekologisia ja muita tarkasteluja, on viime aikoina esitelty alan tutkimuksissa, myös Suomessa (esim. Kurttila ym. 2001, Pykäläinen ym. 2001, Kurttila & Kangas 2001). Niissä on esitelty myös sellaisia aluesuunnittelun menetelmiä, joissa korostetusti otetaan huomioon metsänomistajien tavoitteet ja integroidaan ne aluetason ekologisten tavoitteiden kanssa. Niiden avulla voidaan hakea esimerkiksi ratkaisuja, jotka täyttävät aluetason vaatimukset toteuttaen samalla mahdollisimman tasapuolisesti ja kokonaisuutena mahdollisimman hyvin metsänomistajien tavoitteet. Mahdollista on myös vaikkapa rajoittaa tarkasteltavien metsäkohtaisten vaihtoehtojen joukkoa metsänomistajien hyväksymiin ratkaisuihin ja valita niiden joukosta se metsäkohtaisten suunnitelmien yhdistelmä, joka parhaiten toteuttaa aluetason tavoitteet.

Tutkimuksia myös osallistavan suunnittelun perusteista yksityismetsissä on käynnissä (esim. Hytönen 2000), ja tutkimustuloksia on lähiaikoina luvassa. Ainakin peri-



aatteessa ja teknisesti ottaen osallistava aluesuunnittelu ja metsätason suunnittelu olisi mahdollista integroida keskenään ja toteuttaa yhtenä prosessina. Toteutus kahtena erillisenä prosessina edellä esitetyin periaattein olisi kuitenkin käytännössä todennäköisesti selkeämpi ja helpompi toteuttaa, eikä olisi yhtä altis konflikteille ja suunnittelun pattitilanteille. Se tarjoaisi myös luontevamman kehikon yhteiskunnan tuen kohteiden määrittämiseen.

Hahmoteltuun suunnittelumalliin voidaan laatia variaatioita myös kilpailun vapauttamisen suhteen. On tietenkin mahdollista ulottaa kilpailutus kaikkeen metsävaratietojen hankintaan ja aluesuunnitelmien laadintaan. Sillä voisi olla etuja tehokkuus- ja kehittämisenäkökulmasta, mutta samalla se tarkoittaisi metsäkeskuksille kontrollin menettämistä metsävaratiedoista ja ainakin osittain myös aluesuunnitelman laadinnan muista perusteista. Etenkin se tietäisi metsävaratietojen ja suunnitelmien laadinnan kontrollin vaikeutumista. Aivan koko suunnittelutoimen avaaminen kilpailulle voisi olla huono ratkaisu myös alueellisten metsäohjelmien jalkauttamisen kannalta.

Aluesuunnitelmien laatimiseen edellä mainituin periaattein liittyy varmasti monia ongelmia, esimerkiksi sen osallistavan osuuden käytännön toimeenpanoon. Yksi ongelma on myös se, että metsätaloudellisen tiedon keruun keventäminen johtaisi puustotiedon luotettavuuden huononemiseen. Tällöin on entistäkin olennaisempaa saada selville puustotiedon luotettavuus: mitä huonompi tiedon laatu sitä tärkeämpi sen luotettavuus on tuntea. Sama koskee suunnittelulaskelmien epävarmuuksia.

Myös se, että joku muu kuin metsävaratiedot kerännyt taho jatkaisi niiden hyödyntämistä omissa laskelmissaan, korostaa tiedon luotettavuuden tuntemisen tärkeyttä. Luotettavuustiedon pohjalta voisi kukin metsälökohtaisten suunnitelmien laatija ja tilaaja arvioida, tarvitseeko tarkempia ja luotettavampia laskelmia kuin minkä ilmaiset tiedot mahdollistavat. Jokainen voisi edelleen arvioida, onko kannattavaa hankkia omiin tarpeisiin lisäinformaatiota. Metsävaratiedon, laskelmien ja suunnitelmien laadun varmistamiseen ja epävarmuuksien tunnistamiseen on syytä panostaa metsäsuunnittelun kehittämisessä, toteutetaanpa suunnittelu miten tahansa ja olivatpa sen päämäärät mitkä tahansa.

Monisäikeinen käytännön ongelmakenttä olisi epäilemättä myös eri suunnitteluvaiheiden kustannukset ja niille maksajien löytäminen. Toisaalta yhteiskunnan metsäsuunnitteluun satsaamisen tarve tuskin juurikaan nousisi; se saattaisi jopa vähentyä. Kustannusten jaon perusteltu periaate joka tapauksessa olisi, että hyötyjät maksakoot suunnittelun.

Kirjallisuus

- Harstela, P., Kettunen, J., Kiljunen, N. & Meristö, T. 2001. Normitaloudesta yrittäjyyteen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 819. 77 s.
- Heikinheimo, M. (Toim.). 1999. Metsäsuunnittelun tietohuolto. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 741. 105 s.
- Hytönen, L.A. 2000. Osallistamismenetelmät metsätalouden päätöksenteossa. Metsätieteen aikakauskirja 3/2000: 443-456.
- Kangas, J. 1999. Mihin menet metsäsuunnittelu? Teoksessa: Hyppönen, M., Jalkanen, R. & Aalto, T. (Toim.). Onko Lapin metsätaloudella tulevaisuutta? Lapin Metsätalouspäivät 21.-22.1.1999. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 732:55-62.
- Kangas, J. 2001. Metsäsuunnittelun tutkimus- ja kehittämishaasteita. Teoksessa: Kangas, J. & Kokko, A. (Toim.). 2001. Metsän eri käyttömuotojen arvottaminen ja yhteensovittaminen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 800: 309-314.
- Kurttila, M. & Kangas, J. 2001. Alue-ekologinen suunnittelu myös yksityismetsiin? Arvokkaat elinympäristöt ”ydintilojen” ympärille. Metsätalous 4/2001: 22-24.
- Kurttila, M., Pukkala, T. & Kangas, J. 2001. Composing landscape level plans for forest areas under multiple private ownership. *Boreal Environment Research* 6: 285-296.
- Maa- ja metsätalousministeriön metsäsuunnittelustrategia 2001-2010. 2001. Työryhmämuistio MMM 2001:13. Helsinki 2001. 15 s.
- Nuutinen, T. & Suokas, A. (Toim.). MELA99 ja metsätalouden suunnittelu. MELA-käyttäjöpäivä ja tutkimusseminaari 11.-12.5.1999 Majvik, Kirkkonummi. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 752.
- Palo, M. 1993. Ympäristötietoisien metsäpolitiikan strategia. Teoksessa: Palo, M. & Hellström, E. (Toim.). Metsäpolitiikka valinkauhassa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 471. Ss. 307-467.
- Pesonen, M., Kurttila, M., Teittinen, A. & Kajanus, M. 1998. Yksityismetsien metsäsuunnittelu – nykytilanne ja kehittämistarpeita. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 715. 32 s.
- Pykäläinen, J., Pukkala, T. & Kangas, J. 2001. Alternative priority models for forest planning on the landscape level involving multiple ownership. *Forest Policy and Economics* 2:293-306.

Uuden metsäsuunnittelujärjestelmän kehittämisen lähtökohdia ja tavoitteita

Raito Paananen

I Taustaa

Metsäsuunnittelu tuotteineen ja palveluineen on yksi tärkeimmistä metsätalouden informaatio-ohjauksen keinoista. Yksityismetsätaloudessa metsäsuunnittelu on eräs toiminnan perusta ja tilakohtainen metsäsuunnitelma on keskeinen väline metsänomistajan päätöksenteossa ja neuvonnassa, metsien käsittelyn ohjauksessa ja seurannassa sekä yhä korostuvammin myös luonnon monimuotoisuuden ylläpidossa.

Yksityismetsätalouden metsäsuunnittelujärjestelmien elinkaari on ollut 10-15 vuotta. Kaikissa tähänastisissa järjestelmissä (MTS/Alue, TASO, Solmu) tiedonkeruun periaatteena on ollut alueellinen metsävarojen inventointi, joka tehdään kuvioittain kattavana maastotyönä. Kerättävän tiedon sisältö ja luokitukset ovat kehittyneet ja tarkentuneet. Keskeisiä tuotteita ovat koko ajan olleet metsänomistajille myytävät tilakohtaiset metsäsuunnitelmat sekä erilaiset alueelliset metsävaratietojen yhteenvedot. Tilakohtaisten suunnitelmien sisältö on monipuolistunut ja ulkoasu kehittynyt visuaalisemmaksi. Viimeisin tuoteudistus on vuodelta 1996. Voimassa olevat tilakohtaiset suunnitelmat (yhteensä 123 324 kpl) kattoivat v. 2001 lopussa noin 67 % yksityismetsien metsätalousmaan pinta-alasta (Tapion vuositilastot 2001).

Aluesuunnittelussa kertynyttä tietovarantoa on käytetty myös muihin yksityismetsätalouden suunnittelu- ja seurantatehtäviin ja sitä on voimassaolevien säädösten puitteissa luovutettu myös muiden yksityismetsätalouden toimijoiden käyttöön.

Tähänastisissa suunnittelujärjestelmissä on tapahtunut merkittävää tiedonhallinnan ja -käsittelyn kehittymistä 1970-luvun Helsinkiin keskitetystä suurkonekäsittelystä (MTS/Alue) 1990-luvun metsätoimistoihin hajautettuun paikkatietojärjestelmäpohjaiseen tiedonhallintaan (Solmu). Maastotyössä on siirrytty lomakkeista maastotallentimiin ja ilmakuvissa mustavalkoisista paperikuvista digitaalisiin vääräväri-ilmakuviin.

2 Lähtökohdat

Kansallisessa metsäohjelmassa on esitetty seuraavia metsäsuunnittelua koskevia tavoitteita ja linjauksia vuoteen 2010 (Kansallinen metsäohjelma 2010):

- Tilakohtaisten metsäsuunnitelmien määrä nostetaan 75 prosenttiin yksityismetsien pinta-alasta.
- Tilakohtaisen suunnittelun pohjaksi metsäkeskukset kokoavat metsätietokannan alueellisen metsäsuunnittelun avulla. Aluesuunnittelun määrä nostetaan miljoonaan hehtaariin vuodessa. Tietokantaa hyödynnetään tilakohtaisessa metsäsuunnittelussa, jota tekevät metsänomistajan toimeksiannosta hänen valitsemansa toimijat. Metsälön kuviotiedot luovutetaan maksutta, toimitusmaksua lukuun ottamatta, metsänomistajan käyttöön. Metsänomistaja vastaa näin ollen tilakohtaisen suunnitel-

man koostamisen sekä mahdollisista erityistoivomuksista johtuvien lisätöiden kustannuksista.

- Metsäsuunnittelun kehittämisessä tarvitaan nykyistä tiiviimpää yhteistyötä metsäkeskusten ja metsänomistajaorganisaatioiden kesken.

”Kaikki metsänomistajat tekevät päätöksiä tietoisina metsien erilaisista käyttömahdollisuuksista ja hoitotarpeista” on maa- ja metsätalousministeriössä määritelty yksityismetsätalouden toimialan visio vuoteen 2010. Metsäsuunnittelu ja neuvonta ovat tärkeimpiä tämän vision toteuttamiskeinoja.

Vision toteuttamiseksi on maa- ja metsätalousministeriössä laadittu uudet metsäsuunnittelun ja metsäneuvonnan strategiat. Metsäsuunnittelustrategiassa on esitetty seuraavat metsäsuunnittelun toimintaperiaatteet:

1. Suunnittelu on asiakaslähtöistä ja monitavoitteista.
2. Menetelmät ovat tehokkaita ja vaikuttavia.
3. Metsäsuunnittelutietojen laatu on hyvä.

Strategiassa on hahmotettu aihealueittain avaintehtävät, joita tarvitaan vision toteuttamiseksi. Eräs keskeisiä tehtäviä on seuraavan sukupolven metsäsuunnittelujärjestelmän määrittely ja toteutus. Tämän ohella tärkeimpiä avaintehtäviä ovat metsäsuunnittelun vaikuttavuuteen ja tuotekehitykseen liittyvät tehtävät sekä metsävaratietojen käytön pelisäännöistä sopiminen.

3 Järjestelmän tavoitteita

Uuden metsäsuunnittelujärjestelmän kehittämisessä keskeisenä lähtökohtana on edellä mainittu visio. Vision toteuttamiseksi suunnittelun vaikuttavuutta, neuvonnallisuutta ja asiakaslähtöisyyttä on lisättävä ja tiedonkeruun taloudellisuutta on parannettava. Metsäsuunnittelun tuote- ja palveluvalikoimaa on laajennettava ja eri tietolähteitä on pyrittävä käyttämään tehokkaasti metsävaratiedon tuottamisessa ja ylläpidossa. Lähtökohdan uudelle järjestelmälle on oltava selkeästi toiminnallinen, ei tekninen.

4 Metsäsuunnittelun vaikuttavuuden parantamisen haasteet

Karppisen ym. (2002) laajasta metsänomistajatutkimuksesta käy ilmi, että metsänomistajien tavoitteet ovat muuttuneet monipuolisemmiksi. Valtaosalle metsänomistajista puuntuotanto näyttää edelleen olevan keskeinen tavoite, mutta sen rinnalle on tullut muita tavoitteita. Noin 50 % metsänomistajista korostaa metsän tarjoamien taloudellisten hyötyjen ohella myös aineettomia hyötyjä. Viidesosa metsänomistajista pitää virkistyshyötyjä tärkeinä, ja lähes yhtä suuri osa korostaa metsän työllistävää merkitystä. Metsän antamaa taloudellista turvaa ja säännöllisiä tuloja korostaa omistajista runsas kymmenen prosenttia.

Metsänomistajista valtaosa on muita kuin maatalousyrittäjiä ja metsänomistajien keski-ikä on 57 vuotta (Karppinen ym. 2002). Palkansaajia metsänomistajista on noin 30 %.

Metsäsuunnittelun vaikuttavuuden lisäämiseksi tulisi suunnittelun painopistettä siirtää palveluun ja neuvontaan inventointiin keskittyvän metsävaratiedon ylläpidon sijasta. Metsäsuunnitelmalla on todettu olevan hakkuita lisäävä vaikutus (Pesonen ym. 1998). Toisaalta on myös todettu, että metsänomistaja käyttää metsäsuunnitelmaa harvoin itsenäisesti. Usein suunnitelmaa käytetään yhteistyössä metsäammattilaisen kanssa. Niskasen (2002) mukaan enintään 60 % metsänomistajista osaa käyttää suunnitelmaansa siten, että löytää siitä taimikonhoito- ja hakkuualueet ja osaa katsoa niiden kiireellisyyden.

Vaikuttavuuden lisäämiseksi on nähtävissä tarve kehittää nykyisen vakiomallisen metsäsuunnitelmatuotteen rinnalle uusia vaihtoehtoisia tuotteita, jotka paremmin vastaavat metsänomistajien tavoitteita ja joita metsänomistajat voisivat paremmin käyttää myös itsenäisesti. Suunnitelmatuotteeseen tulisi myös olla liitettävissä enemmän yleistietoa metsästä niille metsänomistajille, joille metsä ei ole elinkeinona tärkeä ja jotka eivät ehkä kovin hyvin tunne metsäasioita.

Tuotteiden ja palvelujen kehittämisen perustaksi on tehtävä syvälinen asiakastarpeiden selvitys. Tähän liittyy myös suoran sähköisen asiointin ja palvelun tarpeet ja palvelujen toteutusmahdollisuudet.

Karppinen ym. (2002) toteavat myös, että metsänomistajat pitävät henkilökohtaista neuvontaa parhaimpana tapana hankkia tietoa metsänhoidosta ja metsien käsitteilystä. Metsäneuvontaorganisaatiot tavoittivat tutkimuksen mukaan henkilökohtaisen neuvonnan keinoin neljä viidesosaa metsänomistajista. Joukkoneuvontaan, kuten esitelmä- ja retkeilytilaisuuksiin osallistui runsas kolmasosa omistajista. Näiden neuvontamuotojen osalta tilanne on hyvä. Metsäsuunnittelun yhteydessä on tehty neuvontaa perinteisesti siten, että metsänomistajalle tarjotaan mahdollisuutta olla suunnittelijan mukana maastossa ja hän voi osallistua myös tulosten laskentaan. Valmiin suunnitelman luovutuksen yhteydessä käydään suunnitelma-asiakirja yhdessä läpi.

Kerättävää metsävaratietoa voidaan käyttää neuvonnassa hyväksi. Vuonna 2002 metsäkeskusten käyttöön otetaan ns. metsänhoitotiedote. Metsänhoitotiedote on karttapohjainen tuloste, jonka avulla metsänomistaja saa selkeästi perustietoa metsässään olevista kiireellisistä metsänhoitokohteista. Tätä tietoa käytetään henkilökohtaisen neuvonnan apuna, mutta myös laajemmat massajakelut ovat mahdollisia. Uuden järjestelmän myötä näitä neuvontapainotteisia tuotteita on tavoitteena kehittää lisää.

5 Metsävaratiedon keruun ja ylläpidon toteuttamismahdollisuuksia

5.1 Nykyisen mallin arviointia

Nykymuotoinen 10-15 vuoden kierrolla toteutettu alueellisesti toteutettu metsävaratietojen keruu ja metsäsuunnittelu on luonut tärkeän yksityismetsätalouden infrastruktuurin. Sen tavoitteena on ollut hyvin voimakkaasti metsätalouden edistäminen. Suurin käyttöarvo on kuviotasolle paikannetulla tiedolla toimenpidekohteista ja -tarpeista. Yhtenäinen tietosisältö mahdollistaa erilaiset edistämistoimenpiteet ja metsäkeskusten viranomaistoiminnan tehtävien hoidon vähemmällä maastokäynnillä. Alueellisesti keskitetty tiedonkeruu mahdollistaa periaatteessa myös laajempien, tilanrajat ylittävien, tarkastelujen teon ja niiden tulosten huomioimisen tilakohtaisissa suunnitelmissa.

Nykyisellä toimintamallilla on myös voitu tarjota kaikille metsänomistajille määräjain laadultaan vakioituja tilakohtaisia metsäsuunnitelmia. Koska ns. välialueilta on kerätty vastaavat tiedot, on tilakohtaisia suunnitelmia voitu helposti koosta myös jälkitoimituksina. Kerättyä tietoa on käytetty laajasti mm. metsänhoitoyhdistyksissä metsänhoitotyö- ja hakkuukohteiden etsinnässä sekä operatiivisessa suunnittelussa. Tällöin on pystytty vähentämään maastokäyntien määrää.

Nykymuotoisen metsäsuunnittelun keskikustannus metsäkeskuksissa on viime vuosina ollut n. 105-110 mk/ha. Suunnittelu perustuu kattavaan maastotyöhön. Metsäkeskuksissa ollaan siirtymässä tilanteeseen, jossa suunniteltavilta alueilla on käytettävissä Taso-muotoinen edellisen suunnittelukierroksen tieto sekä mahdollisesti digitaalisessa muodossa olevat vanhat kartat. Yhdistettynä numeerisen ilmakuvan visuaalisen tulkintaan ja kasvunlaskentaan voidaan ottaa käyttöön työskentelymalli, jolla maastotyötä voidaan vähentää n. 10 % (Metsäsuunnittelun tehostaminen 2001). Taso-muotoisen puustotiedon käyttöarvo kasvunlaskennassa on kuitenkin esim. sekametsissä heikko.

Vuotuiset suunnittelumäärät ovat resurssien lisäämisestä ja työn tuottavuuden hienoisesta kasvusta huolimatta jääneet alle miljoonan hehtaarin. Suunnittelukierto on yli 10 vuotta alueesta riippuen. Metsänomistajille tuotetaan vakioimuotoisia suunnitelma-asiakirjoja, joissa on rajoitetut sisällön valinnan mahdollisuudet. Metsänomistajan tuotevalikoima sisältää tällä hetkellä metsäsuunnitelman lisäksi vain ym. metsänhoitotiedotteen ja tila-arviot. Nykymuotoinen suunnittelumalli ei myöskään mahdollista aitoa tilakohtaisten suunnitelmien kilpailutusta.

Solmu-muotoista, tarkempaa tietoa on kerätty vuodesta 1996 alkaen ja sitä on metsäkeskusten Luotsi-paikkatietokannassa vuoden 2001 lopussa noin 3,1 milj. ha alueelta. Luotsi-tietokannassa on vuoden 2001 lopussa kaiken kaikkiaan kuvioaineistoa noin puolelta yksityismetsien pinta-alasta.

5.2 Kehittämismuutokset

Metsäsuunnittelun kehittämisessä on erotettavissa kaksi pääkohdetta: 1. Alueellisen metsävaratietokannan tietojen ylläpidon menetelmien kehittäminen ja 2. Metsänomistajille ja muille tiedon käyttäjille tarkoitettujen tuotteiden ja palvelujen kehittäminen. Jäljempänä tarkastellaan pääosin ensin mainittua kehittämiskohdetta.

Alueellisen metsävaratietokannan osalta metsäsuunnittelustrategiassa määritellynä yhtenä avaintehtävänä on pitää yllä kattava, riittävän tuore ja hyvälaatuinen metsävaratieto. Määrittely rajaa mahdollisia tiedon keruu- ja ylläpitomenetelmiä, mutta jättää kuitenkin kohtalaisesti väljyyttä mm. tiedon ajantasaisuuden ja laadun suhteen.

Kertyvää Solmu-muotoista tietoa voidaan käyttää tulevaisuudessa metsävaratietojen päivityksessä paremmin hyväksi kuin Taso-tietoa. Puusto-ositteittain kerätty tieto muodostaa tarkemman lähtöaineiston kasvunlaskennalle. Solmu-tiedonkeruun ja arvokkaiden elinympäristöjen erilliskartoituksen myötä saadaan myös riittävän kattavat ja tarkat tiedot metsän pysyväisluonteisista rakennepiirteistä sekä arvokkaista elinympäristöistä.

Digitaalisten kaukokartoitusmateriaalien maastoerotuskyky on tarkentunut siten, että ilmakuvissa käytetään 0,5 m resoluutiota. Tarkan resoluution satelliittikuvissa erotuskyky on vielä 1-4 m. Orto-oikaistut digitaaliset kuvamateriaalit tarjoavat tulevaisuudessa mahdollisuuksia kuvien parempaan numeeriseen ja visuaaliseen tulkintaan.

Perusvaihtoehtoina metsävaratiedon keruun ja ylläpidon toteuttamiseksi voidaan hahmottaa seuraavat vaihtoehtoiset mallit:

1. Vanhan tiedon hyödyntämiseen perustuvat mallit
2. Numeeriseen kuvatulkintaan perustuvat mallit

Vanhan tiedon hyödyntämiseen perustuvissa malleissa kehitetään nykyistä alue- ja tilakohtaista suunnittelumallia siten, että kertyvää Solmu-muotoista suunnittelutietoa, kasvunlaskentaa, visuaalista kuvatulkintaa sekä kertynyttä tietoa toimenpiteistä (esim. perustamisilmoitukset) hyödynnetään nykyistä tehokkaammin metsävaratietojen päivityksessä. Tällöin voidaan maastotyössä keskittyä toimenpidetarpeiden määrittämiseen, keventää puustotietojen keruuta ja kohdentaa maastotyötä tärkeisiin tai epäselviin kohteisiin. Tietosisältö mahdollistaa kuitenkin pääpiirteissään nykyisenkaltaisen käytön edistämisen ja viranomaistehtävien sekä alueellisiin yhteenvetoihin. Tilakohtaiset suunnitelmat voidaan tuottaa kuten nykyisinkin, mutta metsänomistajan tuote- ja palveluvalikoimaa on tarpeen laajentaa ja asiakaslähtöisyyttä parantaa. Metsäsuunnitelman päivityspalvelua voidaan tarjota sitä haluaville metsänomistajille.

Vanhan tiedon hyödyntämismalleihin voidaan liittää myös metsävaratiedon jatkuvan ajantasaistuksen menettely, jossa käsittelemättömien metsikkökuvioiden tiedot ajantasaistetaan kasvumalleilla ja käsiteltyjen metsikkökuvioiden puusto- ja kuvionrajatiedot mittaa toimenpiteen jälkeen metsänhoitoyhdistyksen tai metsäkeskuksen toimihenkilö. Tämä edellyttää organisaatioiden välisen yhteistyön kehittämistä ja nykyistä laajempaa tiedonvaihtoa.

Numeeriseen kuvatulkintaan perustuvissa malleissa alueelliset metsävaratiedot tuotetaan suunnittelualueittain kuvantulkinnan ja kohdennettujen maastomittausten avulla. Maastomittausten kohdentaminen voidaan toteuttaa esimerkiksi a) visuaalisesti tai automaattisesti tuotettujen kuvasegmenttien avulla tai b) maasto-otos voidaan perustaa alueelta tehtävien tilakohtaisten metsäsuunnitelmien kuviotietoihin. Edellisessä tapauksessa kuvasegmentit ryhmitellään kuvatiedon avulla homogeenisiin ryhmiin, ja kustakin näin muodostetusta ryhmästä mitataan ennalta määrätyn suuruinen maasto-otos. Jälkimmäisessä tapauksessa alueelta laadittujen tilakohtaisen suunnitelmien tiedot yleistetään muille alueille numeerisen kuvatulkinnan avulla.

Numeeriseen kuvatulkintaan perustuvilla malleilla voidaan alueelliset metsävaratiedot tuottaa nykyistä huomattavasti tehokkaammin, mutta tietojen käyttöarvo metsätalouden edistämisen ja viranomaistehtävien on todennäköisesti heikompi. Alueellinen metsävaratietojen keruu ei myöskään tuota niin valmiita lähtötietoja tilakohtaiseen suunnitteluun kuin nykyinen toimintamalli.

Alueellisiin metsävaratietoihin kohdistuvia tarpeita voidaan täyttää em. mallien tuottamien tietojen ohella myös VMI:n monilähdeinventoinnin avulla. Tätä kautta saadaan luotettavia metsävaratietoja isommille alueille.

Valittavan kehittämissuunnan määräävät metsävaratietoihin kohdistuvat tietotarpeet. Tätä varten on kartoitettava tiedon käyttäjäryhmät, heidän käyttötarpeensa sekä ajantasaisuus- ja tarkkuusvaatimuksensa nyt ja tulevaisuudessa. Erityisasemassa ovat metsänomistajien tieto- ja palvelutarpeet. Eri käyttäjäryhmien tietotarpeita on selvitetty aiemmin mm. Metsäsuunnittelun tietohuolto –julkaisussa (Heikinheimo 1999).

6 Kehitystyön toteutus

Uuden järjestelmän kehittämistyö on käynnistetty keväällä 2002 maa- ja metsätalousministeriön hallinnonalan ns. konsernihankkeena tehtävällä esiselvitys- ja määrittelyhankkeella. Hankkeen tarkoituksena on tehdä selvitys uuden järjestelmän tiedon sisällöllisistä ja laadullisista tarpeista, määrittellä metsänomistajien neuvonnan kehittämisen aiheuttamat muutostarpeet metsäsuunnitteluun, hahmottaa ja vertailla vaihtoehtoisia metsäsuunnittelun tulevaisuuden toimintamalleja, määrittää uuden järjestelmän tavoitteet, kartoittaa järjestelmän menetelmällisiä ja teknisiä toteutusmahdollisuuksia ja laatia jatkohankesuunnitelma vuosille 2003-2006.

Uuden järjestelmän rakentaminen edellyttää lähivuosina määrätietoista metsäsuunnittelun menetelmä-, tuote- ja tietojärjestelmäkehitystä. Sitä ennen on kuitenkin tehtävä päätös tavoiteltavasta toimintamallista ja uuden järjestelmän tavoitteista. Aikataulliseksi tavoitteeksi uuden järjestelmän valmistumiselle ja käyttöönotolle on metsäsuunnittelustrategiassa asetettu vuodet 2006-2007. Aikataulu tarkentuu jatkohankkeen suunnitelman valmistumisen yhteydessä.

Kirjallisuus

- Heikinheimo, M. (toim) 1999. Metsäsuunnittelun tietohuolto. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 741.
- Kansallinen metsäohjelma 2010. Maa- ja metsätalousministeriö. Julkaisusarja 1999: 2. Helsinki 1999.
- Karppinen, H., Hänninen, H. ja Ripatti, P. 2002. Suomalainen metsänomistaja 2000. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 852.
- Maa- ja metsätalousministeriön metsäsuunnittelustrategia 2001-2010. Maa- ja metsätalousministeriö. Työryhmämuistio 2001:13. Helsinki 2001.
- Metsäsuunnittelun tehostaminen. Projektin loppuraportti. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2001. Moniste.
- Niskanen, Y. 2002. Metsäsuunnitelma metsäammattilaisen käytössä Etelä-Savossa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 828.
- Pesonen, M., Kurttila, M., Teittinen, A. ja Kajanus, M. 1998. Yksityismetsien metsäsuunnittelu – nykytilanne ja kehittämistarpeita.
- Tapion vuositilastot 2001. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2002.

Kohti asiakaslähtöisiä metsäsuunnitelmia

Yrjö Niskanen

I Taustaa

Maa- ja metsätalousministeriön metsäsuunnittelustrategiassa metsäsuunnittelun visioiksi asetettiin, että “kaikki metsänomistajat tekevät päätöksiä tietoisina metsien erilaisista käyttömahdollisuuksista ja hoitotarpeista” (Maa- ja metsätalousministeriön... 2001). Metsäsuunnitelman tulee siis auttaa metsänomistajaa tekemään omaa metsäänsä koskevia päätöksiä tietoisena päätösten merkityksestä metsän tulevalle kehitykselle. Yhteiskunnan tavoite puolestaan on aktivoida metsänomistajia hoitamaan ja käyttämään metsiään sekä lisätä heidän tietämystään metsien käsittelyä koskevista säädöksistä ja hyvän metsänhoidon suosituksista. Metsäsuunnitelman vaikuttavuus konkretisoituu metsänomistajan ja metsäammattilaisen suunnitellessa yksittäisiä metsänkäyttötoimenpiteitä metsäsuunnitelman pohjalta.

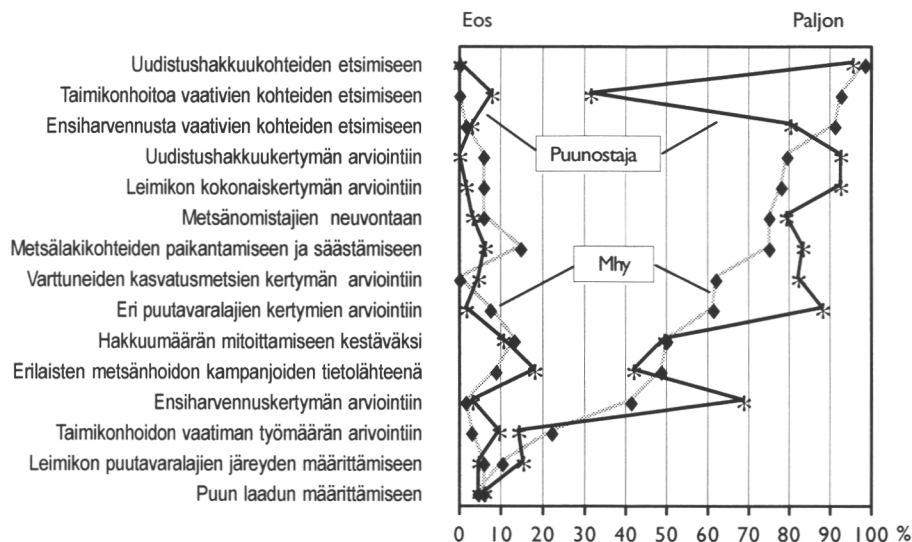
Metsäammattilaisten suunnitelman käyttöä Etelä-Savossa selvitettiin kyselytutkimuksessa keväällä 2001 (Niskanen 2002). Tutkimus oli osa Maa- ja metsätalousministeriön, Metsäntutkimuslaitoksen, metsäkeskusten ja Tapion yhteistutkimushanketta *Metsäneuvonnan ja metsäsuunnittelun vaikuttavuus*. Tutkimuksen tuloksia referoidaan jäljempänä.

2 Ammattilaiset käyttävät suunnitelmia laajasti. Puunostajista useimmat pyrkivät noudattamaan suunnitelmia.

Metsäammattilaiset käyttävät suunnitelmia työssään paljon niin yksin kuin yhdessä metsänomistajien kanssa. Suunnitelma ohjaa metsäammattilaisia löytämään heidän työnsä kannalta tärkeät kohteet metsässä. Kaikille ammattilaisille tärkeitä olivat hakkuukohteet, mutta metsänhoitokohteet olivat selvästi tärkeämpiä metsänhoitoyhdistysten toimihenkilöille kuin puunostajille. Suunnitelman käytössä korostui kohteiden etsintä ja kohteista saatavan tiedon analysointi (kuva 1). Tällainen metsäsuunnitelman käyttö ikään kuin tietovarastona sen noudattamisen asemesta korostui erityisesti uudistushakkuita suunniteltaessa. Hakkuut suunnitellaan kulloisenkin puumarkkinatilanteen ja metsänomistajan tarpeiden mukaan, jolloin suunnitelman hakkuuesityksille annetaan vähemmän painoarvoa. Näin meneteltäessä metsän käytön vaikutusten arviointi metsän tulevaan kehitykseen jäänee vähälle huomiolle ja tavoitehakuisen hakkuusuunnitteen laadintaan suunnitelman tekovaiheessa käytetty panostus hyödynnetään puutteellisesti.

Suunnitelmaa pyrki noudattamaan noin puolet metsänhoitoyhdistysten toimihenkilöistä ja puunostajista jonkin verran suurempi osuus (taulukko 1). Kokonaisuutena tilannetta voidaan pitää kohtuullisena. Metsäluonnonhoidossa metsäsuunnitelmia pyritään noudattamaan verraten laajasti, mikä on myönteinen asia. Sen sijaan yllättävää on, että metsänhoitoyhdistysten toimihenkilöistä vain 44 prosenttia pyrkii noudattamaan suunnitelmaa metsänhoidon tehtävissä. Tulosta voinee selittää osin se, että met-

sänhoitoyhdistysten toimihenkilöt haluavat käyttää asiantuntijavaltaansa ohi suunnitelman esitysten samaan tapaan kuin hakkuukohteiden valinnassa. Idealistisesti voi kuitenkin ajatella, että jos suunnitelmia noudatettaisiin metsänhoidossa sataprosenttisesti niin esimerkiksi taimikonhoitomäärät olisivat nykyistä suuremmat.



Kuva 1. Niiden metsänhoitoyhdistysten toimihenkilöiden ja puunostajien osuus, jotka arvioivat käyttävänsä työssään eri tehtävissä paljon metsäsuunnitelmaa. Kyselyssä käytetyt luokat "erittäin paljon" ja "melko paljon" on yhdistetty kuvassa. "En osaa sanoa" -vastausten (Eos) osuus on kuvan vasemmassa reunassa.

Taulukko 1. Puunostajien ja metsänhoitoyhdistysten toimihenkilöiden näkemys metsäsuunnitelman käytöstä omassa työssä joko tietovarastona tai noudatettavana suunnitelmana. Luokat 1 ja 2 (tietovarastona) sekä luokat 4 ja 5 (noudatettavana suunnitelmana) on yhdistetty. Luokkaa 3 ei ole esitetty, joten prosentista ei tule vaakariveillä yhteensä sataa prosenttia.

Tehtävä	Tietovarastona		Noudatettavana suunnitelmana	
	Mhy	Puunostaja	Mhy	Puunostaja
	% vastaajista			
Metsäluonnonhoito	28	16	57	67
Hakkuukohteiden valinta	43	34	38	61
Metsänhoito	46	32	44	58
Kestävän hakkuumäärän mitoitus	29	19	46	58
Metsänomistajan neuvonta	28	18	50	55

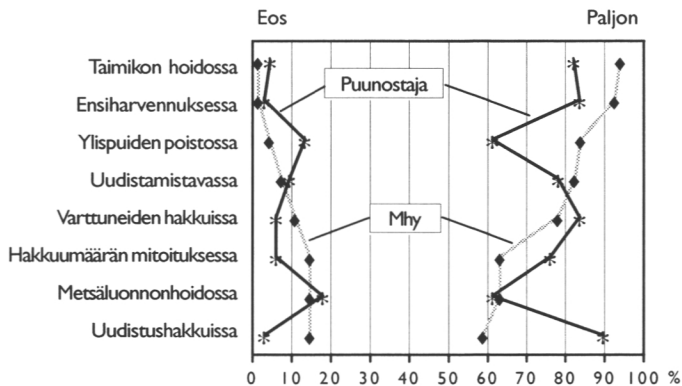
Puunostajia 67, metsänhoitoyhdistyksen toimihenkilöitä 68

Puunostajien metsänhoitoyhdistysten toimihenkilöitä suurempaa kiinnostusta suunnitelmien noudattamiseen voinee selittää osaltaan sillä, että suunnitelman esitykset ovat hyvä selkänöja perusteltaessa mm. hakkuiden määrää metsänomistajalle. Metsänomistajat ottivatkin suunnitelman noudattamisen keskusteluun suorassa puukaupassa puunostajien kanssa lähes kaksi kertaa useammin (50%) kuin metsänhoitoyhdistysten toimihenkilöiden kanssa (25%). Suunnitelman noudattaminen näyttäisi siis olevan molempien osapuolien etu suorassa puukaupassa.

Metsänomistaja on päätöksentekijä metsän käyttöä koskevissa ratkaisuissa, joten hänellä pitäisi olla keskeinen rooli metsäsuunnitelman käytössä ja noudattamisessa. Metsänomistaja voi pyrkiä metsäsuunnitelman noudattamiseen tai pyytää metsätöimihenkilöä esittämään metsäsuunnitelmaan kirjattujen tavoitteiden mukaisia ratkaisuja. Metsää koskevassa päätöksentekotilanteessa metsäsuunnitelman noudattaminen ei kuitenkaan nouse kovinkaan usein esille metsänomistajan toimesta, vaan suunnitelman noudattaminen on suurimmalta osin metsäammattilaisen vastuulla. Metsäammattilaisten roolia suunnitelman käytössä korostaa metsänomistajien puutteellinen osaaaminen suunnitelman käytössä. Metsäammattilaisista puolet arvioi enintään 60 prosentin metsänomistajista osaavan käyttää suunnitelmaansa hyvin. Jos metsänomistaja ei osaa käyttää suunnitelmaa, on hänen vaikea sitä myös noudattaa.

3 Suunnitelman noudattamisesta paljon hyötyä metsänomistajalle

Metsäammattilaiset arvioivat suunnitelman noudattamisesta olevan paljon hyötyä metsänomistajalle (kuva 2). Jopa osa niistä metsäammattilaisista, jotka eivät itse pyrkineet noudattamaan suunnitelmaa, arvioi suunnitelman noudattamisesta olevan paljon hyötyä metsänomistajille. Tätä ristiriitaa voi selittää pyrkimyksellä säilyttää asian tuntijavaltaa itsellä sekä sillä, että metsäammattilaisten mielestä on eduksi, jos metsänomistajat pyrkivät noudattamaan suunnitelmia pitkällä aikajänteellä. Siis silloinkin, kun metsänomistajat eivät asioi heidän kanssaan, vaan esimerkiksi perehtyvät suunnitelmaan itsenäisesti tai toisen metsäammattilaisen, esimerkiksi puunostajan kanssa.

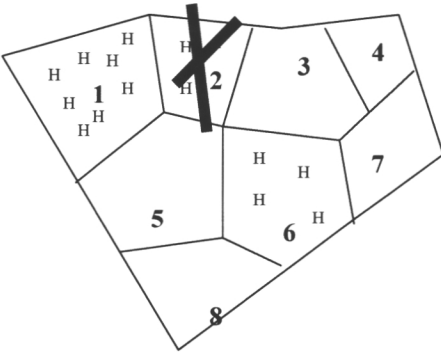


Kuva 2. Niiden metsänhoitoyhdistysten toimihenkilöiden ja puunostajien osuus, jotka arvioivat metsäsuunnitelman noudattamisesta olevan paljon hyötyä metsänomistajalle. Luokat "erittäin paljon" ja "melko paljon" on yhdistetty. "En osaa sanoa" -vastausten osuus on kuvan vasemmassa reunassa.

5 Asiakslähtöisyyden lisääminen

Metsäsuunnitelman kehittämisessä tavoitteena tulee olla, että kaikki suunnitelman hankkineet metsänomistajat osaavat käyttää suunnitelmaansa riittävällä tavalla ja keskustella siinä ehdotettujen toimenpiteiden toteuttamisesta. Esimerkkinä metsäsuunnitelman käytettävyydelle täsmällisesti muotoillusta tavoitteesta on seuraava: “Metsäsuunnitelma ohjaa metsänomistajia hoitamaan taimikot oikea-aikaisesti ja yli 80 prosenttia suunnitelman hankkineista metsänomistajista osaa itsenäisesti katsoa suunnitelmasta taimikonhoitoa vaativat kohteet, seurata taimikonhoitojen toteutumista ja ottaa tämän asian keskusteluun metsäammattilaisen kanssa asioitaessa”. Vastaavanlaisia konkreettisia tavoitteita voidaan asettaa myös muille metsäsuunnitelman käytön osa-alueille.

Metsäsuunnitelman käyttöä voidaan havainnollistaa ja yksinkertaistaa monella tavalla. Seuraavassa yksi esimerkki.



Hyvä metsänomistaja, Oheiseen kuvaan on merkitty H -kirjaimilla ne alueet, joilla Sinun metsässäsi olisi hyvä tehdä taimikonhoito lähimmän viiden vuoden kuluessa. Näitä alueita, kuviota, on metsässäsi 3 kappaletta.

Tavoitteena Sinulla on siis hoitaa nämä 3 kuviota ja kerätä näin

3 metsäpistettä .

Työn jälkeen yliviivaa hoidettu taimikkoalue kartassa, niin olet ajan tasalla metsäsi taimikonhoitotilanteesta. Ota taimikonhoitoasia aina esille asioidessa metsäammattilaisen kanssa.

Metsänomistajalle voi olla yksinkertaisinta seurata suunnitelman toteutumista rastimalla kuviot, joilla metsäsuunnitelman esitys tai muu työ on tehty. Tällöin esimerkiksi hakkuiden seuranta ja vertaaminen suunnitelman esityksiin on yksinkertaista. Metsänomistajalla on 6 vuotta vanha suunnitelma, jonka harvennuskuvioista hän on hakannut 2 kuviota ja 5 kuviota on vielä harventamatta. Uudistamiskuvioista hän on uudistanut suunnitelman mukaan 6 kuviota ja 4 kuviota on vielä uudistamatta. Lisäksi hän on uudistanut 2 kuviota, joille suunnitelmassa ei ollut hakkuesitystä. Kun tarkasteluun otetaan mukaan vielä pinta-alat, ollaan jo hyvin perillä suunnitelman toteutumistilanteesta. Menetelmä on sama kuin maanviljelijällä, joka ilmoittaa syksyllä

puineensa 15 hehtaaria ohraa ja puimatta olevan vielä 5 hehtaaria kauraa. Hän ei suinkaan sano, että puimatta pitäisi vielä olla 18 000 kg kauraa, mutta ettei hän usko alalta niin paljon kertyvän. Metsässä me ammattilaiset pyrimme herkästi pelkistämään suunnitelman toteutumistilanteen vertaamalla hakkuusuunnitetta hakattuun puumäärään, kun käsiteltyjen kuvioiden tarkastelu johtaisi havainnollisempaan tulokseen ennen kaikkea metsänomistajalle.

Kirjallisuus

Maa- ja metsätalousministeriön metsäsuunnittelustrategia 2001–2010. 2001. Työryhmämuistio MMM 2001:13. 17 s.

Niskanen, Y. 2002. Metsäsuunnitelma metsäammattilaisen käytössä Etelä-Savossa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 828. 27s. + liitteet.

Vaatimuksia uuden sukupolven suunnittelu- järjestelmälle

Hanna Soinne

Metsähallituksen hallinnassa olevat valtion metsät ovat monikäyttömetsiä, joihin kohdistuu hyvin monenlaisia ja eri tyyppisiä käyttötarpeita. Maiden käytön suunnittelu on tärkeää erilaisten tarpeiden yhteensovittamisessa. Suunnittelussa pyritäänkin avoimeen tiedonvälitykseen ja vuorovaikutteiseen toimintaan niiden tahojen kanssa, joita suunnitelmat koskevat. Osallistavan suunnittelun tarpeet asettavat vaatimuksia myös Metsähallituksen suunnittelujärjestelmälle, sillä suunnitelmien ja vaihtoehtojen tulevaisuuden kehityssuunnusteiden tulisi olla esitettävissä havainnollisesti kaikille hankkeista kiinnostuneille.

Metsähallituksen suunnittelujärjestelmän pohjan niin pitkän aikavälin strategisessa suunnittelussa kuin yksittäisten kuvioiden toimenpidesuunnittelussakin muodostaa ajantasainen paikkatietokanta. Kattavia maastoinventointeja ei enää juurikaan tehdä. Metsähallituksessa on rakennettu uusi paikkatietojärjestelmä SutiGis metsäsuunnittelun ja kuviotiedon ylläpidon tarpeisiin. SutiGis-tietokanta kattaa tällä hetkellä koko Metsähallituksen metsämaan alueet. Keskitettyyn paikkatietokantaan lasketaan vuosittain kasvu ja päivitetään puustotiedot MELA-ohjelmiston puuston kehitysmalleilla. MELA-järjestelmää käytetään Metsähallituksessa myös suunnitteluprosessien (alueellinen luonnonvarasuunnittelu ja alue-ekologinen suunnittelu) yhteydessä eri suunnitelmavaihtoehtojen taloudellisten vaikutusten tarkasteluun sekä myös muihin Metsähallituksen hakuumahdollisuuksia kartoittaviin analyysiin.

Metsäsuunnittelujärjestelmän suurin haaste on kuviotietokannan tietojen säilyminen mahdollisimman luotettavina niin geometriatiedon kuin kuviotietojen sisällönkin osalta. Tämä asettaa vaatimuksia paikkatietojärjestelmän työkaluille ja MELA-ohjelmiston luonnonprosessimalleille, joilla puustotietoja kasvatetaan. Metsähallituksessa ei tällä hetkellä tarkasteta kuviotietojen luotettavuutta systemaattisesti esimerkiksi otannan avulla. Kuviotietojen luotettavuuden takaamiseksi ja kontrolloimiseksi on Metsähallituksessa suunnitelmissa kokeilla kaukokartoitusmateriaalien käyttöä ainakin kuviorajatietojen oikeellisuuden tarkastamisessa. Digitaaliset ortoilmakuvat on otettu käyttöön Metsähallituksen suunnittelujärjestelmässä, mutta toistaiseksi niiden käyttö on perustunut visuaaliseen tulkintaan. Automaattiset työkalut kaukokartoitusmateriaalien tulkintaan niin kuvioraja- kuin puustotietojen osalta tulevat tulevaisuudessa helpottamaan kuviotietojen oikeellisuuden kontrollointia. Lisääntynyt satelliittipaikantimien käyttö yhdistettynä hakkuukoneista saatuun puuston mittaustietoon tuottaa ainakin Metsähallituksen tapauksessa toistaiseksi lähes hyödyntämätöntä aineistoa kuviotietojen oikeellisuuden tarkistamiseksi ja vertailemiseksi. Myös luonnonvaratietoja ylläpitävien ja tuottavien organisaatioiden yhteistyöllä voitaisiin saavuttaa etuja kuviotietojen kontrolloinnissa. Esimerkiksi valtakunnan metsien inventointitietojen hyödyntämisellä puumäärien vertailussa niillä alueilla, joissa Metsähallituksen hallinnassa olevilta mailta on mitattu tulosten luotettavuuden kannalta riittävästi VMI-koealoja.

Tietyn tyyppisissä metsiköissä kasvupäivityksissä käytetyt luonnonprosessimallit toimivat moitteettomasti ja ennustettu kasvu ja tilavuuden kehitys vastaavat todellista puustonkehittymistä tarkasti. On kuitenkin kohteita, joille mallit eivät sovellu yhtä hyvin ja joilla usean vuoden päivitys voi johtaa hyvinkin vinoutuneeseen tulokseen. Tulevaisuudessa metsäsuunnittelun laskentajärjestelmän tulisi tunnistaa kasvupaikkaa kuvaavien- ja puustotunnusten perusteella kasvupäivityksen ongelmakuviot ja ilmoittaa niistä kasvu- ja puustotietojen ylläpitäjille. Näille kohteilla pitäisi voida soveltaa tiheennettyä metsäinventointia tai löytää kasvupäivityksiin vielä uudenlaisia malleja.

Metsähallituksessa oman haasteensa sekä maastoinventointiin, kuviotietokannan rakenteeseen, laskentasovelluksiin että inventoinnin apuna käytettävien aineistojen sisältövaatimukseen tuo suurten kuvioden puustojen heterogeenisuus Pohjois-Suomessa, missä kuvion puustossa saattaa esiintyä suurtakin sisäistä vaihtelua. Puuston ryhmittäisyyttä on tällä hetkellä käytössä olevissa järjestelmissä vaikea kuvata, sillä Metsähallituksen tietojärjestelmässä kuvion puustoa kuvaa yleensä vain yhden puuston keskitunnukset. Myös tähän ongelmaan odotetaan ratkaisua ja helpotusta kaukokartoitusmenetelmien ja puustotulkinnan kehittymisestä. MELA-järjestelmässä olisi jo nyt mahdollisuus laatia ennusteita, joissa näiden kuvioden puustotiedot vaihtelevat kuvion eri osissa.

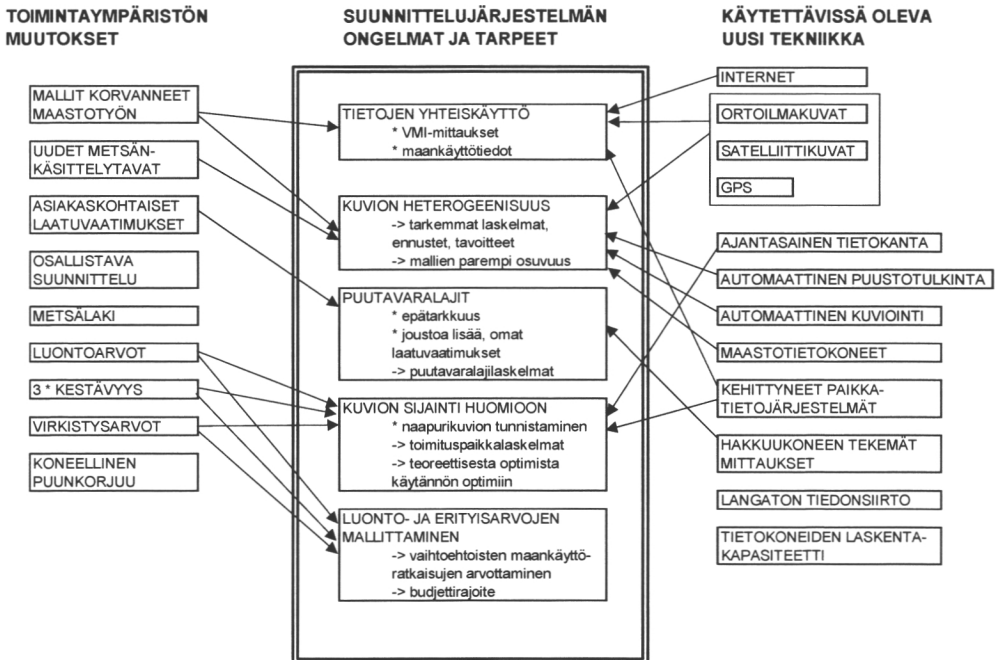
Metsähallituksen toimintaympäristössä metsätalouden kestävyden kaikkien ulottuvuuksien huomioon ottaminen ja seuraaminen on erittäin tärkeää. Kaikkia em. ulottuvuuksia ylläpitäviä suunnitelmia on vaikea laatia, mikäli ei pystytä tuottamaan suunnitelmavaihtoehtoja, joissa eri tekijöiden vuorovaikutus on saatu esille ja pystytty havainnollistamaan. Metsähallituksessa laadituissa luonnonvarasuunnitelmissa ja alue-ekologisissa suunnitelmissa on käytetty MELA-ohjelmistoa vaihtoehtojen tuottamisen apuvälineenä. MELA-ohjelmistoa voidaan hyödyntää onnistuneesti taloudellisten vaikutusten ennustamisessa niin nettotulojen kuin hakkuumäärienkin avulla. Muita kestävyden ulottuvuuksia kuvaavia mittareita (esimerkiksi lajiston määrä, luontomatka- luvun tuottamat työpaikat tms.) ei voida tuottaa eikä niiden vaikutuksia analysoida aina- kaan suoraan laskelmatulosten perusteella. Myös tavoitemuuttujaksi voidaan asettaa lähinnä perinteistä metsätaloutta kuvaavia tunnuksia. Muiden kuin puuntuotannollisten mittareiden kytkeminen MELA-järjestelmän mallikirjastoihin, sitä mukaa kuin tutkimustietoa kunkin mittarin käyttäytymisestä on saatavissa, tekisi MELAsta realistisemman ja totuuden mukaisemman todellisen monitavoitteisen metsäsuunnittelun laskentajärjestelmän. Toki tällä hetkelläkin MELA-ohjelmisto yhdistettynä paikkatieto- järjestelmien työkaluihin mahdollistaa hyvinkin monipuoliset ja havainnolliset analyysit ainakin metsävarojen ja hakkuumahdollisuuksien kehittymisestä.

Jatkossa MELA-ohjelmiston kehittämisessä toivottaisiin Metsähallituksen taholta tärkeimpänä asiana panostusta vielä tarkempien puutavaralajikohtaisten hakkuu- mahdollisuusennusteiden laatimisen mahdollistamiseen. Puutavaran ostajien asiakas- kohtaisten mitta- ja laatuvaatimusten käyttäminen laskelmien laatimisessa ja optimoin- nissa on tavoitteena tulevaisuudessa. Myös puutavaran laatua kuvaavien mallien ja ennusteiden toivotaan kehittyvän jatkossa.

Metsähallituksessa on viety läpi kaksi mittavaa metsäsuunnitteluprojektia, joissa on käyty läpi koko Metsähallituksen hallinnassa oleva maaomaisuus. Alueellisissa luonnonvarasuunnitelmissa (7 kappaletta) tarkasteltiin pitkän aikavälin toimintalinja- uksia ja Metsähallituksen maiden maankäyttöä. Alue-ekologisen suunnittelun yhtey-

dessä käytiin pienempien aluekokonaisuuksien ekologiset yhteydet ja laadittiin suunnitelmat, joilla pyritään turvaamaan eliölajiston säilyminen ja leviämismahdollisuudet sekä virkistyskäytön edellytykset. Näiden hankkeiden aikana Metsähallituksen suunnittelujärjestelmää on kehitetty muun muassa tietosisällön osalta hyvin paljon. Myös välineitä luonnonvaratiedon analysointiin on testattu ja kehitetty. Toistaiseksi kuitenkin työpanos on keskittynyt uuden tietosisällön hankkimiseen ja perustyöstämiseen, jatkossa on mahdollisuudet myös tiedon syvällisempään analysointiin ja tehokkaampien suunnitelmien tuottamiseen uusien työvälineiden avulla.

Metsähallituksessa suunnittelujärjestelmän suurimmat haasteet ovat kuviotietojen ylläpito luotettavasti ja vaihtoehtojen tuottaminen suunnitelmiin joustavasti ja havainnollisesti. Toimintaympäristön, -tapojen ja työvälineiden muuttuminen on tuottanut kehitystarpeita suunnittelujärjestelmiin. Työvälineitä, joilla näihin haasteisiin on mahdollista vastata on myös kehitetty ja ne ovat saavutettavissa. Systemien käyttöönotto ja parhaiden käyttötapojen löytäminen ovat vielä työn alla. Alla oleva kaa- viokuva pyrkii havainnollistamaan muuttuneiden olosuhteiden ja kehittyneen tekniikan vaikutusta suunnittelujärjestelmän kehittämiseen.



MELA – tulevaisuuden laskentajärjestelmä

Juha Jumppanen

I Nykytilanne

MELA-ohjelmiston vahvuutena voidaan pitää sen kattavia malleja. Mallien laadinnassa on tehty valtava määrä arvokasta tutkimustyötä ja voidaankin sanoa, että tutkimus ja käytäntö kohtaavat MELA-tuotteessa. Mallien dokumentointi (Hynynen ym. 2002) paransi MELAn ymmärrettävyyttä ja vähensi sen “musta laatikkomaisuutta”. MELA-käyttäjien ”toiveiden tynnyri” on kuitenkin jo nyt kattavista malleista huolimatta ehtymätön.

Harvennusten mallituksessa olleet puutteet poistuivat MELA2000-version myötä. Parametrisoitavissa olevat harvennuskäyrästöt antavat käyttäjälle hyvät mahdollisuudet harvennusten ohjaukseen käytännön toimenpiteitä vastaaviksi. MELA2002-versiossa tärkeimpiä uudistuksia olivat mielestämme käytettävän läpimittajakauman valintamahdollisuus ja puiden valinnan ohjaus. Käytettävää läpimittajakaumaa pitäisi tosin pystyä ohjaamaan metsiköittäin eikä MELA-laskelmittain.

Käyttäjä pystyy ohjaamaan MELAA monipuolisesti erilaisten parametrien kautta, tosin parametrien määrittämistä ei voi aina sanoa kovin helpoksi. Myös luotettavuus kuuluu MELAn vahvimpiin ominaisuuksiin vaikka sen kasvumalleja on joskus kärkekkäästikin arvosteltu. Hyvätkään kasvumallit eivät kuitenkaan toimi luotettavasti ellei lähtöaineisto ole kunnossa.

Teimme Metsämännut Oy:ssä satelliittitulkintaan perustuvan tarkistusinventoinnin suurimmalle osalle hoidossamme olevista metsistä kesällä 2001. Satelliittikuvalta tulkittiin jokaiselle kuviolle tilavuus (m^3/ha), jota verrattiin kuviotietokannan tilavuuteen (m^3/ha). Maastotarkistuksen kohteeksi joutuivat ne kuviot, joiden pinta-ala oli yli hehtaarin ja tilavuuden erotus suurempi kuin asetettu raja-arvo.

Meidän mielestämme MELAn kasvumallien toiminta oli johtanut virheelliseen laskentapuustoon vain todella harvoissa tapauksissa ja yleensä virheellinen laskentapuusto johtui alkuperäisessä inventoinnissa olleesta virheestä (kasvupaikkatiedot/puustotiedot). Tarkistusinventoinnin kohteet sijaitsivat pelkästään Keski-Suomen alueella eikä esimerkiksi Lapista ollut mukana yhtään kohdetta. Alkuperäisen inventoinnin lisäksi virhettä lähtöaineistoihin voi tuottaa mm. maanomistuksen muutoksista aiheutuneet aineistojen siirtoajat tietojärjestelmästä toiseen.

2 Tulevaisuuden kehittämistarpeita

Erilaisten biodiversiteetti-muuttujien huomioinnin simuloinnissa ja optimoinnissa olisi tärkeää. Jos MELAA pystyttäisiin viemään esimerkiksi biodiversiteetti-indeksejä, ulkopuolisille sidosryhmille olisi helppoa näyttää metsäalueiden biodiversiteetin kehitys. Potentiaalisten arvokkaiden elinympäristöjen tunnistamiseen olisi myös hyvä saada apua MELAsta. Tällöin MELAA pitäisi pystyä viemään myös spatiaalista sijaintitietoa. Alue-ekologista suunnittelua tehdään Suomessa hyvin erilaisin työka-

luin ja MELAa voisi kehittää siihen suuntaan, että myös sillä pystyisi tekemään alue-ekologisia suunnitelmia.

MELAn optimoinnissa ei pysty tällä hetkellä huomioonottamaan hakattavien kuvioiden sijaintia toisiinsa nähden. Kuitenkin käytännön metsätaloudessa pyritään muodostamaan leimikkokeskittymiä. Tulevaisuudessa spatiaalisuuden huomioiminen optimoinnissa olisi myös tätä asiaa silmälläpitäen erittäin tärkeää. MELAa ei tällöin käytettäisi pelkästään strategisen hakkuusuunnitteen laskentaan vaan sieltä saataisiin myös hyvä käytäntöä vastaava operatiivinen hakkuusuunnitelma. Näin voitaisiin tehostaa metsävarasuunnittelua.

Me käyttäjät saimme iloksemme kuulla MELA-käyttäjäpäivillä, että MELAsta on tulossa myös internet-versio. Tämän web-version avulla asiakkaat pystyvät myös hallitsemaan MELAn parametritiedostoja, eli se on työkalu, jota me MELA-käyttäjät olemme jo pitkään kaivanneet.

Meidän mielestämme MELAa tulisi jatkossa kehittääkin web-käytön suuntaan. Käyttäjien omat tietojärjestelmät voisivat käyttää uusinta MELA-versiota sovellusvuokrauspalvelun kautta (MELA-palvelin). MELA-kutsu voitaisiin välittää pienien ajojen osalta asiakkaan tietojärjestelmästä esimerkiksi url-osoitteessa, kuten tällä hetkellä monille karttapalvelimille välitetään. Käytettäessä MELAa sovellusvuokrausperiaatteella, käyttäjät voisivat sopia Metlan kanssa muun muassa erilaisten parametrien (esim. hintatiedot) ylläpidosta. Lisäksi uusien MELA-versioiden käyttöönotto Metlan koneella olisi asiakkaan näkökulmasta automaattinen, jolloin turhia ongelmia tai käyttökatkoja ei syntyisi.

Metsänhoitotoimenpiteistä erityisesti maanmuokkauksen mallinnus kaipaa tarkennusta. MELAssa tulisi olla useampi käsittelyvaihtoehto maanmuokkauksen osalta. Muutenkin metsänhoitotoimenpiteiden mallinnusta voitaisiin kehittää siihen suuntaan, että MELAsta saataisiin valmis metsäsuunnitelma myös vapaan simuloinnin avulla.

Visualisoinnin merkitys korostuu tulevaisuudessa metsänomistajien rakennemuutoksen vuoksi. Tällä hetkellä markkinoilla on olemassa erillisiä metsikkökuvioiden visualisointi-ohjelmistoja, mutta olisi hienoa, jos kuvion kehitys pystyttäisiin visualisoimaan haluttaessa myös MELA-ohjelmistolla.

Tulevaisuudessa puoli-/automaattista puustotulkintaa tullaan käyttämään enenevässä määrin. MELAn tulisi pystyä käyttämään myös tällaisesta puustotulkinnasta saatavia ”karkeampia” puustotietoja hyväkseen. Tällaisten laskelmien luotettavuudesta voi tietysti olla montaa mieltä. Voisi olla mahdollista laskea metsikölle erilaisia kilpailuindeksejä latvussegmenteistä, joilla voitaisiin tarkentaa kasvunlaskentaa metsiköittäin. Myös hakkuukoneesta saatavien tietojen käyttäminen (harvennukset) laskennan tarkentamisessa on mielenkiintoinen tutkimuskohde. Metsäyhtiöiden globalisoituessa syntyy varmasti tarvetta käyttää MELAa mm. Baltiassa.

Kirjallisuus

Hynynen, J., Ojansuu, R., Hökkä, H., Siipilehto, J., Salminen, H. & Haapala, P. 2002. Models for predicting stand development in MELA system. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 835. 116 s.



Uuden sukupolven suunnittelu- järjestelmän kehittäminen Metlassa

Uuden sukupolven suunnittelujärjestelmä – demoja, malleja, komponentteja vai järjestelmiä Metlasta?

Tuula Nuutinen

I Tausta

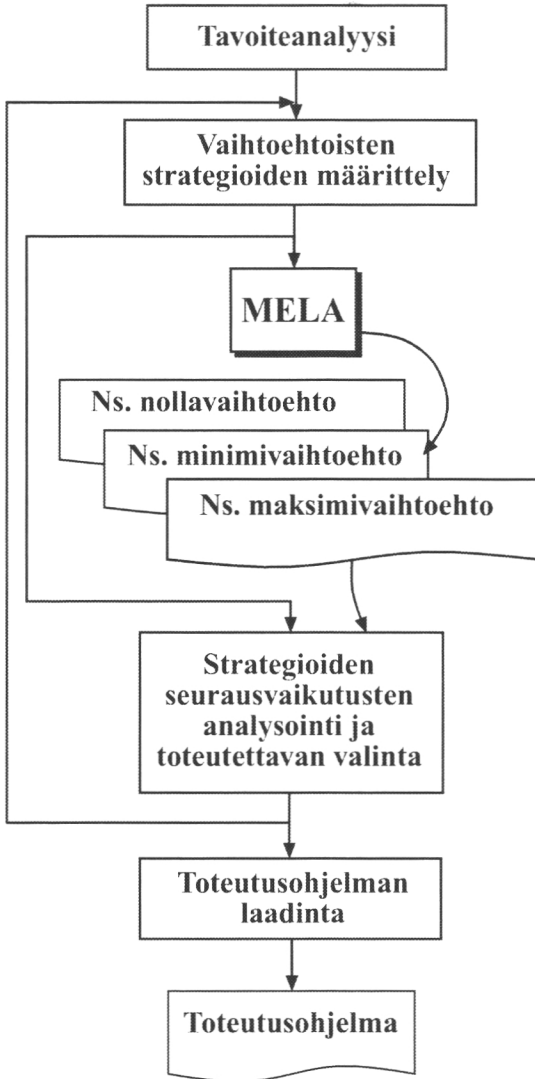
Talouden globalisoituminen sekä arvojen ja arvostusten muuttuminen yhteiskunnassa on johtanut siihen, että metsätalouden suunnittelu ei ole enää vain hypoteettisten tavoiteohjelmien julistamista vaan eri intressiryhmien tavoitteiden yhteensovittamista sekä tulevaisuuden ennakkointia ja sen epävarmuuksiin varautumista. Taloudenharjoittajat eivät siis enää tyydy valtiiovallan suoraan tai edustajiensa välityksellä antamiin tavoitteisiin tai ohjelmiin vaan haluavat ylläpitää omia metsävarojaan koskevia tietoja ja tehdä itse vaihtoehtolaskelmia. Metsätalouden suunnittelu suuralueilla (esimerkiksi kansalliset ja alueelliset metsäohjelmat) ja käytännön metsätaloudessa (esimerkiksi valtion metsien luonnonvara- ja alue-ekologinen suunnittelu, metsäyhtiöiden strateginen ja operatiivinen suunnittelu, yksityismetsien tilakohtainen suunnittelu) perustuu nykyisin vaihtoehtolaskelmiin, joissa hyödynnetään eri tietolähteitä ja analyysimenetelmiä.

Suunnittelun avulla halutaan aikaisempaa tietoisemmin varautua toimintaympäristössä havaittuihin tai ennakoitavissa oleviin muutoksiin tai trendeihin. Toimintaympäristön (esimerkiksi ilmasto, kansainväliset ja kansalliset sitoumukset, puumarkkinat, maankäyttö, metsänkäsittelysuositukset) muutokset tuovat mukanaan uusia ja entistä monimutkaisempia analyysi- ja suunnittelutehtäviä, joiden ratkaiseminen edellyttää suurien, eri lähteistä koottujen tietoaaineistojen hallintaa. Eri lähteistä hankitun, mahdollisimman ajantasaisen tiedon yhdistäminen manuaalisena prosessina on kuitenkin osoittautunut työlääksi. Tietojärjestelmien käytöstä onkin tullut kiinteä osa suunnitteluprosessia.

Koska metsien käyttöön kohdistuu uusia paineita, tietotarpeet ja suunnitteluprosessit liittyen metsiin ja niiden käyttömahdollisuuksiin ovat muuttuneet. Monissa organisaatioissa tiedonhankinta on eriytetty suunnittelusta erilliseksi toiminnoksi, jonka kustannuksia seurataan aiempaa tiiviimmin. Samanaikaisesti kun metsätalouden suunnittelun haasteet ja tietotarpeet ovat kasvaneet, on myös paine vähentää tiedonhankintakustannuksia koventunut. Onneksi tietojärjestelmien taustalla oleva teknologia kehittyy nopeasti ja avaa uusia mahdollisuuksia suunnittelun ja erityisesti tiedonhankinnan kustannustehokkuuden parantamiseksi.

Metsäntutkimuslaitoksessa on jo vuosikymmenien ajan kehitetty metsätalouden suunnittelun ohjelmistoja, jotka ovat laajalti käytössä Suomessa (MELA-ohjelmisto) ja ulkomailla (JLP-ohjelmisto). MELA-ohjelmisto koostuu yksittäisiä puita kuvaavia malleja käyttävästä metsikkösimulaattorista ja yleisestä, erityisesti metsätalouden suunnittelutehtävien ratkaisemiseksi kehitetystä lineaarisen optimoinnin ohjelmasta (JLP, Lappi 1992). Ohjelmiston avulla voidaan tehdä laskelmia, joiden rooli analyysi- ja

suunnitteluprosessissa (kuva 1) on tuottaa tietoa tarkasteltavista vaihtoehdoista ja niiden seurauksista tavoitteiden yhteensovittamiseksi ja toimenpideohjelmien arvioimiseksi.



Kuva 1. Suunnitteluprosessi.

MELA-ohjelmistoa (Siitonen ym. 1996, 1999, 2001; Nuutinen & Mäkkeli 1998; Nuutinen & Suokas 1999, 2001) on käytetty valtakunnallisissa metsätalousanalyysissä muun muassa Metsä 2000 -ohjelmaa (The Forest 2000...) ja sen tarkistusta (Siitonen 1990, Siitonen 1993, Komiteanmietintö 1995:5) sekä Kansallista metsäohjelmaa (Nuutinen & Salminen 1999) ja alueellisia metsäohjelmia (<http://www.metla.fi/metinfo/mela>) laadittaessa. Valtakunnan metsien inventoinnin yhteydessä on tehty hakkuulaskelmia metsäkeskusten alueille (Hirvelä ym. 1998, Hirvelä ym. 1999, Hirvelä 1999, Hirvelä ja Härkönen 1999, Hirvelä 2000, Nuutinen ja Hirvelä 2000a, Nuutinen ja Hirvelä 2000b, Nuutinen ja Hirvelä 2000c, Nuutinen ja Hirvelä 2001a, Nuuti-



nen ja Hirvelä 2001b). Metsäkeskukset käyttävät MELA-ohjelmistoa tilakohtaisten metsäsuunnitelmien laadinnassa (Oksanen-Peltola & Paananen 1995). Muita käyttäjiä ovat metsäyhtiöt, Metsähallitus (Laamanen ym. 1997, Soinne 1996), Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio, yliopistot, metsäoppilaitokset ja Metlan omat tutkimusmetsät.

MELA on maailmanlaajuisesti ainutlaatuinen suunnitteluohjelmisto ainakin kolmesta syystä. Ensiksi, se on osoittautunut käyttökelpoiseksi välineeksi sekä suuralueiden että yksittäisten metsätilojen suunnittelussa. Toiseksi, monet metsäntutkijat ja tutkijaryhmät ovat sitoutuneet kehittämään MELA-ohjelmistoa sen sijaan, että jokainen heistä tekisi oman erillisen ohjelmistonsa. Esimerkkinä yhteistyöstä voisi mainita MELA2002 -versiossa käyttöön otetut mallit, menetelmät ja tekniikat, joiden avulla käyttäjät voivat tarkentaa puutavaralajeittaisia hakuumahdollisuusarvioita ja kehitysnusteita. Kolmanneksi, MELA-ohjelmiston kehitys- ja ylläpitotyö on jatkunut jo yli 30 vuotta. Tietotekniikan huiman kehityksen huomioon ottaen on suorastaan ihme, että ohjelmisto on yhä käyttökelpoinen ja sisällöllisesti laajennettavissa tutkimustulosten perusteella. Muissa maissa vastaavaa ohjelmistoa ei ole, koska eri tutkijat ovat tuoteistaneet omat tuloksensa erillisiksi ohjelmiksi.

MELA-ohjelmiston vahvuus perustuu kokonaisuuteen, josta löytyy välineitä ja – osin hyödyntämättömiäkin – mahdollisuuksia moniin eri tarkoituksiin ja olosuhteisiin. Alueellisen ja osin myös sisällöllisen kattavuuden taustalla on tutkijoiden oma käyttö, joka kannustaa kehittämään ja ylläpitämään toimivaa kokonaisuutta. MELA- ja JLP-ohjelmistoihin integroidaan jatkuvasti uusia tutkimustuloksia välitettäväksi käytännön metsätalouteen. MELA-ryhmän ja muun ympäröivän tutkijayhteisön sitoutuminen MELA-ohjelmiston kehittämiseen takaa kehitys- ja ylläpitotyössä tarvittavan ”kriittisen massan”. Metsäntutkimuslaitos onkin osoittautunut kykeneväksi ottamaan pitkäjänteisen vastuun tutkimustulosten perusteella kehitettävistä ja ylläpidettävistä ydinohjelmistoista sekä niiden tuotteistamisesta asiakkaiden käyttöön ja liitettäväksi metsätietojärjestelmiin osaksi metsävaratietojen ylläpito- ja suunnittelu-prosessia.

Yli 30-vuotiaan MELA-ohjelmiston toteutusteknologia alkaa kuitenkin vaikeuttaa ohjelmiston sisällöllistä kehittämistä ja tietojärjestelmiin liitettävyyttä uusia haasteita vastaavaksi. Käynnissä olevassa Metlan Metsätalouden suunnittelun tutkimusohjelmassa (MTS, 1999-2005) onkin aloitettu MMM:n tilauksesta ns. uuden (jatkossa kolmannen) sukupolven suunnittelujärjestelmän kehittäminen, jossa tavoitteena on entisestään parantaa edellytyksiä metsätalouden suunnittelun tietojärjestelmien kehittämiseksi ja ylläpidolle. MMM on käynnistänyt myös esiselvityksen jossa Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio valmistelee vuoden 2002 aikana ns. uuden (jatkossa toisen) sukupolven suunnittelujärjestelmän kehittämissuunnitelma. Tämän ns. toisen sukupolven suunnittelujärjestelmän kehittämishanke ajoittuu vuosille 2003-2006 (Paananen 2002).

2 Tavoite

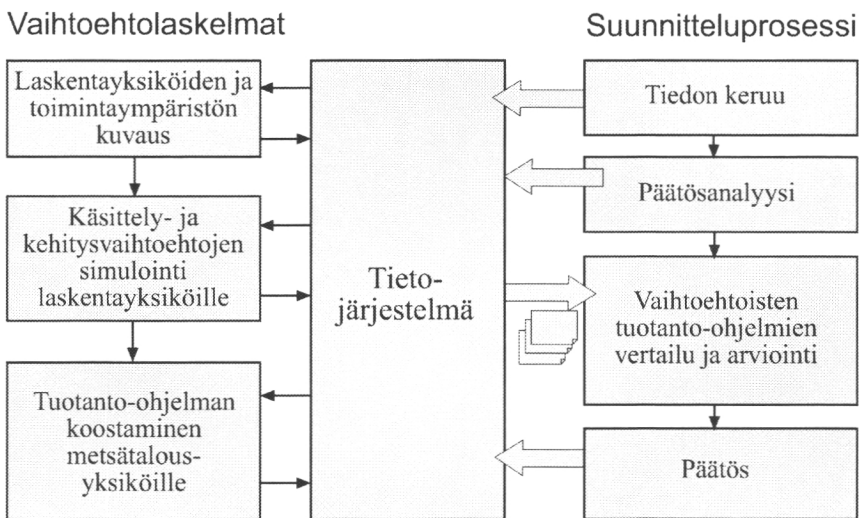
Tässä artikkelissa tarkastellaan suunnitteluprosessiin ja siinä tarvittavaan järjestelmään liittyviä kehittämishaasteita sekä nykyisen MELA-ohjelmiston kykyä vastata näihin haasteisiin. Tarkastelun perusteella määritellään ns. uuden sukupolven suunnittelu-

järjestelmän kehittämistavoitteita. Lopuksi esitellään Metsätalouden suunnittelun ohjelman hankkeet ja pohditaan, millainen toimintamalli soveltuisi tutkimustulosten jalostamiseen suunnittelutietojärjestelmiksi.

3 Suunnittelujärjestelmä ja -prosessin haasteet

Laajasti tarkasteltuna suunnittelujärjestelmä kattaa suunnittelussa käytetyn tietojärjestelmän eri komponentteineen ja suunnitteluprosessin eri toimijoinen (kuva 2). Suppeasti määriteltynä suunnittelujärjestelmä kattaa tietojärjestelmästä sen osan, joka tarvitaan vaihtoehtolaskelmiin (mukaan lukien aineistojen hallinnassa ja vaihtoehtojen arvioinnissa tarvittavat välineet).

Suunnittelujärjestelmä (laaja määritelmä)



Kuva 2. Suunnittelujärjestelmä (laaja määritelmä).

Suunnitteluprosessin kehittämisen haasteena on ns. jatkuva ja vuorovaikutteinen suunnittelu tila- ja yrityskohtaisessa suunnittelussa. Jatkuva suunnittelu tarkoittaa valmiutta tehdä uusia suunnitelmia ja niiden edellyttämiä vaihtoehtolaskelmia ajantasaisen tiedon pohjalta milloin tahansa. Käytännössä suunnitelman laadinnan voi laukaista päätöksentekijän tilaus tai jokin muutos toimintaympäristössä.

Jatkuva suunnittelu on haaste myös suunnittelujärjestelmien kehittämiseksi. Suunnittelun ajantasaisen lähtötietojen kokoaminen eri tietolähteistä kuhunkin käyttötarkoitukseen kustannustehokkaalla tavalla edellyttää vapaasti valittavaa ja yhdisteltävää menetelmien kirjoa.

Suunnittelun vuorovaikutteisuus liittyy suunnittelutehtävien monipuolistumiseen. Yksi vakio- ja vakio-oletuksilla tehty dokumentti tai laskelma ei enää palvele kaikkia käyttäjiä ja käyttötarkoituksia vaan suunnitelman laatijalla on oltava mahdollisuus määritellä tarkasteltavat vaihtoehdot, vaihtoehtojen arvottamiskriteerit ja vaihtoehtojen havainnollistaminen käyttötarkoitusta vastaavalla tavalla.

Koska suunnittelu liittyy aiempaa tiiviimmin varsinaiseen operatiiviseen toimintaan, suunnitelman laatijat eivät ole enää päätoimisia suunnittelijoita. Suunnittelupro-

sessiin saattaa myös osallistua varsinaisen päätöksentekijän ja suunnittelijan lisäksi muita. Suunnittelujärjestelmän käyttöliittymän tulisi tarjota parempaa tukea satunnaisille, mutta kiireisille käyttäjille ja heidän taustajoukoilleen. Koko suunnitteluprosessin ja –järjestelmän tulisi olla ”läpinäkyvä”.

Suunnittelusta odotetaan ratkaisua mm. metsäluonnon monimuotoisuuden säilyttämiseen ja parantamiseen (mm. alue-ekologinen suunnittelu) sekä puunhankinnan ja metsienhoidon integroituun hallintaan. Vaihtoehtolaskelmien kehittämisen suurin haaste onkin saada kaikki päätöksenteossa tarvittava tieto (sekä luontoarvot että taloudelliset arvot) samaan tarkasteluun yhteismitallisesti. Tämä edellyttää vaihtoehtolaskelmien tietosisällön laajentamista kattamaan metsävarojen kehittymisen ja hakkuiden lisäksi muuttuneen metsien käsittelyn ja sen vaikutukset, erilaiset toimintaympäristöön ja sen muutoksiin liittyvät tekijät (esimerkiksi puun käyttö eri tarkoituksiin, maankäyttö, ilmaston muutos) sekä metsän muut tuotteet ja palvelut (mm. luontoarvot ja ekologisen kestävyuden kriteerit).

Suunnittelutehtävät vaihtelevat käyttötarkoituksen ja alueen mukaan. Koska eri tehtäviin liittyy samoja aineistoja ja menetelmiä, jokaiseen tehtävään ei välttämättä kannata rakentaa eri suunnittelujärjestelmää. Jotta järjestelmä kuitenkin ”taipuisi” eri tilanteisiin, suunnittelujärjestelmä olisi toteuttava tavalla, joka mahdollistaa sen sopeuttamisen erilaisiin olosuhteisiin, erilaisiin ratkaistaviin tehtäviin, uusimpiin tietolähteisiin, tutkimustuloksiin ja malleihin sekä uuteen teknologiaan ja uusiin käyttäjiin mahdollisimman nopeasti ja tehokkaasti.

4 MELA-ohjelmiston heikkoudet

MELA-ohjelmiston käyttö ja tulosten tulkinta on vaikeaa. MELA-ohjelmiston käyttöliittymä perustuu komentoihin ja parametreihin, jotka käyttäjän on tunnettava hyvin pystyäkseen määrittelemään rajapinnat tietojärjestelmiin ja suunnittelusovellukset. Ohjelmiston käyttöön otto tietojärjestelmien osana ja omien suunnittelusovellusten määrittely on osoittautunut työlääksi, minkä vuoksi osa ohjelmiston ominaisuuksista on jäänyt hyödyntämättä. MELA-tulosteet perustuvat taulukoihin ja tiedostoihin, jotka ovat siirrettävissä tietojärjestelmiin jatkoanalyysijä varten, mutta havainnollistamisvälineet puuttuvat itse ohjelmistosta.

MELA-ohjelmisto on alun perin kehitetty puuntuotannon suunnitteluun, minkä vuoksi ohjelmistosta puuttuu malleja, joita tarvittaisiin monikäytön suunnittelussa ja metsien monimuotoisuuden turvaamisessa.

MELA-ohjelmisto on kasvanut 30 vuoden kuluessa käyttäjien tarpeiden mukaisesti. Ohjelmiston teknisessä toteutuksessa ei ole kuitenkaan varauduttu jatkuvaan kehittämiseen ja ylläpitoon, minkä vuoksi uusien ominaisuuksien käyttöön otto on työlästä.

5 Uuden sukupolven suunnittelujärjestelmän kehittämissuunnitelmat

Uuden sukupolven suunnittelujärjestelmän (suppea määritelmä) tulisi olla sisällöllisesti integroitu tietojärjestelmä, joka yhdistää kaikki päätöksenteossa tarvittavan tie-

don samaan tarkasteluun yhteismitallisesti. Suunnittelujärjestelmän tulisi pystyä yhdistämään eri tietolähteitä ja niiden jalostamisessa tarvittavia menetelmiä joustavasti ja kustannustehokkaasti eri käyttötarkoituksiin. Esimerkiksi simulaattorin ja arvotamistekniikoiden tulisi olla mukautettavissa tietotarpeiden ja käytettävissä olevien tietojen mukaisesti.

Uuden sukupolven suunnittelujärjestelmän toteutuksessa tulisi kiinnittää huomiota järjestelmän sopeutumiskykyyn ja jatkuvuuteen. Sopeutumiskyvystä ja jatkuvuudesta voidaan huolehtia ennakkosuunnittelulla, jolla varmistetaan sekä järjestelmän modularisointi sisällöllisesti ja teknisesti toimiviin komponentteihin että avoin rajapinta ulkopuolisiin järjestelmiin.

Uuden sukupolven suunnittelujärjestelmä voidaan – ja on kenties syytäkin – toteuttaa erillisistä komponenteista, jos niiden sisällöllinen yhteensopivuus voidaan varmistaa. Komponenttien määrittely ja rajaaminen olisi tehtävä siten, että kustakin komponentista on vastuussa se organisaatio, jolle ao. komponentin ylläpito ja kehittäminen on luontevinta ja joilla on työhön vaadittava kriittinen massa ja motivaatio. Komponenttien suhde asiakas-palvelin-verkkoihin olisi otettava huomioon jo suunnitteluvaiheessa.

Suunnittelussa on syytä miettiä jo etukäteen käyttäjien suhde koko järjestelmään ja sen komponentteihin (esimerkiksi käyttöliittymä, tulosteiden visualisointi).

6 Metsätalouden suunnittelun tutkimusohjelma

Metsätalouden suunnittelun tutkimusohjelmalla (1999-2005) on kaksi pääteemaa: 1) uuden sukupolven suunnittelujärjestelmä ja 2) alueellisten ja valtakunnallisten metsäohjelmien laskelmien sekä niihin liittyvien vaikutusanalyysien kehittäminen.

Uuden sukupolven suunnittelujärjestelmästä on tarkoitus rakentaa yleinen ”alus-ta” eli ydinohjelmisto, joka mahdollistaa nykyistä helpommin eri tieteenaloilla tuotetun tiedon liittämisen suunnittelutehtäviin ja tehokkaamman sovellusten rakentamisen erilaisiin analyysi- ja suunnittelutehtäviin tai olosuhteisiin – jopa kansainvälisesti.

Lähtökohtana on, että suunnittelun eri tasoilla (valtakunta, alue, metsäyhtiö, metsätila) suunnittelu- tai analyysiprosessin vaiheet ovat osin yhteiset ja niissä voidaan hyödyntää MELA-ohjelmiston kaltaista välinettä. Lisäksi oletetaan, että jatkossa erityisesti suurmaanomistajien osalta suunnittelun eri tasojen väliset erot kaventuvat ja suunnittelutehtävissä tarkastellaan entistä enemmän koko maaomaisuutta, alueita ja sen sisällä olevia metsiköitä integroidusti.

Metsätalouden suunnittelun tutkimusta ja sen tuottamia menetelmiä ja työvälineitä pyritään kehittämään niin, että päättäjät ja talouden harjoittajat voivat analysoida tuotanto-, toiminta-, ja päätösmahdollisuuksiaan sekä laatia strategioita ja toimintaohjelmia myös muuttuvassa toimintaympäristössä.

Tutkimusohjelman tavoitteena on lisäksi kytkeä suunnittelun lähtötiedot, menetelmät ja välineet entistä paremmin ja kustannustehokkaammin käytännön suunnittelu-prosessiin ja päätöksentekotilanteisiin, tuottaa entistä kattavammin yhteismitallisia tietoja metsien käyttömahdollisuuksista kansallisten ja alueellisten metsäohjelmien valmisteluun, ja edistää metsätalouden analyysien hyödynnettävyyttä kehittämällä tulosten havainnollistamista ja niiden syvällisempää (mm. taloudellista) tulkintaa.

Keskeisiä kehittämistehtäviä ovat eri lähteistä saatavien tietojen yhdistäminen suun-

nittelun lähtöaineistoiksi, puutavaralajien kuvauksen kehittäminen ja ekologisen kestävyuden arviointi. Tärkeitä ovat myös uusien metsänkäsittelytapojen, metsänhoidon laiminlyöntien ja metsätuhojen vaikutusten mallittaminen yhteistyössä ao. alojen asiantuntijoiden kanssa sekä jatkuvan ja vuorovaikutteisen suunnittelun kehittäminen eri omistajaryhmien metsissä. Yhteistyötä tehdään erityisesti Metlan VMI-, EMU-, MOT- ja SUO-tutkimusohjelmien kanssa sekä Joensuun yliopiston EcoTeam-tutkijaryhmän kanssa.

Tutkimusohjelma huolehtii myös siitä, että tutkimustulokset siirtyvät entistä paremmin metsätalouden analyysiin ja käytännön metsätalouden suunnitteluun.

Tutkimusohjelmaan kuuluu viisi tutkimushanketta, joista neljässä kehitetään uuden sukupolven suunnittelujärjestelmän komponentteja. Hankkeessa Metsätiedon hankinta ja estimointi suunnittelua varten (2002-2005, Korhonen Kari Tapani, JO) kehitetään jatkuvaan suunnitteluun soveltuvia inventointi- ja laskentamenetelmiä. Hankkeessa Metsäsimulaattori (2000-2003, vastuututkija Siitonen Markku, HE) kehitetään tietotarpeisiin sopeutuvaa ja avoimeen mallikirjastoon perustuvaa metsäsimulaattoria. Hankkeessa Simulointiin ja optimointiin perustuva integroitu metsätalouden suunnittelumenetelmä (2000-2003, Lappi Juha, SU) kehitetään integroitua tilasto-, simulointi- ja optimointiohjelmistoa, jossa voidaan ottaa huomioon käyttöpisteet ja kuljetuskustannukset. Hankkeessa Osallistava suunnittelu eri omistajaryhmien metsissä (2000-2004, Löfström Irja, VA) tutkitaan ja kehitetään vuorovaikutteista suunnittelua eri omistajaryhmien metsissä. Metsätalouden mallintaminen ja analyysit -hanke (1985-, Nuutinen Tuula, JO) on jatkuva ja siinä kehitetään ja ylläpidetään MELA-ohjelmistoa sekä tehdään valtakunnallisia ja alueellisia metsälaskelmia.

7 Toimintamalli?

Metsäntutkimuslaitos on sitoutunut ylläpitämään ja kehittämään MELA-ohjelmistoa tutkimustulosten (hanke Metsätalouden mallintaminen sekä analyysit ja Metlan tutkimusohjelmat EMU, SUO ja MOT) ja asiakaspalautteen pohjalta. Kehittämisen ja ylläpitotyön rinnalla kehitetään kuitenkin uusia komponentteja, joiden avulla voidaan rakentaa aiempaa avoimempi ja joustavampi suunnittelujärjestelmä. Näiden komponenttien tuotteistamisesta osaksi toisen tai kolmannen sukupolven suunnittelujärjestelmää ei ole tehty päätöstä eivätkä tuotteistussuunnitelmat sisälly ao. tutkimushankkeisiin. Hankkeet Metsäsimulaattori ja Simulointiin ja optimointiin perustuva integroitu metsätalouden suunnittelumenetelmä päättyvät vuonna 2003, jolloin tarkistetaan komponenttien suhde toisen ja kolmannen sukupolven suunnittelujärjestelmiin ja niiden kehittämistavoitteisiin.

Tutkijoille mahdollisia tietojärjestelmähankkeeseen osallistumisstrategioita ovat (1) ”demot ja pilotit”, (2) ”mallit ja algoritmit”, (3) ”komponentit” ja (4) ”tietosisältö”, sekä edellä mainittujen erilaiset yhdistelmät.

Vaihtoehdossa ”demot ja pilotit” yksittäiset tutkijat laativat ja testaavat – yhdessä käyttäjien kanssa – yksittäisiä malleja osana tietojärjestelmää, mutta tietojärjestelmiä kehittävät ja ylläpitävät muut organisaatiot. Sisältövastuu koko tietojärjestelmästä on tietojärjestelmän kehittäjillä.

Vaihtoehdossa ”mallit ja algoritmit” tutkijat laativat ja raportoivat malleja ja algoritmeja ja tietojärjestelmien kehittäjät etsivät tietojärjestelmiin malleja ja algoritmeja julkaisuista. Sisältövastuu koko tietojärjestelmästä on tietojärjestelmän kehittäjillä.

Vaihtoehdossa ”komponentit” tutkijaryhmät kokoavat malleista ja algoritmeista komponentteja, joiden sisällöstä he ovat vastuussa. Tietojärjestelmien kehittäjät ovat vastuussa komponenttien valinnasta ja niiden kokoamisesta yhteensopivalla tavalla ottaen huomioon komponenttien sisällön ja niiden rajapintojen mahdollisen eron.

Vaihtoehdossa ”tietosisältö” tutkijat ottavat mallien ja menetelmien kehittämistyössä huomioon niiden sovellettavuuden (esimerkiksi komponenttien väliset rajapinnat) käytännön analyysi- ja suunnittelutehtävissä ja –välineissä.

Tuotteistussuunnitelmien laadinnan helpottamiseksi olisi hyvä keskustella laajemmin siitä, millainen organisaatio tai verkosto kykenee toteuttamaan ja ylläpitämään suunnitteluprosessia tukevan uuden sukupolven suunnittelujärjestelmän (laaja ja suppea malli) sekä siinä tarvittavat komponentit ja tietosisällön (mallit ja menetelmät) ja mikä on tutkijoiden ja Metsäntutkimuslaitoksen rooli kehittämisprosessissa. Työnjako ja yhteistyömahdollisuuksia mietittäessä on otettava huomioon mahdollisten organisaatioiden sitoutuminen (motivaatio ja jatkuvuus), osaaminen (tietosisältö ja toteutustapa), kriittinen massa ja yhteistyökyky.

Kirjallisuutta

The Forest 2000 Programme. Guidelines for Developing Finnish Forestry and the Forest Industries. 1986. *Silva Fennica* 20(1):35-44.

Hirvelä, H. 1999. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1997-2026 Kymen metsäkeskuksen alueella. In: *Kymi. Metsävarat 1966-98, hakkuumahdollisuudet 1997-2026. Metsätieteen aikakauskirja* 1B/2000: 233-253.

Hirvelä, H. 2000. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1997-2027 Rannikon metsäkeskuksen alueella. In: *Kustens skogscentral. Skogarna 1965-98. Hakkuumahdollisuudet 1997-2027. Metsätieteen aikakauskirja* B/1999: 587-601.

Hirvelä, H. & Härkönen, K. 1999. Uppskattningar av avverkningsmöjligheterna inom landskapet Åland åren 1997-2026. In: *Åland. Skogarna 1963-97, avverkningsmöjligheterna 1997-2026. Metsätieteen aikakauskirja* 4B/1999: 769-783.

Hirvelä, H., Nuutinen, T. & Salminen, O. 1998. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1997-2026 Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueella. In: *Etelä-Pohjanmaa. Metsävarat 1968-97, hakkuumahdollisuudet 1997-2026. 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. In: *Keski-Suomi. Pohjois-Savo. Metsävarat 1967-96, hakkuumahdollisuudet 1996-2025. Metsätieteen aikakauskirja* 2B/1999: 289-307.

Komiteanmietintö 1995:5. Metsä 2000-ohjelman tarkistustoimikunnan mietintö. Maa- ja metsätalousministeriö.

- Laamanen, R., Leskinen, J. & Soinne, H. 1997. MELA-hakkuulaskelman käyttö Met-sähallituksessa. Metsätalouden kehittämisyksikön tiedote 10/1997: 1-6.
- Lappi, Juha, 1992. JLP A linear programming package for management planning. The Finnish Forest Research Institute, Research Papers 414. 134 s.
- Nuutinen, T. & Hirvelä, H. 2000a. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1998-2027 Lounais-Suomen metsäkeskuksen alueella. In: Lounais-Suomi. Metsävarat 1964-98, hakkuumahdollisuudet 1998-2027. Metsätieteen aikakauskirja 2B/2000: 413-428.
- Nuutinen, T. & Hirvelä, H. 2000b. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1999-2028 Hämeen-Uudenmaan metsäkeskuksen alueella. In: Häme-Uusimaa. Metsävarat 1965-99, hakkuumahdollisuudet 1999-2028. Metsätieteen aikakauskirja 3B/2000: 567-583.
- Nuutinen, T. & Hirvelä, H. 2000c. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuudet vuosille 1999-2028 Pirkanmaan metsäkeskuksen alueella. In: Pirkanmaa. Metsävarat 1965-99, hakkuumahdollisuudet 1999-2028. Metsätieteen aikakauskirja 4B/2000: 741-757.
- Nuutinen, T. & Hirvelä, H. 2001. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1999-2028 Etelä-Savon metsäkeskuksen alueella. Metsätieteen aikakauskirja 2B/2001: 389-406.
- Nuutinen, T. & Hirvelä, H. 2001. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 2000-2029 Pohjois-Karjalan metsäkeskuksen alueella. Metsätieteen aikakauskirja 3B/2001.
- Nuutinen, T. & Mäkkeli, P. (eds.) 1998. MELA98 ja tietojärjestelmälaajennukset. MELA-käyttäjöpäivät 7.5.1998 Helsingissä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 713. 60 s.
- Nuutinen, T. & Salminen, O. 1999. Hakkuumahdollisuusarviot. In: Reunala, A., Halko, L. & Marila, M. (eds.). Kansallinen metsäohjelma 2010 - Taustaraportti. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 6/1999: 124-131.
- Nuutinen, T. & Suokas, A. (eds.) 1999. MELA99 ja metsätalouden suunnittelu. MELA-käyttäjöpäivä ja tutkimusseminaari 11.-12.5.1999 Majvik, Kirkkonummi. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 752. 118 s.
- Nuutinen, T. & Suokas, A. (toim.) 2001. MELA2000 ja muuttuva metsänkäsittely. MELA-käyttäjöpäivä 21.11.2000 Joensuu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 814: 73
- Oksanen-Peltola, L. & Paananen, R. 1995. Metsäsuunnittelu - yksityismetsätalouden toiminnan perusta. Työtehoseuran metsätiedote 546 8/1995: 1-6.
- Paananen, R. Uuden metsäsuunnittelujärjestelmän kehittämisen lähtökohtia ja tavoitteita. Julkaisussa: Nuutinen, T. & Kiiskinen, A. (toim.). MELA2002 ja käyttöpuun kuvaus. MELA-käyttäjöpäivä 7.5.2002 Joensuu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja xxx: 76-81

- Siitonen, M. 1990. Suomen metsävarat 1990 ja metsien kehitysmahdollisuudet 1990-2030. Selvitys Metsä 2000-ohjelman tarkistustoimikunnalle. Metsäntutkimuslaitos, Metsänarvioimisen tutkimusosasto. 13.7.1990. 56 s.
- 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., Härkönen, K., Hirvelä, H., Jämsä, J., Kilpeläinen, H., Salminen, O. & Teuri, M. 1996. MELA Handbook 1996 Edition. The Finnish Forest Research Institute, Research Papers 622. 452 s.
- Siitonen, M., Härkönen, K., Kilpeläinen, H. & Salminen, O. (eds.) 1999. MELA Handbook, 1999 Edition. The Finnish Forest Research Institute, 492 s.
- Siitonen, M., Anola-Pukkila, A., Haara, A., Härkönen, K., Redsvén, V., Salminen, O. & Suokas, A. 2001. MELA Handbook, 2000 Edition. ISBN 951-40-1786-2.
- Soinne, H. 1996. Strategiavaihtoehtojen tuottaminen MELA-järjestelmällä. Tapaus-tutkimus Kainuun alueella. Metsänarvioimistieteen pro gradu -työ. Helsingin yliopisto. 62 s. + 12 liitteet.

Metsäsuunnitteluun liittyvät inventointitutkimukset MTS-ohjelmassa

Kari T. Korhonen

Tässä katsauksessa esitellään lyhyesti metsäsuunnitteluun liittyvät metsäinventointitutkimukset, joissa olen mukana Metlan Joensuun tutkimuskeskuksessa työskennellessäni.

I Metsäsuunnittelun tietohuolto -hanke

Vuosina 1999 – 2001 tutkittiin MMM:n rahoittamassa yhteistutkimushankkeessa “Metsäsuunnittelun tietohuolto” yksityismetsien suunnittelussa tarvittavan metsävaratiedon ylläpidon vaihtoehtoja. Yhteistutkimuksessa olivat osallisina METLA, Metsätalouden edistämiskeskus Tapio, Joensuun yliopiston metsätieteellinen tiedekunta sekä, Metsäkeskus Pohjois-Savo. Hankkeen tavoitteena oli

- 1) kuvionrajojen ja kuviotietojen tuottaminen kaukokuvilta, vanhoista kuviotiedoista ja VMI-tiedoista,
- 2) solmu-tietosisällön tuottaminen TASO-aineistosta tai ilmakuvia ja vanhaa kuviotietoa yhdistämällä ja
- 3) luotettavuustunnusten liittäminen laskennalliseen ajantasaistukseen.

Tutkimuksessa kehitettiin/tutkittiin seuraavia menetelmiä suunnittelussa tarvittavan puustotietojen ja toimenpide-ehdotusten tuottamiseksi:

1. VISU = tehtyjen toimenpiteiden visuaalinen tulkinta ortoilmakuvilta ja vanhan suunnitteluaineiston laskennallinen ajantasaistus,
2. IK-KNN=ortoilmakuvien numeerinen tulkinta knn-menetelmällä käyttäen selittäjinä vanhaa kuviotietoa ja ilmakuvien sävyarvo- ja tekstuuritietoa ja tukiaineistona uutta mitattua kuviotietoa,
3. ARBO = ortoilmakuvien tulkinta Arbonaut Oy:n kehittämällä yksinpuintulkintaan perustuvalla segmentointityökalulla,
4. SK-KNN=Landsat TM –satelliittikuvien numeerinen tulkinta knn-menetelmällä käyttäen selittäjinä vanhaa kuviotietoa ja satelliittikuvien sävyarvoja ja tukiaineistona uutta mitattua kuviotietoa.

Menetelmien vertailun perusteella VISU-menetelmä valittiin tuotteistamisvaiheeseen (METY II). Myös satelliittikuvia tai numeerisia ilmakuvia sekä vanhaa tietoa hyödyntävillä menetelmillä (menetelmä IK-KNN ja SK-KNN) päästiin kohtuullisiin hyviin tuloksiin esimerkiksi puuston kokonaistilavuuden estimoinnissa (keskivirheeksi saatiin noin 30 %). Puulajeittaisten tilavuuksien estimoinnissa menetelmillä ei saavutettu hyväksyttävää tarkkuutta. ARBO -menetelmää tutkittiin vain suppeassa osa-ai-

neistossa ja tässä tarkastelussa menetelmä ei ollut kilpailukykyinen vertailumenetelmien kanssa.

Hankkeen tulokset esitellään 23.-24.10.2002 Kolilla pidettävässä metsäsuunnittelun seminaarissa. Valmisteilla on myös metsäsuunnittelun tietohuollon teemanumero Metsätieteen Aikakauskirjaan nro 3/2002.

2 Metsävaratietojen tuottaminen ja ylläpito (METY II)

METY-hankkeen tulosten perusteella käynnistettiin niin ikään MMM:n yhteistutkimusvarojen rahoituksella jatkohanke, jossa testataan edellä kuvattua VISU-menetelmän soveltumista osaksi yksityismetsien suunnittelun rutiinia. Mukana kokeilussa ovat Metsäkeskukset Pohjois-Karjala ja Pohjois-Savo, joista molemmista tutkimusaineistoksi on valittu aitoja vuoden 2002 suunnittelualueita. Tutkimuksen tätä osiota osaa tekee Perttu Anttila Joensuun Yliopiston ja Tapion kautta. Hankkeen tämä osa on vuoden kestoinen ja sen kuluessa tulisi selvittää menetelmän kustannustehokkuus verrattuna perinteiseen suunnitteluinventointiin.

METY II –hankkeessa on myös toinen osahanke, jossa Metlan tutkijat kehittävät numeeristen ilmakuvien segmentointiin pohjautuvaa inventointimenetelmää. Menetelmässä Anssi Pekkarisen (Pekkarinen 2000) kehittämällä algoritmilla ilmakuva kuvioidaan pienkuvioihin eli segmentteihin. Segmentit ryhmitellään sävyarvojen suhteen homogeenisiin ryhmiin, joista poimitaan otos maastomittauksia varten. Maastomittaukset kohdistuvat siten vain osaan segmenteistä. Mittausten oletetaan olevan helpompia kuin tavanomaisessa kuvioittaisessa arvioinnissa, koska segmentit ovat pieniä ja puustotunnuksiltaan tasaisia, jos segmentointi on onnistunut. Hankkeessa kehitetään mittausten tueksi tiedonkeruujärjestelmää, jossa tiedonkeruulaitteen näytöllä voidaan seurata omaa liikkumista segmenttikartan ja numeerisen ilmakuvan päällä. Hankkeen tämä osa on suunniteltu päättyvän vuonna 2004.

3 Jatkuva ajantasaistus yksityismetsien suunnittelussa

Metsäkeskus Etelä-Savon, Järvi-Savon metsänhoitoyhdistyksen ja Metlan välisenä yhteistyönä tutkitaan yksityismetsien suunnittelussa tarvittavan tiedon tuottamista ns. jatkuvalla ajantasaistuksella. Tällä tarkoitetaan sitä, että suunnitteluinventoinnissa kerättyjä puustotietoja pidetään yllä kasvumallien avulla. Jos metsiköissä tehdään hakkuita, käsitelty metsikkö käydään inventoimassa uudelleen heti käsittelyjen jälkeen ja muuttuneet tiedot tallennetaan kuviotietojärjestelmään. Tällainen menettely on käytössä kaikissa suurissa metsäyhtiöissämme sekä metsähallituksessa, mutta yksityismetsien suunnitteluun se ei ilmeisesti organisointivaikeuksen vuoksi ole levinnyt.

Hankkeessa on tavoitteena:

- a) selvittää, miten hyvin eri toimenpiteet löytyvät metsäkeskuksen ja metsänhoitoyhdistyksen rekistereistä ja metsänomistajaa haastatteleamalla,
- b) tutkia, kuinka suuria eroja syntyy ajantasaistuksen ja uusintainventoinnin välille



- c) tutkia, mistä erot johtuvat (kasvumalleista, inventointien virheistä) ja miten merkittäviä ne ovat ja
- d) selvittää jatkuvaan ajantasaistuksen järjestämiseen liittyviä ongelmia.

Hanke on vuoden kestoisen esitutkimus. Sitä rahoittaa Marjatta ja Eino Kollin säätiö. Edellä mainittujen tahojen lisäksi hanketta on ollut suunnittelemassa MH Fred Kalland.

ISBN 951-40-1847-8
ISSN 0358-4283