

## **MELA2005 ja nettisovellukset**

Tuula Nuutinen ja Leena Kettunen (toim.)

Metlan työraportteja / Working Papers of the Finnish Forest Research Institute -sarjassa julkaistaan tutkimusten ennakkotuloksia ja ennakkotulosten luonteisia selvityksiä. Sarjassa voidaan julkaista myös esitelmiä ja kokouskoosteita yms.

Sarjassa ei käytetä tieteellistä tarkastusmenettelyä. Kirjoitukset luokitellaan Metlan julkaisutoiminnassa samaan ryhmään monisteiden kanssa.

Sarjan julkaisut ovat saatavissa pdf-muodossa sarjan Internet-sivuilta.

<http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/>  
ISSN 1795-150X

#### **Toimitus**

Unioninkatu 40 A  
00170 Helsinki  
puh. 010 2111  
faksi 010 211 2101  
sähköposti [julkaisutoimitus@metla.fi](mailto:julkaisutoimitus@metla.fi)

#### **Julkaisija**

Metsäntutkimuslaitos  
Unioninkatu 40 A  
00170 Helsinki  
puh. 010 2111  
faksi 010 211 2101  
sähköposti [info@metla.fi](mailto:info@metla.fi)  
<http://www.metla.fi/>

<b>Tekijät</b> Nuutinen, Tuula & Kettunen, Leena (toim.)			
<b>Nimeke</b> MELA2005 ja nettisovellukset			
<b>Vuosi</b> 2005	<b>Sivumäärä</b> 65	<b>ISBN</b> 951-40-1972-5 (PDF)	<b>ISSN</b> 1795-150X
<b>Yksikkö / Tutkimusohjelma / Hankkeet</b> Joensuun tutkimuskeskus / Metsätalouden suunnittelu / 3002 Metsätalouden mallintaminen ja analyysit, 3343 Metsätiedon hankinta ja estimointi suunnittelua varten			
<b>Hyväksynyt</b> Jari Parviainen, tutkimuskeskuksen johtaja, 5.9.2005			
<b>Tiivistelmä</b> <p>Järjestyksessä viides MELA-käyttäjöpäivä järjestettiin Joensuussa 7.9.2005. Tilaisuudessa julkistettiin MELA-ohjelmiston MELA2005-versio ja NettiMELA-sovellus. Molemmat tuotteet perustuvat Metlan Metsätalouden suunnittelun tutkimusohjelman (MTS, 1999-2005) tutkimus- ja kehitystyöhön, joka on suunnattu ns. uuden sukupolven suunnittelujärjestelmän kehittämiseen. Tähän työraporttiin on koottu MELA-käyttäjöpäivillä pidetyt esitelmät. Tilaisuuden aluksi Tuula Nuutinen esitteli MELA-julkistusversiot sekä Demo- ja NettiMELA-sovellukset. DemoMELA on lähinnä opetus- ja esittelykäyttöön tehty Internet-sovellus. NettiMELA on puolestaan sovellusvuokraustyyppinen Internet-palvelu, jolla käyttäjät voivat tehdä metsälaskelmia Metlan palvelimella olevalla MELA-ohjelmistolla. Seuraavissa kolmessa esitelmässä kerrottiin MELA2005-version uusista ominaisuuksista yksityiskohtaisemmin. Markku Siitonen esitteli MELA2005-versiossa käyttöön otetut metsätaloustuotannon pelivaramuuttajat, joiden avulla voidaan mm. varautua riskeihin ja epävarmuuteen. Leena Kärkkäinen kertoi MELA2005-ohjelmiston biomassamalleista ja Olli Salminen tienvarsi- ja kantohintaisista talousmuuttujista. Viimeisissä esityksissä käsiteltiin NettiMELA:n pilottisovelluksia. Pekka Hyvönen kertoi metsävaratietojen ajantasaistuksesta NettiMELA:lla ja Arto Latukka NettiMELA:n käytöstä MTT Taloustutkimuksen kannattavuuskirjanpitojärjestelmässä. Nettisovelluksiin kytkettynä MELA-ohjelmisto mahdollistaa laskentavälineiden paremman integroinnin suunnitteluprosessiin ja sitä kautta tehokkaamman tuen vuorovaikutteiselle suunnittelulle. NettiMELA:a voidaan käyttää myös laskelmajärjestelmänä, jonka avulla voidaan yhdistää joustavasti eri tietolähteitä ja malleja metsävaratietojärjestelmien ja metsäsuunnittelun kustannustehokkuuden ja vaikuttavuuden parantamiseksi. NettiMELA:n avulla tutkimustulokset voidaan siirtää käytännön metsätalouteen ja sen suunnittelujärjestelmiin entistä nopeammin.</p>			
<b>Asiasanat</b> MELA, DemoMELA, NettiMELA, MELA-käyttäjöpäivä, MELA2005			
<b>Julkaisun verkko-osoite</b> <a href="http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2005/mwp015.htm">http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2005/mwp015.htm</a>			
<b>Tämä julkaisu korvaa julkaisun</b>			
<b>Tämä julkaisu on korvattu julkaisulla</b>			
<b>Yhteydenotot</b> Tuula Nuutinen, Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus, PL 68, 80101 Joensuu. Sähköposti <a href="mailto:tuula.nuutinen@metla.fi">tuula.nuutinen@metla.fi</a>			
<b>Muita tietoja</b>			

## Sisällys

### **MELA-julkistusversiot ja -nettisovellukset**

T. Nuutinen, A. Anola-Pukkila, H. Hirvelä, K. Härkönen, R. Lempinen, V. Redsvén, O. Salminen & M. Siitonen ..... 5

### **Metsätaloustuotannon pelivaratiedot**

#### **MELA:ssa**

M. Siitonen ..... 13

### **Biomassamallit ja niiden käyttö**

L. Kärkkäinen & K. Härkönen ..... 24

### **Tienvarsihintaiset vs. kantohintaiset päätösmuuttajat**

O. Salminen ..... 40

### **Metsävaratietojen ajantasaistus NettiMELA:lla**

P. Hyvönen, K.T. Korhonen & A. Anola-Pukkila ..... 47

### **NettiMELA:n hyödyntäminen MTT Taloustutkimuksen kannattavuuskirjanpitojärjestelmässä**

A. Latukka, O. Rantala, M. Penttinen & A. Anola-Pukkila ..... 55

## MELA-julkistusversiot ja -nettisovellukset

T. Nuutinen, A. Anola-Pukkila, H. Hirvelä, K. Härkönen, R. Lempinen, V. Redsvén, O. Salminen & M. Siitonen

### Johdanto

Metsätalouden suunnittelun tutkimusohjelmalla (MTS, 1999-2005) on kaksi pääteemaa: valtakunnalliset metsälaskelmat ja uuden sukupolven suunnittelujärjestelmä. Valtakunnallisiin laskelmiin liittyvän tutkimus- ja kehitystyön taustalla ovat kokemukset ja palaute erilaisten metsä- ja suojeleohjelmien valmistelutyöstä (mm. Nuutinen ym. 1996, Nuutinen & Salminen 1999). Uuden sukupolven suunnittelujärjestelmään liittyvän tutkimus- ja kehitystyön taustalla ovat puolestaan kokemukset MELA-ohjelmiston käytöstä metsävara- ja suunnittelujärjestelmissä (mm. Soinne 2002, Jumppanen 2002), KMO:n linjaukset (Kansallinen metsäohjelma 1999) ja MMM:n metsäsuunnittelustrategia (Maa- ja metsätalousministeriön... 2001).

MTS-tutkimusohjelman tavoitteena on vuoden 2005 aikana tehdä valtakunnan metsien 9. inventoinnin (VMI9) koeala-aineistoon perustuen vaihtoehtolaskelmia ja vaikutusanalyyssejä alueellisten metsäohjelmien ja kansallisen metsäohjelman valmistelun tueksi. Laskelmilla tuotetaan entistä kattavammin yhteismitallisia tietoja metsien tuotanto- ja käyttömahdollisuuksista. Laskelmien hyödynnettävyyttä parannetaan kehittämällä tulosten havainnollistamista ja niiden syvällisempää (mm. taloustieteellistä) tulkintaa. Lisäksi kehitetään tietotuotteita ja -palveluita, jotta tiedot olisivat entistä helpommin ja nopeammin tarvitsijoiden saatavissa.

Uuden sukupolven suunnittelujärjestelmälle asetettavat vaatimukset voidaan jakaa kolmeen ryhmään: 1) tiedon hankinta, 2) vaihtoehtolaskelmat ja 3) suunnitelman koostaminen. Suunnittelutietoja hankittaessa on voitava yhdistää eri tietolähteitä eri käyttötarkoituksiin kustannustehokkaalla tavalla. Tiedon hankintapäätöksiä varten tarvitaan tietoa eri tietoyhdistelmien käyttökelpoisuudesta. Käytännössä esimerkiksi maastotiedon hankinta voi olla varsinaisesta suunnittelusta erillinen prosessi. Vaihtoehtolaskelmien avulla voidaan tarkastella sekä toimintaympäristön muutosten (esim. lait, metsänkäsittelysuositukset, hinnat) että päätöksentekijän omien valintojen (esim. metsänhoidon intensiivisyys, hakkuupäätökset) seurausten vaikutuksia. Vaihtoehtolaskelmia varten tarvitaan kulloinkin tarkasteltavan kokonaisuuden kattava, yhteismitallinen tietosisältö. Jotta suunnitelma palvelisi päätöksentekoa, se on voitava koostaa aina tarvittaessa ja sen on vastattava käyttäjän tietotarpeeseen ymmärrettävästi.

MTS-tutkimusohjelman tavoitteena on parantaa suunnittelun vaikuttavuutta ja alentaa inventointikustannuksia mm. tehostamalla laskentavälineiden integrointia suunnitteluprosessiin. Lisäksi tutkimusohjelmassa kehitetään tekniikoita, joilla nopeutetaan tutkimustulosten käytäntöön (metsätalouden suunnitteluun ja sen tietojärjestelmiin) siirtoa.

Tutkimusteemoja ovat:

- eri tietolähteiden joustava integrointi,
- aineistojen ja mallien (kustannus)tehokas yhdistäminen,
- virheiden ja riskien huomioon ottaminen metsälaskelmissa,
- laskelmatarpeiden ja uuden tutkimustiedon mukaan sopeutettavissa oleva simulaattori ja parempi tuki vuorovaikutteiselle suunnittelulle.

MTS- tutkimusohjelma koostuu 5 hankkeesta (taulukko 1):

- Metsätalouden mallintaminen ja analyysit,
- Metsätiedon hankinta ja estimointi suunnittelua varten,
- Metsäsimulaattori,
- Osallistava suunnittelu eri omistajaryhmien metsissä ja
- Simulointiin ja optimointiin perustuva integroitu metsätalouden suunnittelumenetelmä.

Taulukko 1. Metsätalouden suunnittelun tutkimusohjelman (MTS, 1999-2005) hankkeet.

Hankkeet	Tavoite/Tulos	Rahoittajat
<b>Metsätalouden mallintaminen ja analyysit, MELA, 1985-, Nuutinen</b>	MELA-julkistusversiot ja -nettisovellukset VMI9-hakuumahdollisuusarviot Valtakunnalliset vaihtoehtolaskelmat MELA-aineistorajapintojen, mallien, menetelmien ja sovellusten kehittäminen ja ylläpito (esim. ilmastonmuutoksen vaikutusten sekä monimuotoisuuden ja puuraaka-aineen ominaisuuksien kuvaaminen)	Metla MMM, YM SA Tekes EU Metsämiesten säätiö
<b>Metsätiedon hankinta ja estimointi suunnittelua varten, 2002-2006, Korhonen</b>	Inventointimenetelmien ja puustotunnusten laskennan kehittämien erityisesti jatkuvaa suunnittelua varten: jatkuva ajantasaistus, kuvatulkintapohjaiset analyysit, luotettavuustarkastelut	Metla MMM Kollin säätiö
<b>Metsäsimulaattori, 2000-2005, Siitonen</b>	Avoin ja modulaarinen metsäsimulaattori nykyisen MELA-metsikkösimulaattorin seuraajaksi	Metla
<b>Osallistava suunnittelu eri omistajaryhmien metsissä, 2000-2004, Löfström</b>	Vuorovaikuttaisia metsäsuunnittelu- ja päätöstukimenetelmiä Osallistavan ja vuorovaikutteisen prosessin tutkimus	Metla MMM SA
<b>Simulointiin ja optimointiin perustuva integroitu metsätalouden suunnittelumenetelmä, 2000-2003, Lappi</b>	Suunnittelujärjestelmien kehitysympäristö: simulointikieli ja optimointialgoritmi JLP ja J	Metla

## MELA-julkistusversiot

MELA-ohjelmistoa kehitetään tutkimustulosten ja asiakkailta saadun palautteen perusteella. Ohjelmiston uudet ominaisuudet esitellään käyttäjille kokonaisuuksina eli ns. julkistusversioina (taulukko 2). Ensimmäinen virallinen julkistusversio ilmestyi vuonna 1996 (Siitonen ym. 1996). Sen jälkeen on julkistettu MELA98 (Nuutinen & Mäkkeli 1998), MELA99 (Nuutinen & Suokas 1999, Siitonen ym. 1999), MELA2000 (Nuutinen & Suokas 2001, Siitonen ym. 2001), MELA2002 (Nuutinen & Kiiskinen 2002, Redsvén ym. 2002) ja MELA2004 (Redsvén ym. 2004).

Taulukko 2. MELA-julkistusversiot.

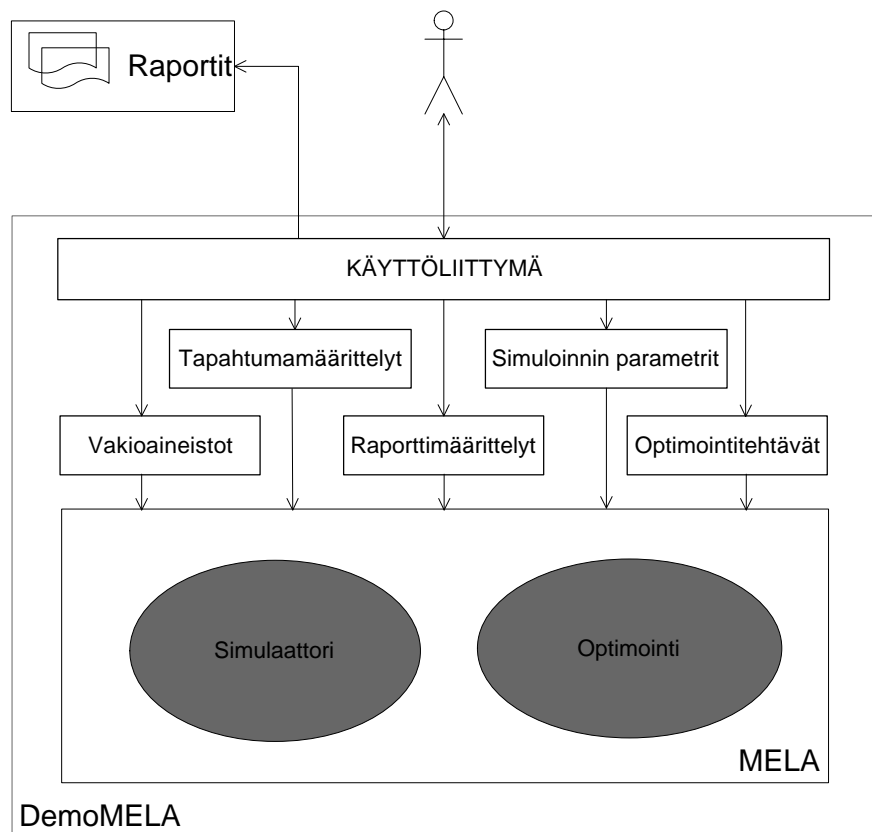
Versio	Uudet ominaisuudet
<b>MELA96</b>	Ensimmäinen virallinen MELA-julkistusversio/MELA Handbook 1996 Edition; Laajennusosat metsätietojärjestelmiä varten: kuvauspuiden muodostus ositetiedoista, laskennallinen ajantasaistus
<b>MELA98</b>	Uudet luonnonprosessimallit (Hynynen et al. 2002)
<b>MELA99</b>	Muutoksia luonnonprosessimalleihin, simuloinnin ohjaus käyttäjille avoimemmaksi, uudet talousmallit (esim. puu- ja korjuulosuhdetietoihin perustuvat puunkorjuun tuottavuuden ja yksikkökustannusten mallit)
<b>MELA2000</b>	Säästöpuut, nuorten metsien läpimittamallit, lähtöaineistoon/tietokantapalautteeseen uusia muuttujia (säästöpuut, tukkivähennys, metsikön kuvaaminen usealla koealalla)
<b>MELA2002</b> <b>MELA2002b</b>	Vaihtoehtoiset kuvauspuiden muodostusmallit, puujoukon kalibrointimahdollisuus, uusi tukkivähennysmalli, simuloinnin oletusarvot/uudet metsänkäsittelysuositukset, simuloinnissa voidaan ohjata metsään jätettävien puiden valintaa, euro, uusi raporttigeneraattori, uusia välineitä laskennan seuraamiseen, kielivalinta (Suomi/Englanti)
<b>MELA2004</b>	Luonnonprosessimallien tarkistus (Motti-yhteensopivuus), tietojärjestelmärajapintojen laajennus palvelemaan mm. paikkatietojärjestelmäkäyttäjiä
<b>MELA2005</b>	Uudet muuttujat tietopyynnöissä (METSARAPORTTI): biomassapelivara, tienvarsi- ja kantohintaiset talousmuuttujat

MTS-tutkimusohjelman viimeinen MELA-versio on MELA2005, jossa käyttäjien tietopyyntöihin (METSARAPORTTI) tarjotaan uusia biomassa-, pelivara- sekä tienvarsi- ja kantohintaisia talousmuuttujia (Kärkkäinen & Härkönen 2005, Siitonen 2005, Salminen 2005).

## MELA-nettisovellukset

MELA-nettisovellusten taustalla on toisaalta tarve uudistaa ohjelmistotuotanto- ja jakelujärjestelmä, jotta tutkimus- ja kehittämistyöt siirtyisivät aiempaa nopeammin käytäntöön ja toisaalta myönteiset kokemukset nettiteknologiasta (esim. sovellusvuokrauksen yleistymisen).

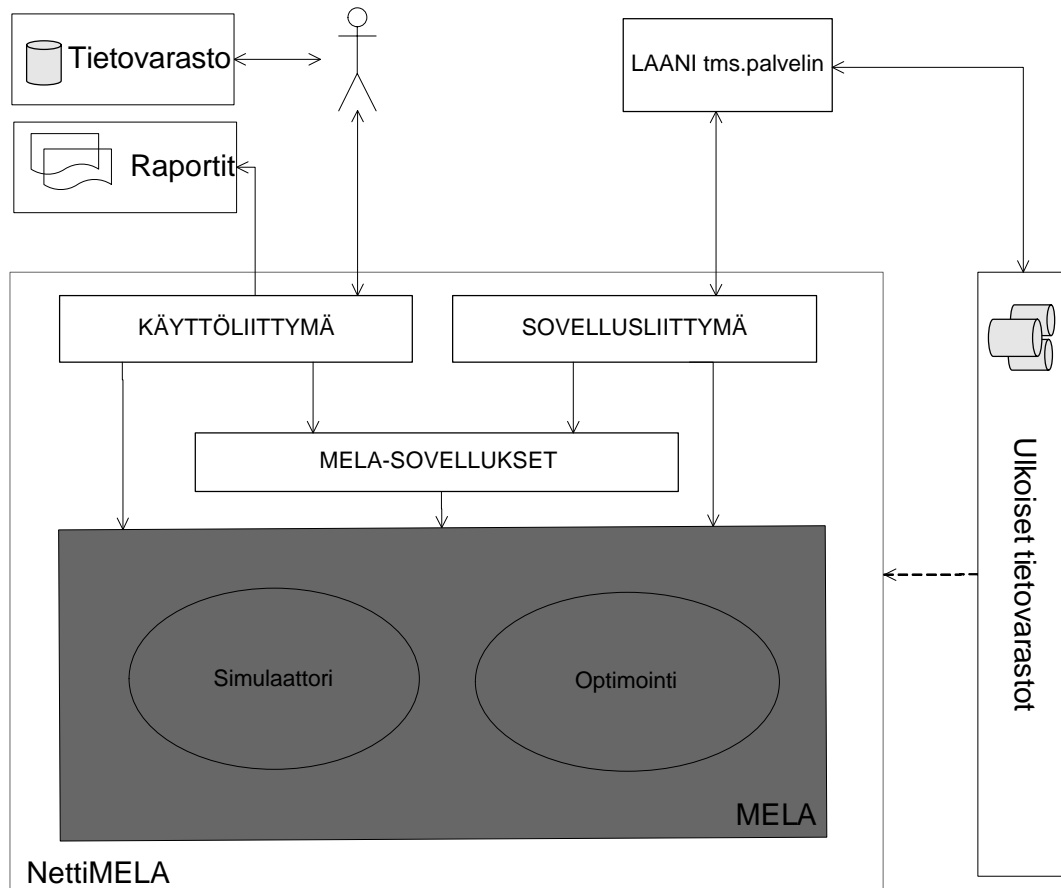
Ensimmäinen MELA-nettisovellus on DemoMELA (Nuutinen & Anola-Pukkila 2002) eli MELA-ohjelmistoa ja vaihtoehtolaskelmia havainnollistava rekisteröityneiden käyttäjien nettisovellus (kuva 1). DemoMELA:ssa nettikäyttöliittymä ohjaa vakioaineistoista tehtäviä laskelmia. DemoMELA tarjoaa yhden mallin käyttäjäystävällisyyden parantamiseksi ja MELA-käytön tehostamiseksi. DemoMELA:sta on olemassa suomen- ja englanninkieliset versiot (<http://www.metla.fi/metinfo/mela/index.htm> -> DemoMELA).



Kuva 1. DemoMELA:n osat.

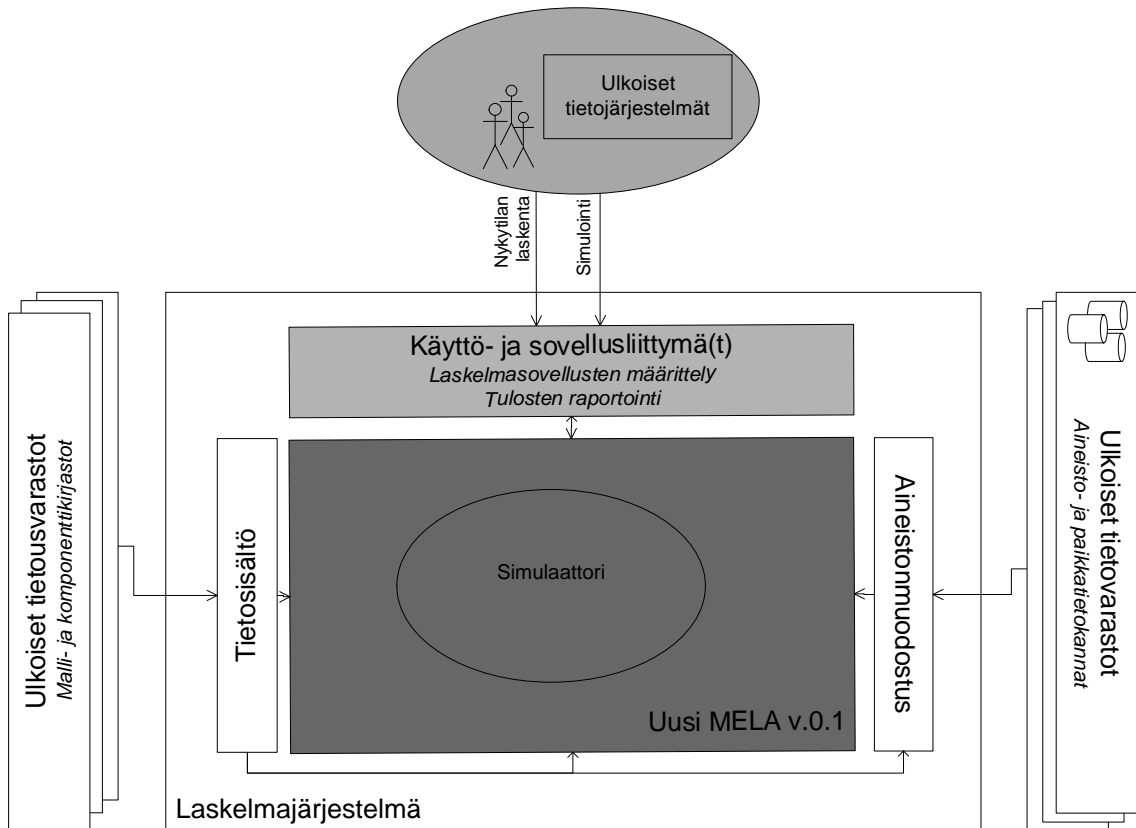


Toinen MELA-nettisovellus on NettiMELA eli pilottivaiheessa oleva, sovellusvuokraustyyppinen palvelu (kuva 2), jolla asiakas voi tehdä tilaamiaan MELA-ajoja Metlan palvelimella olevalla MELA-ohjelmistolla. Palvelun käyttö perustuu XML-lomakkeisiin (kuva 3). NettiMELA:a on testattu mm. jatkuvan inventoinnin ja kannattavuuskirjanpidon sovelluksissa (Hyvönen ym. 2005, Latukka ym. 2005).



Kuva 2. NettiMELA:n osat.





Kuva 4. Laskelmajärjestelmän osat.

## 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.
- Hyvönen, P., Korhonen, K. T., Anola-Pukkila, A., & Redsvén, V. 2005. Metsävaratietojen ajantasaistus NettiMELA:lla. Julkaisussa: Nuutinen, T. & Kettunen, L. (toim.). MELA2005 ja nettisovellukset. Metlan työraportteja 15: 47-54.
- Jumppanen, J. 2002. MELA – tulevaisuuden laskentajärjestelmä. Julkaisussa: Nuutinen, T. & Kiiskinen, A. (toim.). MELA2002 ja käyttöpuun kuvaus. MELA-käyttäjäpäivä 7.5.2002 Joensuu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 865: 88-89.
- Kansallinen metsäohjelma 2010. 1999. MMM:n julkaisuja 2/1999. Maa- ja metsätalousministeriö. Helsinki.
- Kärkkäinen, L. & Härkönen, K. 2005. Biomassamallit ja niiden käyttö. Julkaisussa: Nuutinen, T. & Kettunen, L. (toim.). MELA2005 ja nettisovellukset. Metlan työraportteja 15: 24-39.
- Latukka, A., Rantala, O., Penttinen, M. & Anola-Pukkila, A. 2005. NettiMELA:n hyödyntäminen MTT Taloustutkimuksen kannattavuuskirjanpitojärjestelmässä. Julkaisussa: Nuutinen, T. & Kettunen, L. (toim.). MELA2005 ja nettisovellukset. Metlan työraportteja 15: 55-65.
- Maa- ja metsätalousministeriön metsäsuunnittelustrategia 2001-2010. 2001. Työryhmämuistio MMM 2001:13. Maa- ja metsätalousministeriö. Helsinki.

- 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.
- & Kiiskinen, A. (toim.) 2002. MELA2002 ja käyttöpuun kuvaus. MELA-käyttäjäpäivä 7.5.2002 Joensuu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 865. 104 s.
- & Mäkkeli, P. (toim.) 1998. MELA98 ja tietojärjestelmäajennukset. MELA-käyttäjäpäivät 7.5.1998 Helsingissä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 713. 60 s.
- & Salminen, O. 1999. Hakkuumahdollisuusarviot. Julkaisussa: Reunala, A., Halko, L. & Marila, M. (toim.). Kansallinen metsäohjelma 2010 - Taustaraportti. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 6/1999: 124-131.
- & Suokas, A. (toim.) 1999. MELA99 ja metsätalouden suunnittelu. MELA-käyttäjäpäivä ja tutkimusseminaari 11.-12.5.1999 Majvik, Kirkkonummi. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 752. 118 s.
- & Suokas, A. (toim.) 2001. MELA2000 ja muuttuva metsänkäsitely. MELA-käyttäjäpäivä 21.11.2000, Joensuu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 814. 73 s.
- , Hirvelä, H., Horne, P., Härkönen, K., Naskali, A., Ovaskainen, V., Salminen, O., Seppälä, H., Siitonen, M. & Toropainen, M. 1996. Metsänsuojelun taloudelliset ja työllisyysvaikutukset. Loppuraportti Metsänsuojelun ja työllisyyden rahoitustoimikunnalle. Moniste. 19 s. + liitt.
- 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. & Siitonen, M. 2002. MELA2002 Reference Manual. The Finnish Forest Research Institute, Helsinki. 588 s.
- , Anola-Pukkila, A., Haara, A., Hirvelä, H., Härkönen, K., Kettunen, L., Kiiskinen, A., Kärkkäinen, L., Lempinen, R., Muinonen, E., Nuutinen, T., Salminen, O., Siitonen, M. 2004. MELA2004 Reference Manual. The Finnish Forest Research Institute. 611 s.
- Salminen, O. 2005. Tienvarsihintaiset vs. kantohintaiset päätösmuuttajat. Julkaisussa: Nuutinen, T. & Kettunen, L. (toim.). MELA2005 ja nettisovellukset. Metlan työraportteja 15: 40-46.
- Siitonen, M. 2005. Metsätaloustuotannon pelivaratiedot MELA:ssa. Julkaisussa: Nuutinen, T. & Kettunen, L. (toim.). MELA2005 ja nettisovellukset. Metlan työraportteja 15: 13-23.
- , Anola-Pukkila, A., Haara, A., Härkönen, K., Redsven, V., Salminen, O. & Suokas, A. (eds.). 2001. MELA Handbook, 2000 Edition. The Finnish Forest Research Institute. 498 s.
- , Härkönen, K., Hirvelä, H., Jämsä, J., Kilpeläinen, H., Salminen, O., and Teuri, M. 1996. MELA Handbook - 1996 Edition. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 622. 455 s.
- , Härkönen, K., Kilpeläinen, H. & Salminen, O. (eds.) 1999. MELA Handbook, 1999 Edition. The Finnish Forest Research Institute. 492 s.
- Soinne, H. 2002. Vaatimuksia uuden sukupolven suunnittelujärjestelmälle. Julkaisussa: Nuutinen, T. & Kiiskinen, A. (toim.). MELA2002 ja käyttöpuun kuvaus. MELA-käyttäjäpäivä 7.5.2002 Joensuu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 865: 85-87.

# Metsätaloustuotannon pelivaratiedot MELA:ssa

M. Siitonen

## 1 Johdanto

Tuleviin tarpeisiin varautuminen metsätaloudessa, kuten kestävyden ja tuotannon varmuuden tavoittelu, tarkoittaa käytännössä metsien käytön etukäteen sopeuttamista niiden ennakoituun tuotantokykyyneen (eli tulevia käsittelyjä seuraavaan kehitykseen). Sopeuttamista ohjaavat muun muassa konkreettiset tuotantotavoitteet, varautumispyrkimykset sekä metsien kehitystä ja tietojen epävarmuuksia koskevat oletukset päätöstilanteissa. Metsätalouden järjestelyn piiriin kuuluvia sopeuttamiskeinoja ovat esimerkiksi osan valmiiksi hakkuukypsien metsien varaaminen myöhempään käyttöön ja toisaalta hakkuukypsyyssrajan säätely tuotesaannon puitteissa.

MELA-päätösmuuttujilla voi ilmaista metsätaloustuotannon suoria varautumistavoitteita muiden muassa metsävarojen, puuntuotannon ja metsien muun käytön suhteen. MELA-optimointi puolestaan pitää yllä optimointitehtävässä annetut ehdot - kuten kestävyysvaatimukset - tehokkaasti täyttävän määrän hakkuukypsiä metsiköitä rakenteeltaan vaihtelevillakin metsäalueilla. Laskelmatulokset sisältävät optimointitehtävän perusteella valitut käsittelyt metsiköille ja niiden mukaisen tuotanto-ohjelmat (metsäraportin muodossa) metsäalueille. Päätöstilanteesta saa lisätietoa optimiratkaisun lähiympäristöä valaisevista ratkaisukohtaisista varjohinnoista ja rajahinnoista (Lappi 1992).

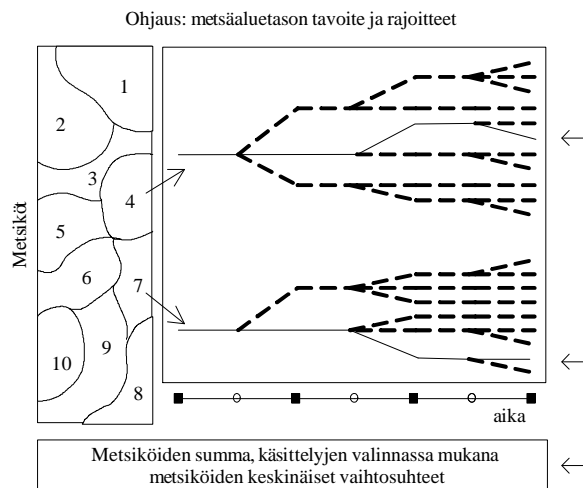
Päätöstilannetta voi kartoittaa edelleen vertailemalla metsien käyttömahdollisuuksia valaisevien laskelmatehtävien tuloksia (mm. Siitonen 1993, Nuutinen ym. 2005). Esimerkiksi nettotulojen nykyarvon maksimointi eri korkokannoilla havainnollistaa taloudellisuustavoitteen vaikutuksen: korkovaatimusta kohotettaessa (Suomen nykyrakenteisten) metsien käytön painopiste kääntyy (käsittelysuositusten mukaan) hakkuukypsän puuston säästämistä kaiken puuston (hakkuumahdon) hakkaamiseen heti hakkuukypsyyden saavuttamisen jälkeen. Hakkuumäärän tai nettotulojen kestävyysvaatimuksen huomioonottamisen maksimoitaessa nettotulojen nykyarvoa metsien tuotantokokykyä edustavalla korkokannalla tulkitaan puolestaan tuottavan suurimman kestävä hakuu määrän arvion. Tällainen laskelmajärjestely kartoittaa metsien puuntuotantokäytön (aikapreferenssivaihtelun) äärireunat säästämistä hakkuupainotteiseen ja tavallisesti niiden välille asettuvaan kestävään käyttöön.

Entä varmuuden tavoittelu ja pelivaran ylläpito tulevaisuuteen varautumisen keinona metsälaskelmissa - ja niillä päätöstilanteessa jossittelu metsätaloustuotannon suunnittelun apuvälineenä? Mikä on esimerkiksi laskelmatuloksena saadun optimiratkaisun asema metsien koko käyttöpotentiaaliin nähden? Kuinka hakkuukypsän puuston kestävyysvaraus kehittyy laskelmakauden aikana suurimman kestävä hakuu määrän tapauksessa - paljonko mukana on pelivaraa? Entä jos haluaisi varautua yllättäviin tarpeisiin tuotannon kestävyysvarauksista mittavammin, kuten pitämällä yllä ylimääräistä hakkuukypsän puuston reserviä (varmuusvaraus, maksuvalmiusvaraus)? Tai vastaavalla tavalla varautua tietojen tai odotusten epävarmuuksien toteutumiseen (epävarmuusvaraus)? Entä mikä on varausten ylläpidon hinta? Ainekset tällaisiin pelivaratarkasteluihin kaikkien laskettujen päätösmuuttujien suhteen saa MELA:n laskentayksiköiden käsittely- ja kehitysvaihtoehtoista silloin, kun ne kattavat tarkasteltavana olevien metsien koko mahdollisena pidettävän käsittelyvaihtelun (Siitonen ym. 2004). Esittelen seuraavassa MELA:an toteutetut peliva-

ratiedot käyttöön otettaviksi sekä luonnostelen niiden soveltamismahdollisuuksia.

## 2 Pelivaratiedot MELA:ssa

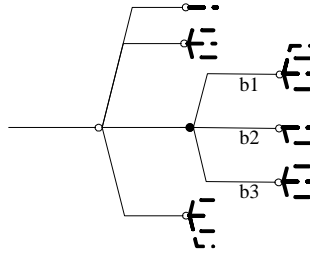
Metsikön käsittely- ja kehitysvaihtoehdot MELA:ssa (kuva 1) muodostavat kausittaisen haaraapuun solmuineen (päätöstilanteet kausilla) ja haaroineen (solmun vaihtoehdot käsittelyt ja niitä seuraavat kehitykset, kuva 2). Haarapuu ja sen solmujen haaroja kuvaavat tavanomaiset päätösmuuttujat edustavat metsikön vaihtoehtoisia käyttö- ja kehittymismahdollisuuksia (MELA:a käytettäessä usein metsien käsittelysuositusten puitteissa), kun taas metsäalueen kehittymismahdollisuudet syntyvät kaikkien metsiköiden vaihtoehtoisten kehittymismahdollisuuksien vaihtoehtoisina yhdistelminä (kuva 1). Tämä käsittelystä aiheutuva vaihtoehtoisuus mahdollisen rajoissa konkretisoi hoidettujen metsien ehdollisesti avoimen kehityksen, sen ohjattavuuden rajat ja ohjauksen pelivarat (vrt. Siitonen 1993).



Kuva 1. Yhdenntyn metsikkö- ja metsäalueoptimoinnin periaate. Metsiköiden käsittely ratkeaa koko metsäalueen kattavien tavoitteiden (laskentateknisesti lineaarisen ohjelmoinnin tavoitteen ja rajoitteiden) perusteella. Optimoinnin aineistona ovat metsiköiden käsittely- ja kehitysvaihtoehdoista muodostuvat "haarapuuaineistot" ja ratkaisuna niistä metsiköittäin valitut yksittäiset vaihtoehdot. Kuvalähde: Siitonen ym (1996) ja Siitonen ym (2004).

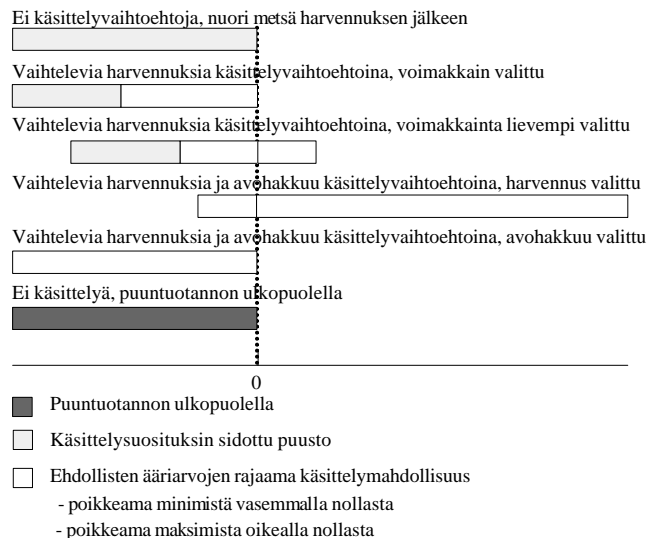
Siitonen ym. (2004) määrittelevät kaksi ryhmää pelivaratietoja metsälaskelmissa käytettäväksi: päätösmuuttujien edeltävän käsittelyn ja kehityksen suhteen (1) *ehdolliset kausittaiset ääriarvot* (minimit ja maksimit, engl. *local extrema*) ja (2) *kausittaiset poikkeamat* (engl. *margin*) *vastaavista ääriarvoista* metsikkö- ja metsäaluetasolla. Ääriarvot mahdollistavat poikkeamien laskennan.

Päätösmuuttujien *kausittaiset ääriarvot* (ja niitä edustavat haarat tietoineen) *metsikkötasolla* saadaan vertaamalla haarapuuun solmuissa kunkin päätösmuuttujan arvoja eri haarojen kesken. Ääriarvot lasketaan yksi kerrallaan, jokainen toisista riippumatta. Päätösmuuttujien *kausittaiset poikkeamat vastaavista ääriarvoista* ovat puolestaan vastaavien ääri- ja haaroittaisten arvojen solmuittaisia erotuksia. Haarapuuun jokaisella solmulla siis on solmun haaroista löytyvät, haaroille yhteiset päätösmuuttujien ääriarvot kun taas päätösmuuttujien poikkeamat vastaavista ääriarvoista vaihtelevat haarakohtaisesti haarojen erilaisuuden takia. Kuva 3 havainnollistaa ehdollisten ääriarvo- ja poikkeamamäärien eri syistä muodostumista metsikköä eri tavoin käsiteltäessä.



Ennen käsittelyä		Käsittely		Käsittelyn jälkeen	
x1	x2	Haara	x3	x4	x5
200	40	b1	60	140	30
		b2	200	0	0
		b3	0	200	40

Kuva 2. Kausittain ehdollisten ääriarvojen muodostuminen aineistohaarapuun solmujen haaroista. Esi-merkkisolmussa (ote koko haarapuusta) on kolme vaihtoehtoista käsittelyä. x3:n maksimi 200 löytyy käsittelyhaarasta b2 kun taas x5:n maksimi on haarassa b3. x3:n, x4:n ja x5:n minimi ovat kaikki nollia joko haarassa b2 tai b3. Kuvalähde: Siitonen ym (2004).



Kuva 3. Ehdollisten ääriarvojen muodostuminen vaihtoehtoisista käsittelyistä valitun (0) ympärille. Palkkien pituudet edustavat (esimerkiksi ainespuun) koko määrää, josta vaihteleva osuus jätetään kokonaan käsittelyn ulkopuolelle (puuntuotannolta rajattu maa ja suosituksin käsittelyltä sidottu puusto) ja/tai on käsittelyn piirissä (käsittelysuositusten mukaan hakkuukypsä puusto). Hakkuukypsä puusto voidaan puolestaan jättää hakkaamatta (hakkuumäärän minimiarvo, valkean palkinosan vasen reuna) ja hakata osittain tai kokonaan (hakkuumäärän maksimiarvo, valkean palkinosan oikea reuna). Valittua käsittelyä vastaava hakkuumäärä asettuu näihin ääriarvoihin ja ilmaisee samalla poikkeaman minimistä (nollasta vasemmalla oleva palkinosa). Vastaavasti poikkeama maksimista muodostaa hakkaamatta jätettävän hakkuureservin (oikealla nollasta oleva palkinosa). Poikkeamat yhdessä ilmaisevat edeltävän kehityksen suhteen mahdollisen pelivaran kunakin ajankohtana. Metsäalueella valitut käsittelyt saadaan optimiratkaisusta. Kannattaa myös huomata, että jos pelivaraa käytetään, syntyy toinen tilanne (ja laskelmatehtävä) omine vastaavine pelivaroineen. Kuvalähde: Siitonen ym (2004).

*Metsäaluetasolle päätösmuuttujien kausittaiset ehdolliset ääriarvot ja päätösmuuttujien poikkeamat ääriarvoista* saadaan MELA-optimiratkaisuun valituista käsittely- ja kehitysvaihtoehdoista metsiköiden vastaavien arvojen summina. Eräät pelivaratiedot ovat jo ennestään tuttuja valmiine nimityksineen metsätaloudessa, kuten hakkuumahto, hakkuureservi ja hakkuumahdollisuuksien käyttöaste.

Esimerkiksi *hakkuumahto* koostuu metsäalueen optimiratkaisuun valittujen metsiköiden käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen solmuittain lasketuista hakkuukertymän ehdollisista maksimeista. Ensimmäisen kauden maksimi on sama kuin saadaan hakkuumahtona ensimmäisen kauden hakkuukertymää erillisenä optimointitehtävänä maksimoimalla; seuraavien kausien luvut sen sijaan perustuvat kyseisen MELA-ratkaisun mukaisiin käsittely- ja kehitysolettamuksiin edeltävillä kausilla ja vaihtelevat siksi ratkaisuttain. Kausittaisten hakkuumahto- ja MELA-ratkaisun hakkuukertymälukujen poikkeama (lukujen erotus) ilmaisee puolestaan MELA-ratkaisussa kausittain hakkaamatta jäävän (yleensä käsittelysuositusten rajoissa) hakkuukypsän puuston eli *hakkuureservin* määrän.

Ehdolliset ääriarvo- ja poikkeamaluvut ovat saatavissa sekä metsän tilaa että käsittelyä ja kehitystä kuvaaville MELA-päätösmuuttujille (Redsven ym. 2005) kausittain koko laskelmakauden ajalle. Metsän tilaa ja kehitystä kuvaaville päätösmuuttujille muodostuu tavallisesti molemmat nolosta poikkeavat ääriarvot. Käsittelyä ja tuotantoa kuvaavilla tiedoilla usein on vain enimmäismäärä ja vähimmäismääräksi tulee nolla. Jos taas ratkaisusta ilmi käyvät poikkeamaylimäärät irrotetaan tuotteina metsästä (ratkaisun mukaisten lisäksi), metsän kehitys ja pelivarat muuttuvat vastaavasti; kyseessä on kokonaan eri laskelmatehtävä omine tuloksineen ja pelivaratietoineen.

Päätösmuuttujien ehdolliset ääriarvot (ja ääriarvohaaroja edustavat muut tiedot) ilmaistaan MELA:ssa  $P_{min}$ - ja  $P_{max}$ -funktioiden kutsuilla, jotka on kuvattu tarkemmin julkaisussa Redsven ym. (2005). Poikkeamat ääriarvoista saadaan päätösmuuttujan ja sen ääriarvon erotuksen MELA-ratkaisussa määrittelevällä lausekkeella.

## 3 Pelivaratiedot metsälaskelmissa

### 3.1 Laskelmaesimerkki

Esittelen pelivaramuuttujien olemusta ja käyttömahdollisuuksia Siitosen ym. (2004) laskelmaesimerkin pohjalta. Ensinnäkin puheena oleva esimerkki havainnollistaa päätösmuuttujien ääriarvojen ja niiden optimiratkaisusta poikkeamien (hakkuumahdon ja hakkuureservin) muodostumista kahdessa eri laskelmatehtävässä. Toisaalta laskelmaparin tulosten erotus on tulkittavissa varmuustavoitteiden (maksuvalmius ja lehtipuustovaraus) seurauksiksi. Näin laskelmapari muodostaa samalla hakkuumahdollisuuksien vaihtoehtoista hyväksikäyttöä päätöstukena valaisevan laskelmajärjestelyn.

Molemmissa laskelmatehtävissä (taulukko 1) haetaan metsälön suurinta kestäväää nettotulomäärää, ensin sellaisenaan ja sitten poikkeamavaatimukset lisäksi huomioon ottaen. Ensimmäisessä (1) laskelmassa lineaarisen ohjelmoinnin tavoitteena on metsälön tuottoarvon maksimointi 4 prosentin korkokannalla ja rajoitteina tasaiset tai nousevat nettotulot laskelmakauden aikana samoin kuin laskelmakauden alun tuottoarvon ylittäminen laskelmakauden lopussa (yhdessä kestävyysvarauksina). Toiseen (2) laskelmaan on lisätty kestävyysvaatimusten rinnalle kaksi yhtaikaista päätösmuuttujien poikkeamavaatimusta (varmuusvarauksina): kolminkertaisen nettotuloreservin sekä koivuvarannon 400 kuutiometrin ylimäärän (tavallaan ”ylisuuren” koivuvarannon) ylläpito



muuten kausittain ratkeaviin ääriarvoihin verrattuna. Edellinen (hakkuumahdollisuuksien säästäminen metsään) edustaa ratkaisuun nähden suhteellisena ja jälkimmäinen (koivuvarannon pelivara) suorana erotuksena ilmaistua poikkeamavaatimusta. Tuottoarvotavoite molemmissa laskelmissa ilmaisee yleisen taloudellisen tehokkuusvaatimuksen.

Taulukko 1. Esimerkkilaskelmien 1 ja 2 optimointitehtävät. Lähde: Siitonen ym (2004).

Laskelma	1	2
<u>Tavoite</u> (taloudellisuusvaatimus)		
Tuottoarvon (4 %), EUR maksimointi	kyllä	kyllä
<u>Kausittaiset rajoitteet</u> (laskelmakauden aikainen kestävyysvaatimus)		
Tasaiset tai nousevat nettotulot, EUR	kyllä	kyllä
Poikkeama nettotulojen kausittaisesta maksimista $> 3 * \text{nettotulot}$ , EUR	ei	kyllä
Poikkeama koivuutilavuuden kausittaisesta maksimista $> 400, \text{m}^3$	ei	kyllä
<u>Koko laskelmakautta koskeva rajoite</u> (kestävyys laskelmakauden jälkeen)		
Lopputuottoarvo $>$ alkutuottoarvo, EUR	kyllä	kyllä

Itäsuomalaisen 61.6 hehtaarin metsälön metsikkötiedot ovat vuodelta 2001. Metsät ovat pääosin nuoria; noin 20 prosenttia alasta on uudistuskypsää. Laskelmakausi koostuu neljästä kymmenvuotiskaudesta, ja laskelmat perustuvat suositusten mukaiseen metsien käsittelyyn sekä nykytaisoisiin hintoihin ja kustannuksiin. Laskelmatulokset on otettu sellaisinaan tarkastelematta laskelma-aineiston ja -tietouden mahdollisia virheitä.

## 3.2 Pelivaratiedon sovelluksia ja tulkintoja

### Laskelmaratkaisu mahdollisen rajoissa

Raportoidut ehdolliset ääriarvot ilmaisevat metsäalueella päätösmuuttujien ratkaisukohtaiset raja-arvot eli kokonaisuudessaan ne metsien käyttömahdollisuudet, jotka laskelmaratkaisun edustamat tavoitteet toteuttava metsien tuleva käsittely ja kehitys tuottaa tuloksenaan. Näin päätösmuuttujien kausittaiset poikkeamat vastaavista ääriarvoista havainnollistavat laskelmaratkaisun aseman käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen kuvaaman mahdollisen rajoissa. Pelivaratiedot voi ottaa tarkasteltaviksi metsäraporteissa ehdollisina ääriarvoina tai niiden poikkeamina laskelmaratkaisusta (kuten taulukoissa 2 ja 3).

Taulukoissa 2 ja 3 esitetään kummankin laskelmaratkaisun rinnalla kolmen päätösmuuttujan ääriarvojen poikkeamat laskelmaratkaisusta. Taulukosta 3 käy ilmi laskelmaratkaisun kokonaisuutena muuttuminen annettuja pelivaravaatimuksia vastaavaksi: nettotulot ovat pienenneet vaadittuun murto-osaan ensimmäiseen (1) laskelmaan verrattuna; samoin laskelmaratkaisun mukainen koivun tilavuus poikkeaa ääriarjasta  $400 \text{ m}^3$  tai enemmän kaikilla kausilla (paitsi luonnollisesti alkutilassa).

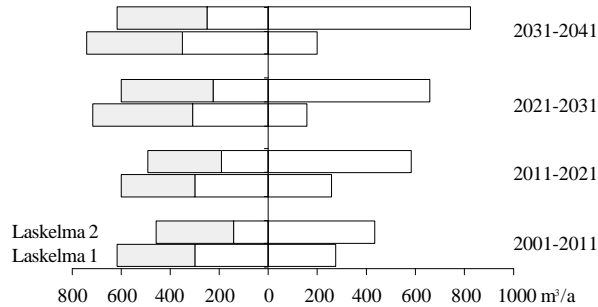
Taulukko 2. Laskelma 1: MELA-optimointitehtävän ratkaisu (suurin kestävä nettotulotaso) ilman poikkeamavaatimuksia. Lähde: Siitonen ym (2004).

	2001	2011	2021	2031	2041
PINTA-ALA, ha	61.6	61.6	61.6	61.6	61.6
TILAVUUS, m <sup>3</sup>	7668.6	7648.9	7539.5	7864.0	8549.2
TIENVARSIHINTA-ARVO, EUR	298626	279277	262761	258877	270411
TUOTTOARVO 4%, EUR	279785	279785	279785	279785	279785
KASVU, m <sup>3</sup> /v	312.4	334.6	390.9	456.3	
KOKONAISSPOISTUMA, m <sup>3</sup> /v	309.0	337.4	346.2	374.3	
BRUTTOTULOT, EUR/v	14263.5	14360.0	14257.8	14522.9	
KUSTANNUKSET, EUR/v	3219.7	3316.2	3214.0	3479.1	
- poikkeama kausittaisesta maksimista NETOTULOT, EUR/v	8279.2 11043.8	7351.8 11043.8	4040.3 11043.8	4329.5 11043.8	
- poikkeama kausittaisesta minimistä	11805.5	9484.4	9508.8	10144.5	
- poikkeama kausittaisesta maksimista HAKKUUKERTYMÄ, m <sup>3</sup> /v	273.1 302.9	261.3 331.7	157.1 340.1	197.5 365.0	
- poikkeama kausittaisesta minimistä	302.9	297.5	310.8	347.5	
- poikkeama kausittaisesta maksimista KOIVUN TILAVUUS, m <sup>3</sup>	0.0 1103.4	537.3 1176.8	411.1 1401.7	771.1 1199.8	616.7 1126.4
- poikkeama kausittaisesta minimistä	0.0	235.8	606.3	163.2	512.1

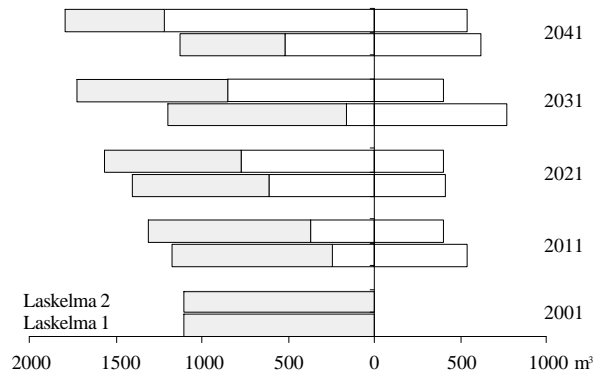
Taulukko 3. Laskelma 2: MELA-optimointitehtävän ratkaisu (suurin kestävä nettotulotaso), jossa on otettu huomioon taulukon 1 mukaiset kaksi kausittaista poikkeamavaatimusta koko laskelmakaudelle. Lähde: Siitonen ym (2004).

	2001	2011	2021	2031	2041
PINTA-ALA, ha	61.6	61.6	61.6	61.6	61.6
TILAVUUS, m <sup>3</sup>	7668.6	9398.5	10970.3	12799.1	14652.9
GROSS VALUE, EUR	298626	365633	434744	513292	591865
TUOTTOARVO 4%, EUR	238319	293997	354463	428738	517463
KASVU, m <sup>3</sup> /v	327.7	375.6	434.5	474.0	
KOKONAISSPOISTUMA, m <sup>3</sup> /v	149.2	209.8	238.3	273.9	
TIENVARSIHINTA-ARVO, EUR	6595.8	8641.6	9959.5	11939.4	
KUSTANNUKSET, EUR/v	1765.0	2006.8	2072.7	2308.6	
- poikkeama kausittaisesta maksimista NETOTULOT, EUR/v	14492.3 4830.8	19904.7 6634.9	23660.2 7886.7	28892.5 9630.8	
- poikkeama kausittaisesta minimistä	5592.5	5969.0	7337.5	8428.4	
- poikkeama kausittaisesta maksimista HAKKUUKERTYMÄ, m <sup>3</sup> /v	431.8 144.1	580.5 204.3	656.7 234.4	829.1 267.7	
- poikkeama kausittaisesta minimistä	144.1	189.7	224.5	246.7	
- poikkeama kausittaisesta maksimista KOIVUN TILAVUUS, m <sup>3</sup>	0.0 1103.4	404.8 1309.3	400.0 1562.8	400.0 1728.4	537.7 1798.7
- poikkeama kausittaisesta minimistä	0.0	368.3	768.5	851.7	1223.2

Päätösmuuttujien ääriarvot voi tulkita ilmaistujen tavoitteiden ohjaamista tulevista käsittelyvalinnoista ja metsien kehityksestä ajassa aukeavan laskelmaratkaisukohtaisen “mahdollisuusväylän” reunoiksi (kuvat 4 ja 5). Poikkeamat ääriarvoista vertautuvat puolestaan ratkaisun väylälle muodostaman *reitin* etäisyyksiin väylän reunoista päätösmuuttujien arvoilla mitattuna. Jokaisen päätösmuuttujalle muodostuu oma ratkaisuväylänsä ja -reittinsä (kuten kuvissa 4 ja 5). Käyttäjän asiana on nimetä kulloinkin raportoitavat päätösmuuttujat ja niiden pelivarat.



Kuva 4. Hakkuukertymän poikkeaman ratkaisusta ajallinen kehitys laskelmaesimerkeissä 1 ja 2. Rasteroinnin selitys on kuvassa 3. Kuvälähde: Siitonen ym (2004).

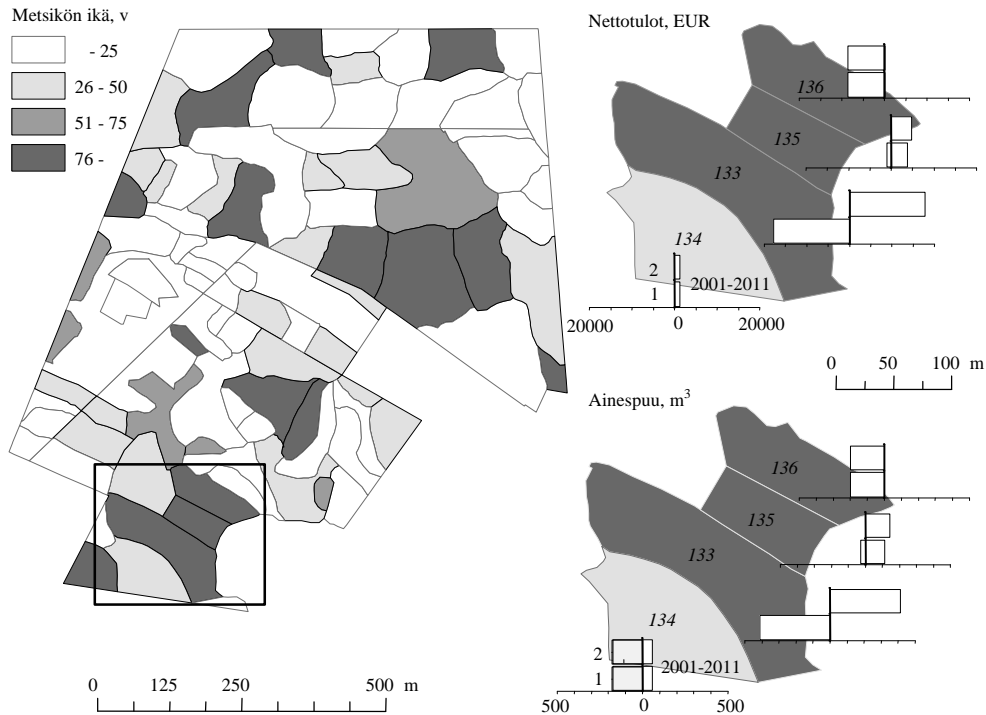


Kuva 5. Koivun tilavuuden poikkeaman ratkaisusta ajallinen kehitys laskelmaesimerkeissä 1 ja 2. Laskelmakauden alussa tilavuuden (kuten tilatietojen yleensä) suhteen ei ole pelivaraa. Rasteroinnin selitys on kuvassa 3. Kuvälähde: Siitonen ym (2004).

Väylä- ja reittivertaus havainnollistaa, kuinka pelivaratiedoin täydennetty MELA-ratkaisu kuvaa (ja paljastaa) sitä vastaavat käyttömahdollisuuksien kriittiset osatekijät ja ajankohdat, joita rakenteeltaan ja käytöltään vaihtelevissa metsissä esiintyy ajan kuluessa.

Kaiken kaikkiaan päätösmuuttujien ääriarvot täydentävät lineaarisella ohjelmoinnilla saatavaa käsitystä päätöstilanteesta iteratiivisen suunnitteluprosessin eri vaiheissa, kuten päätöstilanteeseen perehdyttäessä, tavoitteita asetettaessa sekä laskelmaratkaisua täsmennettäessä, tulkittaessa ja lopuksi arvioitaessa. Esimerkiksi ratkaisun osuessa mahdollisuusväylän reunojen läheisyyteen saattaa olla aihetta kiinnittää huomiota epävarmuustekijöihin tavanomaista enemmän. Raportoinnin ansaitsevat ainakin ilmeiset hyöty- ja epävarmuustekijät (pätösmuuttujilla konkretisoituna)

ja niiden kehitys laskelmaratkaisuissa. Eri ratkaisujen metsikkötulosten karttavertailu puolestaan havainnollistaa poikkeamien synnyn, kuten mitkä hakkuukypsät metsät jäävät käsittelemättä kestävyys- tai muista varautumissyistä (kuva 6).



Kuva 6. Ratkaisun ääriarvosta poikkeamat neljässä metsikössä. Teemakarttaa kuvaa metsiköiden ikäkauman esimerkkilaskelmien alkutilassa. Pikkukartoille lisätyt piirrokset näyttävät laskelmaratkaisujen mukaisten nettotulojen ja hakkuukertymien poikkeamat vastaavista ääriarvoista metsiköissä esimerkkilaskelmien ensimmäisellä kaudella. Määrät ja poikkeamat edustavat metsiköittäisiä kokonaismääriä. Poikkeamapiirrosten selitys on kuvan 3 yhteydessä. Kuvälähde: Siitonen ym (2004).

## Laskelmatehtävien päätöskriteerit ja osuustavoitteet

Päätösmuuttujien ehdolliset ääriarvot ja poikkeamat ääriarvoista käyvät MELA:ssa metsäraporttien lisäksi myös päätöskriteereiksi MELA-optimointitehtävien määrittelyyn, yksi tai useampia kerrallaan tavanomaisten päätösmuuttujien rinnalla (taulukot 1 ja 3). Näin pelivaraukset monipuolistavat yhdellä optimointitehtävällä kuvattavissa olevia tavoiteyhdistelmiä.

Ääriarvo- ja poikkeamamäärittelyillä voi esittää ulkoisia pelivaravaatimuksia optimointitehtävissä, kuten toinen (2) laskelmaesimerkki osoittaa. Optimiratkaisujen ääriarvoista poikkeamien eli varausten ylläpidon käytännöllisiä tulkintoja ovat esimerkiksi vakavaraisuus, maksuvalmius, varorajat sekä tietojen tai omien tavoiteolettamusten epävarmuuksien “pahimmalla” tavalla toteutumiseen varautuminen varmuusvarantoja ylläpitämällä (ja vastaavasti varsinaisista tuotantotavoitteista tinkimällä; varauduttaessa osa tuotantopotentiaalia saattaa jäädä käyttämättä tuotantoon). Etukäteen varautumiseen nähden vaihtoehtoinen (ja päinvastainen, parasta odottava) tapa suhtautua epävarmuuksiin on ottaa riski ja tarvittaessa sopeutua tapahtuneeseen jälkikäteen.

Päätösmuuttujien ehdollisten ääriarvojen ansiosta voi kausittaiset määrätavoitteet ilmaista myös suhteellisesti, osuuksina joko koko käyttömahdollisuudesta tai sen ratkaisuun muuten mukaan tulevasta tai pois jäävästä osasta. Näin saa otteen ennalta määrällisesti tuntemattomiin ja siksi muutoin vaikeasti numeerisiksi konkretisoituihin tavoitteisiin, kun konkreettiset määräluvut saa ratkeamaan laskelmatuloksena. Tällainen tilanne syntyy esimerkiksi jaettaessa samaa koko käyttömahdollisuutta (kuten metsäresurssia ja sen tulevaa kehitystä) useiden eri käyttöjen kesken monitavoitteisissa suunnittelutehtävissä - ja yleensä uudessa päätöstilanteessa tavoitteita metsätaloudelle kaavailtaessa. Tavoitteiden ilmaiseminen suhteellisina (lineaarisen ohjelmoinnin rajoitteina) puolestaan varmistaa usein optimointitehtävän laskennallisen ratkeavuuden.

Mahdollisuus aitojen tavoitteiden ilmaisemiseen on suunnittelun elinehto. Mielestäni asioiden suhteellisina osuuksina ilmaiseminen (kokonaisuuteen nähden) muistuttaa paljon ihmisen tapaa ja ilmeistä kykyä asettaa omia eri tavoitteitaan "arvojärjestykseen". Jos käsitykseni pitää yleisemmin paikkansa, osuusilmauksin saa hyödynnettyä ihmisen suhteellisentajua suunnittelu- ja päätösprosessissa ja sen avulla parannettua koko laskelmatyökalun käytettävyyttä.

### **Varautumisen hinta ja muut laskelmajärjestelyt**

Varautumiseen suuntautuneella metsän käytöllä on vaikutuksensa ja hintansa. Esimerkkilaskelman varautumisrajoitteiden vaikutus käy ilmi (kylläkin tarkoituksella selviä eroja tavoittelevan) laskelmaparin tulosten eroista (taulukot 2 ja 3, kuvat 4 ja 5).

Varautumisvaatimukset pudottavat koko laskelmakauden nettotulot odotetusti noin kolmanneksen muuten vastaavaan, mutta ilman varauksia tehtyyn laskelmaan verrattuna. Samoin koko laskelmakautta ja sen jälkeistä aikaa edustava tuottoarvo laskelmakauden alussa on noin 15 prosenttia pienempi suurinta kestäväää nettotulotasoa vastaavaan metsien käyttövaihtoehtoon verrattuna. Puuvaranto sen sijaan karttuu varautumislaskelmassa yli puolitoistakertaiseksi 40 vuoden laskelmakauden aikana alkutilaan ja sisarlaskelmaan verrattuna. - Todellisissa päätöstilanteissa tehtäisiin luonnollisesti tätä ääriesimerkkiä hienovaraisempia vertailuja tekijä kerrallaan lisäämällä ja tarkasteltaisiin asianomaisille päätöksentekijöille merkityksellisiä (heidän kunkin metsästään tavoittelemia hyötyjä ilmentäviä) tunnuslukuja.

Varautumisen hinnan selvittäminen esimerkkilaskelmaparin erotuksena on puolestaan esimerkki siitä, kuinka päätöstilanteen havainnollistamiseen tai varsinaisen päätösongelman ratkaisemiseen tarvitaan usein useammasta laskelmatehtävästä koostuvia laskelmajärjestelyjä, joiden tulosten yhdistelminä tavoiteltavat päätöstukitiedot vasta syntyvät.

Vielä yleisempi laskelmajärjestely on esimerkiksi tulosvastepintojen konkretisointi monitavoitteista laskelmatehtävää vaihtelevilla tuotantotavoitteilla ratkaisemalla. Pelivaratiedoista saa lisätekijän laskelmajärjestelyihin. Esimerkiksi tuotantopotentiaalinen käyttöaste eri tavoiteyhdistelmiä ja päätöskriteereitä sovellettaessa olisi ilmeinen ja kiinnostava laskelmajärjestelyn tulos aina kun metsän edustamat voimavarat ovat käyttötarpeisiin nähden niukat. Tämän laskelmajärjestelyn ja sen tuloksiin mahdollisesti perustuvat optimointitehtävät jätän kuitenkin vielä konkretisoimatta pitemmälle.

### **Laskelmaprosessin ja -tulosten arviointi**

Ihmistulkitsija kykenee käyttämään laskelmatuloksia hyväksi varsinaisen tulostietotarkoituksen ohella myös laskelmien ja niiden perusteiden arviointiin. Pelivaratiedoista saa lisää arviointiperusteita. Odotetusta poikkeavat ääriarvot ja ennakoimattomat poikkeamat ääriarvoista voivat pal-

jastaa asiantunnevalle tarkastelijalle laskelmaperusteiden virheellisyyksiä, kuten mallien virheitä, käsittelyvaihtoehtojen puuttumisen tai laskelmatehtävän muotoilun epäonnistumisen.

Jos esimerkiksi käsittelyvaihtoehdot eivät kata mahdollisena pidettyä käsittelyvaihtelua, laskelmatulokset ja niiden mukana pelivaratiedot muodostuvat vastaavalla tavalla harhaisiksi. Toisaalta sinänsä käytettävissä olevan mahdollisuuden laskelmassa käyttämättä jääminen saattaa käydä ilmi vasta ratkaisun ääriarvoista poikkeamista, joissa virheet korostuvat poikkeamien erotusalkuperän takia.

Tällaisen käyttäjäkriittisen työskentelytavan tarve ja merkitys korostuvat käytettävissä olevien päätösmuuttujien määrän lisääntyessä ja laskelmamahdollisuuksien monipuolistuessa, jolloin tulosten asianmukaisuuden arviointivastuu siirtyy enenevästi laskelmien tekijöille ja tulosten hyödyntäjille.

### 3.3 Lähiajan kehitystarpeet

Laskelmakehityksen painopiste ja vastuu siirtyy pelivaratietojen laskelmatyökalussa käyttöön saannin jälkeen niiden avulla toteutettavissa laskelmatarkasteluihin, joita muutamia on jo alustettu edellä.

Pelivaratiedot kuvaavat sellaisia metsätalouden harjoittajien todellisia tavoitteita, joita ei ole näihin asti ottanut käteväällä tavalla huomioon esimerkiksi MELA:a käytettäessä. Laskelmien päätöskriteeristön näin täydentyminen haastaa ensi vaiheessa laskelmatyökalun soveltajat laskelmatehtävien uudistamiseen ja laskelmajärjestelyjen kehittämiseen käyttäjien päätöskriteereitä tältä osin täsmällisemmin vastaaviksi. Käyttäjien ja metsätalouden harjoittajien haasteena on puolestaan omaksua uudet käsitteet, tiedot ja niiden soveltamismahdollisuudet omassa päätöksenteossa ja metsätaloustoiminnassaan hyödynnettäviksi.

Suunnittelulaskelmien yhtenä tarkoituksena on metsien tuotanto- ja käyttömahdollisuuksien parempi ymmärtäminen ja sen avulla metsätaloustuotannon ennakoitavuus ja ohjattavuus. Nähtäväksi jää, oikeuttaako laskelmaratkaisujen aseman täsmentyminen mahdollisen rajoissa ja sen avulla ohjaus uusien pelivaratietojen elinkelpoisuuden.

## 4 Päätelmät

Pelivaratiedot ovat nyt käytettävissä MELA:ssa. Pelivaratietojen käyttöön saanti koko päätösmuuttujajoukolla laajentaa merkittävästi sekä alueellisten että metsälötason metsälaskelmien päätöskriteeristöä. Konkreettisen laskennallisen pelivarakäsitteistön tulo laskelmatarkastelun piiriin johdattelee itse asiassa uudenlaisen ilmaisuvoiman ja runsauden äärelle tarkasteltaessa tulevaisuuteen varautumisen kaltaisia metsätalouden arkikysymyksiä suunnittelussa ja päätöksenteossa.

Ensinnäkin pelivaratiedot soveltuvat sellaisenaan tuotantomahdollisuuksien asemaa ja varsinkin niiden kriittisiä osatekijöitä mahdollisen rajoissa havainnollistaviksi tulostiedoiksi. Samoin ne käyvät varaustyyppisiä tavoitteita kuvaaviksi kriteereiksi optimointitehtäviin metsätaloudelle asetettävien suorien määrällisten tuotantotavoitteiden rinnalle. Osuuksina ehdollisten ääriarvojen rajaamasta koko käyttömahdollisuudesta saa optimointitehtävien päätöskriteereiksi määrällisesti muuten vaikeasti konkretisoituvia tavoitteita. Pelivaramuuttujat näyttävät soveltuvan myös kuvaamaan tulevaisuuden epävarmuuksien toteutumiseen varautumista seurauksineen suunnittelulaskelmissa metsän muiden käyttömuotojen rinnalla. Lisäksi pelivaratiedot täydentävät laskelmajärjestelyjä ja laskelmien arviointiperusteita.

Näin pelivaratiedoista saa MELA:ssa uutta tietoperustaa sekä entistä monipuolisempaan jossitte- luun että laskelmatulosten arviointiin metsien käyttöä ja hoitoa koskevan harkinnan ja päätöksenteon tukena. Ensi vaiheessa pelivaratietojen rooli vaikuttaa painottuvan päätöstilanteen ja laskel- maprosessin eri tavoin pitemmälle konkretisointiin ja valaisemiseen, kuten metsätaloustuotan- non ohjattavuuden parantamiseen, tavoitteiden asettamisen tukemiseen ja metsälaskelmien koko päätöstilanteesta antaman mielikuvan täsmentämiseen. Esimerkiksi sopii varautumisen mitoitta- minen tarkoituksia vastaavaksi seuraushyötyjä ja -haittoja painottamalla. Metsälaskelmien tieto- sisällön täydentymisen sopisi rohkaista tavoittelemaan myös aiempia vaativammilla laskelmajär- jestelyillä saavutettavia tulostietoja.

Pelivaratarkastelujen omaksuminen lähestymistavaksi sekä tuotantomahdollisuuksien ehdollisia ääriarvoja havainnollistavan tiedon hyödyntäminen monitavoitteisessa päätöksenteossa on yhtai- kaa haaste ja mahdollisuus laskelmien tekijöille samoin kuin metsätalouden harjoittajille - omak- suminen vaatii kuitenkin ponnistelua ja vie epäilemättä aikansa. Omatoimisesta laskelmatehtävi- en muotoilusta ja tulosten arvioinnista on vaikea selviätä ilman koko metsätalouden perusteiden sisällöllistä osaamista. Laskelmatyökalun tekijä voi antaa vain alustavia käytön suuntaviivoja.

Tässä kaavaillut esimerkit tuskin kattavat pelivaratiedon koko tulevaa sovelluskirjoa metsälas- kelmia edelleen kehitettäessä ja paremmin käyttämään opittaessa. Rohkenen uskoa, että vaikka ennen on tultu toimeen hyvin ilman metsätalouden pelivaratietoja, niin käytön omaksumisen jäl- keen sitä on vaikea enää käsittää.

Metlan DemoMELA-palveluun on laadittu artikkelin täydennykseksi harjoitustehtäviä, jotka va- laisevat MELA:n pelivaratietojen muodostumista ja käyttöä metsälaskelmissa ([www.metla.fi/metinfo/mela/index.htm](http://www.metla.fi/metinfo/mela/index.htm) ->DEMOMELA).

## Kirjallisuus

- Lappi, J. 1992. JLP: A linear programming package for management planning. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 414. 134 s.
- Nuutinen, T., Hirvelä, H., Salminen, O. 2005. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumah- dollisuusarviot vuosille 2003-2032 Lapin metsäkeskuksen alueella. Metsätieteen aikakauskirja 2B/ 2005:289-305.
- Redsven, V., Anola-Pukkila, A., Haara, A., Hirvelä, H., Härkönen, K., Kettunen, L., Kiiskinen, A., Kärkkäi- nen, L., Lempinen, R., Muinonen, E., Nuutinen, T., Salminen, O ja Siitonen, M. 2005. MELA2005 Reference Manual. The Finnish Forest Research Institute. 621 p.
- Siitonen, M. 1993. Experiences in the use of forest management planning models. *Silva Fennica* 27(2):167- 178.
- , Härkönen, K., Hirvelä, H., Jämsä, J., Kilpeläinen, H., Salminen, O. & Teuri, M. 1996. MELA Hand- book - 1996 Edition. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 622. 455 s.
- , Lempinen, R., Nuutinen, T. & Redsven, V. 2004. Forest level margins based on potential variation of stand management in integrated stand and forest level optimisation. Manuscript, Finnish Forest Rese- arch Institute. Submitted to *Journal of Forest Science*.

# Biomassamallit ja niiden käyttö

L. Kärkkäinen & K. Härkönen

## 1 Johdanto

Biomassamalleja tarvitaan mm. puuston hiilensitomisen ja energiapuun määrän arvioimiseen. Puuston sitoman hiilen määrä voidaan laskea tietyinä osuutena biomassasta (Karjalainen ym. 1994, Nurmi 1997). Biomassalaskelmat ovat myös lähtökohtana arvioitaessa puun eri osien sisältämien ravinteiden määrää.

Tietoa metsien hiilensitomisesta tarvitaan määrittäessä kansallista ilmastopoliittikkaa (Sievänen 2000). Metsätilastollisessa vuosikirjassa (2004) on esitetty arvioita puuston hiilivarastoista ja puuston hiilensitominen on otettu huomioon kansallisissa (Maa- ja metsätalousministeriö 1999) ja alueellisissa metsäohjelmissa (esim. Lounais-Suomen metsäkeskus 2001). Metsien hiilitase on otettu Suomessa myös yhdeksi kestävänsä metsätalouden indikaattoriksi (Mikkela ym. 2000). Tulevaisuudessa puuston sitoman hiilen määrän arvioinnin tulisi olla osa ympäristövaikutusten arviointia. Puuston sitoman hiilikapasiteetin myyminen voisi olla puutavaran myynnin vaihtoehto (Hildén ym. 1999).

Tulevaisuudessa puuston hiilensitomisen lisäksi myös potentiaalista energiapuun määrä ja energiaksi käytettävän hakkutähteen määrä voitaisiin kuvata metsätilastoissa. Esimerkiksi hakkutähteen määrän arvioita voidaan käyttää määrittäessä esim. yksittäisen voimalaitoksen (Asikainen ym. 2001) tai kotitalouden käytettävissä olevan raaka-aineen määrää. Biomassa-arvioita tarvitaan myös määrittäessä mm. ravinteiden vapautumista hakkutähteistä.

Suomessa arviot puuston hiilen sitomisesta ja energiapuun määristä ovat yleisesti perustuneet metsikkötason laskelmiin, joissa runkotilavuus on muunnettu koko puun tai puun eri osien biomassaksi kertoimien avulla (esim. Kauppi ym. 1995, Marttila ym. 2000). Tilavuuden muuttamiseksi hiileksi on tarvittu omat kertoimensa. Joissakin tutkimuksissa energiapuun varoja on arvioitu myös puutason biomassamalleilla (esim. Hynynen 2001, Malinen ym. 2001), jolloin laskelmissa on voitu ottaa huomioon metsiköiden sisäinen vaihtelu puuston rakenteessa. Tähän asti laajamittaisessa käytössä ei kuitenkaan ole ollut metsäsuunnittelujärjestelmää, jonka avulla olisi voitu tuottaa pitkän aikavälin ennusteita puuston biomassan kehityksestä aluetasolla.

Tässä työssä kuvataan MELA2005-versioon liitetyt biomassamallit, niiden toteutus MELA2005-ohjelmistossa sekä arvioidaan mallien soveltuvuutta erilaisiin käyttötarkoituksiin. DemoMELA:lla tehdyn esimerkkilaskelman avulla havainnollistetaan biomassamallien soveltamista MELA2005-ohjelmistossa.



## 2 MELA2005-versioon liitetyt biomassamallit

MELA2005-ohjelmistoon liitettiin Marklundin (1988) puutason biomassamallit, joiden avulla voidaan arvioida männyn, kuusen ja koivun eri osien kuivamassaa. Mallien valinta perustui Kärkkäisen (2005) tutkimukseen. Kärkkäisen (2005) vertailut Marklundin (1988) mallien ja Suomessa laadittujen Hakkilan (1979, 1991) mallien välillä osoittivat, että ruotsalaisesta aineistosta laadittuja Marklundin (1988) malleja voidaan käyttää myös Suomessa. Marklundin (1988) mallien etuna esimerkiksi Hakkilan (1979, 1991) malleihin verrattuna on, että Marklundin (1988) mallit on laadittu samasta aineistosta kaikille puun osille ohuimpia juuria, koivun kantoa ja juuria sekä koivun lehtiä lukuun ottamatta. Lisäksi Marklundin (1988) malleja voidaan soveltaa puille, joiden läpimitta vaihtelee laajalla asteikolla. Malleilla voidaan laskea biomassoja pituudeltaan yli 1,3 metrisille puille. Marklundin (1988) mukaan mallit tuottavat loogisia tuloksia 100 cm:n rinnankorkeusläpimittaan asti.

Marklundin (1988) kannon biomassaa kuvaavat mallit on laadittu kannoille, joiden korkeus maanpinnasta on 1 % puun pituudesta. Alle 5 cm juurimalleissa ei ole huomioitu kaikkia juuria, koska mallien laadinta-aineistoon ei oltu saatu kaikkia juuria noston yhteydessä. Eläviä oksia kuvaavat mallit käsittävät puutuneet oksat, jotka ovat pidempiä kuin 10 cm. Kuolleiden oksien biomassamallit on laadittu ainoastaan puista, joissa on ollut kuolleita oksia.

Suurimmassa osassa MELA2005-versioon liitetyistä Marklundin (1988) biomassamalleista ovat selittävinä muuttujina puun rinnankorkeusläpimitta ja pituus (Taulukko 1). Poikkeuksina ovat kuitenkin koivun eläville oksille laadittu malli sekä männyn ja kuusen kannoille ja juurille laadittu mallit, joissa selittävinä muuttujana on ainoastaan rinnankorkeusläpimitta.

Marklundilla (1988) ei ole koivun lehtien biomassamalleja, joten MELA2005-versiossa koivun lehtien biomassa lasketaan männyn neulasten biomassamalleilla. Myös koivun kannon ja juurten biomassa lasketaan männyn malleilla. Alle 1,3 metristen puiden biomassa saadaan laskemalla ensin 1,3 m pituisen puun biomassa ja kertomalla tämä suhteella  $h/1,3$ , missä  $h$  on puun todellinen pituus metreinä. Marklundin (1988) suositusten mukaan läpimitaltaan alle 5 cm:lle juurille laadittuja malleja käytetään rinnankorkeusläpimitaltaan alle 10 cm:lle puille. Kyseistä läpimittaa suurempien puiden biomassa lasketaan alle 5 cm:n läpimittaisille juurille ja tätä läpimittaa suuremmille juurille laadittujen mallien summana.

Taulukko 1. MELA2005-versioon liitetyt Marklundin (1988) biomassamallit. d = rinnankorkeusläpimitta (cm), h = puun pituus (m).

Rungon osa	Malli
<b>Mänty</b>	
<i>Kuorellinen runko</i>	
Runkopuu	$\exp(7,6066*(d/(d+14))+0,02*h+0,8658*\ln(h)-2,6864)$
Rungon kuori	$\exp(7,2482*(d/(d+16))+0,4487*\ln(h)-3,2765)$
<i>Latvus</i>	
Elävät oksat neulasineen	$\exp(13,3955*(d/(d+10))-1,1955*\ln(h)-2,5413)$
Kuolleet oksat	$\exp(7,1270*(d/(d+10))-0,0465*h+1,1060*\ln(h)-5,8926)$
<i>Kanto ja juuret</i>	
Kanto	$\exp(11,0481*(d/(d+15))-3,9657)$
Juuret (d < 10 cm)	$\exp(8,8795*(d/(d+10))-3,8375)$
Juuret (d ≥ 10 cm)	$\exp(13,2902*(d/(d+9))-6,3413)+\exp(8,8795*(d/(d+10))-3,8375)$
<b>Kuusi</b>	
<i>Kuorellinen runko</i>	
Runkopuu	$\exp(7,2309*(d/(d+14))+0,0355*h+0,703*\ln(h)-2,3032)$
Rungon kuori	$\exp(8,3089*(d/(d+15))+0,0147*h+0,2295*\ln(h)-3,402)$
<i>Latvus</i>	
Elävät oksat neulasineen	$\exp(10,9708*(d/(d+13))-0,0124*h-0,4923*\ln(h)-1,2063)$
Kuolleet oksat	$\exp(3,6518*(d/(d+18))+0,0493*h+1,0129*\ln(h)-4,6351)$
<i>Kanto ja juuret</i>	
Kanto	$\exp(10,6686*(d/(d+17))-3,3645)$
Juuret (d < 10 cm)	$\exp(7,6283*(d/(d+12))-2,5706)$
Juuret (d ≥ 10 cm)	$\exp(13,3703*(d/(d+8))-6,3851)+\exp(7,6283*(d/(d+12))-2,5706)$
<b>Koivu</b>	
<i>Kuorellinen runko</i>	
Runkopuu	$\exp(8,1184*(d/(d+11))+0,9783*\ln(h)-3,3045)$
Rungon kuori	$\exp(8,3019*(d/(d+14))+0,7433*\ln(h)-4,0778)$
<i>Latvus</i>	
Elävät oksat ilman lehtiä	$\exp(10,2806*(d/(d+10))-3,3633)$
Lehdet	$\exp(12,1095*(d/(d+7))+0,0413*h-1,565*\ln(h)-3,4781)$
Kuolleet oksat	$\exp(11,2872*(d/(d+30))-0,3081*h+2,6821*\ln(h)-6,6237)$
<i>Kanto ja juuret</i>	
Kanto	$\exp(11,0481*(d/(d+15))-3,9657)$
Juuret (d < 10 cm)	$\exp(8,8795*(d/(d+10))-3,8375)$
Juuret (d ≥ 10 cm)	$\exp(13,2902*(d/(d+9))-6,3413)+\exp(8,8795*(d/(d+10))-3,8375)$

### 3 Biomassamallien soveltaminen MELA2005-versiossa

MELA2005-ohjelmistossa käytettävissä olevat biomassamuuttujat ovat taulukossa 1 luetelluista malleista yhdistettyjä muuttujia. Biomassatietoja kerätään seuraaville ositteille:

1. Rungon biomassa - sisältää rungon puuaineen ja kuoren biomassat
2. Latvuksen biomassa - sisältää elävien oksien, kuolleiden oksien sekä neulasten/lehvästön biomassat.
3. Kannon ja juurten biomassa.

Biomassatietoja kerätään elävästä puustosta, luonnonpoistumasta, ainespuun hakkuukertymästä, hakkuupoistumasta sekä hakkuutähteestä. Kaikki massat ilmoitetaan tonneina kuivapainoa.

Biomassatiedot saadaan käyttöön parametrioijatulla päätösmuuttujien keruulla eli METSARAPORTTI - parametrin avulla (Redsven ym. 2005, s. 167). Parametrin avulla käyttäjä kutsuu haluamiaan kerättävissä olevia muuttujia talletettavaksi vaihtoehtotiedostoon ja tulostettavaksi summätiedostoihin. MELA2005-versiossa käytettävissä olevat biomassamuuttujat on esitelty taulukossa 2 ja niille sallitut luokittelumuuttujat taulukossa 3 (Redsven ym. 2005, s. 413). Esimerkki METSARAPORTTI - parametrin avulla tapahtuvasta biomassojen keruusta on liitteessä 1.

Taulukko 2. MELA2005- ohjelmistossa käytettävissä olevat biomassamuuttujat.

Muuttujan nimi	Sallitut luokittelumuuttujat	Selite
Elävän puuston biomassassa, tonnia		
BMst	EV,s,SO,ST,FM	Rungon biomassassa
BMsr	EV,s,SO,ST,FM	Kannon ja juurten biomassassa
BMcr	EV,s,SO,ST,FM	Latvuksen biomassassa
Luonnonpoistuman biomassassa, tonnia		
MBst	EV,s,SO,ST,FM	Runko
MBsr	EV,s,SO,ST,FM	Kanto ja juuret
MBcr	EV,s,SO,ST,FM	Latvus
Ainespuun hakkuukertymän biomassassa, tonnia:		
RCBsw	EV,s,SO,ST,FM	Puuaine
RCBsb	EV,s,SO,ST,FM	Kuori
Hakkuupoistuman biomassassa, tonnia:		
RBst	EV,s,SO,ST,FM	Runko
RBsr	EV,s,SO,ST,FM	Kanto ja juuret
RBcr	EV,s,SO,ST,FM	Latvus
Hakkuutähteen biomassassa, tonnia:		
RBRst	EV,s,SO,ST,FM	Runko
RBRsr	EV,s,SO,ST,FM	Kanto ja juuret
RBRcr	EV,s,SO,ST,FM	Latvus

Taulukko 3. Biomassojen keruussa käytettävissä olevat luokittelumuuttujat.

Luokittelumuuttuja	Selite
EV	Tapahtumanumero käyttäjän antamista tapahtumamäärittelyistä (Redsven ym. 2005, s. 121).
s	Puulajikoodi (RSD-tietueen puumuuttuja (2)) (Redsven ym. 2005, s. 561).
SO	Maaluokka (RSD-tietueen metsikkömuuttuja (12)), (Redsven ym. 2005, s. 559).
ST	Kasvupaikkatyyppi (RSD-tietueen metsikkömuuttuja (13)) (Redsven ym. 2005, s. 559).
FM	Käsittelyluokka (RSD-tietueen metsikkömuuttuja (30)) (Redsven ym. 2005, s. 561)

Mahdollisen energiapuun korjuun kertymiä arvioitaessa ei ole olemassa valmiita muuttujia kertymien laskemiseen. Kertymiä voidaan estimoida käyttäen hakkuupoistuman biomassaa ja saantokertoimia eri biomassaositteille ja/tai korjuutavoille. Liitteessä 1 (taulu 3, harvennushakkuiden latvusmassakertymän laskenta) on esimerkki latvusmassakertymien laskennasta harvennushak-

kuissa, kun oletetaan, että talteen saadaan 60 % latvusten massasta. Jos biomassaa lasketaan korjattavan talteen, kertymää vastaava vähennys täytyy tehdä hakkutähteen biomassoihin. Jos biomassaa ei korjata, hakkupoistuman biomassa ja hakkutähteen biomassa ovat samat latvukselle sekä kannoille ja juurille.

Biomassaan sisältyvän hiilen määrää ja virtoja on myöskin mahdollista laskea muuntokerrointen avulla. Liitteessä 1 (taulu 2, kuorellisen runkopuun hiilen laskenta) on esimerkki elävän puuston kuorelliseen runkopuuhun sisältyvän hiilen laskemisesta muuntokertoimien avulla (esim. Karjalainen ym. 1994).

## 4 Esimerkilaskelma

Esimerkilaskelma on tehty DemoMELA-aineistolla ja -parametreilla. (<http://www.metla.fi/metinfo/mela/index.htm> ->DEMOMELA). Aineistona oli projekti K38-69, jolle simuloitiin 'normaalin' metsänkäsittelyn mukaiset vaihtoehdot (NORMAALI.PAR). Päätösmuuttujien keruussa käytettiin biomassojen keruun sisältäviä tietopyyntöjä (SUMMARY\_BIOMASSA.PAR, liite 1). Simuloiduille vaihtoehdoille haettiin optimoinnilla 'suurin kestävä' metsien käsittely (S4.MDL, liite 3).

Esimerkilaskelman tulokset on esitelty liitteessä 2. Eri METSARAPORTTI-parametrin avulla tehtyjen tietopyyntöjen tulokset ovat tauluittain (Taulu1 - Taulu 4).

Taulussa 1 on perinteisiin msd-muuttujiin perustuvan ratkaisun perustiedot. Taulussa 2 on elävän puuston ja luonnonpoistuman kuivamassat ositteineen sekä esimerkki hiilen laskennasta muuntokertoimien avulla. Taulussa 3 on ainespuukertymät kuutioina ja kuivamassoina, hakkupoistuma kuutioina ja kuivamassoina sekä esimerkki harvennushakkuiden biomassakertymien laskennasta saantokertoimien avulla. Taulussa 4 on hakkutähde kuutioina ja kuivamassoina.

## 5 Biomassamallien soveltuvuus eri käyttötarkoituksiin

MELA2005-ohjelmistoon liitettyjen Marklundin (1988) mallien antamia tuloksia ei voitu verrata mitattuihin tuloksiin, koska käytettävissä ei ollut edustavaa testiaineistoa. Kärkkäisen (2005) mukaan Marklundin mallit tuottavat loogisia tuloksia puuston maanpäällisten osien kokonaisbiomassalle. Parhaiten mallit toimivat hoidetuissa mäntyvaltaisissa metsissä. Kun tarkasteltiin yksittäisiä puunosia, mallit olivat käyttökelpoisimpia runkopuun ja rungon kuoren biomassan arviointiin. Tutkimuksen mukaan runkopuun ja rungon kuoren biomassaa kuvaavat mallit tuottivat oikeansuuntaisia tuloksia erilaisilla kasvupaikoilla ja eri osissa Suomea kasvaville puille. Sen sijaan Marklundin (1988) latvuksen eri osille laatimat biomassamallit eivät kykene ottamaan huomioon esimerkiksi kasvupaikan tai sijainnin vaikutusta puuston biomassaan. Näin ollen nämä mallit tuottavat epäluotettavampi tuloksia sellaisilla metsäalueilla, joilla aineisto on voimakkaasti painottunut karuille tai reheville kasvupaikoille. Esimerkiksi Etelä- tai Pohjois-Suomen alueelle lasketut arviot ovat myös epäluotettavampi kuin koko maata koskevat arviot. Kannon ja juurten biomassaa kuvaavat mallit eivät ota huomioon kasvuolosuhteiden vaihtelua. Näiden mallien antamia tuloksia ei ole voitu verrata muiden vastaavien mallien antamiin tuloksiin, joten kantojen ja juurten biomassan laskentaan liittyy suurta epävarmuutta.

Marklundin (1988) biomassamallit soveltuvat paremmin puuston maanpäällisten osien sitoman kokonaishiilen kuin energiapuun määrän arvioimiseen. Tämä johtuu siitä, että suurin osa puuston

maanpäällisestä kokonaisbiomassasta koostuu runkopuusta, jolle Marklundin (1988) mallit tuottavat realistisia tuloksia. Sen sijaan energiapuu koostuu suurimmaksi osaksi elävistä oksista, joille mallit tuottavat epäluotettavampia tuloksia kuin runkopuulle.

MELA2005-ohjelmistoon liitetyillä biomassamalleilla voidaan tehdä suuntaa-antavia laskelmia elävän puuston sitoman hiilen ja energiapuun määrästä. Tarkempia laskelmia varten tarvittaisiin tietoa mm. biomassan jakautumisesta puun pituussuunnassa ja kuolleiden puiden lahoamisnopeudesta.

Sovellustilanteissa on otettava huomioon, että MELA2005-ohjelmiston biomassamallit eivät ole täysin yhteensopivia ohjelmiston tilavuusmallien kanssa, minkä vuoksi biomass- ja tilavuusmallit saattavat tuottaa epäloogisia tuloksia suhteessa toisiinsa. Tämä johtuu suureksi osaksi siitä, että mallit on laadittu erilaisista aineistoista. Lisäksi biomassamallien antamiin tuloksiin aiheuttaa pientä virhettä muun muassa se, että eri puunosien biomass on laskettu pienempiä puunosia kuvaavien mallien antamien tulosten summana (esim. Parresol 1999).

## Kirjallisuus

- Asikainen, A., Ranta, T., Laitila, J. ja Hämäläinen, J. 2001. Hakkuutähdehakkeen kustannustekijät ja suuri-mittakaavainen hankinta. Tiedonantoja 131. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. 107 s.
- Hakkila, P. 1979. Wood density survey and dry weight tables for pine, spruce and birch stems in Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 96.3. 59 s.
- 1991. Hakkuupoistuman latvusmassa. *Folia Forestalia* 773. 24 s.
- Hildén, M., Kuuluvainen, J., Ollikainen, M., Pelkonen, P. ja Primmer, E. 1999. Kansallisen metsäohjelman ympäristövaikutusten arviointi. Asiantuntijaryhmän loppuraporttiteksti 17.9.1999. Maa- ja metsätalousministeriö. 76 s.
- Hynynen, J. 2001. Energiapuutarat. Julkaisussa: Nurmi, J. ja Kokko, A. Biomassan tehostetun talteenoton seurannaisvaikutukset metsässä. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 816: 9-16.
- Karjalainen, T., Kellomäki, S. ja Pussinen, A. 1994. Role of wood-based products in absorbing atmospheric carbon. *Silva Fennica* 28(2): 67-80.
- Kauppi, P., Tomppo, E. ja Ferm, A. 1995. C and N storage in living trees within Finland since 1950s. *Plant and Soil* 168-169: 633-638.
- Kärkkäinen, L. 2005. Evaluation of performance of tree-level biomass models for forestry modeling and analyses. Väitöskirja. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 940. 123 s.
- Lounais-Suomen metsäkeskus. 2001. Lounais-Suomen metsäohjelma 2001-2005. 103 s.
- Maa- ja metsätalousministeriö. 1999. Kansallinen metsäohjelma 2010. MMM:n julkaisuja 2/1999. 38 s.
- Malinen, J., Pesonen, M., Määttä, T. ja Kajanus, M. 2001. Potential harvest for wood fuels (energy wood) from logging residues and first thinnings in Southern Finland. *Biomass and Bioenergy* 20: 189-196.
- Marklund, L. G. 1988. Biomassafunktioner för tall, gran och björk i Sverige. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogstaxering. Rapport 45. 73 s.
- Marttila, V., Granholm, H., Heikinheimo, P., Hyvärinen, E., Joutsamo, E., Karjalainen, T., Kauppi, P., Kortelainen, P., Mäkipää, R., Nuutinen, T., Nyrhinen, T., Pingoud, K., Raivio, S., Esala, M. ja Tomppo, E. 2000. Metsät ilmastopöytäkirjassa ja Kioton pöytäkirjassa. MMM:n julkaisuja 1/2000. 88 s.
- Metsätalastollinen vuosikirja 2004. SVT. Maa-, metsä- ja kalatalous 2004:45. *Metsäntutkimuslaitos*. 413 s.
- Mikkilä, H., Sampo, S. ja Kaipainen, J. (toim.). 2000. Suomen metsätalouden tila 2000. Kestävän metsätalouden kriteerit ja indikaattorit. MMM:n julkaisuja 5/2000. 104 s.
- Nurmi, J. 1997. Heating values of mature trees. *Acta Forestalia Fennica* 256. 28 s.
- Parresol, B.R. 1999. Assessing tree and stand biomass: a review with examples and critical comparisons. *Forest Science* 45(4): 573-593.
- 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. 2005. MELA2005 Reference Manual. The Finnish Forest Research Institute. 621 s.
- Sievänen, R. 2000. Kansallisen ilmasto-ohjelman metsätoimialan taustaselvitys. Maa- ja metsätalousministeriön tilaama muistio. *Metsäntutkimuslaitos*. 32 s.

**Liite 1.** Esimerkki METSARAPORTTI- parametrin avulla tapahtuvasta biomassojen keruusta.

```

*-METSARAPORTTI
FOREST_REPORT
#/TRAILING_NAME 1
#/FIELD_DELIMITER ` ; `
#Taulu 1
#=
#>
#=
#<
#-
# METSÄMAAN ALA, ha                x537
#/
# KOKONAISTILAVUUS, m3            x700
# . Mänty                          x684
# . Kuusi                          x688
# . Koivu                          x692
# . Muu lehtipuu                  x696
#/
# . Tukki                          x697
# . Kuitu                          x698
#-
# Puuston tienvarsiarvo, EUR      x800
# NETTOTULOJEN NYKYARVO 1%        x801
# NETTOTULOJEN NYKYARVO 2%        x802
# NETTOTULOJEN NYKYARVO 3%        x803
# NETTOTULOJEN NYKYARVO 4%        x804
# NETTOTULOJEN NYKYARVO 5%        x805
#-
#<
#-
# KASVU, m3/a                     x090
# . Mänty                          x086
# . Kuusi                          x087
# . Koivu                          x088
# . Muu lehtipuu                  x089
#/
# KOKONAIPOISTUMA, m3/a          x350
# . Luonnonpoistuma                x365
# . Hakkuupoistuma                x340
#-
# HAKKUUKERTYMÄ, m3/a            x195
# . Siemenpuuhakkuut              x270
# . Harvennukset                   x260
# . Uudistushakkuut               x265
#/
# . Mänty                          x183
# . Kuusi                          x186
# . Koivu                          x189
# . Muu lehtipuu                  x192
#/
# . Tukki                          x193
# . Kuitu                          x194
#-
# HAKKUUALA YHT. ha/a             x007
# . Harvennukset                   x001
# . Avohakkuut                     x002
# . Ylispuiden poistot             x004
# . Siemenpuuhakkuut              x005
# . Suojuspuuhakkuut              x006
#/
# UUDISTUSALA, ha/a               x035
# . Viljely                         x015
# . Luontainen uudistaminen        x030
#/
# TAIMIKONHOITOALA, ha/a         x008
#-
# BRUTTOTULOT, EUR/a              x499
# KUSTANNUKSET, EUR/a             x474
# NETTOTULOT, EUR/a               x370
#=
#/

```

```

FOREST_REPORT
#/TRAILING_NAME 1
#/FIELD_DELIMITER ` ; `
#Taulu 2, puuston massa, luonnonpoistuman massa, runkopuun hiili
#=
#>
#=
#<
#-
#Elävän puuston kuivamassa, tonnia
# Rungon massa, t          BMst
# . Mänty                  BMst[s=1]
# . Kuusi                  BMst[s=2]
# . Koivu                  BMst[s=3,4]
# . Muu lehtipuu          BMst[s>4]
#/
# Kannon + juurten massa, t      BMsr
# . Mänty                  BMsr[s=1]
# . Kuusi                  BMsr[s=2]
# . Koivu                  BMsr[s=3,4]
# . Muu lehtipuu          BMsr[s>4]
#/
# Latvuksen massa, t           BMcr
# . Mänty                  BMcr[s=1]
# . Kuusi                  BMcr[s=2]
# . Koivu                  BMcr[s=3,4]
# . Muu lehtipuu          BMcr[s>4]
#/
# Puun kokonaismassa, t        BMst+BMsr+BMcr
# . Mänty                  BMst[s=1]+BMsr[s=1]+BMcr[s=1]
# . Kuusi                  BMst[s=2]+BMsr[s=2]+BMcr[s=2]
# . Koivu                  BMst[s=3,4]+BMsr[s=3,4]+BMcr[s=3,4]
# . muut                   BMst[s>4]+BMsr[s>4]+BMcr[s>4]
#/
#Kuorellisen runkopuun hiilen laskenta (tonnia)
# . Mänty                  0.519*BMst[s=1]
# . Kuusi                  0.519*BMst[s=2]
# . Koivu                  0.505*BMst[s=3,4]
# . Muu lehtipuu          0.505*BMst[s>4]
#/
#Luonnonpoistuman kuivamassa, tonnia
# Runko, lp-massa, t          MBst
# . Mänty                  MBst[s=1]
# . Kuusi                  MBst[s=2]
# . Koivu                  MBst[s=3,4]
# . Muu lehtipuu          MBst[s>4]
#/
# Kanto+juuret, lp-massa, t    MBsr
# . Mänty                  MBsr[s=1]
# . Kuusi                  MBsr[s=2]
# . Koivu                  MBsr[s=3,4]
# . Muu lehtipuu          MBsr[s>4]
#/
# Koko latvus, lp-massa, t     MBcr
# . Mänty                  MBcr[s=1]
# . Kuusi                  MBcr[s=2]
# . Koivu                  MBcr[s=3,4]
# . Muu lehtipuu          MBcr[s>4]
#=
#/

```



```

FOREST_REPORT
#/TRAILING_NAME 1
#/FIELD_DELIMITER ` ; `
#Taulu 3, kertymän ja poistuman massa
#=
#>
#=
#<
#-
#/
# HAKKUUKERTYMÄ, m3/a                x195
# . Tukki                            x193
# . Kuitu                             x194
#/
#Ainespuukertymän kuivamassa, tonnia
# Hakkuukertymä, puuainetta t      RCBsw
# . Mänty                             RCBsw[s=1]
# . Kuusi                             RCBsw[s=2]
# . Koivu                             RCBsw[s=3,4]
# . Muu lehtipuu                     RCBsw[s>4]
#/
# Hakkuukertymä, kuorta t          RCBsb
# . Mänty                             RCBsb[s=1]
# . Kuusi                             RCBsb[s=2]
# . Koivu                             RCBsb[s=3,4]
# . Muu lehtipuu                     RCBsb[s>4]
#/
# Hakkuukertymä, yhteensa t        RCBsw+RCBsb
# . Mänty                             RCBsw[s=1]+RCBsb[s=1]
# . Kuusi                             RCBsw[s=2]+RCBsb[s=2]
# . Koivu                             RCBsw[s=3,4]+RCBsb[s=3,4]
# . Muu lehtipuu                     RCBsw[s>4]+RCBsb[s>4]
#/
# HAKKUPOISTUMA, m3/ha              x340
#/
#Hakkuupoistuman kuivamassa, tonnia
# Koko rungon hakkuupoistuma, t    RBst
# . Mänty                             RBst[s=1]
# . Kuusi                             RBst[s=2]
# . Koivu                             RBst[s=3,4]
# . Muu lehtipuu                     RBst[s>4]
#/
# Kanto+juuret, hakkuupoistuma, t  RBSr
# . Mänty                             RBSr[s=1]
# . Kuusi                             RBSr[s=2]
# . Koivu                             RBSr[s=3,4]
# . Muu lehtipuu                     RBSr[s>4]
#/
# Koko latvus, hakkuupoistuma, t    RBcr
# . Mänty                             RBcr[s=1]
# . Kuusi                             RBcr[s=2]
# . Koivu                             RBcr[s=3,4]
# . Muu lehtipuu                     RBcr[s>4]
#/
# Koko puu, hakkuupoistuma, t       RBst+RBSr+RBcr
# . Mänty                             RBst[s=1]+RBSr[s=1]+RBcr[s=1]
# . Kuusi                             RBst[s=2]+RBSr[s=2]+RBcr[s=2]
# . Koivu                             RBst[s=3,4]+RBSr[s=3,4]+RBcr[s=3,4]
# . muut                              RBst[s>4]+RBSr[s>4]+RBcr[s>4]
#/
#Harvennushakkuiden latvumassakertymän laskenta (tonnia)
# Koko latvus, kertymä, t           0.6*RBcr[EV=10,20]
# . Mänty                           0.6*RBcr[s=1][EV=10,20]
# . Kuusi                           0.6*RBcr[s=2][EV=10,20]
# . Koivu                           0.6*RBcr[s=3,4][EV=10,20]
# . Muu lehtipuu                   0.6*RBcr[s>4][EV=10,20]
#=

```

```
FOREST_REPORT
#/TRAILING_NAME 1
#/FIELD_DELIMITER ` ; `
#Taulu 4, hakkuutähteen massa
#=
#>
#=
#<
#/
#-
#/
# HAKKUUTÄHDE, m3/a                x335
# . Mänty                          x331
# . Kuusi                          x332
# . Koivu                          x333
# . Muu lehtipuu                   x334
#/
#Hakkuutähteen kuivamassa, tonnia
# Rungon hakkuutähde, t            RRBst
# . Mänty                          RRBst[s=1]
# . Kuusi                          RRBst[s=2]
# . Koivu                          RRBst[s=3,4]
# . Muu lehtipuu                   RRBst[s>4]
#/
# Kanto+juuret, hakkuutähde, t    RRBsr
# . Mänty                          RRBsr[s=1]
# . Kuusi                          RRBsr[s=2]
# . Koivu                          RRBsr[s=3,4]
# . Muu lehtipuu                   RRBsr[s>4]
#/
# Latvus, hakkuutähde, t          RRBcr
# . Mänty                          RRBcr[s=1]
# . Kuusi                          RRBcr[s=2]
# . Koivu                          RRBcr[s=3,4]
# . Muu lehtipuu                   RRBcr[s>4]
#/
# Koko puun hakkuutähde, t        RRBst+RRBsr+RRBcr
# . Mänty                          RRBst[s=1]+RRBsr[s=1]+RRBcr[s=1]
# . Kuusi                          RRBst[s=2]+RRBsr[s=2]+RRBcr[s=2]
# . Koivu                          RRBst[s=3,4]+RRBsr[s=3,4]+RRBcr[s=3,4]
# . muut                          RRBst[s>4]+RRBsr[s>4]+RRBcr[s>4]
#/
```

**Liite 2. Esimerkkilaskelman tulokset.**

**Taulu 1**

```

=====
K38-69 - S4-MAXIMUM SUSTAINED YIELD-NPV 4% - all:
=> ** LOG_VOLUME_REDUCTION **
=====

```

		2004	2014	2024	2034	2044	2054	
METSÄMAAN ALA, ha		50.4	50.4	50.4	50.4	50.4	50.4	- x537
KOKONAISTILAVUUS, m3		8694.8	8677.5	8551.1	8652.0	8792.8	8490.6	- x700
. Mänty		1710.2	1541.9	1182.7	1498.6	2074.3	2729.0	- x684
. Kuusi		5361.7	5516.6	5880.3	5858.9	5291.1	4182.5	- x688
. Koivu		1553.5	1551.2	1434.7	1233.5	1359.6	1505.7	- x692
. Muu lehtipuu		69.5	67.8	53.4	61.0	67.8	73.5	- x696
. Tukki		5657.8	5755.8	5451.4	4903.2	4284.7	3711.1	- x697
. Kuitu		2758.2	2475.3	2741.7	3392.9	4123.9	4382.3	- x698
Puuston tienvarsiarvo, EUR		357985	364044	361812	354361	342426	304666	- x800
NETTOTULOJEN NYKYARVO 1%		898783	911443	913461	915690	918153	901257	- x801
NETTOTULOJEN NYKYARVO 2%		446582	458899	461344	464323	467956	451777	- x802
NETTOTULOJEN NYKYARVO 3%		300136	313603	318502	325086	333935	324190	- x803
NETTOTULOJEN NYKYARVO 4%		225009	238870	245536	255404	270010	268924	- x804
NETTOTULOJEN NYKYARVO 5%		178379	191746	198990	210788	230007	237492	- x805
		2004	2014	2024	2034	2044	2054	
KASVU, m3/a		237.8	233.2	250.0	256.6	265.0		- x090
. Mänty		39.6	45.7	75.9	95.4	119.4		- x086
. Kuusi		149.3	146.5	141.8	132.1	116.3		- x087
. Koivu		47.3	39.9	31.4	28.2	28.4		- x088
. Muu lehtipuu		1.5	1.1	0.9	0.9	0.9		- x089
KOKONAISPOISTUMA, m3/a		239.5	245.9	239.9	242.6	295.2		- x350
. Luonnonpoistuma		13.7	13.4	13.8	18.3	27.8		- x365
. Hakkuupoistuma		225.8	232.4	226.1	224.3	267.4		- x340
HAKKUUKERTYMÄ, m3/a		221.5	221.5	221.5	221.5	265.2		- x195
. Siemenpuuhakkuut		0.0	64.8	15.0	3.5	8.1		- x270
. Harvennukset		87.7	100.2	30.6	58.1	69.0		- x260
. Uudistushakkuut		133.9	56.5	176.0	159.9	188.0		- x265
. Mänty		55.8	79.9	42.8	32.8	43.9		- x183
. Kuusi		129.3	104.6	137.8	181.9	216.6		- x186
. Koivu		34.9	34.5	40.9	6.8	4.6		- x189
. Muu lehtipuu		1.6	2.5	0.0	0.0	0.0		- x192
. Tukki		165.3	172.9	176.7	177.6	207.5		- x193
. Kuitu		56.3	48.7	44.9	44.0	57.7		- x194
HAKKUUALA YHT. ha/a		2.0	2.2	1.4	1.3	1.7		- x007
. Harvennukset		1.2	1.2	0.5	0.7	1.0		- x001
. Avohakkuut		0.2	0.2	0.6	0.5	0.6		- x002
. Ylispuiden poistot		0.0	0.6	0.2	0.0	0.1		- x004
. Siemenpuuhakkuut		0.6	0.2	0.0	0.1	0.0		- x005
. Suojuspuuhakkuut		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		- x006
UUDISTUSALA, ha/a		0.9	0.3	0.7	0.6	0.6		- x035
. Viljely		0.2	0.2	0.6	0.5	0.6		- x015
. Luontainen uudistaminen		0.6	0.2	0.0	0.1	0.0		- x030
TAIMIKONHOITOALA, ha/a		0.5	1.1	0.4	0.2	0.1		- x008
BRUTTOTULOT, EUR/a		9785.9	10752.9	11047.5	10850.9	13137.0		- x499
KUSTANNUKSET, EUR/a		2043.5	1872.0	2166.6	1970.0	2389.7		- x474
NETTOTULOT, EUR/a		7742.4	8880.9	8880.9	8880.9	10747.3		- x370

**Taulu 2**, puuston massa, luonnonpoistuman massa, runkopuun hiili

```

=====
K38-69 - S4-MAXIMUM SUSTAINED YIELD-NPV 4% - all:
=> ** LOG_VOLUME_REDUCTION **
=====
;      2004 ;      2014 ;      2024 ;      2034 ;      2044 ;      2054
-----
Elävän puuston kuivamassa, tonnia
Rungon massa, t ; 3662.8 ; 3660.5 ; 3609.8 ; 3626.2 ; 3684.6 ; 3556.7 ; - BMst
. Mänty ; 667.4 ; 602.1 ; 467.0 ; 587.7 ; 815.1 ; 1077.4 ; - BMst[s=1]
. Kuusi ; 2151.4 ; 2223.3 ; 2379.2 ; 2373.5 ; 2140.4 ; 1676.3 ; - BMst[s=2]
. Koivu ; 809.3 ; 802.2 ; 738.8 ; 637.4 ; 698.9 ; 770.9 ; - BMst[s=3,4]
. Muu lehtipuu ; 34.7 ; 32.9 ; 24.7 ; 27.7 ; 30.2 ; 32.1 ; - BMst[s>4]

Kannon + juurten massa, t ; 1356.8 ; 1305.3 ; 1242.3 ; 1263.5 ; 1287.0 ; 1226.7 ; - BMsr
. Mänty ; 247.6 ; 216.3 ; 155.2 ; 198.3 ; 281.9 ; 362.4 ; - BMsr[s=1]
. Kuusi ; 887.9 ; 882.8 ; 910.1 ; 917.3 ; 844.4 ; 688.0 ; - BMsr[s=2]
. Koivu ; 211.4 ; 196.8 ; 169.7 ; 139.7 ; 152.0 ; 166.9 ; - BMsr[s=3,4]
. Muu lehtipuu ; 9.9 ; 9.4 ; 7.4 ; 8.1 ; 8.8 ; 9.3 ; - BMsr[s>4]

Latvuksen massa, t ; 1413.7 ; 1394.5 ; 1375.2 ; 1390.6 ; 1402.7 ; 1351.7 ; - BMcr
. Mänty ; 165.7 ; 145.0 ; 120.1 ; 178.3 ; 241.7 ; 311.7 ; - BMcr[s=1]
. Kuusi ; 989.0 ; 1005.9 ; 1051.3 ; 1043.3 ; 979.3 ; 840.4 ; - BMcr[s=2]
. Koivu ; 249.1 ; 234.6 ; 197.2 ; 161.7 ; 174.1 ; 191.0 ; - BMcr[s=3,4]
. Muu lehtipuu ; 9.8 ; 9.0 ; 6.6 ; 7.3 ; 7.7 ; 8.6 ; - BMcr[s>4]

Puun kokonaisuudessa, t ; 6433.3 ; 6360.4 ; 6227.3 ; 6280.3 ; 6374.3 ; 6135.1 ; - BMst+BMsr+BMcr
. Mänty ; 1080.7 ; 963.5 ; 742.3 ; 964.3 ; 1338.6 ; 1751.5 ; - BMst[s=1]+BMsr[s=1]+BMcr[s=1]
. Kuusi ; 4028.3 ; 4112.0 ; 4340.6 ; 4334.1 ; 3964.0 ; 3204.7 ; - BMst[s=2]+BMsr[s=2]+BMcr[s=2]
. Koivu ; 1269.8 ; 1233.5 ; 1105.7 ; 938.9 ; 1025.0 ; 1128.8 ; - BMst[s=3,4]+BMsr[s=3,4]+BMcr[s=3,4]
. muut ; 54.4 ; 51.3 ; 38.7 ; 43.1 ; 46.6 ; 50.0 ; - BMst[s>4]+BMsr[s>4]+BMcr[s>4]

Kuorellisen runkopuun hiilen laskenta (tonnia)
. Mänty ; 346.4 ; 312.5 ; 242.4 ; 305.0 ; 423.0 ; 559.1 ; - 0.519*BMst[s=1]
. Kuusi ; 1116.6 ; 1153.9 ; 1234.8 ; 1231.8 ; 1110.9 ; 870.0 ; - 0.519*BMst[s=2]
. Koivu ; 408.7 ; 405.1 ; 373.1 ; 321.9 ; 353.0 ; 389.3 ; - 0.505*BMst[s=3,4]
. Muu lehtipuu ; 17.5 ; 16.6 ; 12.5 ; 14.0 ; 15.3 ; 16.2 ; - 0.505*BMst[s>4]

Luonnonpoistuman kuivamassa, tonnia
Runko, lp-massa, t ; 8.8 ; 8.0 ; 7.6 ; 9.2 ; 13.8 ; ; - MBst
. Mänty ; 0.2 ; 0.5 ; 0.7 ; 2.0 ; 4.4 ; ; - MBst[s=1]
. Kuusi ; 1.8 ; 1.2 ; 1.7 ; 2.8 ; 4.3 ; ; - MBst[s=2]
. Koivu ; 6.7 ; 6.3 ; 5.2 ; 4.4 ; 5.0 ; ; - MBst[s=3,4]
. Muu lehtipuu ; 0.0 ; 0.0 ; 0.1 ; 0.1 ; 0.1 ; ; - MBst[s>4]

Kanto+juuret, lp-massa, t ; 2.6 ; 2.1 ; 2.0 ; 3.1 ; 5.1 ; ; - MBsr
. Mänty ; 0.1 ; 0.2 ; 0.2 ; 0.6 ; 1.4 ; ; - MBsr[s=1]
. Kuusi ; 0.8 ; 0.5 ; 0.6 ; 1.5 ; 2.3 ; ; - MBsr[s=2]
. Koivu ; 1.7 ; 1.5 ; 1.2 ; 1.1 ; 1.2 ; ; - MBsr[s=3,4]
. Muu lehtipuu ; 0.0 ; 0.0 ; 0.0 ; 0.0 ; 0.0 ; ; - MBsr[s>4]

Koko latvus, lp-massa, t ; 5.4 ; 3.8 ; 3.0 ; 4.5 ; 7.4 ; ; - MBcr
. Mänty ; 0.1 ; 0.2 ; 0.3 ; 0.8 ; 1.8 ; ; - MBcr[s=1]
. Kuusi ; 2.1 ; 1.3 ; 1.1 ; 2.4 ; 4.0 ; ; - MBcr[s=2]
. Koivu ; 3.2 ; 2.3 ; 1.6 ; 1.3 ; 1.6 ; ; - MBcr[s=3,4]
. Muu lehtipuu ; 0.0 ; 0.0 ; 0.0 ; 0.0 ; 0.0 ; ; - MBcr[s>4]
=====

```

**Taulu 3, kertymän ja poistuman massa**

K38-69 - S4-MAXIMUM SUSTAINED YIELD-NPV 4% - all:

=> \*\* LOG\_VOLUME\_REDUCTION \*\*

	2004	2014	2024	2034	2044	2054	
HAKKUUKERTYMÄ, m3/a	221.5	221.5	221.5	221.5	265.2		- x195
. Tukki	165.3	172.9	176.7	177.6	207.5		- x193
. Kuitu	56.3	48.7	44.9	44.0	57.7		- x194
Ainespuukertymän kuivamassa, tonnia							
Hakkuukertymä, puuainetta t	84.2	84.1	85.1	84.2	100.7		- RCBsw
. Mänty	20.9	29.2	15.9	12.5	16.3		- RCBsw[s=1]
. Kuusi	47.2	38.6	51.5	68.6	82.4		- RCBsw[s=2]
. Koivu	15.4	15.2	17.7	3.1	2.0		- RCBsw[s=3,4]
. Muu lehtipuu	0.7	1.1	0.0	0.0	0.0		- RCBsw[s>4]
Hakkuukertymä, kuorta t	8.6	8.2	8.6	7.3	8.5		- RCBsb
. Mänty	1.4	1.9	1.1	0.9	1.3		- RCBsb[s=1]
. Kuusi	4.5	3.6	4.6	5.9	6.9		- RCBsb[s=2]
. Koivu	2.6	2.5	2.9	0.5	0.3		- RCBsb[s=3,4]
. Muu lehtipuu	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0		- RCBsb[s>4]
Hakkuukertymä, yhteensä t	92.8	92.3	93.7	91.5	109.2		- RCBsw+RCBsb
. Mänty	22.3	31.1	17.0	13.4	17.6		- RCBsw[s=1]+RCBsb[s=1]
. Kuusi	51.7	42.1	56.0	74.5	89.3		- RCBsw[s=2]+RCBsb[s=2]
. Koivu	18.0	17.8	20.6	3.6	2.3		- RCBsw[s=3,4]+RCBsb[s=3,4]
. Muu lehtipuu	0.8	1.3	0.0	0.0	0.0		- RCBsw[s>4]+RCBsb[s>4]
HAKKUPOISTUMA, m3/ha	225.8	232.4	226.1	224.3	267.4		- x340
Hakkuupoistuman kuivamassa, tonnia							
Koko rungon hakkuupoistuma, t	95.0	97.5	95.9	92.7	110.1		- RBst
. Mänty	22.4	31.5	17.1	13.9	18.0		- RBst[s=1]
. Kuusi	52.3	43.6	57.2	74.9	89.8		- RBst[s=2]
. Koivu	19.3	21.2	21.6	4.0	2.4		- RBst[s=3,4]
. Muu lehtipuu	0.9	1.3	0.0	0.0	0.0		- RBst[s>4]
Kanto+juuret, hakkuupoistuma, t	35.5	34.5	33.4	32.7	38.1		- RBsr
. Mänty	7.8	11.3	5.9	4.4	5.9		- RBsr[s=1]
. Kuusi	21.9	17.5	22.2	27.5	31.7		- RBsr[s=2]
. Koivu	5.5	5.4	5.3	0.8	0.5		- RBsr[s=3,4]
. Muu lehtipuu	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0		- RBsr[s>4]
Koko latvus, hakkuupoistuma, t	34.5	33.4	33.0	30.3	34.7		- RBcr
. Mänty	4.6	6.7	3.4	2.8	4.1		- RBcr[s=1]
. Kuusi	23.4	19.9	23.6	26.5	30.0		- RBcr[s=2]
. Koivu	6.2	6.5	6.0	1.0	0.5		- RBcr[s=3,4]
. Muu lehtipuu	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0		- RBcr[s>4]
Koko puu, hakkuupoistuma, t	164.9	165.5	162.3	155.6	182.9		- RBst+RBsr+RBcr
. Mänty	34.9	49.5	26.4	21.0	28.1		- RBst[s=1]+RBsr[s=1]+RBcr[s=1]
. Kuusi	97.7	81.0	102.9	128.9	151.5		- RBst[s=2]+RBsr[s=2]+RBcr[s=2]
. Koivu	31.0	33.1	32.9	5.7	3.4		- RBst[s=3,4]+RBsr[s=3,4]+RBcr[s=3,4]
. muut	1.3	1.9	0.0	0.0	0.0		- RBst[s>4]+RBsr[s>4]+RBcr[s>4]
Harvennushakkuiden latvumassakertymän laskenta (tonnia)							
Koko latvus, kertymä, t	7.9	10.6	3.9	4.9	5.6		- 0.6*RBcr[EV=10,20]
. Mänty	0.7	0.8	0.5	0.9	2.2		- 0.6*RBcr[s=1][EV=10,20]
. Kuusi	4.5	6.3	1.7	3.4	3.1		- 0.6*RBcr[s=2][EV=10,20]
. Koivu	2.5	3.3	1.6	0.6	0.3		- 0.6*RBcr[s=3,4][EV=10,20]
. Muu lehtipuu	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0		- 0.6*RBcr[s>4][EV=10,20]

Taulu 4, hakkuutähteen massa

K38-69 - S4-MAXIMUM SUSTAINED YIELD-NPV 4% - all:

=> \*\* LOG\_VOLUME\_REDUCTION \*\*

	;	2004 ;	2014 ;	2024 ;	2034 ;	2044 ;	2054
-----							
HAKKUUTÄHDE, m3/a	;	4.3 ;	10.9 ;	4.6 ;	2.7 ;	2.2	;
. Mänty	;	0.3 ;	0.8 ;	0.3 ;	1.1 ;	0.9	;
. Kuusi	;	1.5 ;	3.4 ;	2.5 ;	1.0 ;	1.2	;
. Koivu	;	2.4 ;	6.7 ;	1.8 ;	0.6 ;	0.1	;
. Muu lehtipuu	;	0.0 ;	0.0 ;	0.0 ;	0.0 ;	0.0	;
-----							
Hakkuutähteen kuivamassa, tonnia							
Rungon hakkuutähde, t	;	2.1 ;	5.2 ;	2.2 ;	1.2 ;	0.9	;
. Mänty	;	0.2 ;	0.4 ;	0.1 ;	0.4 ;	0.4	;
. Kuusi	;	0.7 ;	1.4 ;	1.2 ;	0.4 ;	0.5	;
. Koivu	;	1.3 ;	3.4 ;	1.0 ;	0.3 ;	0.0	;
. Muu lehtipuu	;	0.0 ;	0.0 ;	0.0 ;	0.0 ;	0.0	;
Kanto+juuret, hakkuutähde, t	;	35.5 ;	34.5 ;	33.4 ;	32.7 ;	38.1	;
. Mänty	;	7.8 ;	11.3 ;	5.9 ;	4.4 ;	5.9	;
. Kuusi	;	21.9 ;	17.5 ;	22.2 ;	27.5 ;	31.7	;
. Koivu	;	5.5 ;	5.4 ;	5.3 ;	0.8 ;	0.5	;
. Muu lehtipuu	;	0.2 ;	0.3 ;	0.0 ;	0.0 ;	0.0	;
Latvus, hakkuutähde, t	;	34.5 ;	33.4 ;	33.0 ;	30.3 ;	34.7	;
. Mänty	;	4.6 ;	6.7 ;	3.4 ;	2.8 ;	4.1	;
. Kuusi	;	23.4 ;	19.9 ;	23.6 ;	26.5 ;	30.0	;
. Koivu	;	6.2 ;	6.5 ;	6.0 ;	1.0 ;	0.5	;
. Muu lehtipuu	;	0.2 ;	0.3 ;	0.0 ;	0.0 ;	0.0	;
Koko puun hakkuutähde, t	;	72.1 ;	73.2 ;	68.6 ;	64.1 ;	73.7	;
. Mänty	;	12.6 ;	18.3 ;	9.4 ;	7.6 ;	10.4	;
. Kuusi	;	46.0 ;	38.8 ;	46.9 ;	54.4 ;	62.2	;
. Koivu	;	13.0 ;	15.3 ;	12.3 ;	2.1 ;	1.0	;
. muut	;	0.5 ;	0.7 ;	0.0 ;	0.0 ;	0.0	;

### Liite 3. Optimointitehtävän määrittely

\* S4.MDL \*

\* MAXIMUM SUSTAINED YIELD

xvar x0804,x4804,x0537>  
,x0700,x1700,x2700,x3700,x4700>  
,x0697,x1697,x2697,x3697,x4697>  
,x1090,x2090,x3090,x4090>  
,x1195,x2195,x3195,x4195>  
,x1193,x2193,x3193,x4193>  
,x1370,x2370,x3370,x4370>  
,x0800,x4800  
\*,hk\_1=RC[EV>0][s>0]..1,hk\_2=RC[EV>0][s>0]..2>  
\*,hk\_3=RC[EV>0][s>0]..3,hk\_4=RC[EV>0][s>0]..4

prob S4 - MAXIMUM SUSTAINED YIELD - NPV 4%

\* maximize net present value using 4 % interest rate  
x0804 max

\* non-declining cutting removals  
x2195-x1195>0  
x3195-x2195>0  
x4195-x3195>0

\* non-declining saw timber removals compared with first sub-period  
x2193-x1193>0  
x3193-x1193>0  
x4193-x1193>0

\* non-declining net revenues  
x2370-x1370>0  
x3370-x2370>0  
x4370-x3370>0

\* 20 % higher net present value at the end of calculation period  
\* is assumed here to guarantee the sustainable yield level  
\* after the calculation period  
x4804-1.2\*x0804>0  
/

# Tienvarsihintaiset vs. kantohintaiset päätös- muuttajat

O. Salminen

## 1 Johdanto

Metsänomistaja voi myydä puunsa puumarkkinoilla joko pystykaupalla tai toimituskaupalla. Pystykaupassa puusta - tai paremminkin sen hakkuuoikeudesta metsänomistajan saamaa korvausta kutsutaan kantohinnaksi. Pystykaupassa puunkorjuun (hakkuun ja lähikuljetuksen) tekee ostaja. Pystykauppojen osuus yksityismetsien hakkuumäärästä on ollut viime vuosina (2000-2004) Suomessa keskimäärin noin 80 prosenttia (Metinfo 2005). Toimituskaupassa puunmyyjä vastaa myös puunkorjuusta ja puusta maksettu hinta on tienvarsihintaa, joka siis sisältää myös korvauksen puunkorjuusta. Tienvarsihinnan käytännön vastine on hankintahinta, jonka sisältämä puunmyyjän puunkorjuusta saama korvaus (hankintalisä) määräytyy osittain muilla perusteilla kuin todellisilla korjuukustannuksilla. Tässä raportissa käytetään historiallisista syistä tienvarsihintatermiä, vaikka käytännössä MELA-laskelmissa sovelletaan yleensä tilastoituja hankintahintoja.

MELA-ohjelmistossa taloudellisten päätösmuuttujien (kuten nettotuottojen nykyarvon) hinnoittelu on perustunut pääosin tienvarsihintoihin. Ohjelmisto kehitettiin alun perin valtakunnallisia suuraluelaskelmia varten, jolloin katsottiin esim. Kilkin (1968) kokemusten perusteella, että tienvarsihintoihin perustuvat laskelmat ottavat paremmin huomioon koko metsätalouden. MELA2005-versioon on uutena piirteenä lisätty mahdollisuus käyttää myös kantohintaperusteisia päätösmuuttujia. Tässä raportissa käydään lyhyesti läpi kanto- ja tienvarsihintaisen laskelmien perusteita ja vertaillaan niiden perusteella laskettuja ratkaisuja kolmen suuralueen keskiarvoina.

## 2 Tienvarsihintaiset ja kantohintaperusteiset muuttajat

Taulukossa 1 on esitetty keskeisimmät MELA2005-ohjelmiston kanto- ja tienvarsihintaiset muuttajat. Uudet muuttajat on muodostettu MELA-ohjelmiston ns. keruumuuttujina. Poikkeuksena on nettotuottojen nykyarvo kantohinnoin, josta on vain MSD-muuttajat (951-955) ja sen laskennassa tarvittavat apumuuttajat 956-960. Nämä muuttajat vastaavat tienvarsihintaisia MSD-muuttajia 801-805 ja 806-810. Käytännössä taloudelliset muuttajat kannattaa määrittää simuloinnin MSD\_MUUTTUJAT- ja METSARAPORTTI-parametreissa sekä kanto- että tienvarsihinnoin, jolloin ne ovat molemmat käytettävissä sekä optimoinnin tavoitteina ja rajoitteina että tarvittaessa myös tulostettavissa.

Yksinkertaisimmillaan taloudelliset tunnuksot ovat arvokomponentilla (hinnalla) kerrottuja määrämuuttujia. Tällöin muuttujien käyttötarkoitus ratkaisee, sovelletaanko kanto- vai tienvarsihinnoittelua. Merkittäväksi taloudellisten muuttujien vaikutus tulee, kun muuttujia käytetään optimointitehtävässä, etenkin sen tavoitefunktiossa. Taloudellisissa analyyseissä rajallisten resurssien vallitessa rationaalisesti toimiva metsänomistaja pyrkii maksimoimaan metsästä saatavan nettohyödyn, ts. tienvarsi- tai kantohintaiset nettotulot.



Taulukko 1. Keskeisimmät MELA2005-ohjelmiston tienvarsi- ja kantohintaperusteiset päätösmuuttajat

	Tienvarsihintaperusteinen		Kantohintaperusteinen	
	MSD-muuttuja	keruumuuttuja	MSD-muuttuja	keruumuuttuja
Puuston arvo	796-800	P	846-850	PS
Nettoarvokasvu	446-450	IP	-	IPS
Luonnonpoistuman arvo	-	PMR	-	PSMR
Bruttotulot	499	U	500	US
Hakkuutulot	499	UC	500	UCS
Nettotulot	370	NU	-	NUS
Kausittain summatut nettotulot	819	laskettavissa	820	laskettavissa
Kokonaistuotto	817	laskettavissa	-	laskettavissa
Kausittainen kokonaistuotto	823	laskettavissa	-	laskettavissa
Tuottoarvo (nettotulojen nykyarvo)	801-805	-	951-956	-
Diskontatut kausittaiset nettotulot	806-810	-	956-960	-

Tienvarsihintaiset nettotulot saadaan vähentämällä hakkuutulosta korjuun ja metsänhoidon kustannukset. MELA-ohjelmistossa (MELA99 ja uudemmat versiot) kustannukset lasketaan kunkin työläjän ajanmenekin ja yksikköhinnan tulona. Ajanmenekit perustuvat työtutkimuksiin (Kuitto ym. 1994, Rummukainen ym. 1995). Näin otetaan huomioon esim. poistettavien runkojen koon ja hehtaariohtaisen hakkuukertymän tai sijainnin aiheuttamat erot nettotuloihin. Tienvarsihintainen lähestymistapa mahdollistaa MELA-ohjelmistossa hakkuiden osalta endogeenisen eli tehtävästä ratkeavan metsänkäsittelyn.

Täydellisen kilpailun olosuhteissa kantohinnan määräytymisen jäännöseräteorian mukaan kantohinnan ja tienvarsihinnan erotus on korjuukustannuksen suuruinen. Tällöin tienvarsihintainen nettotuottojen maksimointitehtävä optimoi myös kantohintaiset tuotot. Käytännössä kuitenkin kanto- ja tienvarsihintoihin sekä korjuukustannuksiin vaikuttavat ostajan hinnoittelupreferenssit ja -mahdollisuudet sekä puunkorjaajan kilpailukyky (Vaara 1998), jolloin yhtälö 'tienvarsihintakorjuukustannus = kantohinta' ei ole enää voimassa. Kantohintoihin perustuvan tarkastelun ongelmana on, että periaatteessa kaikki korjattava puu on samanhintaista korjuuolosuhteista riippumatta. Toisaalta voidaan todeta, että pystykaupalla puita myyvää metsänomistajaa ei sinänsä kiinnosta korjuun optimointi. Käytännössä kantohintoihin perustuvissa MELA-tarkasteluissa korjuuolosuhteet joudutaan ottamaan huomioon asettamalla toimenpiteille parametrien avulla toteutumisasiirajat, jotta esim. liian pieniä, useasti toistuvia harvennuksia ei simuloida ja valita optimiratkaisuun.

Puuston käsittelyvaihtoehtojen seuraukset voivat poiketa sekä ajallisesti että määrällisesti, joten eri ajankohtiin sattuvat tulo- ja menotapahtumat on yhteismitallistettava, olipa kyseessä kanto- tai tienvarsihintainen tarkastelu. Taloudellisissa tarkasteluissa tämä tapahtuu laskentakorkoa käyttäen, joka määrätty päätöksentekijän subjektiivisen aikapreferenssin, investoinnille asetun tuotto vaatimuksen sekä vaihtoehtoisista sijoituksista saatavan tuoton perusteella (esim. Honko 1973). Metsätaloudessa yleisesti hyväksytty (Samuelson 1976) kriteeri on nettotuottojen nykyarvo (MELA-ohjelmistossa MSD-muuttajat 801-805 ja 951-955).

## 3 Kanto- ja tienvarsihintaisen laskelmien tuloksia

### 3.1 Laskentaperusteet

MELA2005-ohjelmistolla laskettiin suurimman kestävän hakkuukertymän (SK) mukainen (ks. esim. Nuutinen ym. 2005) ratkaisu käyttäen sekä kanto- että hankintahintoja. Metsien käsittely perustui Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion metsänkäsittelysuositukseen (Hyvän metsänhoidon suositukset 2001). Hakkuuvaihtoehtoina olivat runkolukuun (ensiharvennus) ja pohjapinta-alaan perustuvat harvennukset, avo-, siemenpuu- ja suojuspuuhakkuut sekä ylispuiden poisto. Laskelmissa sallittuja metsänkäsittelyjä olivat hakkuiden lisäksi säästöpuiden jättäminen uudistusaloille, metsänuudistamiseen liittyvä raivaus, maanpinnan käsittely ja viljely sekä taimikonhoito. Lisäksi lepovaliointeja simuloitiin kaikille toimenpiteille, ellei toimenpide ollut pakollinen kuten esim. taimikonhoito. Laskenta-aika oli 50 vuotta.

Pohjapinta-alaan perustuva harvennus simuloitiin käyttäen vain metsänkäsittelysuositusten mukaista alarajaohjetta, jolloin harvennusajankohta ja -voimakkuus ratkesivat optimoinnissa. Uudistushakkuiden läpimitta- ja kiertoaikaohjeisiin sallittiin kymmenen prosentin aikaistus. Simuloinnissa hakkuut toteutettiin kymmenvuotiskausten puolivälissä. Hakkuutulot hinnoiteltiin käyttäen taulukon 2 mukaisia kanto- ja tienvarsihintoja. Tukkipuun hintoja korjattiin MELA2005-ohjelmiston sisältämällä järeysskorjauskertoimilla.

Taulukko 2. Laskelmissa käytetyt kanto- ja tienvarsihinnot, €/m<sup>3</sup>

	Mänty	Tukki Kuusi	Lehtipuu	Mänty	Kuitu Kuusi	Lehtipuu
Tienvarsihintainen	49,45	43,55	48,55	26,30	31,85	27,70
Kantohinta	47,80	41,35	46,20	15,35	22,55	15,30
"Hankintalisä"	1,65	2,20	2,35	10,95	9,30	12,40

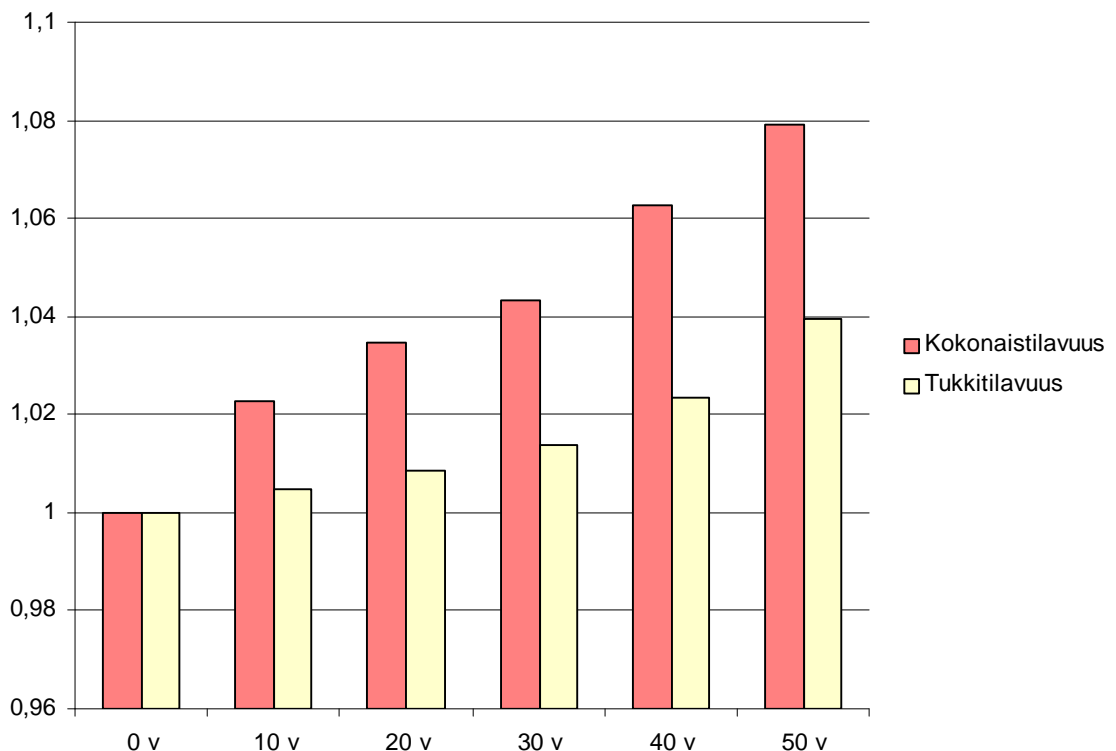
### 3.2 Tulokset

Tienvarsihintaiset nettotulot jäivät sekä kanto- että hankintahintaisia nettotuloja maksimoivissa SK-tehtävissä keskimäärin noin 2-2,5 euroa pienemmiksi kuutiometriä kohden kuin kantohintaiset. Laskennallinen hankintalisä (taulukko 2) ei siis kattanut korjuukustannuksia (taulukko 3) eli hankintakaupalla puuta myyvä ja pystykaupalla puuta ostava toimivat epärationaalisesti. Tässä on tosin muistettava, että laskelmissa käytetyt tukin ja kuidun kanto- ja hankintahinnat sekä korjuutyön yksikköhinnat olivat tilastoituja keskiarvoja toteutuneista hakkuista ja laskelmissa simuloitujen hakkuut eivät kohdistu samoihin tai edes välttämättä keskimäärin samanlaisiin puustoihin kuin toteutuneissa hakkuissa. Niinpä em. johtopäätökset toimijoiden rationaalisuudesta ovat yksinkertaistavia.

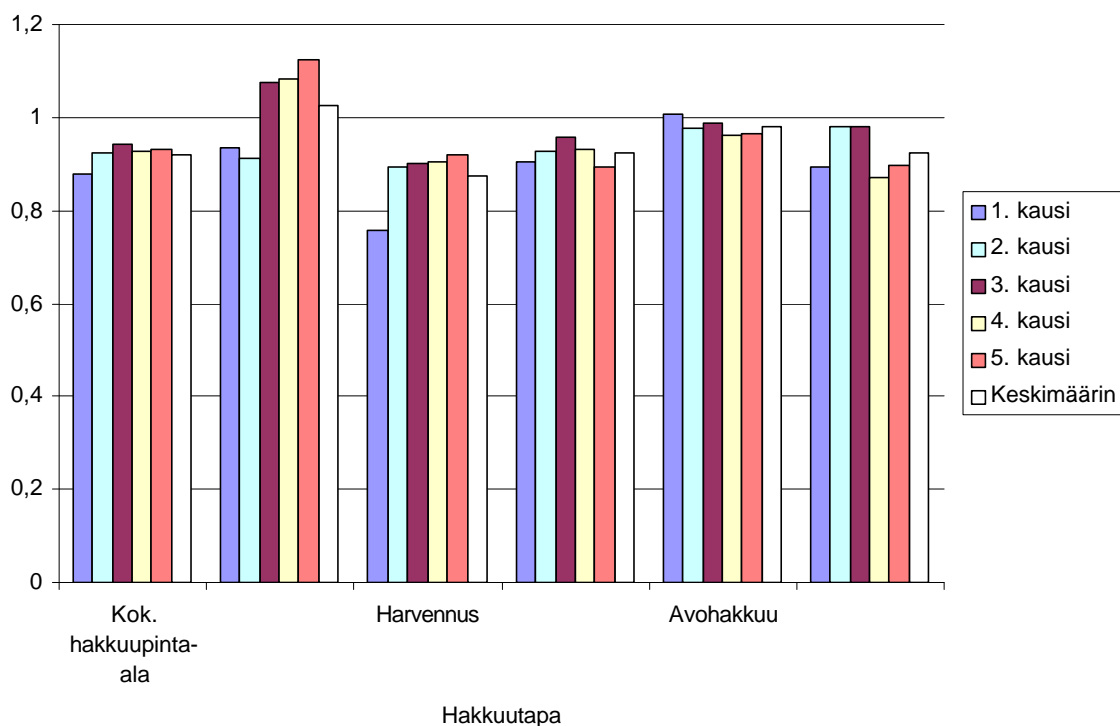
Taulukko 3. SK-ratkaisuun valittujen hakkuiden keskimääräiset korjuukustannukset, €/m<sup>3</sup>

Hakkuutapa	Kantohintalaskelmat	Tienvarsihintalaskelmat
Ensiharvennus	15,77	14,08
Harvennus	11,49	10,89
Ylispuuhakkuu	8,05	7,80
Avohakkuu	7,14	6,93
Luontainen uudistus	9,83	9,17
Keskimäärin	9,52	9,05

Tienvarsihintoihin perustuvassa suurimman kestävän hakkuukertymän arvioissa hakkuukertymät jäivät 50 vuoden kuluessa keskimäärin noin kaksi prosenttiyksikköä pienemmiksi kuin vastaavassa kantohintaisessa ratkaisussa (taulukko 4). Pienempi hakkuukertymä merkitsi toisaalta suurempaa kokonais- ja tukkitilavuutta tarkastelujakson aikana (kuva 1). Hakkuupinta-alat olivat tienvarsihintoja maksimoitaessa noin 92 prosenttia kantohintoja maksimoivien ratkaisujen tasosta ja vain ensiharvennuspinta-ala ylitti 3.-5. kausilla selvästi kantohintojen optimoinnin mukaiset ensiharvennukset (kuva 2).



Kuva 1. Tienvarsihinnoin lasketun suurimman kestävän hakkuukertymätarkaisun tilavuuden ja tukkitilavuuden osuus vastaavasta kantohinnoin lasketusta ratkaisusta (=1,00)

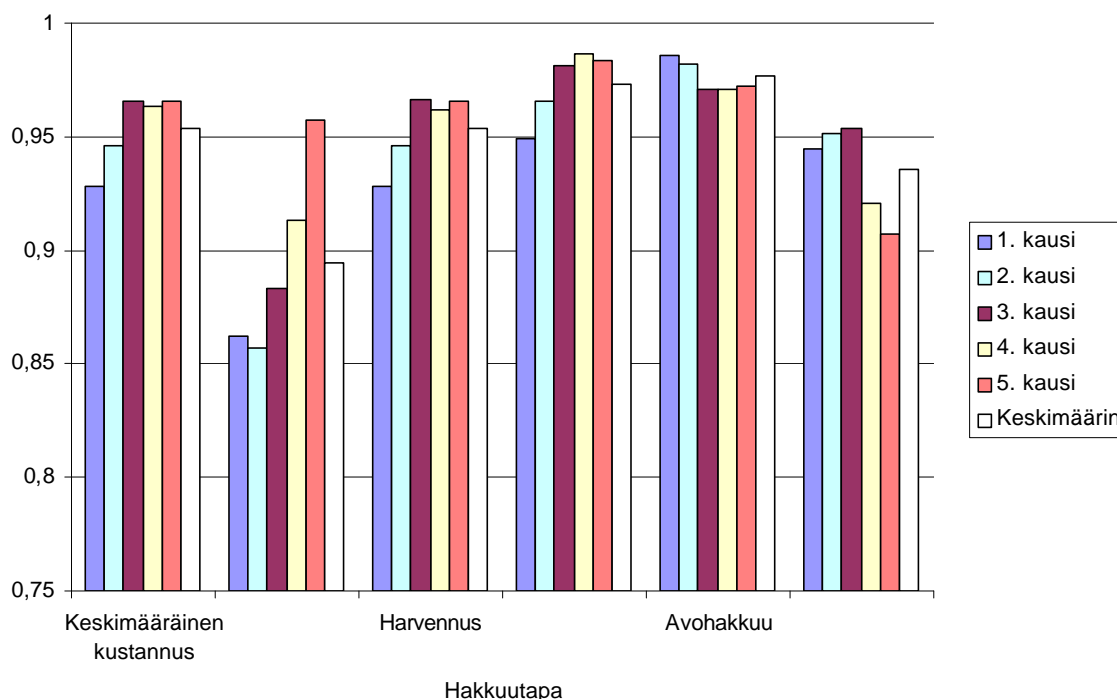


Kuva 2. Tienvarsihinnoin lasketun suurimman kestävän hakkuukertymäratkaisun hakkuupinta-alojen osuus hakkuutavoittain vastaavasta kantohinnoin lasketusta ratkaisusta (=1,00)

Taulukko 4. Tienvarsihinnoin lasketun suurimman kestävän hakkuukertymäratkaisun osuus vastaavasta kantohinnoin lasketusta ratkaisusta (=1,0).

	1. kausi	2. kausi	3. kausi	4. kausi	5. kausi	Keskimäärin
Hakkuukertymä	0,95	0,98	0,99	0,98	0,99	0,98
- Mänty	0,95	0,99	0,97	0,98	0,97	0,97
- Kuusi	0,97	0,97	1,01	0,97	1,02	0,99
- Koivu	0,91	1,01	1,01	0,99	1,06	1,00

Keskimääräinen hehtaarikertymä ( $m^3/ha$ ) oli tienvarsihintoja maksimoitaessa noin seitsemän prosenttia suurempi kuin kantohintoja maksimoitaessa (taulukko 5). Toisaalta keskimääräinen korjuukustannus ( $€/m^3$ ) jäi vastaavasti tienvarsihintaisten nettotuloja optimoitaessa noin 5 % pienemmiksi kuin kantohintaisten nettotuloja optimoitaessa. Ero kasvatushakkuiden kustannustasossa oli suurempi kuin uudistushakkuissa (kuva 3).



Kuva 3. Tienvarsihinnoin lasketun suurimman kestävän hakkuukertymäratkaisun keskimääräinen korjuukustannus verrattuna kantohinnoin laskettuun ratkaisuun (=1,00)

Taulukko 5. Tienvarsihinnoin lasketun suurimman kestävän hakkuukertymäratkaisun keskimääräinen hakkuukertymä verrattuna vastaaviin kantohinnoin laskettuihin kertymiin (=1.0).

	1. kausi	2. kausi	3. kausi	4. kausi	5. kausi	Keskimäärin
Kertymä keskimäärin	1,08	1,07	1,05	1,06	1,07	1,07
Ensiharvennus	1,00	1,07	1,20	1,17	1,24	1,13
Harvennus	1,10	1,07	1,08	1,09	1,08	1,09
Ylispuuhakkuu	1,03	1,03	1,01	1,03	1,04	1,03
Avohakkuu	1,01	1,03	1,01	1,02	1,03	1,02
Luontainen uudistaminen	1,07	1,07	1,07	1,07	1,05	1,06

### 3.3 Tulosten tarkastelu

Tienvarsihintoihin perustuva nettotulojen nykyarvon maksimointi johti pienempiin kokonaiskertymiin ja -hakkuupinta-aloihin, mutta keskimääräiset hehtaarikertymät olivat suuremmat ja keskimääräiset korjuukustannukset pienemmät. Tienvarsihintoihin perustuvat laskelmat ottavat huomioon korjuukustannukset, jolloin pienimmät ja vähätuottoisimmat hakkuut jäävät pois. Vastavaan kantohintaisen ratkaisun kokonaiskertymä oli näistä syistä suurempi. Suhteelliset erot olivat suurimmat kasvatushakkuissa, koska metsänkäsittelyohjeille annettiin niissä suurempi toteuttamisväli. Metsänkäsittelyohjeita tiukentamalla tienvarsi- ja kantohintaiset ratkaisut lähentyvät toisiaan.

Tulokset koskevat vain tässä työssä tarkasteltuja alueita ja ovat alustavia. Metsikkötasolla - lähtöpuuston ollessa noin puolimetristä taimikkoa - neljässä tapauksessa viidestä metsikön käsittelyketju oli sama, maksimoitiin sitten tienvarsi- tai kantohintoja, ja erot poikkeavassakin tapauksessa olivat pienet. Metsikkötason tarkasteluita pitäisi tehdä kuitenkin paljon enemmän lähtöpuustosta vaihdellen.

## Kirjallisuus

- Honko, J. 1973. Investointien suunnittelu ja tarkkailu. WSOY, Porvoo. 263 s.
- Kilkki, P. 1968. Income-oriented cutting budget. Seloste: Tulotavoitteeseen perustuva hakkuulaskelma. Acta Forestalia Fennica 91: 1-54.
- Kuitto, P.-J., Keskinen, S., Lindroos, J., Oijala, T., Rajamäki, J., Räsänen, T. & Terävä, J. 1994. Puutavaran koneellinen hakkuu ja metsäkuljetus. Summary: Mechanized cutting and forest haulage. Metsätehon tiedotus 410. Metsäteho, Helsinki. 38 + 23 s.
- Hyvän metsänhoidon suositukset. 2001. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Helsinki. 95 s.
- Metinfo. 2005. Metsäsektorin suora käyttöinen tietojärjestelmä. Metsäntutkimuslaitos. [www-sovellus\(http://www.metla.fi/metinfo/\)](http://www.metla.fi/metinfo/).
- Nuutinen, T., Hirvelä, H. & Salminen, O. 2005. Alueelliset hakkuumahdollisuudet Suomessa. Metlan työraportteja / Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 13. 73 s. Saatavissa: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2005/mwp013.htm>.
- Rummukainen, A., Alanne, H. & Mikkonen, E. 1995. Wood procurement in the pressure of change - resource evaluation model till year 2010. Acta Forestalia Fennica 248: 1-98.
- Samuelson, P.A. 1976. Economics of forestry in an evolving society. Economic Inquiry 14(Dec): 466-492.
- Vaara, L. 1998. Toimitus- ja pystykauppapuun hintasuhteet ja puunkorjuun rationaalisuus. Summary: The price relationship between delivery-sales timber and standing-sales timber and the rationality of logging. Helsingin yliopisto metsäekonomian laitos julkaisuja 5. 194 + 48 s.

# Metsävaratietojen ajantasaistus NettiMELA:lla

P. Hyvönen, K.T. Korhonen & A. Anola-Pukkila

## 1 Johdanto

Metsäsuunnittelussa tarvittavan metsävaratiedon hankinnassa voidaan nykyisin hyödyntää olemassa olevia, edellisellä suunnittelukierroksella inventoituja tietoja. Suunnitteluinventointi on muuttunut suurelta osin vanhojen mittaustietojen ajantasaistukseksi. Ajantasaistus tehdään maastossa, mutta laskennallisesti ajantasaistetut edellisen mittauskerran tiedot ovat mittausten ja arviointien pohjana. Laskennallisessa ajantasaistuksessa käsittelemättömien kuvioiden puustotiedot ajantasaistetaan kasvattamalla inventointipuustoa kasvumalleilla. Käsitellyille kuvioille on tehtävä käsittelyn simulointi ja mahdollisesti puustotunnusten kasvatus ennen ja/tai jälkeen toimenpiteen simulointia.

Metsävaratietojen ylläpidon kannalta taimikonhoito ja harvennus ovat kiinnostavimmat simuloitavat toimenpiteet. Taimikon perustamistiedosta voidaan päätellä taimikon perustamistiheys riittävällä tarkkuudella. Myös uudistushakkuun jälkeinen puusto on helposti estimoitavissa.

Toimenpiteiden simulointia osana metsävaratietojen ylläpitoa on tutkittu kehitettäessä ns. VISU-menetelmää metsävaratietojen ylläpitoon (Uuttera ym. 2002, Anttila 2003). VISU-menetelmässä hankitaan tieto edellisen inventointikerran jälkeen tehdyistä hakkuista visuaalisen ilmakuvatulkinnan ja toimenpiderekisterin avulla. Käsitellyille kuvioille simuloidaan tehty toimenpide MELA:lla ja jos simuloinnin tulos näyttää vastaavan ilmakehän arviota, simuloitu tulos hyväksytään kuvion inventointitiedoksi. Jos simuloitu tulos ei vastaa ilmakehän arviota, kuvion puusto tunnukset inventoidaan maastossa.

Edellä kuvattua VISU-menetelmää on edelleen kehitetty jatkuvan ajantasaistuksen toimintomalliksi. Jatkuvassa ajantasaistuksessa toimenpiteiden aiheuttamat muutokset pyritään viemään kuviotietokantaan mahdollisimman pian toimenpiteen jälkeen. Toimenpiteen jälkeinen puustotieto voidaan saada simuloinnilla tai maastomittauksella.

Vuonna 2003 aloitettiin tutkimushanke "Metsävaratietojen jatkuva ajantasaistus metsäsuunnittelussa", jossa tutkitaan toimenpidetietojen hankintaa ja metsävaratietojen ajantasaistusta. Tutkimukseen osallistuvat Metla, Metsäkeskukset Etelä-Pohjanmaa ja Pohjois-Karjala sekä tutkimusalueilla toimivat metsänhoitoyhdistykset.

Tässä käsikirjoituksessa esitetään NettiMELA:an perustuva menetelmäketju puustotietojen laskennalliseen ajantasaistuksen toimenpiteen jälkeen. Käsikirjoituksessa esitetään myös alustavat tulokset siitä, miten simuloinnilla ylläpidetty puustotieto vastasi maastossa arvioitua puustotietoa.

## 2 Aineistot ja ajantasaistussimuloinnit

### 2.1 Aineistojen kokoaminen

Ajantasaistussimuloinneissa käytetyt aineistot olivat Metsäkeskus Etelä-Pohjanmaan metsäsuunnitteluaineistoa Alajärven ja Kauhajoen kunnista. Molemmista kunnista aineistoa oli yhdeltä suunnittelualueelta. Tutkimuksessa käytettyjen kuvioiden metsäsuunnittelun maastotyöt oli Alajärvellä tehty 13.5.-9.10.2003 välisenä aikana ja Kauhajoella 9.4.-27.11.2002 välisenä aikana. Tämä aineisto oli tutkimuksen ajantasaistettava aineisto.

“Metsävaratietojen jatkuva ajantasaistus metsäsuunnittelussa” -hankkeessa kerättiin toimenpidetietoa toteutetuista hakkuista edellä mainituilla alueilla. Toimenpidetieto käsitti toimenpiteen laadun ja toteutusvuoden sekä tiedon mahdollisesta kuvion rajamuutoksesta. Toimenpidetiedon perusteella käsitellyiksi tiedetyt kuvat käytiin inventoimassa maastossa. Ajantasaistusmittaukset tehtiin Alajärvellä vuosina 2003 ja 2004 mahdollisimman pian toteutetun hakkuun jälkeen. Kauhajoella ajantasaistusmittaukset tehtiin vuoden 2004 syyskuussa. Tämä aineisto oli tutkimuksen uusi inventointiaineisto. Maastomittaukset eri alueilla ja eri ajankohdilla olivat tehneet eri henkilöt. Tarkistusmittausaineistoa ei ollut käytettävissä kummaltakaan ajankohdalta, joten kuvioittaisen arvioinnin luotettavuudesta ei ollut tietoa.

Ajantasaistussimulointien tarkastelua varten aineistoista poimittiin ne kuvat, joilla oli tehty ensiharvennus tai harvennushakkuu. Muutamalla kuviolla kuviorajaus oli muuttunut toimenpiteen seurauksena niin paljon, että ne jouduttiin jättämään tarkastelusta pois. Heterogeenisella kuviolla puustotiedot voivat olla kuvion eri osissa hyvinkin erilaiset ja näiden kuvioiden sisällyttäminen laskelmiin olisi vähentänyt tarkastelun luotettavuutta. Lopulliseen tarkasteluun jäi 146 kuviota, joista ensiharvennuskuvioita oli 52 ja harvennuskuvioita 94 kpl; Alajärveltä 12 ensiharvennuskuviota ja 20 harvennuskuviota sekä Kauhajoelta 40 ensiharvennuskuviota ja 74 harvennuskuviota. Kuvioista 118 sijaitsi kivennäismailla ja 28 soilla. Aineiston keskeisimmät puustotunnukset ajantasaistuksen alussa on esitetty taulukossa 1.

**Taulukko 1.** Harvennuskuvioiden keskeisimpien puustotunnusten keskiarvot ja keskihajonnat.

Puustotunnus	Keskiarvo	Keskihajonta
Runkoluku, kpl	1215,0	586,0
Ikä, a	58,4	20,4
Pohjapinta-ala, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	19,9	5,0
Keskiläpimitta, cm	17,1	3,8
Keskipituus, m	13,6	2,8
Tilavuus kaikki, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	137,1	46,8
Tilavuus mänty, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	105,7	55,1
Tilavuus kuusi, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	15,3	30,2
Tilavuus koivu, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	15,4	23,5
Tilavuus muu lehtipuu, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	0,6	3,4



## 2.2 Ajantasaistussimuloinnit ja luotettavuuden vertailu

Laskennallisen ajantasaistuksen vertailussa ajantasaistettavaan aineistoon simuloitiin tehdyt harvennukset ja puusto kasvatettiin ajankohtaan 1.1.2005. Tätä ajantasaistettua puustotietoa verrattiin uuteen, toimenpiteen jälkeen kerättyyn inventointiaineistoon. Simuloidun harvennuksen ajankohtana oli toimenpidetiedon mukainen vuosiluku.

Koska Alajärven uudessa inventointiaineistossa oli eri inventointiajankohtia, jouduttiin aineiston ajantasaistuksessa osalle kuvioita simuloimaan "nollakasvuja". Jos esimerkiksi harvennus oli tehty vuonna 2004 ja puustotiedot oli käyty harvennuksen jälkeen inventoimassa maastossa touku-kuussa 2004, ei kyseiselle vuodelle simuloitu kasvua. Näin puustotiedot olivat vertailtavissa ajantasaistetun aineiston ja uuden inventointiaineiston välillä. Kauhajoen aineiston ajantasaistuksessa ei nollakasvuja tarvinnut simuloida, koska uusi inventointiaineisto oli samalta ajankohdalta vuoden 2004 syyskuulta. MELA:ssa kasvukausi päättyy heinäkuun lopussa.

Ajantasaistussimuloinnit tehtiin NettiMELA-laskentapalvelulla, jossa käytettiin MELA2004-ohjelmistoa (Redsven ym. 2004). NettiMELA on pilottivaiheessa oleva, sovellusvuokraustyypinen Internet-palvelu, jolla käyttäjät voivat tehdä tilaamiaan MELA-ajoja Metlan palvelimella olevalla MELA-ohjelmistolla (Nuutinen ym. 2005). Palvelun käyttö perustuu XML-lomakkeiden siirtoon Metlan ja asiakkaan palvelimen välillä. XML-lomakkeet sisältävät sovitun määrittelyn mukaisesti laskentatilaukset asiakkaalta Metlaan ja ajon tulokset Metlasta asiakkaalle.

Ajantasaistussimuloinnissa ensiharvennuksen ja harvennushakkuun MELA:n tapahtumamäärittelyt muokattiin vastaamaan metsäkeskusten käyttämiä määrittelyjä. Tapahtumamäärittelyjen ensiharvennus- ja pohjapinta-alaharvennusohjeen tapahtumakutsujen rajoja ja puuston poisto-ohjeita muutettiin. Ensiharvennuksen tapahtumamäärittelyssä poistettavan puuston runkoluvun minimimäärä oli 10 runkoa/ha, minimikeskiläpimitta ennen harvennusta 6 cm, keskipituuden yläraja ennen harvennusta 20 metriä ja minimirunkoluku ennen harvennusta 1000 runkoa/ha. Lisäksi runkoluku voi olla harvennuksen jälkeen minimissään 70 % tavoiterunkoluvusta ja runkoluvusta voitiin poistaa enintään 35 %. Puuston poisto-ohjeissa ensiharvennus määritettiin tehtäväksi alaharvennuksena poistettavan puuston minimiläpimitan ollessa 3 cm. Pohjapinta-alaharvennuksen tapahtumamäärittelyssä pohjapinta-alan minimipoistumaksi määritettiin 1 m<sup>2</sup>/ha ja pohjapinta-alasta voitiin poistaa korkeintaan 35 %. Puuston poisto-ohjeissa harvennus määritettiin tehtäväksi alaharvennuksena poistettavan puuston minimiläpimitan ollessa 6 cm.

Ajantasaistettua aineistoa verrattiin kuvion keskitunnusten osalta uuteen inventoituun aineistoon, jonka puustotiedot oli muodostettu maastossa mitatuista tiedoista NettiMELA:lla. Kuvion keskitunnukset laskettiin molemmissa aineistoissa MELA:n muodostamista ositteista pohjapinta-alalla painottamalla. Painotuksessa käytettiin ajantasaistetussa aineistossa ajantasaistettua pohjapinta-alaa ja uudessa inventointiaineistossa maastossa mitattua pohja-pinta-alaa.

Ajantasaistuksen luotettavuutta tarkasteltiin laskemalla tunnuksittain absoluuttiset sekä suhteelliset erojen keskihajonnat ja keskiarvot.

### 3 Tulokset

Ajantasaistussimuloinneissa MELA simuloi harvennuksen 124 kuviolle, mutta 22 kuviolle harvennusta ei saatu simuloitua. Ensiharvennuksista jäi ajantasaistuksessa simuloimatta 5 kpl (10 %) ja harvennuksista 17 kpl (18 %). Näistä kuvioista oli suunnittelija ehdottanut seitsemälle kuviolle puustoryhmien harvennusta ensimmäisellä viisivuotiskaudella.

Kuvioilla, joilla ajantasaistus onnistui, oli ajantasaistetun ja uuden inventoidun aineiston väliset puustotunnusten erot pääosin alle kuvioittaiselle arvioinnille asetettujen keskivirhetasojen (Uutera ym. 2002) (taulukko 2). Pohjapinta-alan keskihajonta oli keskiläpimitan ja keskipituuden keskihajontaa selvästi suurempi.

Ajantasaistuksessa puusto-ositteiden määrät kuvioilla pysyivät samoina kuin lähtötilanteessa. Uudessa inventoidussa aineistossa puusto-ositteiden määrä kuviolla oli vähentynyt vähintään yhdellä ositteella 49 kuviolla verrattuna ajantasaistettuun aineistoon. Tarkasteltaessa puustotunnusten eroja kuvioilla, joilla yhden ositteen osuus puuston pohjapinta-alasta oli vähintään 80 % tai 60 %, oli ajantasaistetun ja uuden inventoidun aineiston väliset puustotunnusten erot pääosin hivenen pienemmät kuin taulukossa 2.

Ensiharvennusten ja harvennusten ajantasaistuksen keskinäisessä luotettavuudessa ei ollut suuria eroja (taulukot 3 ja 4). Puuston pohjapinta-ala ajantasaistettiin ensiharvennuksissa tarkemmin kuin harvennuksissa. Sen sijaan keskiläpimitta ja -pituus ajantasaistettiin harvennuksissa tarkemmin kuin ensiharvennuksissa.

Ajantasaistettavan aineiston kuvioilla, joille MELA ei simuloinut ajantasaistuksessa toimenpidettä, näyttivät puustotiedot olleen liian alhaiset toimenpiteen toteuttamiseksi (kuva 2). Pääasiallisena syynä oli alhainen pohjapinta-ala harvennusmalleissa vaadittavaan valtapituuteen verrattuna.

**Taulukko 2.** Puustotunnusten absoluuttiset ja suhteelliset erojen keskihajonnat ja keskiarvot harvennuskuvioilla (ensiharvennus ja harvennus), 124 kuviota. Erojen keskiarvo: uusi inventointiaineisto - ajantasaistettu aineisto.

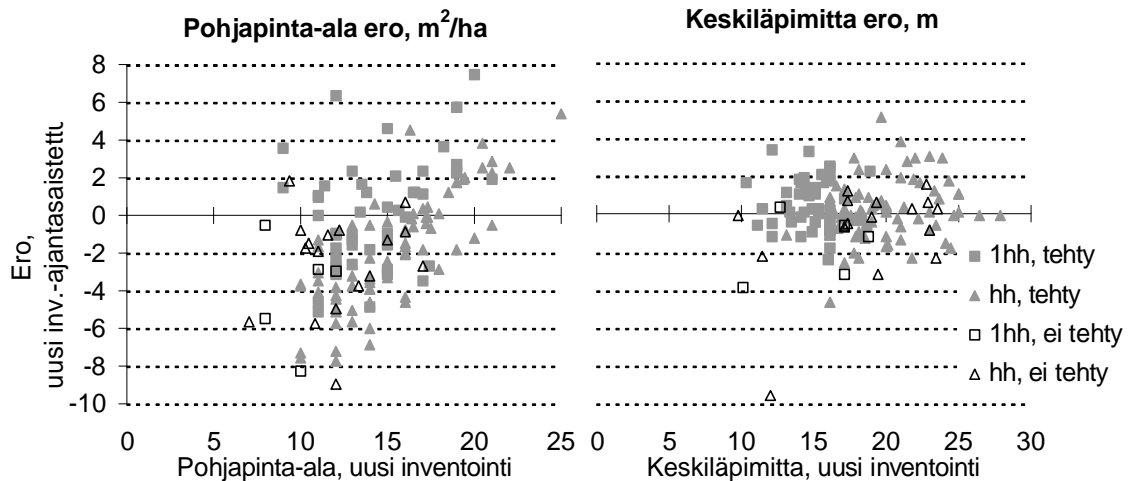
Puustotunnus	Erojen keskihajonta	Erojen keskihajonta, %	Erojen keskiarvo	Erojen keskiarvo, %
Runkoluku, kpl	283,7	37,6	-141,0	-18,8
Ikä, a	3,2	5,6	-1,6	-2,9
Pohjapinta-ala, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	3,3	22,0	-1,2	-8,1
Keskiläpimitta, cm	1,5	8,5	0,4	2,0
Keskipituus, m	1,2	8,1	0,5	3,4
Tilavuus kaikki, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	25,1	23,5	-5,9	-5,5
Tilavuus mänty, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	21,4	24,9	-3,6	-4,2
Tilavuus kuusi, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	7,6	84,1	-1,7	-18,5
Tilavuus koivu, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	9,7	83,3	-0,4	-3,6
Tilavuus muu lehtipuu, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	1,3	303,6	-0,1	-32,2

**Taulukko 3.** Puustotunnusten absoluuttiset ja suhteelliset erojen keskihajonnat ja keskiarvot ensiharvennuskuvioilla, 47 kuviota. Erojen keskiarvo: uusi inventointiaineisto - ajantasaistettu aineisto.

Puustotunnus	Erojen keskihajonta	Erojen keskihajonta, %	Erojen keskiarvo	Erojen keskiarvo, %
Runkoluku, kpl	293,4	29,3	-133,3	-13,3
Ikä, a	2,4	5,8	-1,9	-4,6
Pohjapinta-ala, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	2,9	20,2	0,1	0,7
Keskiläpimitta, cm	1,4	9,6	0,5	3,6
Keskipituus, m	1,2	9,8	0,7	5,3
Tilavuus kaikki, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	20,7	22,7	4,3	4,7
Tilavuus mänty, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	17,3	23,6	4,0	5,4
Tilavuus kuusi, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	3,8	154,0	-0,6	-22,9
Tilavuus koivu, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	11,2	74,3	0,9	5,8
Tilavuus muu lehtipuu, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	0,3	60,4	0,0	-8,8

**Taulukko 4.** Puustotunnusten absoluuttiset ja suhteelliset erojen keskihajonnat ja keskiarvot harvennuskuvioilla, 77 kuviota. Erojen keskiarvo: uusi inventointiaineisto - ajantasaistettu aineisto.

Puustotunnus	Erojen keskihajonta	Erojen keskihajonta, %	Erojen keskiarvo	Erojen keskiarvo, %
Runkoluku, kpl	277,6	46,0	-145,8	-24,1
Ikä, a	3,6	5,4	-1,5	-2,2
Pohjapinta-ala, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	3,5	22,8	-2,0	-13,2
Keskiläpimitta, cm	1,6	8,0	0,2	1,3
Keskipituus, m	1,1	7,2	0,4	2,5
Tilavuus kaikki, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	27,5	23,6	-12,0	-10,3
Tilavuus mänty, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	23,5	25,1	-8,3	-8,9
Tilavuus kuusi, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	9,2	70,3	-2,4	-18,0
Tilavuus koivu, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	8,7	90,8	-1,2	-12,6
Tilavuus muu lehtipuu, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	1,6	387,6	-0,2	-46,9



**Kuva 2.** Pohjapinta-alan ja keskiläpimitan erot toimenpiteiden ajantasaistussimuloinneissa. Hh = harvennus ja 1hh = ensiharvennus. Harmailla merkeillä toimenpide on onnistuttu simuloimaan ja mustilla ei.

## 4. Päätelmät

Tässä työssä tarkasteltiin toimenpiteiden simuloinnin sujuvuutta NettiMELA:lla ja harvennuksen simuloinnin luotettavuutta puustotunnusten ajantasaistuksen yhteydessä.

NettiMELA:a käytettiin Metlan sisäisenä laskentapalveluna yksittäisten laskelmien tekemiseen, joten palvelussa käytettävien tilaus- ja vastauslomakkeiden käsittelyyn ja tiedonsiirtoon ei tarvinnut kehittää uusia sovelluksia. Laskentaa varten muodostettiin MELA:n lähtötiedot ja sovittiin joitakin laskennan parametreja, joilla ohjattiin mm. tapahtumamäärittelyjä ja laskennasta tulostettavia muuttujia. Näin käytettynä ajantasaistussimulointi voitiin toteuttaa teknisesti vaivattomasti ja käyttää enemmän aikaa laskennan suunnitteluun ja tulosten tarkasteluun.

NettiMELA-palvelun käyttöönotto Metlan ulkopuolelta, kun ajatellaan teknisiä vaatimuksia, edellyttää asiakkaan metsävaratietojärjestelmässä uusien toimintojen kehittämistä, joilla hoidetaan MELA-ajojen tilauslomakkeiden tuottaminen ja vastauslomakkeiden käsittely sekä tiedonsiirto asiakkaan ja Metlan välillä. Asiakkaan järjestelmän kehittämiseen vaaditut resurssit riippuvat laskennalle asetetuista tavoitteista ja lähtötilanteesta, esim. LuotsiGIS-järjestelmän MELA-rajapinnassa on jo olemassa valmiit toiminnot laskenta-aineiston kirjoittamiseen ja ajantasaistetun tiedon palauttamiseen tietokantaan.

Niillä kuvioilla, joilla MELA onnistui simuloimaan tehdyn toimenpiteen, simuloinnin jälkeinen puusto vastasi hyvin maastossa inventoitua puustoa. Simuloinnilla ajantasaistettujen ja maastossa mitattujen puustotunnusten erotusten keskihajonta vastasi aiempien tutkimusten (mm. Laasasenaho & Päivinen 1986, Pigg 1994, Kangas ym. 2002) mukaan tavanomaista kuvioittaisen arvioinnin keskivirhettä.

Kuvioista 15 %:lle toimenpiteen simulointi ei onnistunut pääosin alhaisen pohjapinta-alan vuoksi. Näistä kuvioista ainakin osalla oli ilmeisesti ryhmittäistä harvennustarvetta, koska maastossa oli toimenpide-ehdotuksiin kirjattu puustoryhmien harvennus. Kuvion keskitunnusten perusteella toimenpide jäi kuitenkin simuloimatta. Epätasaisilla ja heterogeenisilla kuviolla pitäisi ajantasaistuksessa olla käytössä koealoittaiset puustotiedot. Tällöin puusto saataisiin kuviokohtaisesti tarkemmin kuvattua ja myös toimenpiteen simulointi voisi olla luotettavampaa. Samoin erillisten puustoryhmien harvennus onnistuisi. Toistaiseksi metsäkeskusten järjestelmään ei tallenneta koealakohtaista tietoa vaikka kuviolta mitataan inventoinnissa useita koealoja. MELA:ssa laskenta voidaan tehdä koeala-aineistolla. Vaikka toimenpiteet määritetään toistaiseksi kuviokohtaisesti, niin koealapohjaisessa laskennassa esim. harvennus voi epätasaisilla kuvioilla toteutua vain osalla kuvion koealoista.

Koealoittaisen tiedon käyttö ajantasaistuksessa vaatii myös monipuolisempia tapahtumamäärittelyjä. Ajantasaistuksen yhteydessä käytettävät tapahtumamäärittelyt voitaisiin päätellä esim. metsikkörakenteen perusteella. Näin voitaisiin määrittellä hyvinkin monipuolisia puiden poistohjeita erilaisiin metsiköihin ja jopa kuvion eri puustoryhmille.

Tässä tutkimuksessa ei tarkasteltu tulevan toimenpide-ehdotuksen tuottamisen luotettavuutta ajantasaistuksen yhteydessä. Mm. Anttila (2003) ei havainnut merkittäviä ongelmia toimenpide-ehdotusten tuottamisessa ajantasaistuksen VISU-menetelmässä. Sen sijaan Haara ja Korhonen (2004) havaitsivat erityisesti mittausvirheiden aiheuttavan merkittävää vaihtelua harvennusehdotuksiin.

Ensiharvennusehdotusten ajoittumisen onnistuminen on suuresti riippuvainen taimikkovaiheisen puuston kasvumalleista sekä kasvupaikan kuvauksesta. Yhtenä simuloinnin luotettavuutta heikentävänä tekijänä saattaa olla tiedon puuttuminen uudistamistavasta. Taimikon perustamisilmoituksessa tieto on, mutta sitä ei tallenneta tietojärjestelmiin. Esim. MELA:n pituuskasvumalleissa on mukana puun syntytyyppi.

Tutkimuksessa käytetty aineisto kerättiin metsäkeskukseen saapuneen toimenpidetiedon perusteella. Toimenpidetiedossa oli mukana tieto kuvion rajamuutoksista. Ajantasaistussimuloinneissa kuvion rajamuutokset ovat olennainen tieto. Pieni rajan siirtyminen ei vaikuta kuviotietoihin homogeenisilla kuvioilla, mutta heterogeenisilla kuvioilla pienikin rajan siirtyminen voi muuttaa puustotietoja oleellisesti. Jatkossa olisi selvitettävä, miten kuvio- ja historiatietoja voitaisiin käyttää monipuolisemmin ajantasaistuksen yhteydessä. Rajamuutosten kohdalla yhtenä vaihtoehtona on käyttää paikkaan sidottua koealakohtaista tietoa eikä pelkkiä kuvion keskitunnuksia.

## Kirjallisuus

- Anttila, P. 2003. METYII, osahanke I: VISU-tuotantotestaus, loppuraportti. Tapio. 13 s. + liitteet.
- Haara, A. & Korhonen, K. T. 2004. Toimenpide-ehdotusten simulointi laskennallisesti ajantasaistetusta kuvioaineistosta. Metsätieteen aikakauskirja 2/2004: 157-173.
- Kangas, A., Heikkinen, E. & Maltamo, M. 2002. Puustotunnusten maastoarvioinnin luotettavuus ja ajanmenekki. Metsätieteen aikakauskirja 3/2002: 425-440.
- Laasasenaho, J. & Päivinen, R. 1985. Kuvioittaisen arvioinnin tarkistamisesta. Folia Forestalia 664. 19 s.
- Nuutinen, T., Anola-Pukkila, A., Hirvelä, H., Härkönen, K., Lempinen, R., Redsvén, V., Salminen, O. & Siitonen, M. 2005. MELA-julkistusversiot ja -nettisovellukset. Julkaisussa: Nuutinen, T. & Kettunen, L. (toim.) MELA2005 ja nettisovellukset. Metlan työraportteja 15: 5-12.
- Pigg, J. 1994. Keskiläpimitan ja puutavaralajijakauman sekä muiden puustotunnusten tarkkuus Metsähallituksen kuvioittaisessa arvioinnissa. Metsänarvioimistieteen pro gradu -työ. Helsingin yliopisto. 86 s.
- Redsvén, V., Anola-Pukkila, A., Haara, A., Hirvelä, H., Härkönen, K., Kettunen, L., Kiiskinen, A., Kärkkäinen, L., Lempinen, R., Muinonen, E., Nuutinen, T., Salminen, O. & Siitonen, M. 2004. MELA2002 reference manual. The Finnish Forest Research Institute, Helsinki. 603 s.
- Uutera, J., Hiltunen, J., Rissanen, P., Anttila, P. & Hyvönen, P. 2002. Uudet kuvioittaisen arvioinnin menetelmät – arvio soveltuvuudesta yksityismaiden metsäsunnitteluun. Metsätieteen aikakauskirja 3/2002: 523-531.

# NettiMELA:n hyödyntäminen MTT Taloustutkimuksen kannattavuuskirjanpitojärjestelmässä

A. Latukka, O. Rantala, M. Penttinen & A. Anola-Pukkila

## 1 Kannattavuuskirjanpito

MTT Taloustutkimuksen ylläpitämässä kannattavuuskirjanpidossa seurataan Suomen maa- ja puutarhatalouden tulos- ja kannattavuuskehitystä n. 1000 kirjanpitotilan tiedoista muodostettavien suoriteperusteisten tulos- ja taselaskelmien perusteella ([www.mtt.fi/mttl/kirjanpitotilat.html](http://www.mtt.fi/mttl/kirjanpitotilat.html)). Tällä Martti -järjestelmällä tuotetaan tietoa maa- ja puutarhatalouden tulos- ja kannattavuuskehityksestä kansallisia tutkimustarpeita ja poliittista päätöksentekoa varten. Sillä tuotetaan lakisääteiset tiedot myös EU:n Komission FADN-järjestelmään (<http://europa.eu.int/comm/agriculture/rice>). Vuonna 1912 alkaneessa talousseurannassa on kerätty tietoa myös maatiloilla harjoitetun metsätalouden tuloista ja menoista, joita on käytetty mm. kassaperusteisissa maksuvalmiustarkasteluissa (mm. Packalén 2002). Puuston ja paljaan maan arvonnäilytyksessä on kuitenkin ollut puutteita, minkä vuoksi maatilametsätalouden tulos- ja taselaskelmat on esitetty vain asianomaisille kirjanpitotiloille, mutta ei keskiarvotietoina julkisuuteen. Suomi ei toimita myöskään maatilojen metsätalouteen liittyviä tietoja EU:n FADN-järjestelmään. Keski- ja Itä-Euroopan uusien ”metsäisten” jäsenmaiden liittyminen EU:iin aiheutti kuitenkin tarpeen kehittää maatalouden yhteydessä harjoitetun metsätalouden käsittelyä myös kannattavuuskirjanpidossa.

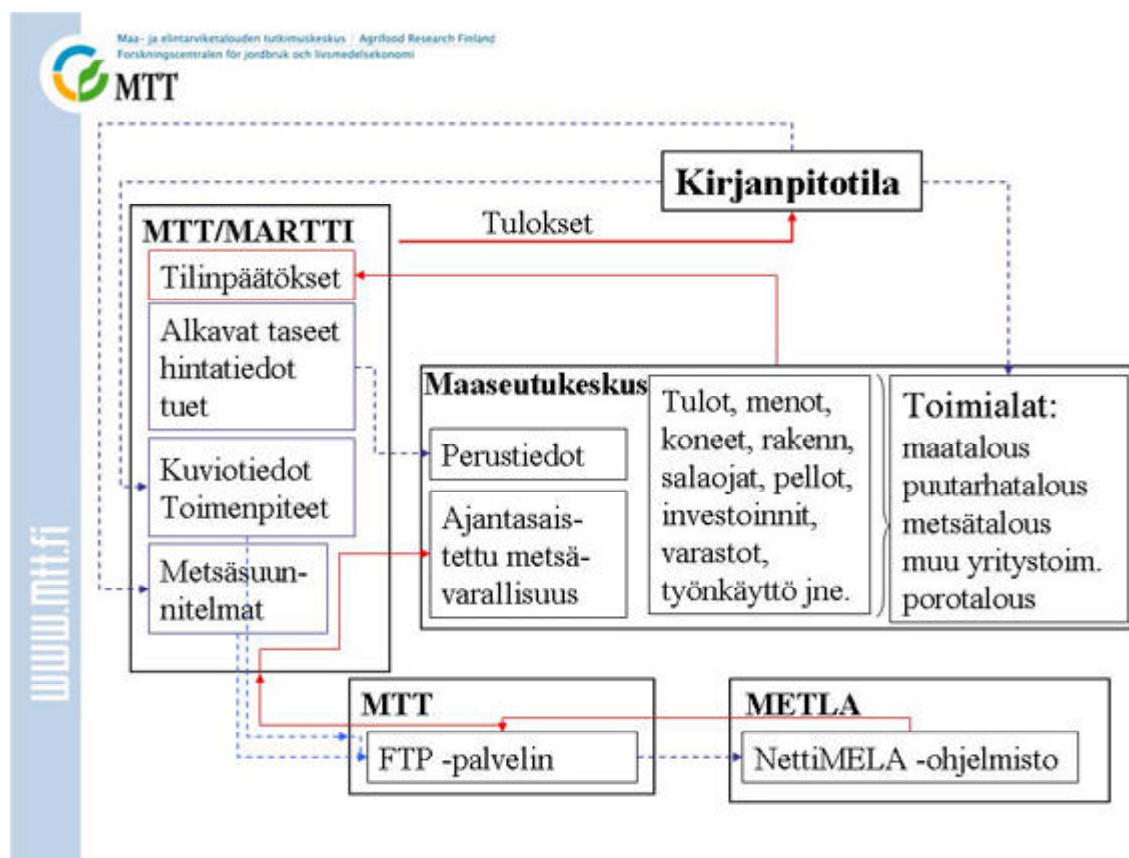
## 2 Kannattavuuskirjanpidon metsätalousosion kehittämisprojekti

Metlan, HY:n Taloustieteen laitoksen ja MTT Taloustutkimuksen yhteisprojektissa lähdettiin vuonna 2001 etsimään kannattavuuskirjanpitojärjestelmään soveltuvia ratkaisuja puuston ja paljaan maan arvottamiseen taseessa sekä näiden muutosten käsittelyyn tuloslaskelmassa. Pohjaksi otettiin metsäsuunnitelmat sekä Metlan DemoMELA, joka on MELA-ohjelmiston opetus- ja esitelykäyttöön tehty Internet-sovellus. DemoMELA:ssa Metlan palvelimella olevaa MELA-ohjelmistoa käytetään www-selaimessa toimivalla käyttöliittymällä (Nuutinen & Anola-Pukkila 2002). Tämän projektin käyttöön DemoMELA:sta räätälöitiin versio, jolla metsäsuunnitelmista saadut metsävaratiedot voitiin ajantasaistaa taselaskelman pohjaksi.

Viiden kirjanpitotilan pilottiaineistolla selvitettiin lähtötieto- ja muuttujatarve sekä toimenpite-tietojen taso ja saantimahdollisuudet. Samoin selvitettiin tulosten käyttöä tilinpäätöslaskelmissa sekä IAS/IFRS-järjestelmän periaatteiden soveltamista laskentaosiossa (ks. Meriläinen 2004). Projektin toisessa vaiheessa tarkennettiin edelleen laskentakäytäntöjä (ks. Penttinen ym. 2004) sekä kehitettiin Martti -järjestelmän ja Metlan NettiMELA-palvelun välinen liittymä ja tiedonsiirtojärjestelmä.

NettiMELA on sovellusvuokraustyyppinen Internet-palvelu, jolla käyttäjät voivat tehdä sovitun mukaisia MELA-ajoja Metlan palvelimella olevalla MELA-ohjelmistolla (Nuutinen ym. 2005, Hyvönen ym. 2005). Sen käyttöönotto edellyttää käyttäjän järjestelmään toimintoja, joilla hoidetaan NettiMELA:n siirtotiedostojen muodostaminen/purkaminen ja tiedonsiirto oman ja Met

lan palvelimen välillä. Koska näytti ilmeiseltä, että järjestelmä kyetään luomaan, MTT:ssä kehitettiin Marttiin tietorakenteet metsämuuttujien tallentamiseen sekä edelleen NettiMELA:n tuloksia ja tiloilta saatavaa kirjanpitoaineistoa hyödyntävät metsätalouden tilinpäätöksen laskentaruutiinit. Järjestelmän rakentamisessa ja testauksessa hyödynnettiin 35 kirjanpitoalan metsäsuunnitelmia, toimenpidetietoja sekä metsätalouden kirjanpitoa tilivuodelta 2003. Projektien tuloksena saatiin kannattavuuskirjanpidon Martti-järjestelmään maatilametsätalouden laskentajärjestelmä, joka hyödyntää metsäsuunnitelmien ajantasaisuudessa Metlan NettiMELA-laskentapalvelua (ks. kuva 1). Seuraavassa kuvataan kannattavuuskirjanpidon Martti -järjestelmän toimintaa tältä osin.



Kuva 1. NettiMELA-palvelun hyödyntäminen Martti-kannattavuuskirjanpitojärjestelmässä (katkoviivat kuvaavat lähtötietoja ja yhtenäiset viivat tuloksia).



### 3 Kannattavuuskirjanpilottila-aineisto ja metsäsuunnitelmat lähtöaineistona

Marttiin tallennetaan NettiMELA:n tarvitsemat kirjanpilottilojen tiedot mm. tilan sijainnista sekä tiedot tiloille eri vuosina tehdyistä metsäsuunnitelmista sekä alueittain eri puulajien hintatiedot. Tiloilta saadut metsäsuunnitelmat tallennetaan Excel-tiedostoon, jossa muuttujat muokataan excel-makrolla NettiMELA:an soveltuviksi ja siirretään Martti-järjestelmään. Martti-järjestelmässä on omat dataaulut metsäsuunnitelmille, kuviokohtaisille tiedoille ja niiden puusto-ositteille (MELA:n RSU-tiedosto) sekä kirjanpilottiloilta saataville kuviokohtaisille toimenpidetiedoille (MELA:n SMU-tiedosto). Mikäli yrittäjä ostaa metsää, uudet kuviot lisätään järjestelmään. Mikäli yrittäjä myy tai raivaa pelloksi metsäkuvioita, niitä ei oteta huomioon laskennassa poistumisvuodesta eteenpäin. SMU-tiedostoon tarvittavat toimenpidetiedot kysytään metsäkuviointain metsänomistajilta ja tallennetaan järjestelmään siksi ajaksi, kun ko. metsäsuunnitelma on voimassa. Päätehakkuut toteutetaan niille metsäkuvioille, joille ne on metsänomistajan ilmoituksen mukaan tehty. Marttiin ei ole rakennettu metsäsuunnitelma-aineiston tallennusnäyttöä, koska vuonna 2005 tehdyn kyselyn mukaan jo nyt yli 60 prosenttia kirjanpilottiloista antaisi MTT:lle luvan hakea metsäsuunnitelmat tiedostomuotoisina suoraan metsäkeskuksista.

### 4 Puuston ja paljaan maan arvottaminen NettiMELA:lla

Inventointivuoden metsäsuunnitelmien puustotiedot ajantasaistetaan laskentavuoden lopun tasolle NettiMELA-palvelun puustotietojen ajantasaistuksella. Ajantasaistuksessa puuston kasvu perustuu MELA:n kasvumalleihin. Harvennusten jälkeiset maastomittauksiin perustuvat puustoarvioinnit osoittautuivat liian työläiksi yrittäjien toteuttamana. Siksi harvennushakkuut toteutetaan MELA-ohjelman Tapion harvennusmalleihin perustuvassa laajuudessa niille metsäkuvioille, joille metsänomistaja ilmoittaa harvennuksia vuosittain tehdyksi. Jokaisena vuonna ajantasaistuksissa lähdetään liikkeelle alkuperäisestä metsäsuunnitelmasta ja sen inventointitiedoista, eikä edeltävän vuoden ajantasaistetuista arvoista.

Kun Martti-ohjelmistossa käynnistetään metsätietojen ajantasaistaminen, MELA-laskennassa tarvittavat muuttujat koodataan NettiMELA:n edellyttämään XML-formaattiin (ks. liite 1) ja lähetetään MTT:n FTP-palvelimelle. Sitten Martti lähettää laskelmapyyynnön netin kautta NettiMELA-palvelulle välittäen käynnistyskutsussa myös laskelmatilauksen sisältävän XML-tiedoston nimen palvelulle. Tämän perusteella NettiMELA osaa noutaa tilan tiedot FTP-palvelimelta ja suorittaa laskennan sekä palauttaa tulokset (ks. liite 2) takaisin FTP-palvelimelle. Martti noutaa tulostiedostot ja muuttaa ne XML-formaatista ascii-formaattiin ja siirtää tiedot Martin dataauluihin. Kaikki FTP-siirrot tullaan tietosuojasyistä suojaamaan PGP-suojauksella.

Teknisesti jokaista tilaa ja vuotta kohti tehdään kolme NettiMELA-ajoa, joista ensimmäisessä tehdään ajantasaistussimulointi ja toisessa lasketaan metsänhoitosuosituksen mukaan välittömästi hakattavissa oleva puusto (hakkuumahto). Kolmannessa ajossa määritetään paljaan maan arvo. Ajantasaistussimulointi tehdään tarkasteluhetkeen ja varsinainen vaihtoehtojen simulointi jaksoituksella 2 + 8 + 10 + 10 vuotta. Näistä kuitenkin vain tarkasteluhetki ja kaksi ensimmäistä jaksoa poimitaan Martti-järjestelmään. Tarkasteluhetken arvoja käytetään taselaskelmassa vuoden lopun arvoina ja hakkuumahto otetaan ensimmäiseltä jaksolta (2 v).

NettiMELA-ajojen tuloksena muodostettavina tulostauluina ovat puusto-ositekohtaiset tiedot (MELA:n SMT-tiedosto), optimoinnista saatavat kuviokohtaiset tiedot (MELA:n MPU-tiedosto) sekä paljaan maan arvo kuviointain (tulostetaan MELA:ssa laskelman lokitiedostoon). Näiden

säksi Martti laskee edellisistä summatauluun koko tilatason tuloksina eri korkoprosenteilla (1-5) paljaan maan arvot ja puuston nykyarvot sekä hakkuumahdon. Tilinpäätöksessä voidaan käyttää millä hyvänsä korkoprosentilla laskettuja arvoja.

Summataulu toimitetaan kirjanpitoiloiden perustietojen ja alkavan taseen ohessa kirjanpitoaineistoja kerääviin Maaseutukeskuksiin ja yhdistetään tiloilta suoraan saataviin metsätalouden tietoihin. Näiden perusteella lasketaan metsätalouden tilinpäätös ja tulos- ja taselaskelmat.

Martti -järjestelmä on rakennettu siten, että NettiMELA-ajot voidaan tehdä myös Maaseutukeskuksista käsin. Ajoon voidaan laittaa NettiMELA -palvelun resurssien puitteissa kuinka monta yritystä hyvänsä ja hakea tulokset myöhemmin, esim. vasta seuraavana päivänä. Näin NettiMELA-ajon tulosten mahdollinen viivästyminen ruuhkatilanteissakaan ei sido tietokonetta ja estä Martti-järjestelmän käyttöä.

## 5 Kirjanpitoiloiden metsätalouden tilinpäätös

Martti-järjestelmä tuottaa tilinpäätökset ja erilliset suoriteperusteiset tulos- ja taselaskelmat yrityksen toimialoista eli maataloudesta, puutarhataloudesta, metsätaloudesta ja muusta yritystoiminnasta. Metsätalouden tilinpäätöksessä käytetään NettiMELA:n tuloksia puuston ja paljaan maan arvojen ja niiden muutosten osalta. Kaikki muut metsätalouden tiedot tilinpäätöstä varten saadaan tilojen pitämästä kirjanpidosta ja muistiinpanoista (tulot, menot, työn käyttö, varastotiedot, rakennus- ja koneinvestoinnit jne.). Tilojen rahaliiketiedoista koostetaan myös koko yritystä koskevan ja siis myös metsätalouden sisältävä maksuvalmiuslaskelma.

### 5.1 Metsätalouden taselaskelma

Projektin tuloksena saadaan kirjanpitoiloille paljaan maan ja puuston osalta ajantasaistettuihin metsäsuunnitelmiin perustuvat todelliset tasearvot. Paljaan maan arvo sisällytetään taseen aineellisten hyödykkeiden (käyttöomaisuus) riville 'maa- ja vesialueet' (ks. liite 3). Kun puuston nykyarvosta vähennetään hakkuumahto, jäljelle jää taimikot sisältävä kasvava puusto, joka sisällytetään taseen aineellisten hyödykkeiden erään 'kasvava puusto'. Hakkuumahto sisällytetään vaihto-omaisuuteen riville keskeneräiset tuotteet (ks. Hyder ym. 1994, 1999).

Rakennusten, koneiden ja kaluston sekä metsäteiden ja ojitusten arvot saadaan Martin käyttöomaisuuskirjanpidosta, jossa siirryttiin kannattavuuskirjanpitojärjestelmän uudistuksessa (ks. Latukka ym. 2003) seuraamaan jokaisen koneen, rakennuksen yms. nykyarvon kehitystä erikseen. Nykyarvot sisällytetään aineellisten hyödykkeiden (käyttöomaisuus) kohdan riveille "koneet ja kalusto", "rakennukset ja rakennelmat" sekä ojat, tiet yms. kohtaan "muut aineelliset hyödykkeet". Varastokirjanpidosta saadaan varastossa olevien metsätalouden tuotteiden tasearvot, jotka myös sisällytetään vaihto-omaisuuden "valmiit tuotteet ja tavarat" -erään.

Taseeseen sisällytettävät arvot kuvaavat kaikilta osin omaisuusosien nykyarvoa tilikauden vaihteessa. Päätävä tase kuvaa tilikauden lopun tilannetta ja alkava tase on vuotta aiemmin tehty edeltävän tilikauden lopun tase niin metsätalouden kuin muidenkin toimialojen osalta.

## 5.2 Metsätalouden oikaistu tuloslaskelma

Oikaistun tuloslaskelman tuottoihin (ks. liite 4) sisällytetään tilojen ilmoittamat puunmyyntitulot, jotka on kohdistettu tarkasteltavalle tilivuodelle hakkuiden perusteella (suoriteperuste). Puunmyyntituloja oikaistaan puuston (kasvava puusto ja hakkuumahto) tilikausien välisellä tasearvon muutoksella liikevaihdon jälkeen rivillä 'tuotevarastojen muutos'. Kasvavan puuston muutos voidaan siirtää huomioitavaksi tuloslaskelman erässä 'varastojen muutos', mikäli se nähdään aiheelliseksi.

Puuston arvon muutoksessa huomioidaan vain puuston määrästä aiheutuva arvon muutos. Puun hinnan muutoksista aiheutuvaa puuston arvon ja paljaan maan arvon muutosta ei huomioida tuloslaskelmassa. Hintamuutoksista aiheutuvasta positiivisesta tai negatiivisesta realisoitumattomasta tuottoerästä käytetään nimitystä suhdannevoitto/tappio (ks. Hakkarainen ym. 1995). Se voisi monessa tapauksessa peittää varsinaiseen reaali prosessiin perustuvan tulos- ja kannattavuusmuutoksen niinä vuosina, joina puun hinta muuttuu voimakkaasti.

Muiden tuotevarastojen ja myös puutavaravarojen määrä- ja myös hintamuutoksista aiheutuva oikaisuera huomioidaan kuitenkin täysin tuloslaskelman erässä "tuotevarastojen muutos".

Martti-järjestelmän tilinpäätösruutiinien joustavuuden vuoksi eri tase-erien muutoksia voidaan joustavasti joko viedä tai jättää pois tuloslaskelmasta. Samoin erien paikkaa tuloslaskelmassa voidaan joustavasti muuttaa, jos siihen löytyy jatkossa järjestelmää käytettäessä perusteita. Tulos- ja taselaskelmia voidaan myös selkiyttää lisäämällä uusia rivejä laskelmiin. Rajoitteena on kuitenkin se, että kukin laskelma pyritään mahdollistamaan yhdelle sivulle. Lisäksi laskelmaerien tulisi olla mahdollisimman yleispäteviä, jotta eri toimialojen (maatalous, puutarhatalous, metsätalous, muu yritystoiminta jne.) tulokset voidaan esittää saman laskelman eri sarakkeissa.

## 6 Metsätalouden tunnusluvut

Martti-järjestelmän tulos-, tase- ja kassavirtalaskelmista lasketaan automaattisesti kaikki yleisen laskentatoimen tunnusluvut, maatalouden perinteiset liiketalouskäsitteet sekä myös EU:n FADN-järjestelmän tunnusluvut. Järjestelmä tarjoaa mahdollisuuden määrittää myös kullekin toimialalle spesifisiä tunnuslukuja.

Tuloslaskelman tuotot eivät siis sinänsä perustu vuosittaisiin puunmyyntituloihin, koska kasvatusaikana syntyneitä menojaakaan ei kyetä kohdentamaan myyntivuodelle. Tuloslaskelman tuotto perustuu metsälön vuotuisen kasvuun ja kun siitä vähennetään tarkasteluvuoden kaikki kustannukset, saadaan yrittäjänvoitto (EVA, Economic Value Added, Entrepreneurs' profit). Se kuvaa absoluuttista maatilametsätalouden kannattavuutta, koska tuloslaskelmassa myös yrittäjän oma, työkirjanpitoon perustuva metsätyö on vähennetty kustannuseränä pois (veroja voitonjakoeränä ei ole vähennetty).

Metsätalouden osalta metsävarallisuuden ajantasaistus antaa mahdollisuuden tarkastella maatilametsätalouden kannattavuutta luotettavasti myös oman pääoman ja kokonaispääoman tuotto-prosentti-tunnusluvuilla. Koska tuloslaskelmassa myös yrittäjän oma metsätyö vähennetään kustannuseränä pois, joko omalle pääomalle tai koko pääomalle korvaukseksi jäävä residuaali (nettotulos tai nettotulos+korkomenot) kuvaa luotettavasti pääomalle jäävää korvausta. Kun tämä jaetaan todellisella oman tai koko pääoman määrällä, saadaan tulokseksi luotettavat kannattavuutta kuvaavat tunnusluvut.

Todellisten puuston ja paljaan maan arvojen saanti taseen pohjaksi antaa mahdollisuuden tarkastella luotettavasti myös tilojen metsätalouden vakavaraisuutta esimerkiksi omavaraisuusaste - tunnuslukua käyttäen (oma pääoma / taseen koko pääoma).

Puuston jaottelu taseessa käyttö- ja vaihto-omaisuuteen mahdollistaa mm. rahoituksen riittävyttä kuvaavan current ratio -tunnusluvun laskemisen. Tunnusluvussa tarkastellaan rahoituksen riittävyttä silloin, jos myös vaihto-omaisuus olisi käytettävissä lyhytaikaisten velkojen hoitamiseksi (ks. Penttinen ja Hakkarainen 1998).

## 7 Lopuksi

Kannattavuuskirjanpitoaineisto ja siihen perustuvat tulokset on kyettävä tuottamaan vuosittain niin tutkimuksen, neuvonnan kuin poliittisen päätöksenteonkin pohjaksi. Jatkuvan kehitys/päivitystyön ja palvelun vakaan saatavuuden vuoksi Metlan NettiMELA oli luonteva valinta kannattavuuskirjanpidon metsätalouden osion metsäsuunnitelmien ajantasaistukseen.

Järjestelmässä ajantasaistetaan puuston kasvu sekä hakkuista aiheutuva poistuma huomioon ottaen metsäsuunnitelmien kuviotiedot vuosittain. Vuosittaisissa harvennushakkuualueille jäljelle jäävän puuston arviointi ei kuitenkaan perustu mittauksiin vaan NettiMELA:n simuloimaan Tapiolin ohjeiden mukaiseen harvennukseen. Näin mahdollisimman tuore metsäsuunnitelma ja siten metsäkuvioiden puustomäärien mahdollisimman usein tapahtuva inventointi laskennan pohjaksi on tulosten luotettavuuden kannalta erittäin tärkeää. Tämä on tärkeää siksi, että vasta vuonna 2000 ja sen jälkeen tehdyt metsäsuunnitelmat sisältävät NettiMELA:n tarvitsemat tiedot.

Edellä kuvatun järjestelmän kehitystyö on loppusuoralla, mutta tähän tarkasteluun ei kuitenkaan katsottu aiheelliseksi liittää edes esimerkinomaisesti tuloksia, taseita tai tunnuslukuja kirjanpitojen maatilametsätaloudesta. Uudella järjestelmällä tuotettava maatilametsätalouden kannattavuuskirjanpitoaineisto antaa kuitenkin aiempaa selvästi paremmat mahdollisuudet seurata ja tutkia maatilametsätalouden tulos- ja kannattavuuskehitystä. Se tarjoaa niin ikään mahdollisuuden monen tyyppisiin metsätalouden tutkimuksiin. Tämä ei kuitenkaan kuulu MTT Taloustutkimuksen tutkimusalaan, eikä metsätalouden tuottamiseen ole budjetoitu varoja. Ongelmia saattaa aiheuttaa myös metsäsuunnitelmien tallentamisen vaatima työmäärä sekä mahdollisesti NettiMELA:n käytöstä ja ehkä jatkossa myös tiedostomuotoisten metsäsuunnitelmien hankkimisesta aiheutuvien kustannusten rahoitus. Keväällä 2005 tehdyn kyselyn perusteella sadat kirjanpitoilat ovat kuitenkin kiinnostuneita antamaan metsäsuunnitelmansa MTT Taloustutkimukseen sekä liittymään järjestelmään.

## Kirjallisuus

- Hakkarainen, J., Hyttinen, P. & Tiilikainen, K. 1995. Puuston tasearvon käsittely metsälön tilinpäätöksessä – menetelmien vertailua. *Folia Forestalia – Metsätieteen aikakauskirja* 1995(3): 179-197. Metsäntutkimuslaitos. Helsinki.
- Hyder, A.S., Lönnstedt, L. & Penttinen, M. 1994. Outline of accounting for non-industrial private woodlots. *Silva Fennica* 28(2): 115-137.
- Hyder, A., Lönnstedt, L. & Penttinen, M. 1999. Accounting as a management tool for nonindustrial private forestry. *Scandinavian Journal of Management* 15(2): 173-191.

- Hyvönen, P., Korhonen K.T. & Anola-Pukkila, A. 2005. Metsävaratietojen ajantasaistus NettiMELA:lla. Julkaisussa: Nuutinen, T. & Kettunen, L. (toim.) MELA2005 ja nettisovellukset. Metlan työraportteja 15: 47-54.
- Kannattavuuskirjanpitojärjestelmän laskentaperusteet ja tuloksia: [www.mtt.fi/mttl/kirjanpitotilat.html](http://www.mtt.fi/mttl/kirjanpitotilat.html) ja EU:n FADN-järjestelmän laskentaperusteita ja tuloksia: <http://europa.eu.int/comm/agriculture/rica>
- Latukka, A., Rantala, O. & Tauriainen, J. 2003. Kannattavuuskirjanpidon tuloslaskennan uudistukset. Julkaisussa Niemi, J. & Ahlstedts, J. (toim.). Suomen maatalous ja maaseutuelinkeinot 2003. Julkaisu 103. MTT Taloustutkimus. 94 s.
- Meriläinen, H. 2004. Metsätalouden IAS-tuloslaskenta maatalouden kirjanpitotiloilla. Helsingin yliopiston maatalouden liiketaloustieteen Pro gradu. 60 s. + liitteet.
- Nuutinen, Tuula & Anola-Pukkila Aimo. 2002. DemoMELA. Julkaisussa: Nuutinen, Tuula & Kiiskinen, Arja (toim.). 2002. MELA 2002 ja käyttöpuun kuvaus. MELA-käyttäjöpäivä 7.5.2002 Joensuu. Metsätutkimuslaitoksen tiedonantoja 865. 104 s.
- , Anola-Pukkila, A., Hirvelä, H., Härkönen, K., Lempinen, R., Redsvén, V., Salminen, O. & Siitonen, M. 2005. MELA-julkistusversiot ja -nettisovellukset. Julkaisussa: Nuutinen, T. & Kettunen, L. (toim.) MELA2005 ja nettisovellukset. Metlan työraportteja 15: 5-12.
- Packalén, K. 2002. Metsätalouden kassavirtalaskelma. Selvityksiä 4/2002. MTT Taloustutkimus. 69 s.
- Penttinen, M. & Hakkarainen, J. 1998. Ratio analysis recommendations for non-industrial private forest owners. Vaasan yliopisto, Tutkimuksia 221. 65 s.
- , Latukka, A., Meriläinen, H. and Salminen, O. IAS Fair Value and Forest Evaluation on Farm Forestry. 2004. Scandinavian Forest Economics. 40:67-80. Proceedings of the Biennial Meeting of the Scandinavian Society of Forest Economics. Vantaa, Finland, 12.5.-15.5.2004.
- Yritystutkimuksen tilinpäätösanalyysi. 2001. Yritystutkimusneuvottelukunta. Gaudeamus. Helsinki. 106 s.



Liite 2. Esimerkki NettiMELAn palauttamasta ajantasaistusajon vastauslomakkeesta.

```
<?xml version="1.0"?>
<toimitus>
  <ajoraportit>
    <optloki></optloki>
    <simloki></simloki>
  </ajoraportit>
  <tulokset>
    <maa></maa>
    <mpu></mpu>
    <smt> 123456789 1 299.92 0.00 31.25 20.10 20.42 89.00 137.04 181.02 99.00 125.69 54.39 6899.18 180.09 69.43 5.36 43.98 286.93
222222222 1 552.25 4.00 11.95 10.44 5.20 73.00 22.09 25.66 89.00 0.00 22.20 357.44 22.20 0.00 0.22 3.57 4.89
222222222 2 88.63 2.00 14.86 13.87 1.13 92.00 6.71 7.95 109.00 0.96 6.50 187.23 7.46 12.09 0.14 1.24 4.43
222222222 3 815.27 1.00 14.75 13.39 11.87 123.00 71.99 81.24 139.00 6.80 70.86 1417.97 77.66 8.37 0.87 9.25 16.55
123451234 1 1472.32 1.00 4.23 3.83 1.93 8.93 0.00 5.41 18.00 0.00 0.00 0.00 0.00 2.06 5.41 5.53
123451234 2 740.34 2.00 6.43 6.71 2.40 9.00 0.30 9.13 14.00 0.00 0.00 0.00 0.00 2.93 8.83 88.26
    </smt>
  </tulokset>
  <tunniste>
    <aikaleima>2005-01-24-14-50-34</aikaleima>
    <asiakas>2</asiakas>
    <kayttaja>MELA-ryhma</kayttaja>
    <kiinteisto>MELA-esimerkkiaineisto</kiinteisto>
    <suunnitelma>x1</suunnitelma>
  </tunniste>
</toimitus>
```

Liite 3. Martti-järjestelmän metsätalouden taselaskelma

## METSÄTALOUDEN TASELASKELMA

### VASTAAVAA

Aineettomat hyödykkeet  
Aineettomat oikeudet  
Muut pitkävaikutteiset menot

#### **Aineelliset hyödykkeet**

Maa- ja vesialueet  
Rakennukset ja rakennelmat  
Koneet ja kalusto  
Kasvava puusto  
Muut aineelliset hyödykkeet

Ennakkomaksut

#### **Pitkäaikaiset sijoitukset**

Osakkeet ja osuudet  
Lainasaamiset  
Muut sijoitukset

#### **Vaihto-omaisuus**

Aineet ja tarvikkeet  
Keskeneräiset tuotteet  
Valmiit tuotteet ja tavarat  
Kotieläimet  
Ennakkomaksut

#### **Saamiset**

Myyntisaamiset  
Tukisaamiset  
Siirtosaamiset (alv)  
Muut saamiset

#### **Rahoitusarvopaperit**

Osakkeet ja osuudet  
Muut arvopaperit

#### **Rahat ja pankkisaamiset**

Pankkitilit ja kassa

**Tase yhteensä**

### VASTATTAVAA

Oma pääoma  
Osake- ja osuuspääoma  
Muu oma pääoma  
Varaukset  
Vapaaehtoiset varaukset

#### **Vieras pääoma**

##### **Pitkäaikainen vieras pääoma**

Valtionlainat  
Korkotukilainat  
Muut pankkilainat  
Eläkelainat

Muut pitkäaikaiset velat

##### **Lyhytaikainen vieras pääoma**

Lyhytaikaiset pankkilainat  
Saadut ennakot  
Ostovelat  
Rahoitusvekselit  
Siirtovelat (alv)  
Muut lyhytaikaiset velat

**Tase yhteensä**



Liite 4. Martti-järjestelmän metsätalouden oikaistu tuloslaskelma

## **METSÄTALOUDEN OIKAISTU TULOSLASKELMA**

### **Tuotot**

Myyntituotot

### **Liikevaihto**

Tuotevarastojen muutos (+/-)

Sisäiset siirrot (luovutettu)

Liiketoiminnan muut tuotot

### **Kokonaistuotto**

### **Muuttuvat kulut**

Aineet ja tarvikkeet, ostot

Varastojen muutos (+/-)

Sisäiset siirrot (vastaanotettu)

Ulkopuoliset palvelut

Henkilöstökulut

Muut muuttuvat kulut

### **Myyntikate**

### **Kiinteät kulut**

Yrittäjäperheen palkkavaatimus

Omat palkat ja sivukulut

Vuokrat

Muut kiinteät kulut

### **Käyttökate**

### **Poistot**

Rakennusten poistot

Koneiden ja kaluston poistot

Muut poistot

### **Liiketulos**

### **Rahoitustuotot ja -kulut**

Rahoitustuotot

Rahoituskulut

### **Nettotulos**

Oman pääoman korkovaatimus (5 %)

### **Yrittäjänvoitto**

Muut satunnaiset tuotot ja kulut