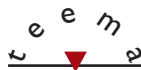


Antti Mäkinen ja Markus Holopainen

Menetelmiä metsikön nettonykyarvo-laskentaan liittyvän epävarmuuden hallintaan



Johdanto

Metsäkiinteistön taloudellinen arvo voidaan määrittää esimerkiksi summa-arvomenetelmällä, markkinat huomioon ottavalla tuottoarvomenetelmällä tai metsätaloudellisella tuottoarvomenetelmällä. Kaikissa näissä menetelmissä tarvitaan metsikkötason nettonykyarvolaskentaa. Tämän kirjoituksen tavoitteena on kuvata metsiköiden nettonykyarvon laskentaan liittyviä epävarmuuden lähteitä, kuten metsien inventoinnin ja kasvuennusteiden virheitä, sekä menetelmiä, joilla laskennan epävarmuutta voidaan arvioida ja hallita.

Metsien nettonykyarvon laskentaan liittyvä epävarmuus

Metsien nettonykyarvoa arvioidaan ennustamalla tulevaisuudessa tapahtuvista hakkuista saatavien tulojen ja käsittelyistä koituvien menojen nykyarvoja. Jotta metsätaloudellista tuottoarvoa (tai nettonykyarvoa) voitaisiin ennustaa, tulee käytössä olla tieto metsien nykyisestä tilasta, jonka perusteella voidaan ennustaa puuston tuleva kehitys sekä tulevat tulot ja menot. Tieto metsien nykytilasta hankitaan tällä hetkellä pääosin kuvioittaisella arvioinnilla, jossa puustoa kuvaavia tunnuslukuja arvioidaan sekä visuaalisesti että koealamittauksilla puustokuvioille, eli puustoltaan yhtenäisille metsäalueille. Jatkossa,

ja osin jo tällä hetkellä, tietoa metsien nykytilasta hankitaan myös kaukokartoituksella, lähinnä laserkeilausinventoinnilla sekä ilmakuvaukseen perustuvilla fotogrammetrisillä menetelmillä.

Metsien tulevaa kehitystä ennustetaan metsäsuunnittelujärjestelmällä, jossa puuston kasvua simuloidaan kasvusimulaattorilla ja vaihtoehtoisia metsän hakkuita ja käsittelyitä optimoidaan vastaamaan metsänomistajan tavoitteita. Käytännön metsätaloudessa yleisimmin hyödynnetyt kasvusimulaattorit perustuvat tilastollisiin kasvumalleihin, joilla ennustetaan joko yksittäisten puiden tai metsikön keskitunnusten kehitystä.

Maksimoitua metsikkötason nettonykyarvoa käytetään usein metsänomistajalle koituvan hyödyn mittarina metsäsuunnittelun optimoinnissa. Metsän nettonykyarvon määrittäminen, aina puuston nykytilan arvioinnista sen tulevan kehityksen ja eri käsittelyiden tuottojen ja menojen ennustamiseen, on monimutkainen prosessi ja sisältää paljon epävarmuuden lähteitä. Epävarmuudella tarkoitetaan tässä tiedon puutetta ja epätarkkuutta.

Ensimmäinen epävarmuuden lähde metsikön nettonykyarvon ennustamisessa liittyy tiedon hankintaan metsien nykytilasta, eli metsien inventointiin. Kuvioittaisella arvioinnilla, kuten myös kaukokartoitukseen perustuvilla menetelmillä hankittu tieto metsistä sisältää väistämättä erilaisia virheitä. Virheet voivat olla luonteeltaan joko systemaattisia, jolloin mitatut tunnusluvut ovat harhaisia, tai satunnaisia, jolloin tunnusluvuissa on hajontaa. Mittausvir-

heet johtavat tiedon puutteeseen ja epävarmuuteen; metsää kuvaavien tunnuslukujen todellisia arvoja, eli metsän nykytilaa, ei tunneta. Virheiden laatu ja suuruus vaihtelee suuresti eri menetelmien välillä, mutta vaihtelua on paljon myös samalla menetelmällä tuotettujen tietojen virheissä. Virheet voivat olla hyvin erilaisia esimerkiksi erityyppisissä ja eri kehitysvaiheissa olevissa metsissä.

Toinen merkittävä epävarmuuden lähde metsikön nettonykyarvon määrittämisessä liittyy metsän kasvun ennustamiseen. Metsän kasvuun, kuten luonnossa tapahtuviin prosesseihin yleensäkin, liittyy huomattavasti satunnaisuutta, jota on hankala ottaa huomioon kasvumalleissa. Tämän vuoksi todellinen metsän kasvu saattaa erota suurestikin kasvusimulaattorin ennusteesta, eli kasvuennusteet sisältävät sekä systemaattisia että satunnaisia virheitä. Kasvuennusteiden virheiden takia metsän tulevaa kehitystä ei tunneta tarkasti ja siten tietoon metsän tilasta tulevina ajanhetkinä liittyy epävarmuutta. Tämä epävarmuus vaikuttaa voimakkaasti myös ennusteisiin tulevista tuloista ja menoista, jotka edelleen vaikuttavat metsän nettonykyarvoon.

Koska metsän nettonykyarvo perustuu tulevista hakkuista saataviin tuloihin ja käsittelyistä koituviin menoihin, on odotuksilla myytävän puun tulevasta hinnasta suuri merkitys. Puutavaralajien tulevan hinnan ennustaminen tarkasti on kuitenkin käytännössä mahdotonta, toisin sanoen puutavaralajien tuleviin hintoihin liittyy epävarmuutta. Tämä epävarmuus vaikuttaa ennustettuihin hakkuista saataviin tuloihin, mikä luonnollisesti vaikuttaa metsän nettonykyarvon ennusteeseen.

Metsien tulevaan kehitykseen liittyy myös riski erilaisista metsän kehitystä haittaavista tekijöistä, kuten voimakkaiden myrskyjen, metsäpalojen, painavan lumen sekä hyönteisten ja tautien aiheuttamista tuhoista. Näillä usein vaikeasti ennustettavilla tapahtumilla on negatiivinen vaikutus metsän nettonykyarvoon.

Kaikki edellä mainitut epävarmuuden lähteet vaikuttavat osaltaan siihen, että metsikön nettonykyarvon ennustaminen täysin luotettavasti on käytännössä mahdotonta. Edellä mainittujen epävarmuuden lähteiden vaikutuksia metsän kehityksen ennustamisessa ja metsäsuunnitelmassa on tarkasteltu useissa tutkimuksissa. Aiemmissä tutkimuksissa on kuitenkin yleensä tarkasteltu vain yhtä tai

kahta epävarmuuden lähdettä samanaikaisesti. Jotta eri epävarmuuden lähteistä ja niiden vaikutuksista saataisiin realistisempi kuva, tulisi tarkastelussa ottaa huomioon kaikki merkittävät epävarmuuden lähteet.

Miten nettonykyarvon epävarmuutta voidaan mallintaa?

Eräs tapa kuvata epävarmuutta on käyttää jakaumia yksittäisten lukujen, eli niin sanottujen piste-estimaattien sijaan. Esimerkiksi metsästä mitattuja keskitunnuksia voidaan kuvata keskiarvolla ja hajonnalla. Tämä luonnollisesti edellyttää tietoa eri mittausmenetelmien tyypillisistä virheistä ja niiden hajonnoista. Metsän kasvuennusteisiin liittyvää epävarmuutta voidaan myös kuvata jakaumien avulla, mikä taas edellyttää tietämystä kasvumalleihin liittyvästä hajonnasta. Puutavaran hinnan määräytymistä on mallinnettu lukuisin eri lähestymistavoin. Hintamallit ovat yleisesti satunnaismalleja, joissa hintojen vaihtelun taso määritellään aiempien hintasarjojen perusteella.

Metsikön nettonykyarvon epävarmuuden mallintaminen edellyttää tietoa inventointitiedon ja kasvuennusteiden virheiden jakaumista sekä mallin puutavaran hintojen satunnaisesta käyttäytymisestä. Lisäksi, jos eri riskien vaikutusta metsikön nettonykyarvon jakaumaan halutaan mallintaa, tulee käytössä olla mallit riskien toteutumistodennäköisyyksille ja vaikutuksille. Yleisesti käytetty ja nettonykyarvon jakauman mallintamiseen sopiva menetelmä on Monte Carlo -simulointi. Seuraavassa on yksinkertaistettu kuvaus nettonykyarvon jakauman määrittämisestä Monte Carlo -menetelmällä.

1. Simuloinnin lähtötietoihin luodaan satunnaisia virheitä jakaumasta, jolla kuvataan inventointimenetelmälle tyypillisiä virheitä.
2. Metsän kehitystä simuloidaan seuraavaan uudistamiseen saakka kasvumalleilla, joiden tuottamiin kasvuennusteisiin lisätään satunnaisia ennustevirheitä.
3. Metsässä tehtävien toimenpiteisiin, erityisesti hakkuisiin liittyvät tulot ja menot ennustetaan hintojen ja kustannusten satunnaismalleilla.

4. Metsässä tehtävät toimenpiteet ja niiden ajoitukset optimoidaan maksimoiden metsiköiden nettohyötyarvoa ja käyttäen tarkoitukseen sopivaa optimointimenetelmää.
5. Kohdat 1.–4. toistetaan tarpeeksi monta kertaa jokaiselle metsikölle.

Tuloksena tämäntyyppisestä simuloinnista saadaan jokaiselle metsäkuviolle suuri määrä nettohyötyarvon ennusteita, eli nettohyötyarvon jakauma. Sama analyysi voidaan toteuttaa myös siten, että yhtäaikaaisesti epävarmuutta aiheuttaa vain yksi tai useampi mahdollisista epävarmuuden lähteistä. Tällöin saadaan tietoa siitä, miten eri epävarmuuden lähteet vaikuttavat metsikön nettohyötyarvon jakaumaan yksin ja yhdessä. Ensimmäisten tutkimustulostemme mukaan metsiköiden inventointivirheet ja kasvuennusteiden satunnaisvirheet aiheuttavat huomattavasti enemmän epävarmuutta nettohyötyarvon ennusteissa kuin raakapuun hintavaihtelut.

Johtopäätökset

Yhteenvetona voidaan todeta, että metsän nettohyötyarvon ennusteisiin liittyy merkittävää epävarmuutta. Tähän on syynä epävarmuustekijöiden suuri määrä ja niiden mallinnuksen vaikeus, yksittäisten epävarmuustekijöiden yhteisvaikutukset sekä metsätalouden harjoittamisen pitkä aikajänne.

Eri epävarmuuden lähteiden samanaikainen tarkastelu avaa mahdollisuuden saada tietoa siitä, mikä epävarmuuden vähentäminen parantaisi eniten ennusteen varmuutta. Käytännössä metsikön nettohyötyarvon määrittämisen epävarmuutta voidaan pienentää ainakin kahdella tavalla, eli hankkimalla entistä tarkempaa ja luotettavampaa inventointitietoa tai kalibroimalla kasvuennusteita toteutuneen kasvun perusteella, mikä vaatii joko kasvukairauksia tai historiatietoa menneestä kasvusta. Uutta metsien inventointi- ja suunnittelujärjestelmää ollaan parhaillaan ottamassa käyttöön ainakin yksityismetsissä sekä metsähallituksessa. Nyt onkin herkullinen hetki miettiä eri epävarmuuden lähteitä ja niiden huomioon ottamista metsiköiden ja metsäkiinteistöjen nettohyötyarvon laskennassa myös käytännön tasolla.

Jatkossa on pohdittava, kuinka paljon nettohyötyarvolaskennan kautta saadulle metsätaloudelliselle

nettohyötyarvoennusteelle kannattaa metsäkiinteistöjen taloudellisessa arvonnäilytyksessä laittaa painoa. Nettohyötyarvon ennusteelle on ainakin pystyttävä liittämään epävarmuuden suuruutta kuvaavia tunnuslukuja. Toisaalta lienee selvää, että on edelleen kehitettävä menetelmiä myös markkinoiden huomioon ottamiseen metsäkiinteistöjen arvonnäilytyksessä.

Kirjallisuus

- Holopainen, M. & Viitanen, K. 2009. Käsitteistä ja epävarmuudesta metsäkiinteistöjen taloudellisen arvonnäilytyksessä. *Metsätieteen aikakauskirja* 2/2009: 35–140.
- Holopainen, M., Mäkinen, A., Rasinmäki, J., Hyypä, J., Hyypä, H., Kaartinen, H., Viitala R., Vastaranta, M. & Kangas, A. Effect of tree level airborne laser scanning accuracy on the timing and expected value of harvest decisions. *European Journal of Forest Research*, in press.
- Holopainen, M., Mäkinen, A., Rasinmäki, J., Hyytiäinen, K., Bayazidi, S. & Pietilä, I. Comparison of various sources of uncertainty in stand-level net present value estimates. *Forest Policy and Economics*, in press.
- Mäkinen, A., Holopainen, M., Rasinmäki, J. & Kangas, A. 2009. Propagating the errors of initial forest variables through stand- and tree-level growth simulators. *European Journal of Forest Research*, in press.

■ MMM Antti Mäkinen ja dos. Markus Holopainen, Helsingin yliopisto, metsävarojen käytön laitos.
Sähköposti antti.makinen@helsinki.fi