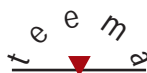


Markku Ollikainen

Faustmannin mallin ja kahden periodin mallin vertailua



Johdanto

Metsäekonomisessa tutkimuksessa hyödynnetään pääasiassa kahta erillistä mallityyppiä kuvaamaan metsätaloutta. Toinen on perinteinen ja laajasti tunnettu Faustmannin kiertoaikamalli.¹ Uudempi, 1980-luvun tulokas metsäekonomiaan on kahden periodin mallitraditio. Tosin se ei ole taloustieteessä uusi ilmiö, vaan ”laajemmin viljelty” ja paremmin tutkittu kuin Faustmannin malli metsäekonomiassa konsanaan. Kahden periodin mallilla tarkoitetaan tässä ns. fisheriläistä kulutus-säästämismallia, joka on täydennetty kuvauksella puun kasvusta ja hakkuista.² Kun Faustmannin mallia on perinteisesti sovellettu ennen muuta Yhdysvalloissa, on kahden periodin malli peräisin pohjoismaista, ruotsalaisesta ja suomalaisesta metsäekonomisesta tutkimuksesta.

Faustmannin malli on saanut nimensä saksalaisen metsäinsinöörin Martin Faustmannin klassisesta

artikkelista, jonka julkaisusta on kulunut 150 vuotta. Näin juhlavuonna onkin syytä kysyä, miksi metsätalouden kuvaamiseen tarvitaan kaksi malliperhettä. Onko Faustmannin mallissa jotain vialla ja kahden periodin malli tarpeen sen puutteiden korjaamiseksi? Vai onko kahden periodin malli tarpeeton, jopa harmillinen, harharetki metsäekonomiassa, jonka historian hämärään mallin toivoisi heti vaipuvan? Toisaalta jos kummallekin löytyy sijaa, niin mikä on kummankin ”oma lokero” – toisin sanoen mikä ero on mallien luonteessa ja soveltuvuudessa?

Tässä esitelmässä yritetään hahmottaa alustavaa vastausta yllä oleviin, luonteeltaan varsin metodologisiin kysymyksiin. En ryhdy soveltamaan tieteenfilosofiaa mallien tarkasteluun – se ei olisi kiinnostavaa. Sen sijaan valitsen eräitä tutkimuksen tekemisen tarpeista katsottuna luontevia, joskin varsin pragmaattisia, näkökulmia mallien tarkasteluun. Esittelen aluksi mallit lyhyesti. Sitten tarkastelen niiden perusoletuksia ja luonnetta metsätalouden suunnittelun ja metsänomistajien käyttäytymisen tutkimisen valossa. Lopuksi keskustelen mallien empiirisestä testattavuudesta ja soveltamiskelpoisuudesta. Luonnollisesti arvioni on ehdollinen malleista tähän asti julkaistuille tutkimuksille.

Faustmannin kiertoaikamallin ja kahden periodin mallin peruspiirteet

Tarkastellaan metsätalouden harjoittamista tilan-

1 Faustmannin kiertoaikamalli on vanhin osa luonnonvarojen käytön taloustiedettä. Perustan mallityypille loi Martin Faustmann 1849, mutta hänelläkin oli edeltäjänsä. Merkittävämpää jalansijaa Faustmannin malli sai Yhdysvalloissa P.A. Samuelsonin klassisen artikkelin (1976) myötä. Mallin laajennuksiin kuuluvat metsän virkistyskäyttö- ym. arvojen sekä metsänhoidon intensiteetin sisällyttäminen malliin (ks. Hartman 1976, Hyde 1980 ja Chang 1983).

2 Ensimmäinen kunnollinen esitys kahden periodin hakkuumallista on Johansson ja Löfgren 1985. Mallin formuloinnin täydellisti Koskela (1989), ja virkistyskäytön ja muiden hyötyjen kuvauksen esitti Ovaskainen (1992).

teessa, jossa kaikki markkinat ovat täydelliset ja metsänomistajat tietävät varmuudella kaikki relevantit parametrit. Tällöin voimme keskittyä kummankin mallin yksinkertaisiin formulaatioihin ja voimme erottaa niiden perusominaisuudet selkeimmin. Metsänomistajan oletetaan välittävän vain puunmyyntituloista (liitteessä malli tilanteessa, jossa metsänomistaja arvostaa sekä myyntituloja että metsän ”muita hyötyjä”).

Faustmannin kiertoaikamalli

Paul Samuelson (1976) kirjaa joukon oletuksia, joiden täytyy olla voimassa, jotta kiertoaajan perusongelma on hyvin määritelty. Seuraavia neljää hän kutsuu herooisiksi oletuksiksi: tulevat hinnat ja kustannukset tiedetään varmasti; pääomamarkkinat ovat täydelliset; maamarkkinat ovat täydelliset ja puun kasvufunktio tunnetaan. Jos oletamme taloudelliset parametrit vakioiksi yli ajan, on optimaalisen kiertoaajan pituus vakio yli ajan. Metsänomistaja maksimoi metsämaasta saatavaa myyntitulojen nykyarvoa yli äärettömän aikahorisontin. Kun puun hinta on p , istutuskustannus c , metsän kasvufunktio $f(t)$ ja reaalikorko r , omistajan maksimointiongelma (ns. Faustmannin kaava), on seuraava

$$\underset{\{t\}}{\text{Max } V} = [pf(t)e^{-rt} - c](1 - e^{-rt})^{-1} \quad (1)$$

Maksimointiongelman ratkaisuna saadaan ns. Faustmannin sääntö

$$pf'(t) = rpf(t) + rV \quad (2)$$

jonka mukaan metsä tulee kaataa silloin (optimaalinen kiertoaika, t^*), kun sen arvokasvu eli rahamääräinen tuotto vastaa puustoon ja maapohjaan sidotun pääoman vaihtoehtokustannusta.

Hinnan ja koron nousu lyhentävät kiertoaikaa, kun taas istutuskustannusten nousu pidentää sitä.

$$t^* = t^*(p, r, c) \quad (3a)$$

Entä puun tarjonta markkinoille? Faustmannin mallissa puun tarjontaa kuvataan keskimääräisillä vuo-

tuishakkuilla, toisin sanoen

$$x_F^s = \frac{f(t^*)}{t^*}.$$

Puun hinnan ja reaalikoron nousu vähentävät ja istutuskustannusten nousu lisää puun pitkän aikavälin tarjontaa, jos kiertoaika on lyhyempi kuin maksimaalisen kestävän tuoton mukainen kiertoaika.

$$x_F^s = x_F^s(p, r, c) \quad (3b)$$

Jos metsänomistaja arvostaa myös metsän muita hyötyjä, niin optimaalinen kiertoaika pitenee ja ääritapauksissa hakkuista voidaan pidättäytyä kokonaan (ks. liite).

Kahden periodin kulutus-säästämishakkuumalli

Kahden periodin mallissa metsänomistaja maksimoi hyötyään nykyisestä ja tulevasta kulutuksesta (c_1 ja c_2), kun hänen tulonsa koostuu metsänmyynti- ja muista (I_1 ja I_2) tuloista. Metsänomistajalla on alkuperäispuusto Q , josta hän hakkaa osan x nykyisellä suunnittelujaksolla (periodi 1) ja jättää osan z hakattavaksi tulevaisuudessa (periodi 2). Puusto kasvaa periodien välissä siten, että kasvu $f(Q - x)$ riippuu biomassasta, ei iästä. Olkoon puun hinta p_1 ja p_2 ja reaalikorkotehtijä $(1 + r) = R$. Metsänomistaja ratkaisee seuraavan maksimointiongelman.

$$\underset{\{c_1, x\}}{\text{Max } U} = u(c_1) + \beta u(c_2) \quad (4a)$$

$$z = (Q - x) + f(Q - x) \quad (4b)$$

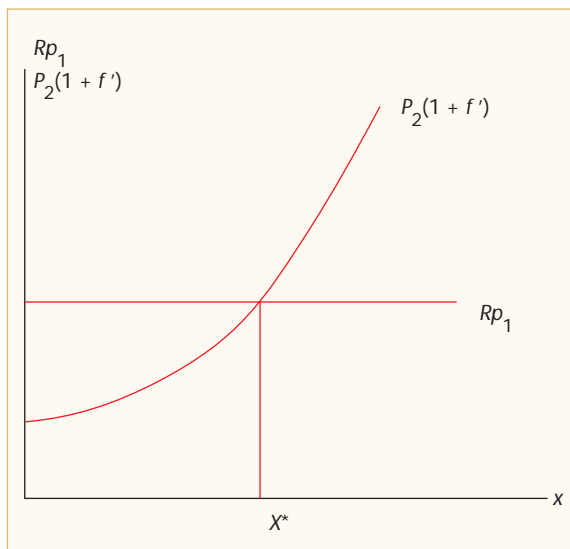
$$c_2 = p_2 z + I_2 + R(p_1 x + I_1 - c_1) \quad (4c)$$

Hakkuusäännön

$$Rp_1 - (1 + f')p_2 = 0 \quad (5)$$

mukaan viimeisestä hakatusta yksiköstä saatavan tulon tulee olla yhtä suuri kuin mitä saataisiin, jos se jätettäisiin kasvamaan hakattavaksi toisella periodilla. Puun hinnan ollessa stationaarinen ($p_1 = p_2 = p$) hakkuut riippuvat vain kasvusta ja korosta.

Puun lyhyen aikavälin tarjonta x^s riippuu positiiv-



Kuva 1. Nykyisten hakkuiden määrätymisen kahden periodin mallissa. Metsänomistaja valitsee nykyiset hakkuut yhtäläistämällä hakkuiden rajatuoton (Rp_1) hakkuiden vaihtoehtokustannukseen ($p_2(1 + f')$). Vaihtoehtokustannus nousee sitä jyrkemmin, mitä enemmän hakataan, koska jäljelle jäävien puiden kasvun voimistuu.

visesti (negatiivisesti) nykyisestä (tulevasta) hinnasta ja positiivisesti reaalikorosta sekä puun alkuvallisuudesta.

$$x^s = x^s(p_1, p_2, r, Q) \quad (8)$$

Jos metsänomistaja arvostaa myös metsän muita hyötyjä, niin nykyisen periodin tarjonta supistuu (ks. liite).

Faustmannin ja kahden periodin mallin luonteesta

Metsätalousmalleja käytetään joko metsätalouden suunnitteluun tai metsänomistajien käyttäytymisen tutkimukseen. Ohjekiertoaikojen tai harvennusten ajoitusten laskeminen ovat esimerkkejä edellisestä käyttötavasta. Hakkuu- ja markkinakäyttäytymisen tutkimuksessa tavoitteena on ennen muuta tuottaa puun tarjontafunktio. Se on tärkeä teoreettisen ja empiirisen tarjontatutkimuksen tarpeista katsottuna,

ja keskeinen työkalu laajempien mallien (esimerkiksi markkinamallit) rakentamisessa. Tässä luvussa yritetään identifioida, millaisia oletuksia metsänhoidosta ja metsien hakkuista sisältyy kumpaankin malliin ja kuinka ne ilmenevät puun tarjontafunktion ominaisuuksissa, kun mallien kumpikin käyttö-tarkoitus otetaan huomioon.

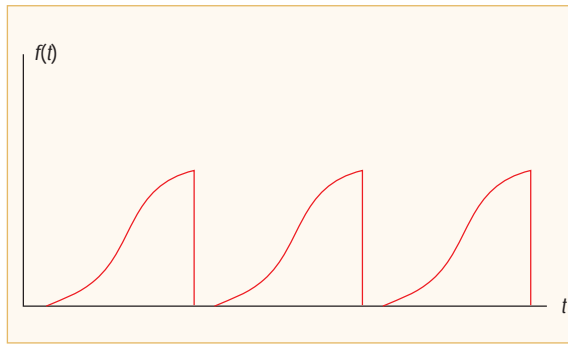
A. Metsän kasvun ja hakkuiden kuvaus

Tarkastellaan kasvufunktiota Faustmannin kaavassa (1). Se kuvaa yhden puun tai tasaikäisen metsän kasvua. Mallin lähtökohtana on tasaikäisen metsän – yhden metsikön tai kauttaaltaan yhtä ikäluokkaa olevan metsälön – istuttaminen, kasvatusta ja hakkuu annettulla maa-alalla. Kun puusto saavuttaa taloudellisen hakkuukypsyyden, se hakataan kokonaisuudessaan ja tilalle istutetaan uusi metsä.

Kahden periodin mallin kasvufunktio ja oletettu hakkuutapa poikkeavat selvästi kiertoaikamalleista. Metsää tarkastellaan kokonaisuutena, jota ei hakata paljaaksi, vaan osa puustosta jätetään kasvamaan. Täten metsän kasvatusta ja hakkuun näkökulmasta katsottuna kahden periodin mallin voi tulkita kuvaavan valikoivia hakkuuita. Toisin sanoen kysymys on pikemminkin ns. jatkuvan kasvatusta metsästä kuin päätehakkuihin perustuvasta uudistamisesta.

Mitä johtopäätöksiä mallien metsän kasvatusta ja hakkuuita koskevista eroista on syytä tehdä? Selvää on, että Faustmannin mallin kuvaus vastaa meillä vallitsevaa metsänhoito- ja hakkuutapaa ja on siitä näkökulmasta ”realistisempi”. Siksi Faustmannin malli soveltuu hyvin suunnitteluun tai metsämaan arvon tarkasteluun, mihin kahden periodin mallilla ei ole ollut annettavaa. Metsätalouden suunnittelussa Faustmannin malli on epäilemättä ollut ylivoimainen verrattuna kahden periodin malliin. Sanottu pätee ennen muuta silloin, kun metsistä halutaan vain puunmyyntituloja. Jos otamme huomioon metsistä saatavat ”muut hyödyt”, asetelma saattaa jo olla monimutkaisempi. Tarkastellaan asiaa hieman lähemmin.

Oletetaan, että metsänomistaja arvostaa myös metsän muita hyötyjä. Tällöinkin hän Faustmannin mallin sisäpisteratkaisun mukaan hakkaa maan paljaaksi (liite, yhtälö A.2). On kuitenkin syytä kysyä, onko näin toteutuva muiden hyötyjen intertempo-



Kuva 2. Hakkuut, puuston ja ”muiden hyötyjen” kasvu Faustmannin kiertoaikamallissa. Faustmannin mallin sisäpisteratkaisun mukaan metsänomistaja päätehakkaa koko puustonsa, jolloin metsän muiden hyötyjen palvelusvirta laskee aluksi noltaan ja lisääntyy sitten puuston kasvun myötä. Voidaan kuitenkin kysyä, onko tämä ”muiden hyötyjen” intertemporaalinen jakauma optimaalinen?

raallinen jakauma ”optimaalinen”. Miksi hakata kaikki sileäksi, jos kerran arvostaa pystypuustoa?³ Eikö olisi järkevämpää jättää osa puustosta pystyyn, jotta virkistyskäyttö ja muut hyödyt hyödyt eivät romahtaisi noltaan? Kahden periodin mallissa (liite, A.5) metsän ”muiden hyötyjen” palvelusvirta ei laske noltaan, koska metsämaata ei hakata paljaaksi. Tuntuuko tämä ”järkevämmältä” silloin, kun metsän muita hyötyjä pidetään tärkeinä?

Keskustelu lähestyy nyt huolestuttavasti metsäalalla mieltä kuohuttavaa teemaa – metsän jatkuvaa kasvatusta. Siihen ei kuitenkaan tarvitse ottaa kantaa. Todetaan vain, että kummassakin mallissa otetaan annettuna jokin metsänhoidon teknologia, mutta ei tarkastella sen valintaa! Eikö meidän tulisi ottaa vakavasti metsänomistajan (yhteiskunnan) preferenssit ja pyrkiä karakterisoimaan teoreettisella tasolla, mitkä tekijät vaikuttavat siihen onko optimaalista käyttää avohakkuuta, luontaista uudistamista, vaiko kenties jatkuvaa kasvatusta? Empiiristen estimaattien kehittäminen näille keskeisille tekijöille

³ Perusmallin julkilausumaton oletus lienee, että metsänomistajalla on useita metsiköitä, jolloin vain osa metsälöistä on kerrallaan hakattu paljaaksi. Yleensä tätä ei kuitenkaan endogenisoida analyysiin – eivätkä havaittavat metsälöt yleensä noudata normaali-metsän ikäluokkajakaamaa.

auttaisi päättelemään mihin ”nurkkaan” milloinkin päädytään. Tässä valossa Faustmannin mallin ylivoimaisuus suhteessa kahden periodin malliin saattaa heiketä. Tärkeämpi johtopäätös luonnollisesti on, että kummankin mallin parissa on tässä suhteessa paljon tehtävää.

B. Puun tarjontafunktio

Taloustieteessä tarjontafunktio kuvaa, kuinka hyödykkeen tarjottu määrä muuttuu, kun eksogeeniset parametrit muuttuvat. Yleensä tarjontafunktio on oman hinnan suhteen nouseva. Faustmannin malli tuottaa (epäsuorasti ja normaalimetsän oletuksin) puun pitkän aikavälin tarjontafunktion, joka vastaa yhden metsikön/metsähehtaarin keskituotosta kiertojen vuotta kohti (ks. Hyde 1980). Edellä nähtiin, että puun hinnan nousu pienentää tarjontaa. Kahden periodin malli taas tuottaa lyhyen aikavälin tarjontafunktion, joka on normaaliin tapaan nykyisen hinnan suhteen nouseva ja tulevan hinnan suhteen laskeva.

Faustmannin mallin taaksepäin kaartuva tarjontakäyrä kuvaa maan rajallista tuotantokykyä. Se on sinänsä adekvaatti kuvaus. Vaikka empiirisiä tutkimustuloksia ei juurikaan ole, on mahdollista, että omistajakohtaisesta aineistosta tällainen rajallisuuden efekti löytyy. Puun markkinatarjonnan analyysin kannalta Faustmannin mallin tarjontafunktio on kuitenkin problemaattinen. Jos tutkimme metsänomistajien käyttäytymistä markkinoilla on vaikea uskoa, että puun hinnan nousu laskee puun tarjontaa. Fyysiseen tuottoon ja keskimääräishakkuisiin perustava tarjontafunktio ei ole erityisen sovelias työkalu markkinatarjonnan analyysiin.

Mallien soveltuvuus hakkuukäyttötymisen analyysiin

Faustmannin mallin tarjontafunktion taustalla on voimakkaita oletuksia. Niihin kuuluvat mm. oletukset tiedon varmuudesta ja puun hinnan vakioisuudesta sekä laajemmassa mielessä hakkuiden separoituvuudesta metsänomistajan preferensseistä. Näillä oletuksilla esimerkiksi metsänomistajan hintaodotuksille ei juurikaan jää roolia, tai metsänomistajakohtaisilla ominaisuuksilla ei pitäisi olla vaikutusta tarjontakäyttötymiseen. Empiiriset tarjonta-

tutkimukset puhuvat kuitenkin toista: omistajakohdaisilla tekijöillä ja hintaodotuksilla on vaikutusta puun tarjontaan. Lyhyesti sanoen Faustmannin mallin tarjontaennusteet eivät ole korroboroituneet ekonometrisissa tutkimuksissa. Toisaalta aivan viime aikoihin asti Faustmannin mallia ei ole juurikaan vakavasti testattu ekonometrisin menetelmin (merkittävä poikkeus on Kuuluvainen ja Tahvonen 1999, ks. Kuuluvaisen esitelmä tässä numerossa).

Tietysti voi kysyä lieneekö testaamiselle erityistä tarvettakaan, jos Faustmannin mallin keskimääräistarjonta kuvaa ainoastaan maan fyysisen tuotantokyvyn rajallisuutta. Ehkäpä Faustmannin malli ei olekaan ”empiirinen malli” siinä mielessä, että sen voisi sanoa perustuvan taloudenpitäjien markkinaikäyttyymiseen, vaan pikemmin normatiivinen ”kaava” metsätalouden suunnittelua varten.

Kahden periodin malli ja siitä johdettava tarjontafunktio soveltuvat puun tarjonnan markkinatutkimukseen. Malliin on helppo liittää epävarmuus (hinnasta, kasvusta, korosta) tai pääomamarkkinoiden epätäydellisyys. Tulevan hinnan epävarmuus antaa myös pohjan odotuksia koskevien hypoteesien luomiselle. Kahden periodin mallilla onkin ollut suhteellinen etu suhteessa Faustmannin malliin empiirisen tarjontatutkimuksen pohjana. Pääosa empiirisestä tutkimuksesta perustuukin juuri kahden periodin malleista johdettuihin hypoteeseihin.

Mallien adaptoitavuus: mallit osana laajempia malleja

Metsäekonominen tutkimus ei luonnollisesti voi tyytyä pelkkään partiaaliansalyyysiin, tarjontapuolen yksinomaiseen tarkasteluun. Metsätalous on vain osa metsäsektoria, jolla on tärkeä merkitys koko kansantaloudessa. Siksi on tärkeä tietää, kuinka puun hinta vaikuttaa puun kysyntään, sekä kuinka puun tasapainohinta ja -määrä määräytyvät markkinoilla. Markkinamalleja yleisempiäkin malleja tarvitaan. Esimerkiksi metsien kokonaiskäytön, so. eri käyttömuotojen, analyysi ja yhteiskunnallinen ohjauksen järjestäminen edellyttää puumarkkinoiden analyysin yhdistämistä vielä yleisempään, yhteiskunnallista päätöksentekoa kuvaavaan mallirakenteeseen.

Biologisen monimutkaisuutensa ja aggregaattitarjonnan analyysin liittyvien ongelmien vuoksi Faust-

mannin mallin keskimääräistarjontafunktiota on – ainakin tähän saakka – ollut vaikea yhdistää osaksi yleisempiä mallirakenteita (sellaisia malleja ei ainakaan ole tiedossani). Sen sijaan kahden periodin mallista johdettava tarjontafunktio näyttää soveltuvan erinomaisesti laajempien mallien rakennusosaseksi. Tässä mallien ero on nähdäkseni suurimmillaan. Lienee paikallaan nimetä eräitä suuntia, jossa tämä mallien ero näkyy selkeänä.

Metsäverotuksen teoria saavutti Faustmannin mallin puitteissa tähänastisen rajansa verojen ja kiertojen välisen suhteen määrittelyssä. Parhaimmillaan mallin pohjalta, mutta ei siitä johdettuna, metsäverotusta analysoineet saattoivat suositella neutraaleja veroja. Kahden periodin mallin yhdistäminen yhteiskunnan hyvinvointifunktion kautta metsien tuottamien ulkoisvaikutusten analyysiin ja valtion verotulokertymään on johtunut koko metsäverotusta koskevan kirjallisuuden uudelleenkirjoittamiseen teemoinaan mm. verotus ja ulkoisvaikutusten sisästäminen, verotuksen kohtaanto metsäsektorilla, sekä verotus ja epävarmuus (ks. Amacher ja Braze 1998, Koskela ja Ollikainen 1997, 1998a).

Faustmannin mallin pohjalta ei tietääkseni ole tähän saakka kyetty etenemään mikroperusteista johdettuihin raakapuumarkkinoiden toimintaa kuvaaviin malleihin. Tämä onkin teorian alue, jolla kahden periodin mallista saatava tarjontafunktio on johtanut uusien tutkimuslinjojen syntyyn. Paitsi täydellisen kilpailun markkinoiden, myös epätäydellisen kilpailun muotojen analyysissä on nojaututtu kahden periodin mallin tarjontafunktioon. Raakapuumarkkinamallien myötä metsäekonomiaan on avautunut koko joukko uusia tutkimusteemoja, kuten metsäpolitiikan muotoilun tai metsäteollisuuden kansainvälinen kilpailukyvyn analyysi (Koskela ja Ollikainen 1998b ja 1999).

Pääomamarkkinoiden epätäydellisyyden aito endogenisointi edellyttää paitsi metsänomistajien, myös pankkien käyttäytymisen mallinnusta. Kahden periodin mallissa tarkasteltiin ensiksi eksogeenisen luotonsäännöstelyn vaikutuksia, minkä jälkeen luotonsäännöstely myös endogeenisoitiin (Ollikainen 1996). Lopuksi on syytä mainita, että kahden periodin malli yleistyy pitkän aikavälin malliksi rikkaammassa kehikossa, limittäisten sukupolvien mallissa. Kahden periodin malli toi metsäekonomiseen keskusteluun esimerkiksi metsäperintöjen jät-

tämisen merkityksen (näitä on sittemmin käsitelty myös Faustmannin mallissa, ks. Tahvonen 1998) ja ensimmäiset veropolitiikan ja muihin hyötyihin liittyvien ulkoisvaikutusten analyysit (Ollikainen 1998, Amacher ym. 1999).

Faustmannin malli on tähän saakka jäänyt partiiaalimalliksi. On kiinnostavaa nähdä löydetäänkö sellaisia formulaatioita, joissa tämä ”puute” korjaantuu. Viime aikoina Faustmannin mallia on laajennettu varsin kiinnostavasti ja elegantisti. Monet laajennuksista ovat perustuneet kahden periodin mallin tutkimusohjelmaan, joten tässä suhteessa kahden periodin malli on osoittanut teoreettisen hedelmällisyytensä. Toisaalta samalla on käynyt ilmi, että Faustmannin mallin kehittämisessä on runsaasti käyttämättömiä mahdollisuuksia ja että se on joustavampi kuin yleensä on ajateltu.

Johtopäätöksiä

Millaisia johtopäätöksiä sanotusta voi tehdä? Selvältä vaikuttaa, että Faustmannin mallin suhteellinen etu on ennen muuta käytännön metsätalouden suunnittelussa. Koska malli kuvaa hyvin nykyistä metsänhoitotapaa, se soveltuu erinomaisesti metsämaan arvon tarkasteluun, harvennus- ja päätehakuiden ajankohtia koskevien hoitosuosittelujen pohjaksi jne. Voisi veikata ettei sen asema tule näissä teemoissa horjumaan tulevaisuudessakaan. Yhtä selvää on, että kahden periodin mallin etuna on hyvä soveltuvuus markkinakäyttäytymisen tutkimiseen, puumarkkinoiden mallintamiseen ja metsäpolitiikan analyysiin.

Kun käytännön tutkimuksessa valitaan käytettävää mallityyppiä, kyseessä ei siis pitäisi olla sen ”ainoan oikean” valinta, vaan kuhunkin ongelmaan tarkoituksenmukaisesti soveltuvan mallin käyttö. Mielestäni kunnan metsäekonomistin tulisi hallita molemmat teoreettiset kehikot. Vaikka voikin sanoa, että metsäekonomisen tutkimuksen pitäytyminen pelkästään Faustmannin mallissa 70- ja 80-luvuilla on hidastanut sen kehitystä, on selvää, että kummankin mallin piirissä on lukuisia kysymyksiä analysoitavaksi. Itse asiassa onkin hämmästyttävää miten vähän perinteistä Faustmannin mallia on kehitelty teoreettisesti eteenpäin. Voimme tyydytyksellä panna merkille, että paitsi kahden periodin

mallin ja siihen perustuvan tutkimusohjelman kehittämässä myös Faustmannin mallin kehittämisessä kotimainen metsäekonominen työ on ollut merkittävää. Etenemismahdollisuuksia on siis paljon, joten tärkein johtopäätös onkin, että kumpaakin malliperhettä on ”viljeltävä” voimallisesti.

Kiitän Erkki Koskela, Ville Ovaskaista sekä seminaarin osallistujia saamistani hyödyllisistä kommentteista. Olen luonnollisesti itse vastuussa kirjoituksessa esitetyistä tulkinnoista.

Kirjallisuus

- Amacher, G. & Brazee, D. 1997. Designing forest taxes with varying government preferences and budget targets. *Journal of Environmental Economics and Management* 32: 323–340.
- , Brazee, D., Koskela, E. & Ollikainen, M. 1999. Forest taxation, bequests, and the long run timber supplies: an overlapping generations problem. *Environmental and Resource Economics* 13: 269–288.
- Chang, S.J. 1983. Rotation age, management intensity and the economics factors of timber production: Do changes in stumpage prices, interest rate, regeneration costs and forest taxation matter? *Forest Science* 29: 267–277.
- Faustmann, M. 1849. Berechnung des Wertes welchen Waldboden sowie noch nicht haubare Holzbestände für die Wladwirtschaft besitzen. *Allgemeine Forst und Jagd Zeitung* 25: 441–455. (Englanniksi: *Journal of Forest Economics* 1: 7–44).
- Hartman, R. 1976. The harvesting decision where a standing forest has value. *Economic Inquiry* 14: 52–58.
- Hyde, W. 1980. Timber supply, land allocation and economic efficiency. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Johansson, P-O. & Löfgren, K-G. 1985. The economics of forestry and natural resources. Basil Blackwell, Oxford.
- Koskela, E. 1989. Forest taxation and timber supply under price uncertainty: perfect capital markets. *Forest Science* 35: 137–159.
- & Ollikainen, M. 1997. Optimal forest taxation with multiple-use characteristics of forest stands. *Environmental and Resource Economics* 10: 41–62.
- & Ollikainen, M. 1998a. Tax incidence and forest taxation under stochastic demand. *Forest Science* 44: 4–16.
- & Ollikainen, M. 1998b. A game-theoretic model of

- timber prices with capital stock: an empirical application to the Finnish forest sector. *Canadian Journal of Forest Research* 28: 1481–1493.
- & Ollikainen, M. 1999. Optimal public harvesting under the interdependence of public and private forests. *Forest Science* 45: 259–271.
- Kuuluvainen, J. & Tahvonen, O. 1999. Testing the forest rotation model: evidence from panel data. *Forest Science. Painossa*.
- Ollikainen, M. 1996. Analytics of timber supply and forest taxes under endogenous credit rationing – separability after all. *Journal of Forest Economics* 2: 93–130.
- 1998. Sustainable forestry: timber bequests, future generations and optimal tax policy. *Environmental and Resource Economics* 12: 255–273.
- Ovaskainen, V. 1992. Forest taxation, timber supply and economic efficiency. *Acta Forestalia Fennica* 233.
- Samuelson, P. 1976. Economics of forestry in an evolving society. *Economic Inquiry* 14: 466–492.
- Tahvonen, O. 1998. Bequests, credit rationing and in situ values in the Faustmann-Pressler-Ohlin forestry model. *Scandinavian Journal of Economics* 100: 781–800.
- & Salo, S. 1999. Optimal forest rotation with in situ preferences. *Journal of Environmental Economics and Management* 37: 106–128.

■ Prof. Markku Ollikainen toimii Helsingin yliopiston kansantaloustieteen laitoksella.

Liite: Metsien muut hödyt

Faustmannin malli

Jos metsänomistaja on kiinnostunut puunmyyntitulojen ohella myös metsän muiden hyötyjen, $a(t)$ tuotannosta, maksimoi hän seuraavaa tavoitefunktiota.

$$\underset{\{t\}}{\text{Max}} \hat{V} = \left[pf(t)e^{-rt} - c + \int_0^t a(t)dn \right] (1 - e^{-rt})^{-1} \quad \text{A.1}$$

Metsän optimaalinen kiertoaika määräytyy nyt optimin ehdosta

$$pf'(t) + a(t) = rpf(t) + r\hat{V} \quad \text{A.2}$$

Kun $a(t)$ on positiivinen, eri muiden hyötyjen arvostus kasvaa puuston iän myötä, niin kiertoaika pitenee verrattuna yhtälön (1) tilanteeseen.

Kahden periodin malli

Metsänomistaja maksimoi kvasilineaarista tavoitefunktiota, joka on lineaarinen myyntitulojen suhteen ja konkaavi metsän muiden hyötyjen, joita kuvaa puuston määrä (k_1 ja k_2), suhteen konkaavi, periodeittaisen puuston määrän rajoitteilla A.3 ja A4.

$$\underset{\{x,z\}}{\text{Max}} U = p_1x + R^{-1}p_2z + v(k_1) + \beta v(k_2) \quad \text{A.3}$$

$$k_1 = (Q - x) \quad \text{A.4}$$

$$k_2 = (Q - x) + f(Q - x) - z \quad \text{A.5}$$

Hakkuusääntö

$$p_1 - (1 + f')R^{-1}p_2 = v'(k_1) \quad \text{A.6}$$

osoittaa, että ensimmäisen periodin hakkuut vähenevät verrattuna sääntöön (3).

Komparatiivinen statiikka nykyisille ja tuleville hakkuille on

$$x^s = x^s(p_1, p_2, r, Q) \quad \text{A.7}$$

+ - + +

$$z^s = z^s(p_1, p_2, r, Q) \quad \text{A.8}$$

- + + 0