

## Tavanomaisen ja luonnonmukaisen maidontuotannon tehokkuus

Timo Sipiläinen<sup>1)</sup>, Alfons Oude Lansink<sup>2)</sup> ja Kyösti Pietola<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>*MTT Taloustutkimus, Luutnantintie 13, 00410 Helsinki, etunimi.sukunimi@mtt.fi*

<sup>2)</sup>*Wageningen University, Business Economics Group, 6700 Wageningen, The Netherlands, alfons.oudelansink@wur.nl*

### Tiivistelmä

Luonnonmukainen tuotantoteknologia on melko tuntematon viljelijöille, kun he aloittavat siirtymisen tavanomaisesta tuotannosta luonnonmukaiseen. Sen vuoksi ajan myötä saatu kokemus saattaa olla tärkeä tekijä, joka vaikuttaa luonnonmukaisen tuotannon tekniseen tehokkuuteen. Teknisellä tehokkuudella tarkoitetaan tässä tutkimuksessa tietyillä panoksilla todellisuudessa saavutetun ja saavutettavissa olevan tuotoksen suhdetta. Jos tuotanto on täysin tehokasta, todellinen ja saavutettavissa oleva tuotos (tietyillä panoksilla) ovat samat. Jos kokemuksen kautta tapahtuu oppimista, sen pitäisi olla havaittavissa tehokkuuden lisääntymisenä kokemuksen myötä. Toisaalta muun muassa maaperän sopeutuminen luonnonmukaisen viljelyn prosesseihin saattaa viedä aikaa. Tämäkin muutos vaikuttaa tehokkuuden muutoksiin.

Tuotannon tekninen tehokkuus määritetään stokastisen tuotosetäisyysfunktion avulla. Etäisyysfunktiossa on kaksi tuotosta (maitomäärä ja muu tuotos) sekä viisi panosta (työtunnit, maa-ala, energia, muut muuttuvat panokset sekä kone- ja rakennuspääoma). Rahamääräiset panokset ja tuotokset on deflatoitu vuoden 2000 reaaliiseen tasoon. Etäisyysfunktio määritetään sekä kaikille maitotiloille yhdessä että tavanomaisille ja luonnonmukaisille erikseen. Etäisyysfunktioiden perusteella estimoidaan tekninen kehitys ja tekninen tehokkuus sekä sen muutokset. Myös skaalavaikutus määritetään niiden perusteella. Etäisyysfunktion estimoinnissa käytetään Battesen ja Coellin (1995) mallia, jonka perusteella voidaan arvioida myös kokemuksen vaikutusta tekniseen tehokkuuteen.

Tutkimusaineistona käytettiin MTT taloustutkimuksen kannattavuuskirjanpitoaineiston maitotiloja vuosilta 1995 – 2002. Tutkimusaineistossa on kaikkiaan 1921 havaintoa, joista luomutukea saatiin 159 tapauksessa. Luonnonmukaisen tuotannon tiloiksi luokitellut tilat eivät välttämättä tuottaneet luomumaitoa, vaan ainoastaan niiden peltoviljely täytti luomuehdot.

Tulosten mukaan joustojen ja teknisen kehityksen erot tavanomaisten ja luonnonmukaisten tilojen välillä ovat vähäisiä. Luonnonmukaisten tilojen tekninen tehokkuus on keskimäärin alempi kuin tavanomaisten verrattiinpa sitä kaikkien tai vain luonnonmukaisten tilojen kesken. Luonnonmukaisten tilojen tehokkuus verrattuna tavanomaisiin alenee aluksi selvästi luonnonmukaiseen tuotantoon siirryttäessä mutta hidastuen. 6-7 vuoden kuluttua luonnonmukaisen tuotannon aloittamisesta tekninen tehokkuus näyttää alkavan jälleen kohota. Siten siirtymä- ja oppimisprosessi luonnonmukaisessa tuotannossa näyttää olevan melko pitkä mm. siirtymäkauden tuen pituuteen verrattuna.

Asiasanat: tekninen tehokkuus, tuotosetäisyysfunktio, stokastinen rintamafunktio

## Johdanto

Luonnonmukaiset tuotantomenetelmät ovat suhteellisen tuntemattomia viljelijöille, kun he aloittavat siirtymisen luonnonmukaiseen tuotantoon. Ricci Maccarini and Zanoli (2004) ovat todenneet, että luonnonmukaiset kotieläintilat ovat keskimäärinteknisesti tehottomampia kaikkien tilojen yhteiseen tuotantorintamaan verrattuna, mutta tavanomaisia tehokkaampia omaan tuotantorintamaansa verrattuna. He arvioivat, että tämä keskimääräistä heikompi tehokkuus saattaa osittain selittyä sillä, että vaikeudet siirtyä tavanomaisesta luonnonmukaiseen tuotantoon usein aliarvioidaan. Voi kuitenkin olla mahdollista havaita oppimista, joka saattaa ilmetä monessa muodossa: tekninen muutos saattaa olla erilainen luonnonmukaisilla ja tavanomaisilla tiloilla, mutta myös tekninen tehokkuus saattaa muuttua eri tavoin ajan myötä. 'Tekemällä oppimista' painottavan kirjallisuuden mukaan koulutus ja liikkeenjohtokokemus voivat johtaa tuottavuuden kasvuun, kun tieto kasvaa kokeilujen tuloksena (Arrow 1962). On myös olemassa useita tutkimuksia, joissa on arvioitu kokemuksen vaikutusta tekniseen tai allokatiiviseen tehokkuuteen. Kumbhakar ym. (1991) ja Rougoor ym. (1998) ovat käyttäneet ikää, kokemusta ja koulutusta kuvattaessaan liikkeenjohtajan kyvykkyyttä. Reinhard ja Thijssen (1999) lisäsivät lehmäkohtaisen maitotuotoksen selittäviin muuttujiin, vaikka se onkin samanaikaisesti indikaattori erilaisista ruokintastrategioista. Stefanou ja Saxena (1988) käyttivät niin ikään ikää ja kokemusta selittävinä tekijöinä. Kumbhakar ja Bhattacharya (1992) käyttivät koulutusvuosia ja tilakokoa samaan tarkoitukseen.

Tässä artikkelissa mitataan ja verrataan luonnonmukaisen ja tavanomaisen tuotannon teknistä tehokkuutta ja testataan mahdollisen oppimisvaikutuksen olemassa oloa, eli kykenevätkö luonnonmukaiset tuottajat parantamaan tehokkuuttaan kokemuksen karttuessa. Oletamme, että viljelijä valitsee luonnonmukaisen tai tavanomaisen tuotannon, koska hän hyötyy siitä. Tämä voi siten aiheuttaa valikoitumista eri tuotantotapoihin. Mahdollista valikoitumisharhaa luonnonmukaisessa ja tavanomaisessa tuotannossa tarkastellaan käyttäen Heckmanin (1979) kaksivaiheista menetelmää.

## Aineisto ja menetelmät

Maitotila-aineisto on kerätty MTT taloustutkimuksen kirjanpitoaineistosta. Se sisältää yksityiskohtaiset tuotanto- ja kustannustiedot vuosilta 1995 – 2002. Aineistona on epätäydellinen 279 tilan paneeli. Havaintojen kokonaismäärä on 1921, ja luonnonmukaisien tilojen määrä on 49 (159 havaintoa). Vain osa luonnonmukaisista tiloista tuottaa luomumaitoa, koska luomu- ja tavanomaisten tilojen luokitteluperusteena on luonnonmukaiselle kasvintuotannolle maksettu tuki. Luomuviljelijöiden kokemus luomutuotannosta vaihtelee 1 – 11 vuoteen.

Analyseissa käytetään kahta tuotosta (maitoa ja muuta tuotosta) ja viittä panosta (työ, maa, energia, materiaalit ja pääoma). Maito (litraa), työ (tuntia) sekä maa (hehtaaria) mitataan fyysisinä yksiköinä tilaa kohti. Muu tuotos, energia, materiaalit (lannoitteet, siemenet, ostorehut) ja pääoma mitataan niiden rahallisena arvona käyttäen vastaavia indeksejä hintoina. Pääomapanos mitataan kone- ja rakennuspääoman summana. Luonnonmukaiset tilat ovat keskimäärin merkitsevästi suurempia kuin tavanomaiset tilat, kun mittareina käytetään viljelyalaa ja eläinyksiköiden määrää. Kuitenkin niiden maitotuotos tilaa kohti on 19 prosenttia pienempi kuin tavanomaisilla tiloilla, kun taas muu tuotos (ilman tukia) on merkitsevästi suurempi, mikä merkitsee, että luomutilojen tuotanto on vähemmän erikoistunutta. Jos oletetaan translog etäisyysfunktio, jossa tekninen muutos kuvataan aikatrendillä, yhtälö voidaan kirjoittaa seuraavasti (esim. Coelli et al. 1999):

$$\begin{aligned}
 -\ln y_{oi}^t = & \beta_0 + \sum_{k=1}^5 \beta_k \ln x_{ki}^t + \sum_{k=1}^5 \beta_{kD} D_D \ln x_{ki}^t + \frac{1}{2} \sum_{k \leq j=1}^5 \sum_{j=1}^5 \beta_{kj} \ln x_{ki}^t \ln x_{ji}^t + \beta_m \ln y_{mi}^t \\
 & + \frac{1}{2} \beta_{mm} \ln y_{mi}^t \ln y_{mi}^t + \sum_{k=1}^5 \sum_{m=1}^1 \beta_{km} \ln x_{ki}^t \ln y_{mi}^t + \beta_t t + \beta_{tD} D_D t + \frac{1}{2} \beta_{tt} t^2 + \sum_{k=1}^5 \beta_{kt} \ln x_{ki}^t t \quad (1) \\
 & + \beta_{mt} \ln y_{mi}^t t + \sum_{r=2}^7 \beta_r D_r + \beta_{IMR} IMR + u_{it} + v_{it}, \text{ where}
 \end{aligned}$$

$y_{oi}^t = \text{maitotuotos}$ ,  $y_{mi}^t = \text{muu tuotos} / \text{maitotuotos}$ ,  $x_{ki}^t = \text{työ, maa, energia, materiaalit ja pääomapanos}$ ,  $t = \text{aikatrendi}$ ,  $D_r = \text{aluedummy}$ ,  $D_D = \text{orgaanisen tuotannon dummy}$ ,  $IMR = \text{käänteinen Mill'n suhde}$ ,  $\beta = \text{estimoitu regressiokerroin}$ .

Alaindeksi  $i$  viittaa tilaan ja yläindeksi  $t$  aikaperiodiin. Neutraali tekninen muutos kuvataan aikatrendillä. Harhainen tekninen muutos määritellään aikatrendin ja vastaavien panosten ja tuotosten ristitermeillä. Täydellinen translog-malli sisältää toisen asteen ja ristitermit panoksille ja tuotoksille. Eri alueiden erilaiset tuotantopotentiaalit ja teknologiat (luomu ja tavanomainen yhdistetyssä aineistossa) otettiin huomioon alue- ja tuotantotekniikka -dummyilla. Käänteinen Mill'n suhde (IMR) tuotiin erillisiin orgaanisen ja tavanomaisen tuotannon malleihin ottamaan huomioon mahdollinen valikoitumisharha. Virhetermi jaoteltiin kahteen osaan. Ensimmäinen komponentti  $v_{it}$ , on tavanomainen satunnainen virhetermi, joka huomioi sellaiset ennakoimattomat tekijät kuin satunnaiset muutokset tuotantolosuhteissa, mittausvirheet sekä poisjätettyjen selittävien muuttujien vaikutuksen. Sen oletetaan olevan riippumattomasti ja identtisesti jakautunut  $N(0, \sigma_v^2)$ . Toinen komponentti,  $u_{it}$ , on ei-negatiivinen satunnaisuuttuja, joka kuvaa teknistä tuotostehokkuutta tietyllä panosten tasolla.  $u_{it}$  ovat riippumattomasti jakautuneita katkaisukohtana ollessa jakauman  $N(\mu_{it}, \sigma_u^2)$  nollakohdassa.  $\mu_{it}$  on lisäksi mallinnettu tehottomuuteen vaikuttavien tekijöiden funktiona (Battese ja Coelli 1995):

$$\mu_{it} = \delta_0 + \delta_{\text{exp}} \text{Exp} + \delta_{\text{exp}^2} \text{Exp}^2 + \delta_{\text{age}} \ln(\text{Age}) + \delta_{\text{age}^2} \ln(\text{Age})^2, \quad (2)$$

jossa  $\text{Exp}$  ja  $\text{Exp}^2$  viittaavat vuosissa mitatun luomuviljelykokemuksen ensimmäisen ja toisen asteen termiin  $\ln(\text{Age})$  ja  $\ln(\text{Age})^2$  viittaavat vastaavasti viljelijän iän logaritmin ensimmäisen ja toisen asteen termiin.  $\delta$ :t ovat vastaavien tehokkuusvaikutusten regressiokertoimia Tehokkuusvaikutusten osa yhtälöstä tekee mahdolliseksi testata, eroaako tekninen tehokkuus viljelijän kokemuksen ja iän suhteen. Estimoinnit suoritettiin Frontier 4.1 ohjelmalla (Coelli 1996).

## Tulokset ja tulosten tarkastelu

Luonnonmukaisille ja tavanomaisille tiloille estimoitiin sekä yhteiset että erilliset mallit. Joissakin tapauksissa valikoitumisharha oli merkitsevä. Erot joustoissa (suhteellisella panoksen lisäyksellä aikaansaatua tuotoksen suhteellinen lisäys) ja skaalatuotoissa (kuten jousto mutta mittaa tuotoksen lisäystä kaikkien panosten suhteellisen lisäyksen suhteen) luonnonmukaisten ja tavanomaisten välillä olivat melko vähäiset. Muun tuoton osuus on luomutiloilla suurempi kuin tavanomaisilla, joten luomutilat ovat vähemmän erikoistuneita. Tulokset olivat ristiriitaisia eri mallien välillä työn osalta, mutta tuotoksen jousto maan suhteen oli suurempi luomutiloilla kuin tavanomaisilla tiloilla. Energian suhteen jousto oli alhainen kaikissa malleissa, mutta sillä on taipumus olla suurempi luomu- kuin tavanomaisilla tiloilla.

Ajan yli joustot kehittyivät samaan tapaan molemmissa ryhmissä.: työn ja energian jousto aleni mutta materiaalien ja pääoman jousto kasvoi. Maan jousto aleni tai pysyi samana. Lähes kaikissa malleissa keskimääräinen skaalatuotto on hieman ykköstä suurempi ilmaisten kasvavia skaalatuottoja. Yleisesti ottaen skaalatuotto alenee ajan myötä, mutta luomutilojen ryhmässä vaihtelu on suurempaa kuin tavanomaisten tilojen ryhmässä. Tekninen muutos on niin ikään keskimäärin hieman nopeampaa luomu- kuin tavanomaisilla tiloilla. Kaikissa malleissa tekninen muutos hidastuu ajan kuluessa. Muutokset teknisessä tehokkuudessa ovat samantyyppisiä kaikissa tavanomaisten maatilojen malleissa. Näillä tiloilla tekninen tehokkuus aluksi kasvaa, mutta alkaa sitten laskea. Vuonna 2001 tekninen tehokkuus on samalla tasolla kuin vuonna 1995, mutta vuonna 2002 tehokkuus kasvaa jälleen hieman. Luomutilat ovat keskimäärin tehottomampia kuin tavanomaiset kaikkina vuosina. Vuonna 1996 ero luomu- ja tavanomaisten tilojen välillä on pienin.

Yhdistetyssä aineistossa tekninen tehokkuus on tavanomaisilla tiloilla (0,813) keskimäärin 10 prosenttiyksikköä korkeampi kuin luomutiloilla. Teknisten tehokkuuksien luottamusvälit laskettiin Battesen ym. (2000) esittämän mallin avulla. Niiden mukaan kymmenen prosenttiyksikön ero ryhmien välillä ei ole tilastollisesti merkitsevä 5 prosentin riskitasolla. Tässä tapauksessa eri mallien tuottamat tehokkuusjakaumat ovat lähes samanlaiset tavanomaisilla tiloilla. Luomutilojen ryhmässä nämä erot

ovat suurempia mallien välillä, mutta yleisenä piirteenä on, että koko jakauma on siirtynyt alaspäin verrattuna tavanomaisiin tiloihin.

Luomutuotantoon siirtymisen yhteydessä havaittiin merkitsevää oppimis-/sopeutumisvaikutusta. Analyysin mukaan tekninen tehottomuus kasvaa aluksi luomutuotantoon siirtymisen alettua. Tehottomuus kasvaa useiden vuosien ajan ja saavuttaa huippunsa viiden- kuuden vuoden kuluttua. Estimaattien mukaan tehottomuus alkaa vähentyä 6-7 vuoden kuluttua siirtymisen alettua.

### Johtopäätökset

Vaikka aineiston mukaan kokemukseen liittyvällä oppimisella luomutuotannossa oli vaikutusta, erot luomu- ja tavanomaisten tilojen kehityksessä olivat vähäisiä. Otoksessamme luomutilat ovat keskimäärin tehottomampia niin yhdistetyssä kuin erillisaineistossakin kuin tavanomaiset tilat. Siten vaihtelu luomutiloilla on tässä tapauksessa suurempi kuin tavanomaisilla tiloilla. Tämä tulos on päinvastainen kuin Oude Lansinkin ym. (2002) ja Ricci Maccarinin ja Zanolin (2004) havainto, jonka mukaan teknisen tehokkuuden vaihtelu on luomutiloilla niiden omassa ryhmässä arvioituna vähäisempää kuin tavanomaisilla tiloilla. Ero johtunee erilaisesta tehokkuuden määrittämistavasta ja/tai kohderyhmästä. Tulos osoittaa, että luomutuotanto voi sisältää enemmän riskiä mutta se voi johtua myös otoksesta, jossa luomutilojen aineisto on paneelina epätasapainoisempi kuin tavanomaisten tilojen aineisto. On myös huomattava, että luomutilat eivät välttämättä tuota luomumaitoa, vaan siirtyminen tuotantotavasta toiseen voi käsittää pelkän peltoviljelyn. Tulokset tukevat kuitenkin käsitystä, että tietyn ajanjakson kattavat tilapäiset lisäpalkkiot ovat oikeutettuja luomutuotannon edistämiseksi. Tulosten mukaan tämä siirtymäaika on kuitenkin melko pitkä.

Tavanomainen tuotanto näyttää olevan teknisesti tehokkaampaa, eli se on tuottavampaa kuin luomutuotanto, jos tarkastellaan perinteisiä tuotoksia ja panoksia. Tarkastelussa myös keskeistä maitotilojen tuotosta, maitoa, on pidetty samanarvoisena kummallakin tuotantotavalla. Tässä yhteydessä ei ole tarkasteltu mahdollisten ulkoisvaikutusten eroa ja niiden mahdollista arvoa, mikä saattaisi vaikuttaa eri tuotantotapojen suhteelliseen asemaan tuotosten tuottajina.

### Kirjallisuus

- Arrow, K.J.** 1962. The economic implications of learning by doing. *Review of Economic Studies* 29(June): 155-173.
- Battese, G.E. and Coelli, T.J.** 1995. A model of technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data. *Empirical Economics* 20: 325-332.
- Battese, G.E., Heshmati, A. and Hjalmarsson, L.** 2000. Efficiency of labour use in Swedish banking industry: a stochastic frontier approach. *Empirical Economics* 25: 623-640.
- Coelli, T.J.** 1996. A guide to Frontier 4.1: A computer program for stochastic frontier and cost function estimation. Centre for Efficiency and Productivity Analysis. WP 96/07.
- Coelli, T.J. and Perelman, S.** 1999. A comparison of parametric and nonparametric distance functions: with application to European railways. *European Journal of Operational Research* 117: 326-339.
- Heckman, J.** 1979. Sample selection bias in a specification error. *Econometrica* 11: 171-189.
- Kumbhakar, S.C. and Bhattacharyya, A.** 1992. Price, distortions and resource-use efficiency in Indian agriculture: a restricted profit function approach. *Review of Economics and Statistics* 74: 231-239.
- Kumbhakar, S.C., Ghosh, S. and McGuckin, J.T.** 1991. A generalized production frontier approach for estimating determinants of inefficiency in U.S. dairy farms. *Journal of Business and Economic Statistics* 9: 279-286.
- Oude Lansink, A., Pietola, K. and Bäckman, S.** 2002. Efficiency and productivity of conventional and organic farms in Finland 1994-1997. *European Review of Agricultural Economics* 29(1): 51-65.
- Reinhard, S., Lovell, C.A.K. and Thijssen, G.** 1999. Economic estimation of technical and environmental efficiency: An application to Dutch dairy farms. *American Journal of Agricultural Economics* 81(February): 44-60.
- Ricci Maccarini, E. & Zanoli, A.** 2004. Technical efficiency and economic performances of organic and conventional livestock farms in Italy. Paper presented in 91<sup>st</sup> EAAE on 24.-25.9.2004, Crete, Greece. 28 p.
- Rougoor, C.W., Trip, G., Huirne, R.B.M. & Renkema, J.A.** 1998. How to define and study farmers' management capacity: theory and use in agricultural economics. *Agricultural Economics* 18: 261-272.
- Stefanou, S.E. and Saxena, S.** 1988. Education, experience, and allocative efficiency: a dual approach. *American Journal of Agricultural Economics* 70(2): 338-345.