

# **Porsastuotannon tuottavuuskehitys sikatilinpäätöstiloilla vuosina 2003–2008**

Janne Rasi



Helsingin yliopisto  
Taloustieteen laitos  
Maisterin tutkielma  
Maatalouden liiketaloustiede  
012865929

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Laitos — Institution — Department Taloustieteen laitos	
Tekijä — Författare — Author Janne Rasi			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Porsastuotannon tuottavuuskehitys sikatilinpääöstiloilla vuosina 2003–2008			
Oppiaine — Läroämne — Subject Maatalousekonomia			
Työn laji — Arbetets art — Level Maisterin tutkielma		Aika — Datum — Month and year Helmikuu 2011	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 51
Tiivistelmä — Referat — Abstract  <p>Tutkimuksessa mitataan porsastuotannon tuottavuuden kehitystä ProAgrian sikatilinpääöstiloilla vuosina 2003–2008. Tuottavuutta mitataan Fisher-tuottavuusindeksillä, joka dekomponoidaan tekniseen, allokatiiiviseen ja skaalatehokkuuteen sekä teknologiseen kehitykseen ja hintavaikutukseen.</p> <p>Koko aineistosta aggregoidulla tuottavuusindeksillä mitattuna tuottavuus kasvoi viidessä vuodessa yhteensä 14,3 % vuotuisen kasvun ollessa 2,7 %. Tuottajien keskimääräinen tuottavuusindeksi antaa lähes saman tuloksen: sen mukaan tuottavuus kasvaa yhteensä 14,7 %, mikä tekee 2,8 % vuodessa. Skaalatehokkuuden paraneminen havaitaan merkittävimäksi tuottavuuskasvun lähteeksi. Skaalatehokkuus paranee aggregoidusti mitattuna 1,6 % vuodessa ja tiloilla keskimäärin 2,1 % vuodessa. Teknisen tehokkuuden koheneminen on toinen tuottavuuskasvua edistävä tekijä tutkimusjaksolla. Molemmilla mittaustavoilla nousu on keskimäärin 1,4 % vuodessa. Allokatiivinen tehokkuus laskee hieman: aggregoidusti mitattuna 0,1 % ja keskimäärin 0,4 % vuodessa. Teknologinen kehitys tutkimusjaksolla on lievästi negatiivista, keskimäärin -0,1 % vuodessa. Vuosittaiset vaihtelut ovat kuitenkin voimakkaita. Hintojen muutokset eivät juuri ole vaikuttaneet tuottavuuden tasoon, sillä hintavaikutuksen vuotuiset muutokset jäivät jokaisena vuonna alle puoleen prosenttiin ja keskimääräinen vuotuinen muutos on -0,1 %.</p> <p>Keskeinen tuottavuuskasvua edistänyt tekijä näyttää olleen tilakoon kasvu, joka on parantanut rakenteellista tehokkuutta. Teknologisen kehityksen jääminen negatiiviseksi kuitenkin tarkoittaa, että paras havaittu tuottavuuden taso ei ole noussut lainkaan.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords Tuottavuus, tehokkuus, porsastuotanto, sikatalous, Fisher-indeksi, dekomponointi, DEA			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited			

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Faculty of Agriculture and Forestry		Laitos — Institution — Department Department of Economics and Management	
Tekijä — Författare — Author Janne Rasi			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Productivity change in piglet production – an application on Finnish ProAgria pig accounting farms for 2003-08			
Oppiaine — Läroämne — Subject Agricultural economics			
Työn laji — Arbetets art — Level Master's thesis		Aika — Datum — Month and year February 2011	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 51
Tiivistelmä — Referat — Abstract			
<p>In this research, the productivity change of piglet production on ProAgria Annual Pig Accounting farms (Finnish pig farms exploiting this particular advisory service) is measured from 2003 to 2008, using Fisher productivity index. Moreover, an exact decomposition method is applied in order to obtain a more detailed picture of factors contributing to productivity change. The examined components are changes in technology, technical efficiency, allocative efficiency, scale efficiency and price effect. Indices are formed in two ways: as aggregated indices and geometric means of farm-level indices.</p> <p>The two indices provide almost identical average annual productivity growth rates, 2.7 % and 2.8 %, respectively, although the growth patterns slightly differ. Scale efficiency is found to be the most important factor contributing to production growth. Aggregated scale efficiency improves by 1.6 % per annum and the mean scale efficiency by 2.1 % per annum. Another component having a remarkable effect on productivity growth is technical efficiency change. Both aggregated and mean index rise by 1.4 % per annum. On the contrary, technological change is slightly negative, on average -0.1 % per year. However, annual changes are noteworthy. Both allocative efficiency change and price effect have little impact on productivity change.</p> <p>Growing average number of sows seems to be a major cause contributing to productivity change, seeing that it is closely connected with improving scale efficiency. Regressive technological change is an alarming result because technological change is the most important element evoking productivity growth in the long term.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords Productivity, efficiency, piglet production, Fisher index, decomposition, DEA			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited			

# Sisällys

<b>1</b>	<b>Johdanto.....</b>	<b>5</b>
1.1	Tutkimuksen tausta ja tavoitteet .....	5
1.2	Sikatalouden rakenne- ja kannattavuuskehitys Suomessa .....	6
<b>2</b>	<b>Tuotantoteknologia, tuottavuus ja tehokkuus .....</b>	<b>8</b>
2.1	Tuotosjoukko ja panosvaatimusjoukko .....	8
2.2	Skaalatuotot .....	10
2.3	Teknologinen muutos .....	10
2.4	Etäisyysfunktiot .....	11
2.5	Tuottavuuskäsitteet ja tuottavuuden muutos.....	12
2.6	Tehokkuus .....	13
<b>3</b>	<b>Tuottavuuden mittaaminen Fisher-indeksillä ja tuottavuuskehityksen dekomponointi ...</b>	<b>16</b>
3.1	Fisherin tuotos- panos- ja tuottavuusindeksit .....	16
3.2	Fisher-indeksin dekomponointimenetelmät.....	19
3.3	Etäisyysfunktioiden laskeminen DEA-menetelmällä.....	22
<b>4</b>	<b>Aiemmat sikatalouden tuottavuustutkimukset.....</b>	<b>26</b>
<b>5</b>	<b>Aineisto .....</b>	<b>30</b>
5.1	Tutkittavat porsastuotantosikalat .....	30
5.2	Tuotokset .....	32
5.3	Tuotantopanokset .....	33
<b>6</b>	<b>Tutkimustulokset ja johtopäätökset.....</b>	<b>36</b>
6.1	Tuotos- ja panosindeksit.....	36
6.2	Tuottavuuskehitys .....	40
6.3	Fisher-tuottavuusindeksin komponentit .....	41
6.4	Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset .....	43
<b>7</b>	<b>Yhteenveto .....</b>	<b>46</b>
	<b>Kirjallisuus .....</b>	<b>48</b>

# 1 Johdanto

## 1.1 Tutkimuksen tausta ja tavoitteet

Tuottavuuden ja tehokkuuden mittaaminen antaa kuvan tuottajan suhteellisesta sisäisestä suorituskyvystä. Tuottaja käyttää tuotantopanoksia saadakseen aikaan tuotoksia, jolloin tuottavuus määritellään: tuottavuus = tuotokset/panokset. Tuottavuuden kasvu mahdollistaa panoskäytön vähenemisen tuotoksen pysyessä ennallaan tai vastaavasti tuotoksen kasvun panoskäytön pysyessä muuttomattomana.

Liiketoiminnan kannattavuus riippuu tuotteiden ja tuotantopanosten hintasuhteista sekä tuottavuuden tasosta. Tuottavuuden vaikutus kannattavuuteen on erityisen suuri toimialoilla, joilla tuottajat eivät pysty vaikuttamaan hintoihin. Raaka-aineiden, kuten maataloustuotteiden, hintataso on usein yksittäisestä tuottajasta riippumaton. Kun tuottaja ei voi vaikuttaa hintoihin, kannattavuutta voidaan parantaa vain tuottavuutta nostamalla.

Jotta suomalaisen sikatalouden kilpailukyky paranisi, suomalaisten sikatilojen tuottavuuden tulee nousta enemmän kuin kilpailevien ulkomaisten sikatilojen. Sikatalouden tuottavuutta tarkastellaan usein biologisen tuottavuuden kautta. Käytetyin mittari on porsastuotos emakkoa kohti vuodessa, jonka suosio selittyy tiedon saatavuudella ja vertailun yksinkertaisuudella. Toisaalta emakkokohtaisella porsastuotoksella on todettu olevan vahva yhteys kannattavuuteen (ks. esim. Agronet 2008). Porsastuotos on kuitenkin vain yhtä tuotannontekijää, emakkoa, kohti laskettu osittaistuottavuus. Kokonaistuottavuus huomioi kaikki tuotokset ja tuotantopanokset. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan kokonaistuottavuutta.

Toimialan tuottavuuskehitys riippuu Myyrän ja Pietolan (1999, 7) mukaan paljolti yksittäisten tuottajien tekemistä päätöksistä, jotka koskevat esimerkiksi tuotantoteknologiaa. Markkinaympäristö ja poliittiset ratkaisut vaikuttavat kuitenkin tuottajien kannusteisiin tuottavuuden parantamiseksi. Toisaalta yleinen teknologinen kehitys vaikuttaa tuottajan mahdollisuuksiin omaksua uusia tuotantotapoja.

Tehokkuus ilmaisee, millä tasolla tuottavuus on parhaaseen saavutettavissa olevaan tasoon nähden. Farrell (1957) esitti, että tuottajan tehokkuutta tulee verrata parhaaseen käytännössä havaittuun tasoon vaikeasti määritettävissä olevan teoreettisen maksimitason sijaan. Taloudellisen tehokkuus voidaan jakaa osatekijöihin eli dekomponoida. Yleisimmin jako tehdään tekniseen, allokatiiiviseen ja skaalatehokkuuteen. Muun muassa Färe ym. (1994) käsittelevät tehokkuuden muutosta yhtenä tuottavuuden muutoksen lähteenä. Tehokkaimpien tuottajien toimintatapoja kuvataan yleisesti termillä parhaat käytännöt. Fären ym. (1994, 3) mukaan on tärkeää selvittää, millaisia rakenteellisia eroja on parhaita ja keskimääräisiä käytäntöjä käyttävien tuottajien välillä.

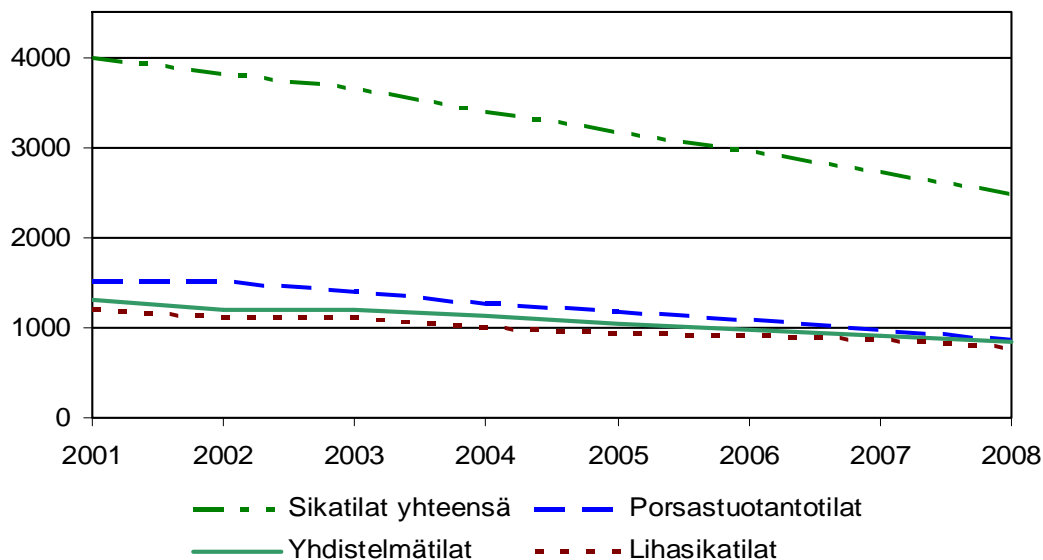
Tämän tutkimuksen tavoitteena on tarkastella tuottavuuden kehitystä ProAgrian sikatilinpäätöspalvelua vuosina 2003–2008 ostaneilla tiloilla. Lisäksi tavoitteena on tutkia, mitä tuottavuuskehityksestä voidaan saada selville dekomponoinnin avulla. Tuottavuuden mittaamiseen käytetään Fisherin kokonaistuottavuusindeksiä ja dekomponointiin Kuosmasen ja Sipiläisen (2004, 2009) esittämää jakoa tekniseen, allokatiiiviseen ja skaalatehokkuuteen sekä teknologiseen muutokseen ja hintavaikutukseen.

Luvussa 1.1 esitellään tutkimuksen tausta ja tavoitteet. Luvussa 1.2 käsitellään suomalaisen sikatalouden rakenne- ja kannattavuuskehitystä Suomessa. Luvussa 2 käsitellään tutkimuksen teoreettinen viitekehys. Luku alkaa keskeisillä tuotantoteknologian käsitteillä, joihin perustuvat luvun lopussa esitettävät tuottavuuden ja tehokkuuden määrittelyt. Luvussa 3 käsitellään tutkimusmenetelmät. Ensin esitetään Fisher-indeksin laskeminen sekä tuotantoteknologiaan ja indeksin käyttäytymiseen pohjautuvat perustelut indeksikaavan valinnalle. Luvun loppupuoli keskittyy dekomponointiin sekä siinä käytettävään DEA-menetelmään. Neljännessä luvussa tarkastellaan aikaisempia sikatalouden tuottavuuteen liittyviä tutkimuksia. Viides luku käsittelee tutkimusaineistoa. Kuudennessa luvussa esitetään tulokset ja johtopäätökset ja seitsemännessä luvussa yhteenveto.

## 1.2 Sikatalouden rakenne- ja kannattavuuskehitys Suomessa

Vuonna 2008 Suomessa oli 2477 sikatalouteen erikoistunutta tilaa. Niistä porsastuotantotiloja oli 860, yhdistelmätuotantotiloja 839 ja lihasikatiloja 778. Tukea vuonna 2008 hakeneista tiloista sikatiloja oli 3,8 %, mutta sianliha muodosti 14 % maatalouden markkinahintaisista tuotoista. (Suomen maatalous ja maaseutuelinkeinot 2009). Sikatalous on keskittynyt Lounais- ja Länsi-Suomeen. Vuonna 2008 emakoista 82 % oli Varsinais-Suomen, Etelä-Pohjanmaan, Pohjanmaan, Satakunnan, Pirkanmaan ja Hämeen TE-keskusalueilla (Tike 2008, 64).

Sikatalouden rakenne on muuttunut siten, että tilojen keskikoko on kasvanut ja tilamäärä laskenut. Vuosien 1995–2008 välillä sikatilojen määrä väheni keskimäärin 6,9 % vuodessa eli yhteensä 60,3 % (Suomalainen maatalous ja maaseutuelinkeinot 2009). Sikatilojen määrän muutos porsastuotanto-, yhdistelmä- ja lihasikatiloilla vuosina 2001–2008 esitetään kuvassa 1. Porsastuotantotilojen määrä on vähentynyt yli 40 %, kun taas lihasika- ja yhdistelmätilojen määrä on vähentynyt noin 35 %.



Kuva 1. Sikatilojen määrä Suomessa vuosina 2001–2008 (Suomen maatalous ja maaseutuelinkeinot –sarja 2002-2009; Tike 2008).

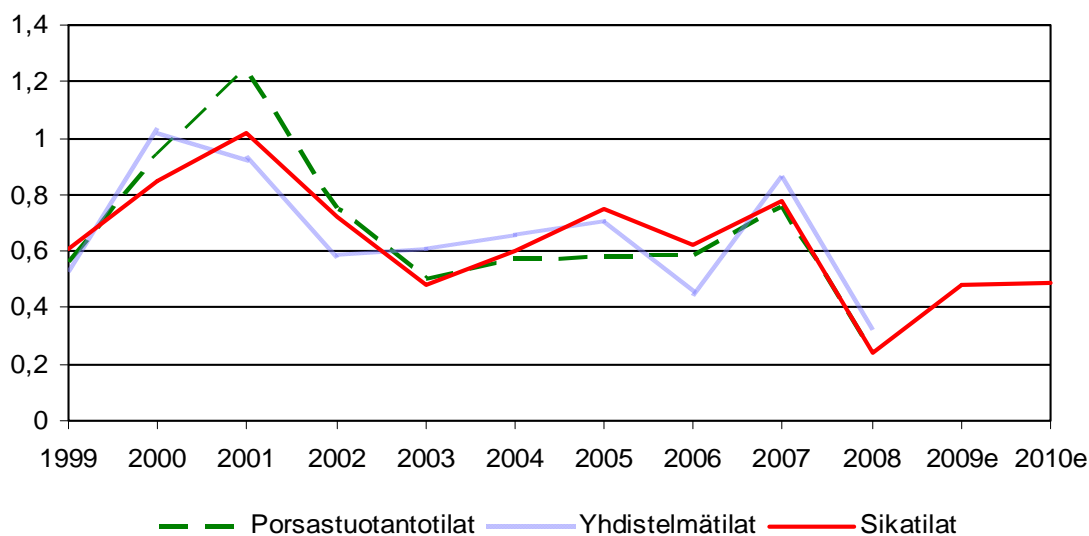
Emakoiden lukumäärä porsastuotanto- ja yhdistelmätiloilla keskimäärin vuosina 2001–2008 esitetään taulukossa 1. Kasvu tilaa kohti on ollut keskimäärin 7,5 % vuodessa ja seitsemässä vuodessa yhteensä peräti 70 %. Emakkomäärä tilaa kohti on kasvanut voimakkaammin kuin sikatilojen lukumäärä on vähentynyt.

Taulukko 1. Emakoiden lukumäärä tilaa kohti porsastuotanto- ja yhdistelmätiloilla sekä vuosittainen prosentuaalinen kasvu (Suomen maatalous ja maaseutuelinkeinot –sarja 2002–2009; Matilda 2010c).

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Emakoita tilaa kohti	58,4	63,8	68,5	73,2	79,7	83,3	93,7	99,3
Kasvu, % vuodessa		9,2	7,4	6,9	8,9	4,4	12,5	5,9

Sikatiilojen kannattavuuskehitys kannattavuuskirjanpito-tiloilla Taloustohtorin (2010) mukaan vuosina 1999–2008 esitetään kuvassa 2. Kannattavuutta mitataan kannattavuuskertoimella, joka kuvaa, mikä on omalle työlle ja pääomalle saatu korvaus suhteessa oman työn palkkavaatimukseen ja oman pääoman korkovaatimukseen. Taloustohtorin kannattavuuslaskelmat eivät koske pelkästään sikataloutta, vaan sisältävät myös tilojen muut toiminnot, kuten peltoviljelyn. Kannattavuuskertoimen kehitys esitetään porsastuotanto- ja yhdistelmätiloilla sekä kaikilla sikatiloilla.

Sikatiilojen kannattavuus on vaihdellut vuosina 1999–2008 voimakkaasti. Korkeimpaan kannattavuuteen päästiin vuosina 2000–2001, jolloin kannattavuuskerroin porsastuotanto- ja yhdistelmätiloilla oli noin yksi. Tässä tutkimuksessa tarkasteltavan jakson alussa eli vuonna 2003 kannattavuuskerroin oli laskenut 0,5–0,6 välille. Kannattavuus pysyi tällä tasolla vuoteen 2007, jolloin kannattavuuskerroin oli noin 0,8. Vuonna 2008 kannattavuus kuitenkin romahti sekä yhdistelmä- että porsastuotannossa, mikä johtunee ennen kaikkea viljan ja muiden rehujen hintojen noususta.



Kuva 2. Kannattavuuskirjanpito-tilojen kannattavuuskerroin vuosina 1999–2008 ja ennuste vuosille 2009–2010 (Taloustohtori 2010).

## 2 Tuotantoteknologia, tuottavuus ja tehokkuus

Tutkimuksessa käsiteltävät tuottavuuden mittaamenetelmät pohjautuvat tuotantoteknologiaa koskeviin määrittelyihin ja oletuksiin. Etäisyysfunktiot soveltuvat sekä tuotantoteknologian määrittelyyn että tuottavuuden mittaamiseen. Kokonaistuottavuusindekseistä suositellaan käytettävän sellaisia indeksikaavoja, jotka ovat johdettavissa suoraan tuotantoteknologiasta (Diewert 1976).

### 2.1 Tuotosjoukko ja panosvaatimusjoukko

Oletetaan, että tuottaja tuottaa  $M$  kappaletta erilaisia tuotoksia, joiden tuottamiseen käytetään  $N$  kappaletta erilaisia tuotantopanoksia. Panoskimppu ajanjaksolla  $t$  määritellään  $x_t \equiv (x_{t1}, \dots, x_{tN})$ , ja sitä vastaava panoshintavektori on  $w_t \equiv (w_{t1}, \dots, w_{tN})$ . Vastaavasti tuotoskimppu ajanjaksolla  $t$  määritellään  $y_t \equiv (y_{t1}, \dots, y_{tM})$ , ja sitä vastaava tuotoshintavektori on  $p_t \equiv (p_{t1}, \dots, p_{tM})$ . (McFadden 1978, 6.)

Tuottajan tuotantoteknologiaa voidaan McFaddenin (1978, 7) mukaan kuvata tuotantomahdollisuuksien joukolla  $Y$ , joka on teknologisesti mahdollinen yhdistelmä tuotos- ja panoskimppuja  $y$  ja  $x$ . Tuotosjoukko eli tuotettavissa olevien tuotosten joukko  $Y^*$  puolestaan sisältää kaikki tuotoskimput  $y$ , jotka kuuluvat tuotantomahdollisuuksien joukkoon tietyllä panoskimpulla. Tuotosjoukko määritellään

$$Y^* \equiv \{y \mid (x,y) \in Y \text{ jollakin } x:n \text{ arvolla}\} \quad (2.1)$$

Jokaiselle  $y$ :n arvolle tuotosjoukossa  $Y^*$  voidaan McFaddenin (1978, 7) mukaan määrittää panosvaatimusjoukko  $V(y)$ , joka sisältää samatuotostäyrän sekä sen yläpuolella olevan alueen. Panosvaatimusjoukko määritellään:

$$V(y) \equiv \{x \mid (x,y) \in Y\} \quad (2.2)$$

Tuotosjoukolla  $Y^*$  oletetaan Coellin ym. (1998, 62) mukaan olevan seuraavat ominaisuudet, jotka ominaisuutta vi) lukuun ottamatta pätevät myös panosvaatimusjoukkoon  $V(y)$ :

- i)  $0 \in Y^*$ : tuotos voi olla nolla.
- ii) Tuotos ei voi olla positiivinen, jos panoskäyttö on nolla.
- iii) Tuotosten vahva tuhlattavuus on voimassa: jos  $y \in Y^*$  ja  $y^* \leq y$ , silloin myös  $y^* \in Y^*$ .
- iv) Panosten vahva tuhlattavuus on voimassa: jos  $x$  voi tuottaa  $y$ :n, silloin myös  $x^*$  voi tuottaa  $y$ :n, kun  $x^* \geq x$ .
- v)  $Y^*$  on suljettu joukko.
- vi)  $Y^*$  on rajattu joukko.
- vii)  $Y^*$  on konvekksi.

Teknologian tehokasta rintamaa voidaan kuvata tuotantofunktiolla, joka ilmaisee tuotosten ja panosten suhteen, kun tuotoksia on yksi:

$$f(x) \equiv \max \{y \mid (x,y) \in Y\} \quad (2.3)$$

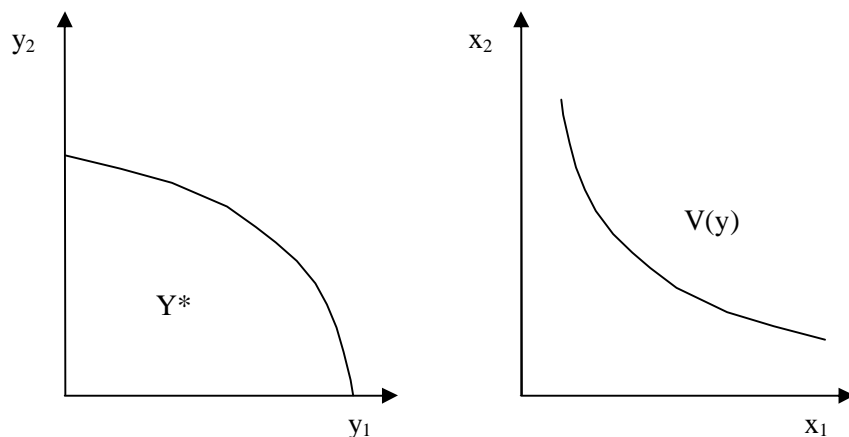


Duaaliteorian mukaan teknologia voidaan määritellä myös rahallisten ilmaisujen avulla. Kustannusfunktioista voidaan johtaa tuotantofunktio, ja tuotanto- ja kustannusfunktiot sisältävät saman informaation (Pope 1982). Kustannusfunktio  $C_t$  minimoi kustannuksia annetuilla tuotostasolla ja panosten hinnoilla, kun taas tuottofunktio  $R_t$  maksimoi tuottoja annetuilla tuotosten hinnoilla ja panoskäytöllä (Kuosmanen & Sipiläinen 2004, 6). Kustannus- ja tuottofunktiot määritellään:

$$C_t(w, y) \equiv \min_x \{wx \mid (x, y) \in Y\} \quad (2.4)$$

$$R_t(x, p) \equiv \max_y \{py \mid (x, y) \in Y\} \quad (2.5)$$

Kuvassa 3 esitetään graafisesti tuotosjoukko ja panosvaatimusjoukko, kun vahvan tuhlattavuuden oletetaan olevan voimassa. Kahden tuotoksen tapauksessa tuotantomahdollisuuksien joukkoon tuotos-tuotos-koordinaatistossa kuuluu akselien ja tuotantomahdollisuuksien käyrän rajaama alue. Panosvaatimusjoukkoon kuuluvat panos-panos-koordinaatistossa samatuotoskäyrä eli isokvanti sekä sen yläpuolinen alue.



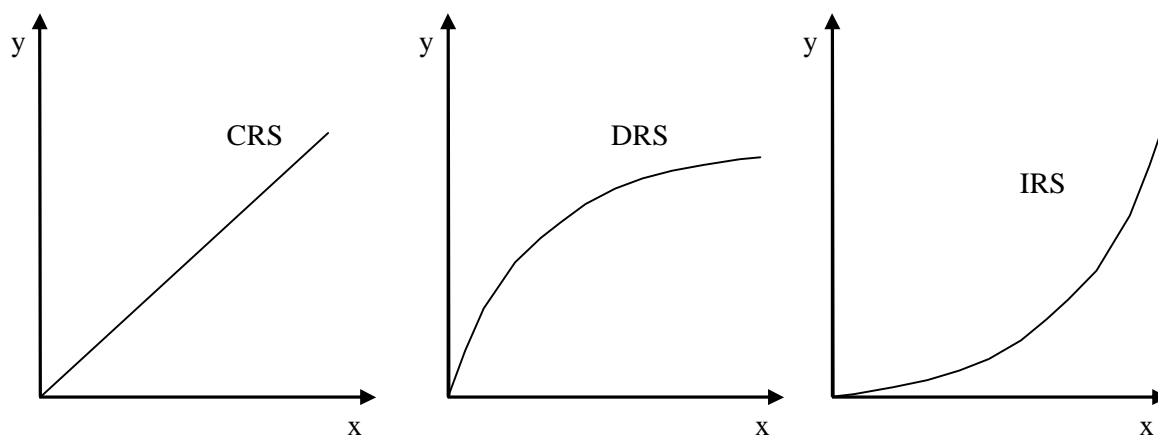
Kuva 3. Tuotosjoukko ja panosvaatimusjoukko (Coelli ym. 1998, 64, 66).

Tuotosjoukon ja panosvaatimusjoukon ominaisuudet iii) ja iv) ovat oletukset vahvasta tuhlattavuudesta. Tuhlattavuus määrää, mitä tapahtuu tuotantoprosessin kannalta tarpeettomille hyödykkeille eli panoksille tai tuotoksille. Vahva tuhlattavuus tarkoittaa, että ylimääräisistä hyödykkeistä ei koitu tuottajalle kustannuksia. Kun tuhlattavuus on heikko, ylimääräiset hyödykkeet aiheuttavat kustannuksia, mitä kutsutaan ruuhkautumiseksi. Ruuhkautumista voi tapahtua esimerkiksi, jos jokin tuotoksista on saaste. (Färe 1994, 38, 59.)

Panosten ruuhkautumista tapahtuu, kun jonkin panoksen käytön lisääntyessä tuotos pienenee tai kun jonkin panoksen käytön vähentyessä tuotos kasvaa (Färe ym. 1985, 67–68). Tämä vastaa oletusta panosten heikosta tuhlattavuudesta. Fären ym. (1994, 59) mukaan tuotosten ruuhkautuminen on analoginen ilmiö, joka juontuu tuotosten heikosta tuhlattavuudesta. Panosten ruuhkautuminen ilmenee graafisessa tarkastelussa samatuotoskäyrän positiivisena kulmakertoimena ja tuotosten ruuhkautuminen tuotantomahdollisuuksien käyrän positiivisena kulmakertoimena.

## 2.2 Skaalatuotot

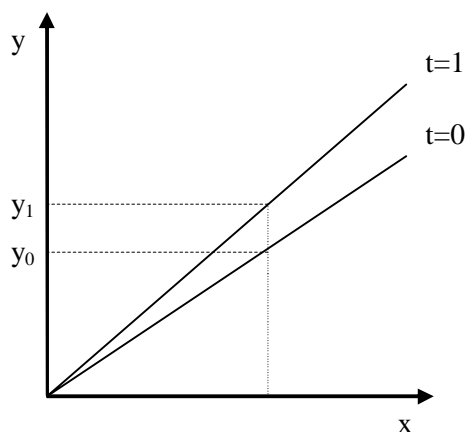
Skaalatuotto kuvaa, missä suhteessa tuotosten määrä kasvaa, kun kaikkien tuotantopanosten käyttöä lisätään samansuhteisesti. Skaalatuotot jaetaan yleensä vakioskaalatuottoihin (CRS, constant returns to scale), kasvaviin skaalatuottoihin (IRS, increasing returns to scale) ja väheneviin skaalatuottoihin (DRS, decreasing returns to scale). Perinteinen skaalatuottojen määrittely (kuva 4) perustuu tuotantofunktioon. Tällöin tuotantoteknologia ilmentää vakioskaalatuottoja, kun tuotos kasvaa samansuhteisesti panoskäytön kanssa. Kasvava skaalatuotto on kyseessä silloin, kun tuotos kasvaa suhteellisesti panoskäyttöä enemmän. Kun tuotoksen suhteellinen kasvu on pienempi kuin panoskäytön, teknologia ilmentää vähenevää skaalatuottoa. Färe ym. (1986) määrittelevät skaalaeconomian duaalisesti kustannus- ja tuottofunktioiden avulla sekä primaalisesti panos- ja tuototäisyysfunktioiden avulla.



Kuva 4. Vakioskaalatuotot (CRS), vähenevät skaalatuotot (DRS) ja kasvavat skaalatuotot (IRS).

## 2.3 Teknologinen muutos

Solow (1957, 312) määrittelee teknologisen muutoksen tuotantofunktion siirtymisenä. Teknologinen muutos ilmenee myös tuotantomahdollisuuksien käyrän ja isokvantin siirtymisenä. Muutos voi olla joko positiivista tai negatiivista, jolloin puhutaan myös progressiivisesta ja regressiivisestä teknologisesta muutoksesta. Kuvassa 5 vakioskaalatuottoisella teknologialla tapahtuu teknologista kehitystä, joka esitetään xy-koordinaatistossa. Kun panoskäyttö pysyy muuttumattomana,  $y_1 > y_0$ .



Kuva 5. Teknologinen kehitys kahden ajankohdan välillä  $t=(0,1)$  vakioskaalatuottoisella teknologialla.

Neutraalia teknologista muutosta tapahtuu Hicksin (1937, 122-135) mukaan, kun tuotantopanosten rajatuotosten suhde pysyy ennallaan. Solow'n (1957) mukaan teknologinen muutos on neutraalia, kun isokvantin kulmakerroin eli rajakorvaussuhde ei muutu. Ilmiötä kutsutaan Hicks-neutraaliksi teknologiseksi kehitykseksi.

Solow (1957) käsitteli teknologista kehitystä samana asiana kuin tuottavuuden kehittymistä. Nykyään tuottavuuden kasvua voidaan tarkastella useamman osatekijän kautta. Teknologinen muutos nostaa tai laskee parasta havaittua eli tehokasta tuottavuuden tasoa, kun taas tehokkuus muuttuu, kun tuottajan etäisyys tehokkaaseen rajapintaan muuttuu. Näin ollen tehokkuuden nousu voi nostaa tuottavuutta vain siihen saakka, kun tehokas taso on saavutettu. Siksi teknologista muutosta pidetään tärkeimpänä tuottavuuskasvun edellytyksenä pitkällä aikavälillä.

## 2.4 Etäisyysfunktiot

Shephardin (1953; 1970) etäisyysfunktioilla on Fären ym. (1994, 11) mukaan kaksi tärkeää roolia: niiden avulla voidaan määritellä usean panoksen ja tuotoksen tehokas tuotantoteknologia sekä mitata tehokkuus etäisyytenä tehokkaaseen rintamaan. Tämän lisäksi etäisyysfunktioiden avulla voidaan muodostaa tuottavuusindeksejä, joista käytetyin on Malmquist-tuottavuusindeksi.

Tuotosetäisyysfunktio tarkastelee Coellin ym. (1998, 62) mukaan tuotosvektorin pituutta, kun panosvektori pysyy vakiona. Panosetäisyysfunktio puolestaan tarkastelee panosvektorin pituutta, kun tuotosvektori pysyy vakiona.

Kun luvussa 2.1 esitetyt ominaisuudet tuotosjoukolla  $Y^*$  ovat voimassa ja oletetaan vakioskaalatuotot, tuotosetäisyysfunktio määritellään:

$$d_o(x,y) = \min\{\delta : (y/\delta) \in Y^* \mid C,S\}, \quad (2.6)$$

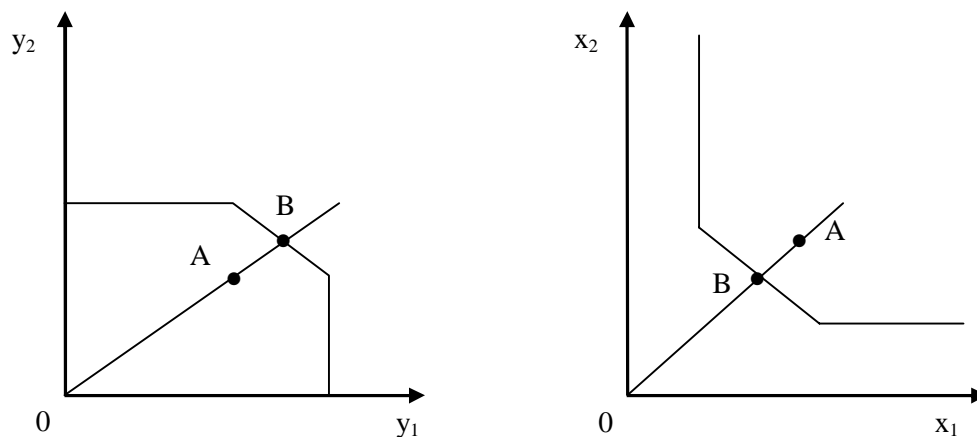
missä  $\delta$  on suhde  $OA/OB$  kuvan 6  $y_1y_2$ -koordinaatistossa,  $C$  kuvaa vakioskaalatuottoja ja  $S$  vahvaa tuhlattavuutta. Vastaavasti panosetäisyysfunktio määritellään panosvaatimusjoukolla  $V(y)$  seuraavasti, kun oletetaan vakioskaalatuotot:

$$d_i(x,y) = \max\{\rho : (x/\rho) \in V(y) \mid C,S\}, \quad (2.7)$$

missä  $\rho$  on suhde  $OA/OB$  kuvan 6  $x_1x_2$ -koordinaatistossa.

Kuvasta 6 voidaan havaita, että kun tuotos- ja panosvektorit kuuluvat tuotantomahdollisuuksien joukkoon, tuotosetäisyysfunktion arvolle pätee  $d_o \leq 1$  ja panosetäisyysfunktion arvolle pätee  $d_i \geq 1$ . Tuotos- ja panosetäisyysfunktion arvot ovat toistensa käänteisluvut, kun oletetaan vakioskaalatuotot (Coelli ym. 1998, 65).

Tuotos- ja panosetäisyysfunktiot ovat erikoistapauksia suunnatusta etäisyysfunktioista. Suunnattu etäisyysfunktio mittaa etäisyyttä havaitusta pisteestä teknologian rintamaan. Koska se muuttaa panos- ja tuotosvektoreita samaan aikaan, sen avulla vältytään panos- tai tuotosorientaation valitsemiselta. (Chambers ym. 1998.)



Kuva 6. Tuotos- ja panosetäisyysfunktiot, kun oletetaan vahva tuhlattavuus.

## 2.5 Tuottavuuskäsitteet ja tuottavuuden muutos

Kun tuotoksia ja panoksia on vain yksi, tuottavuus lasketaan jakamalla tuotoksen määrä panoksen määrällä. Koska sekä panoksia että tuotoksia on yleensä useita, tarvitaan mittaamenetelmiä. Tuottavuuden mittaamiseen on useita lähestymistapoja. Coelli ym. (1998) jakavat ne neljään ryhmään: pienin neliösumma (LS), kokonaistuottavuus- eli TFP-indeksit, DEA (data envelopment analysis) ja stokastinen rintama-analyysi (SFA). Menetelmät jaetaan parametriin ja ei-parametriin; parametrisia ovat ekonometriset LS ja SFA, kun taas indeksinumero- ja DEA-menetelmät ovat ei-parametrisia. Tässä tutkimuksessa tuottavuutta mitataan kokonaistuottavuusindeksillä, ja DEA-menetelmää käytetään tuottavuuskehityksen dekomponointiin.

Tuottavuuskäsitteet voidaan luokitella seuraavasti sen mukaan, miten kattavasti tuotantopanokset huomioidaan tuottavuuden laskemiseksi:

- 1) osittaistuottavuus (single factor productivity, SFP)
- 2) monitekijätuottavuus (multifactor productivity, MFP)
- 3) kokonaistuottavuus (total factor productivity, TFP).

Osittaistuottavuuksilla mitataan yhden tuotantopanoksen käytön vaikutusta tuotokseen. Työn tuottavuus on usein käytetty osittaistuottavuus, joka mittaa työpanoksen käytön vaikutusta tuotokseen. Sikataloudessa useimmin käytetty osittaistuottavuus on porsastuotos emakkoa kohti vuodessa.

Monitekijätuottavuus mittaa useamman kuin yhden tuotantopanoksen vaikutusta tuotokseen. Työn ja pääoman tuottavuuksien mittaaminen on tyypillinen monitekijätuottavuustutkimuksen aihe. Kokonaistuottavuus huomioi kaikkien tuotantopanosten käytön vaikutuksen tuotokseen. Kokonaistuottavuus on kaikkien tuotosten  $y_i$  suhde kaikkiin panoksiin  $x_i$ .

Myös kokonaistuottavuuden muutosta arvioidaan Lawrencen ja Diewertin (1999, 4) mukaan usein työn tuottavuuden avulla. He kuitenkin huomauttavat, että esimerkiksi pääomalla saatetaan korvata työtä, minkä vuoksi pelkän työn tuottavuuden tutkiminen antaa harhaanjohtavan kuvan kokonaistuottavuudesta. Tutkittaessa kokonaistuottavuutta pitäisi heidän mukaansa huomioida työn ja pääoman lisäksi kaikki muutkin tuotantopanokset.

Kokonaistuottavuuden muutos ilmaistaan aina suhteellisesti joko prosentuaalisena muutoksena tai indeksinä. Kun tuottavuuskasvu suhteessa edelliseen ajanjaksoon halutaan laskea jokaiselle tarkasteltavalle jaksolle erikseen, käytetään ketjuindeksiä, joka vertaa muutosta peräkkäisten jaksosten välillä. Vaihtoehtona on kantaindeksi, joka vertaa kaikkia muita ajanjaksoja yhteen perusajankohtaan. Jälkimmäistä lähestymistapaa käytetään yleensä esimerkiksi tilastotutkimuslaitoksissa. (Coelli ym. 1998, 81.)

## 2.6 Tehokkuus

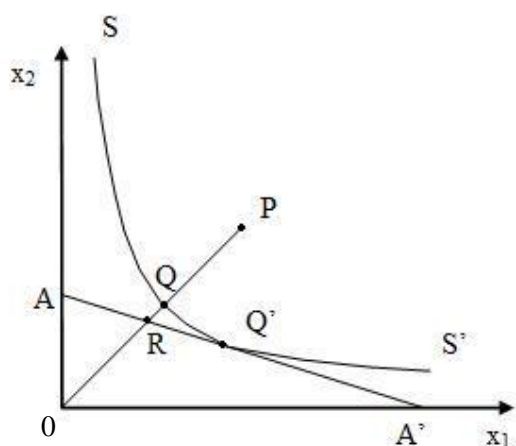
Mikrotaloustieteessä oletetaan yleensä tuottajien optimointikäyttäytyminen. Tuottajien oletetaan toimivan tuotantomahdollisuuksien joukon rintamalla, jolla tuotantopanoksia ei tuhleta. Tämä vastaa oletusta teknisestä tehokkuudesta. Lisäksi heidän oletetaan allokoivan resursseja tehokkaasti, mikä on oletus allokatiivisesta tehokkuudesta. Erinäisistä syistä tuotanto ei kuitenkaan aina ole tehokasta. (Färe ym. 1994, 1–2.)

Taloudellinen tehokkuus (EE, kutsutaan myös kokonaistehokkuudeksi) voidaan jakaa useaan komponenttiin. Useimmin on tutkittu teknisen tehokkuuden (TE), skaalatehokkuuden (SE) ja allokatiivisen tehokkuuden (AE) vaikutusta taloudelliseen tehokkuuteen. Taloudellinen tehokkuus saadaan kertomalla osatekijät keskenään:

$$EE = AE \times TE \times SE.$$

Koopmans (1951, 60) määritteli teknisesti tehokkaan tason siten, että panoskäytön pysyessä muuttumattomana mitään tuotosta ei voida lisätä ilman, että jokin muu tuotos vähenee. Farrell (1957, 254–255) esitti teknisen tehokkuuden panosorientoituneesti etäisyytenä tehokkaaseen rintamaan panos-panos-koordinaatistossa, kun tuotoksen määrä on vakio ja panosten määrää muutetaan samansuhteisesti.

Kuvassa 7 piste P on tuottajan käyttämä panoskimppu. Käyrä SS' on samatuotoskäyrä, ja janan AA' kulmakerroin kuvaa panosten hintasuhdetta. Tällöin panoskimppu pisteessä P ei ole teknisesti tehokas, sillä tuottaja voisi tuottaa saman määrän myös pisteen Q panoskimpulla. Tekninen tehokkuus lasketaan kaavalla  $OQ/OP$ .

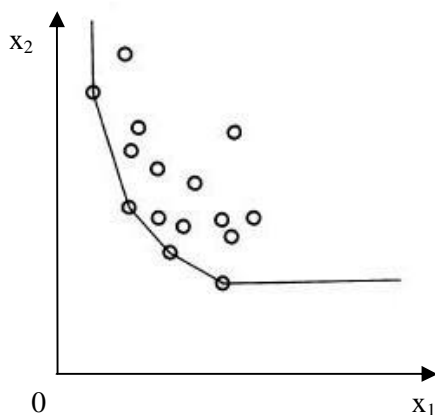


Kuva 7. Tekninen ja allokatiivinen tehokkuus (Farrell 1957, 254).

Teknisen tehokkuuden ohella Farrell (1957, 254) piti tarpeellisenä mitata, miten tehokkaasti tuottaja käyttää panoksia oikeassa suhteessa, kun panosten hinnat huomioidaan. Farrell nimitti tätä hintatehokkuudeksi. Nykyään puhutaan useimmiten allokatiivisesta tehokkuudesta. Panosorientoitunut allokatiivinen tehokkuus tarkoittaa Coellin ym. (1998, 5) mukaan yhden tuotoksen tapauksessa kustannukset minimoivan panoskimpun valitsemista annetulla tuotantomäärällä. Usean tuotoksen tapauksessa myös tuotoskimpua on tarkasteltava vastaavasti.

Kuvan 7 samatuotuskäyrässä  $SS'$  piste  $Q'$  on kohta, jossa rajakorvaussuhde on sama kuin panosten hintasuhte. Piste  $Q'$  panoskombinaatio on sekä allokatiivisesti että teknisesti tehokas. Tuottajan, jonka panoskimppu sijaitsee janalla  $OP$ , allokatiivinen tehokkuus on  $OR/OQ$ . Allokatiivisen tehokkuuden ja teknisen tehokkuuden tulo on Farrellin (1957, 254–255) mukaan kokonaistehokkuus. Farrellin tehokkuusmääritelmät ovat panosorientoituneita ja olettavat vain yhden tuotoksen. Usean tuotoksen tapauksessa on tarkasteltava vastaavasti myös tuotosorientoitunutta teknistä ja allokatiivista tehokkuutta.

Panos-panos-koordinaatistossa tehokas alue on samatuotuskäyrä. Se muodostetaan koordinaatistoon havaintojen perusteella siten, että käyrän kulmakerroin on aina ei-positiivinen, samatuotuskäyrä on konvekksi ja yksikään tuottaja ei jää käyrän alapuolelle (kuva 8). Ei-positiivinen kulmakerroin vastaa oletusta vahvasta tuhlattavuudesta. Havaintojen avulla muodostettavaa tehokasta rintamaa kutsutaan paloittaiseksi. Kun paloittainen rintama muodostetaan tuotos-tuotos-koordinaatistoon, tehokas alue on tuotantomahdollisuuksien joukon rintama. Panos-tuotos-koordinaatistossa rintama on tuotantofunktio.



Kuva 8. Teknisesti tehokkaan paloittaisen rintaman muodostaminen panosorientoituneesti havaintojen avulla, kun oletetaan vahva tuhlattavuus ja konveksisuus (Farrell 1957, 256).

Kolmas usein käytetty tehokkuuskäsite on skaalatehokkuus, joka mittaa skaalaetuja tai -haittoja. Kuosmanen ja Sipiläisen (2004, 13) mukaan allokatiivinen ja tekninen tehokkuus – tai tehottomuus – ovat yhteydessä johtamiseen ja organisaatioon. Skaalatehokkuus puolestaan kertoo rakenteellisesta tehokkuudesta.

Färe ym. (1994, 108) mittaavat skaalatehokkuutta vakioskaalatuotot (CRS) ja muuttuvat skaalatuotot (VRS) olettavien DEA-mallien osamääränä. Ray ym. (1996) määrittävät skaalatehokkuuden mittaamalla keskimääräiset kustannukset tuotantomäärillä  $y$ . Kuosmanen ja Sipiläinen (2009) määrittelevät skaalatehokkuuden sekä panos- että tuotosorientaatiolla. Panosorientoitunut skaalatehok-

kuus on annetulla tuotomäärällä kustannukset minimoivan panosvektorin kannattavuuden suhde maksimikannattavuuteen millä tahansa panos-tuotosyhdistelmällä. Vastaavasti tuotosorientoitunut skaalatehokkuus on annetulla panoskäytöllä tuotot maksimoivan tuotosvektorin kannattavuuden suhde maksimikannattavuuteen millä tahansa panos-tuotosyhdistelmällä.

## 3 Tuottavuuden mittaaminen Fisher-indeksillä ja tuottavuuskehityksen dekomponointi

### 3.1 Fisherin tuotos-, panos- ja tuottavuusindeksit

Tuottavuuden mittaamisessa käytetään määrä-, hinta- ja tuottavuusindeksejä. Määrä- ja hintaindeksit mittaavat jonkin hyödykkeen tai hyödykeryhmän määrän sekä hinnan muutosta ajan suhteen, ja niitä käytetään tuottavuustutkimuksen ohella myös mm. tilastointiin ja kulutuksen tutkimiseen. Tuottavuustutkimuksessa niitä sovelletaan tuotantopanosten ja tuotosten määrien ja hintojen muutoksen mittaamiseen. Tässä tutkimuksessa panosindeksillä tarkoitetaan panoskäytön määrällistä muutosta mittaavaa indeksiä. Tuotosindeksi on tuotosten määrän muutosta mittaava indeksi. Panos- ja tuotoshintaindeksit mittaavat vastaavien panosten ja tuotosten hintojen muutoksia.

Jos tuottaja tuottaa vain yhtä tuotosta  $y$  yhden tuotantopanoksen  $x$  avulla, tuottavuuden muutos TFP periodilla  $t = (0,1)$  voidaan Diewertin (1992, 211) mukaan kirjoittaa:

$$\text{TFP}(x_0, x_1, y_0, y_1) \equiv \frac{y_1/y_0}{x_1/x_0} \quad (3.1)$$

Kaava 3.1 voidaan kirjoittaa myös muodossa  $\text{TFP} = \Delta y / \Delta x$ . Jotta tuottavuuden muutos voidaan yleistää usean tuotoksen ja panoksen tapauksiin, tuotoksen ja panoskäytön muutokset on korvattava tuotos- ja panosindekseillä. Tuottavuus lasketaan jakamalla kaikista tuotoksista aggregoitu tuotosindeksi kaikista panoksista aggregoidulla panosindeksillä.

Kun tuotoksia on  $M$  kappaletta, termi  $y_1/y_0$  korvataan tuotosindeksillä  $Q_0(p_0, p_1, y_0, y_1)$ , missä  $y_t = (y_{t1}, \dots, y_{tM})$ . Kun panoksia on  $N$  kappaletta, termi  $x_1/x_0$  korvataan vastaavasti panosindeksillä  $Q_I(w_0, w_1, x_0, x_1)$ , missä  $x_t = (x_{t1}, \dots, x_{tN})$ . (Diewert 1992, 212.)

Panosten ja tuotosten aggregointi panos- ja tuotosindekseiksi tapahtuu indeksikaavoilla, joista yleisimmin käytettyjä ovat Fisherin, Törnqvistin, Laspeyresin ja Paaschen indeksit. Käytettävän indeksin valinta voi pohjautua ekonomiseen tai aksiomaattiseen lähestymistapaan.

Laspeyresin, Paaschen ja Fisherin tuotosindeksit, jotka mittaavat tuotoksen muutosta ajanjaksolla  $(0,1)$ , määritellään seuraavasti:

$$Q_{OL}(p_0, p_1, y_0, y_1) \equiv \frac{p_0 y_1}{p_0 y_0} \quad (3.2)$$

$$Q_{OP}(p_0, p_1, y_0, y_1) \equiv \frac{p_1 y_1}{p_1 y_0} \quad (3.3)$$

$$Q_{OF}(p_0, p_1, y_0, y_1) \equiv \left( \frac{p_0 y_1}{p_0 y_0} \cdot \frac{p_1 y_1}{p_1 y_0} \right)^{1/2} \quad (3.4)$$



Laspeyresin tuotosindeksi  $Q_{OL}$  laskee tuotosten määrien muutokset kahden ajanjakson välillä käyttäen painoituksina ensimmäisen jakson hintoja, kun taas Paaschen tuotosindeksi  $Q_{OP}$  käyttää painoituksina toisen jakson hintoja (Diewert 1992, 212). Jos hintojen muutokset ovat suuria, Laspeyresin ja Paaschen indeksit eroavat merkittävästi toisistaan (Coelli ym. 1998, 73). Fisher-tuotosindeksi  $Q_{OF}$  on Laspeyresin ja Paaschen tuotosindeksien geometrinen keskiarvo, minkä ansiosta voidaan välttää harkinnanvarainen valinta siitä, kumman ajankohdan hinnoilla määrät painotetaan.

Tuotos- ja panosindeksit ovat keskenään analogisia: panosindeksit voidaan muodostaa tuotosindeksistä korvaamalla tuotoksen hinta  $p$  panoksen hinnalla  $w$  ja tuotoksen määrä  $y$  panoksen määrällä  $x$  (Diewert 1992, 212).

Tuottavuusindeksi, joka mittaa tuottavuuden muutosta ajanjaksolla  $(0,1)$ , muodostetaan tuotosindeksin  $Q_O$  ja panosindeksin  $Q_I$  avulla kaavalla:

$$TFP(p_0, p_1, y_0, y_1, w_0, w_1, x_0, x_1) = \frac{Q_O(p_0, p_1, y_0, y_1)}{Q_I(w_0, w_1, x_0, x_1)} \quad (3.5)$$

Edellä kuvattuja indeksejä kutsutaan bilateraalisiksi, koska ne lasketaan kahden havainnon välillä. Indeksejä, jotka lasketaan useamman havainnon välillä, kutsutaan multilateraaliksi indekseiksi. Drechslerin (1973) mukaan Eltetö ja Köves sekä Szulc johtivat toisistaan riippumattomina lähes samaan aikaan Fisher-tyyppisen multilateraalisen indeksin, joka tunnetaan EKS-indeksinä. Tässä tutkimuksessa EKS-indeksiä tarvitaan tuotoshintaindeksin laskemiseen, sillä porsaan tuottajahinnat eroavat tiloilla toisistaan, ja hintaindeksi on laskettava ottaen huomioon kaikki tilat.

EKS-indeksi tuottajalle  $j$  suhteessa tuottajaan  $l$  lasketaan seuraavasti, kun  $K$  kuvaa kaikkia tuottajia ja  $P_F$  Fisher-hintaindeksiä:

$$EKS_{jl} = \prod_{i=1}^K (P_{FjK} \cdot P_{FKl})^{\frac{1}{K}} \quad (3.6)$$

Käytettävän tuottavuusindeksin valinta voi pohjautua taloudelliseen tai aksiomaattiseen lähestymistapaan. Taloudellinen lähestymistapa edellyttää, että indeksin muoto on johdettavissa tuotanto-, kustannus-, tuotto- tai voittofunktiosta. Aksiomaattinen lähestymistapa puolestaan korostaa indeksin käsittelyssä toivottavia ominaisuuksia (McLellan 2004, 1-4).

Aksiomaattisen lähestymistavan etuna on, että se ei edellytä oletuksia optimointikäyttäytymisestä. Sen heikkoutena on, että indekseille esitettyjen testien relevanttiudesta ei olla yksimielisiä. Taloudellisen lähestymistavan ongelmana puolestaan ovat sen vaatimat oletukset. Lähestymistapa olettaa optimointikäyttäytymisen lisäksi tuottajien olevan hinnan ottajia ja skaalatuoton olevan vakio tai vähenevä. (Diewert 1992.)

Diewert (1992) kokosi kirjallisuudesta 20 testiä, joilla voidaan aksiomaattisesti testata indeksiltä vaadittavia ominaisuuksia. Neljästä yleisimmästä indeksistä vain Fisher-indeksi läpäisi kaikki testit. Laspeyresin ja Paaschen indeksit eivät läpäisseet testeistä kolmea, mutta ainoan todellisen aksiomaattisen heikkouden paljasti testi, jossa ajankohtien  $t = (0,1)$  aineistot vaihdetaan keskenään.

Kun käänteisestä aineistosta lasketaan indeksi, sen pitäisi olla alkuperäisen indeksin käänteisluku. Törnqvist-indeksi puolestaan epäonnistui yhdeksässä kahdestakymmenestä testistä.

Fisher-indeksin etuna empiirisessä tutkimuksessa on myös sen dualisuus itsensä suhteen. Tämä tarkoittaa, että Fisher-hintaindeksi kerrottuna Fisher-määräindeksillä antaa arvoindeksin. Laspeyresin ja Paaschen hinta- ja määräindeksit ovat keskenään dualisia, joten Laspeyresin hintaindeksin kanssa voidaan käyttää Paachen määräindeksiä ja päinvastoin. Törnqvistin indekseillä ei ole vastaavaa ominaisuutta. Fisher-indeksin voi laskea, vaikka aineistossa olisi nolliä, mikä on eduksi empiirisessä tutkimuksessa. (Coelli ym. 1998, 76–81.)

Coellin ym. (1998, 79–80) mukaan Fisher- ja Törnqvist-indeksit epäonnistuvat ketjuindeksin ominaisuuksia koskevassa kehätestissä (circularity test). Kun  $s$ ,  $t$  ja  $u$  ovat kolme ajanjaksoa, indeksi läpäisee testin, jos  $TFP_{su} = TFP_{st} \cdot TFP_{tu}$ . Tämä tarkoittaa, että jaksojen  $s$  ja  $u$  aineistolla lasketun indeksin arvon tulisi olla sama kuin vuoden  $t$  kautta lasketun ketjuindeksin. Diewertin (1976) mukaan testissä epäonnistuminen ei ole vastoin taloudellisen lähestymistavan tekemiä oletuksia. Drechsler (1973) huomauttaa, että koska indeksin painot vaihtuvat jokaisessa bilateraalisessa vertailussa, kehätestin vaatimukset eivät voi täytyä.

Taloudellinen lähestymistapa perustuu Diewertin (1976) suositukseen käyttää eksakteja ja superlatiivisia indeksejä. Diewert kutsuu indeksiä eksaktiksi, kun se voidaan johtaa suoraan tuotantoteknologiaa vastaavasta aggregaattifunktiosta eli tuotanto- tai hyötyfunktioista. Ehto täyttyy, jos

$$f(x_t) / f(x_0) = Q(p_0, p_t, q_0, q_t), \quad (3.7)$$

missä  $f(x_t)$  on tuotantofunktio hetkellä  $t$  ja  $Q(p_0, p_t, q_0, q_t)$  on määräindeksi ajanjaksolla  $(0, t)$ .

Diewert (1976) kutsui superlatiivisiksi sellaisia indeksejä, jotka ovat eksakteja joustavaa funktio-  
muotoa olevien tuotantofunktioiden kanssa ja joilla voidaan approksimoida mielivaltaisesti valittua tuotantofunktiota. Joustavaksi Blackorby ja Diewert (1979, 588) määrittelevät sellaisen funktion, joka kykenee tuottamaan toisen asteen approksimaation tietyssä pisteessä kahdesti derivoituvasta funktiosta. Tämä tarkoittaa, että alkuperäisen ja approksimoivan funktion ensimmäiset ja toiset derivaatat ovat yhtä suuret.

Törnqvistin panosindeksi on Diewertin (1976, 228) mukaan eksakti homogeenisen translog-aggregaattifunktion suhteen. Caves ym. (1982) osoittavat, että kahden tuottajan panoskäyttöä vertaava Törnqvist-panosindeksi on eksakti niiden Malmquist-panosindeksin geometrisen keskiarvon suhteen, kun Malmquist-indeksit määritellään translog-muotoisten etäisyysfunktioiden avulla. Vastaavasti tuottajan tuotoksia mittaava Törnqvist-tuotosindeksi on eksakti niiden Malmquist-tuotosindeksien suhteen, kun Malmquist-indeksit määritellään translog-muotoisten etäisyysfunktioiden avulla. Diewert (1976, 228) osoitti Törnqvist-indeksin olevan superlatiivinen, koska se tuottaa toisen asteen approksimaation homogeeniselle translog-funktiolle.

Diewert (1992) osoitti Cavesin ym. (1982) Törnqvist-indeksille esittämiä tuloksia vastaavasti, että Fisherin tuotos- ja panosindeksit ovat eksakteja Malmquistin tuotos- ja panosindeksien suhteen. Lisäksi Diewert osoitti, että Fisherin tuottavuusindeksi on eksakti Malmquist-tuottavuusindeksin suhteen. Fisher-tuottavuusindeksi on Diewertin mukaan myös superlatiivinen, koska se on eksakti

joustavaa funktiomuotoa olevan teoreettisen tuottavuusindeksin (vrt. kaavan 3.7 teoreettinen tuotosindeksi) kanssa.

Fisher- ja Törnqvist-indeksit ovat eksakteja ja superlatiivisia, joten niiden käyttö on taloudellisen lähestymistavan kannalta perusteltua. Fox (2003) osoitti myös multilateraalisen EKS-funktion käytön olevan taloudellisen lähestymistavan kannalta perusteltua.

Hillin (2006, 27–28) mukaan taloudellinen lähestymistapa oikeuttaa superlatiivisten indeksien käytön, mutta ei kerro, mitä niistä tulisi käyttää. Siksi hän suosittelee taloudellisen ja aksiomaattisen lähestymistavan käyttämistä rinnakkain. Fisher-indeksi on Diewertin (1992) mukaan aksiomaattisen tarkastelun perusteella ylivertainen Törnqvist-indeksiin verrattuna. Diewert toteaa, että vaikka sekä aksiomaattista että taloudellista lähestymistapaa voidaan kritisoida, Fisher-indeksin käyttö on perusteltua niiden molempien kannalta.

Diewertin (1976, 245) mukaan tuotantofunktio, josta tuottavuusindeksi on johdettu, voi muuttua asteittain pitkällä aikavälillä. Kaavan 3.7 määräindeksi ei kuitenkaan huomioi tuotantoindeksin muuttumista. Määräindeksi ei ole täysin eksakti muuttuvalle tuotantofunktiolle. Tarkkuus on sitä parempi, mitä pienempi aikaväli  $t$  on. Siksi ketjuindeksin käyttäminen on Diewertin mukaan pääsääntöisesti suositeltavaa. Ketjuindeksit ovat myös Coellin ym. (1998, 81) mukaan sopivimpia tuottavuuden mittaamiseen. Ne pystyvät havainnoimaan pienet muutokset tarkemmin kuin kantaindeksit, ja Laspeyresin ja Paaschen tuottavuusindeksien laskemiseen käytettävien hintojen erot pysyvät pienempinä.

## 3.2 Fisher-indeksin dekomponointimenetelmät

Etäisyysfunktioihin ja matemaattiseen ohjelmointiin perustuvilla tuottavuusindekseille on esitetty dekomponointitapoja, jotka ovat lisänneet menetelmien käyttöä ja sovellusmahdollisuuksia. Myös Fisher-tuottavuusindeksille on esitetty kolme kokonaisvaltaista dekomponointitapaa: Ray ja Mukherjee (1996), Zofio ja Prieto (2006) sekä Kuosmanen ja Sipiläinen (2004; 2009).

Ray ja Mukherjee (1996) jakavat Fisher-tuottavuusindeksin tekniseen tehokkuuteen, allokatiiviseen tehokkuuteen, teknologista muutosta kuvaavaan siirtymään kustannusfunktiossa sekä keskikustannusindeksiin, joka mittaa skaalatuottoja teknologian ja panoshintojen pysyessä samana. Kuosmanen ja Sipiläinen (2009, 141) nimeävät mallin neljä ongelmakohtaa: se soveltuu vain yhden tuotoksen teknologialle ja on panosorientoitunut, minkä lisäksi sekä allokatiivinen tehokkuus että keskikustannusindeksi lasketaan käyttäen ristiin toisen jakson määriä ja toisen jakson hintoja, mille ei ole taloudellista perustelua.

Zofion ja Prieto (2006) esittävät Fisher-tuottavuusindeksin kahden ajanjakson Malmquist-tuottavuusindeksin geometrisen keskiarvon ja allokatiivisen tehokkuuden tulona. Malmquist-indeksin he laskevat käyttäen yleistettyä etäisyysfunktioita, joka määritellään

$$D_{TG}(x, y, \alpha) = \min \{ \delta > 0 : (x\delta^{1-\alpha}, y/\delta^\alpha) \in Y \}, \quad (3.8)$$

missä  $\alpha$  ( $0 \leq \alpha \leq 1$ ) määrittää panos- ja tuotosorientaatioiden painon. Malmquist-tuottavuusindeksi jaetaan edelleen teknologiseen muutokseen, tekniseen tehokkuuteen ja skaalatehokkuuteen. Kuosmanen ja Sipiläinen (2009) esittävät menetelmän heikkouksiksi, että allokatiivinen tehokkuus las-

ketaan käyttäen ristiin eri jaksojen hintoja ja määriä ja että saadut tulokset riippuvat parametrin  $\alpha$  harkinnanvaraisesta valinnasta.

Kuosmanen ja Sipiläinen (2004; 2009) esittävät Fisher-tuottavuusindeksille eksaktin dekomponoinnin, joka ei käytä eri jaksojen hintoja ja määriä ristiin allokatiivisen tehokkuuden laskemiseksi. Luvun 3.2 loppuosa etenee Sipiläisen ja Kuosmasen (2004, 2009) mukaan.

Fisher-indeksi voidaan muodostaa tulona viiden tekijän avulla:

- 1) tuotantoteknologian muutos ( $\Delta TC$ , technical change)
- 2) teknisen tehokkuuden muutos ( $\Delta TE$ , technical efficiency)
- 3) skaalatehokkuuden muutos ( $\Delta SE$ , scale efficiency)
- 4) allokatiivisen tehokkuuden muutos ( $\Delta AE$ , allocative efficiency)
- 5) hintavaikutuksen muutos ( $\Delta PE$ , price effect).

Kannattavuusfunktio  $\rho_t$  määrittelee tuotantoteknologian, kun tuotantomahdollisuuksien joukko täyttää oletukset vahvasta tuhlattavuudesta, vakioskaalatuotoista ja konvekksiudesta. Kannattavuusfunktio osoittaa parhaan saavutettavissa olevan kannattavuuden annetuilla panosten ja tuotosten hinnoilla ja se kirjoitetaan:

$$\rho_t(w, p) \equiv \max_{x, y} \left\{ \frac{py}{wx} \mid (x, y) \in Y \right\}. \quad (3.9)$$

Kuosmanen ja Sipiläinen maksimoivat kannattavuusfunktion arvon deterministisesti siten, että kun tuottajia on  $K$  kappaletta, kannattavuusfunktion maksimiarvo ratkaistaan kullekin tuottajalle käyttämällä sen omia hintoja ja kaikkia havaittuja  $K$  tuotos- ja panosvektorin yhdistelmää. Kannattavuusfunktiolle saadaan  $K$  mahdollista ratkaisua, joista suurin maksimoi funktion. Vaihtoehtoisesti voitaisiin käyttää kannattavuutta maksimoivaa DEA-mallia, joka huomioisi havaittujen pisteiden lisäksi myös konveksit yhdistelmät. Tässä tutkimuksessa kannattavuusfunktion arvot lasketaan ilman estimointia samalla tavalla kuin Kuosmasen ja Sipiläisen tutkimuksessa.

Tekninen tehokkuus lasketaan etäisyysfunktioiden avulla. Panos- ja tuotosorientoituneet etäisyysfunktiot jakson  $t$  teknologialla määritellään luvussa 2.4 esitetystä poikkeavasti:

$$d_{xt}(x, y) \equiv \min\{\delta \mid \delta x, y \in Y\} \quad (3.10)$$

$$d_{yt}(x, y) \equiv \min\{\delta \mid x, y/\delta \in Y\} \quad (3.11)$$

Teknisen tehokkuuden muutos on geometrinen keskiarvo tuotos- ja panosorientaatiolla mitatuista muutoksista. Näin vältetään valinnalta orientaatioiden välillä, jotka antavat muuttuvien skaalatuotosten tapauksessa erilaiset tulokset. Jos tuotos- ja panosorientaatio antavat eri tulokset, niitä voidaan tarvittaessa tarkastella myös erillisinä komponentteina. Teknisen tehokkuuden muutos kirjoitetaan

$$\Delta TEff = \left( \frac{D_{x1}(x_1, y_1)}{D_{x0}(x_0, y_0)} \cdot \frac{D_{y1}(x_1, y_1)}{D_{y0}(x_0, y_0)} \right)^{\frac{1}{2}}. \quad (3.12)$$

Teknologinen muutos kahden ajanjakson välillä lasketaan muutoksena kannattavuusfunktion saamassa arvossa. Geometrisena keskiarvona jaksojen 0 ja 1 hinnoilla lasketuista arvoista teknologinen muutos määritellään:

$$\Delta Tech = \left( \frac{\rho_1(w_0, p_0)}{\rho_0(w_0, p_0)} \cdot \frac{\rho_1(w_1, p_1)}{\rho_0(w_1, p_1)} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3.13)$$

Skaalatehokkuus määritellään tuotto-, kustannus- ja kannattavuusfunktioiden avulla. Se on suurin saavutettavissa oleva kannattavuus nykyisellä tuotannon laajuudella suhteessa suurimpaan kannattavuuteen millä tahansa tuotannon laajuudella. Geometrisena keskiarvona panos- ja tuotosorientaation välillä skaalatehokkuuden muutos määritellään:

$$\Delta SEff = \left( \frac{\left( \frac{p_1 y_1}{C_1(w_1, y_1)} \right) \cdot \left( \frac{R_1(x_1, p_1)}{w_1, x_1} \right)}{\rho_1(w_1, p_1) \cdot \rho_1(w_1, p_1)} \right)^{\frac{1}{2}} / \left( \frac{\left( \frac{p_0 y_0}{C_0(w_0, y_0)} \right) \cdot \left( \frac{R_0(x_0, p_0)}{w_0, x_0} \right)}{\rho_0(w_0, p_0) \cdot \rho_0(w_0, p_0)} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (3.14)$$

missä  $C_t(w_t, y_t)$  on kustannusfunktio, joka minimoi kustannukset annetulla tuotostasolla, ja  $R_t(x_t, p_t)$  tuottofunktio, joka maksimoi tuotot annetulla panoskäytön tasolla.

Allokatiivista tehokkuutta tarkastellaan etäisyysfunktioiden avulla. Panosorientoitunut allokatiivinen tehokkuus annetulla tuotostasolla lasketaan kustannukset minimoivan kustannusfunktion ja teknisesti tehokkaan panosvektorin kustannusten suhteena:

$$IAEff = \frac{C_t(w_t, y_t)}{w_t (D_{xt}(x_t, y_t) x_t)} \quad (3.15)$$

Vastaavasti tuotosorientoitunut allokatiivinen tehokkuus annetulla panoskäytön tasolla esitetään teknisesti tehokkaan tuotosvektorin tuottojen ja tuottoja maksimoivan tuottofunktion suhteena:

$$OAEff = \frac{p_t (y_t / D_{yt}(x_t, y_t))}{R_t(x_t, p_t)} \quad (3.16)$$

Allokatiivisen tehokkuuden muutos lasketaan geometrisena keskiarvona tuotos- ja panosorientoituneiden allokatiivisten tehokkuuksien muutoksista:

$$\Delta AEff = \left( \frac{IAEff_1}{IAEff_0} \cdot \frac{OAEff_1}{OAEff_0} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3.17)$$

Markkinavahvuus kuvaa Kuosmanen ja Sipiläisen (2004) mukaan, miten panosten ja tuotosten reaalihintojen suhteellinen muutos vaikuttaa tuotantomahdollisuuksiin, kun tuotos on laatukorjattu. Kuosmanen ja Sipiläinen (2009) nimeävät tekijän uudelleen hintavaikutukseksi ja huomauttavat, että suhteellisten hintojen muutos muuttaa paitsi optimaalista tuotosten ja panosten allokaatiota,

myös tuotannon mittakaavan optimia. Hintavaikutus kuvaa, miten hintojen muutos muuttaa optimipisteen, jossa kannattavuusfunktio saa suurimman arvonsa, kannattavuutta suhteessa tuottajan havaitun pisteen kannattavuuteen.

Hintavaikutus koostuu kahdesta osasta: ensimmäinen osa on hintavaikutus optimipisteessä ja toinen osa on hintavaikutus havaintopisteessä. Toinen osa on sama kuin Fisherin hintaindeksi. Hintavaikutus määritellään:

$$\Delta PE = \left( \frac{\rho_0(w_1, p_1)}{\rho_0(w_0, p_0)} \cdot \frac{\rho_1(w_1, p_1)}{\rho_1(w_0, p_0)} \right)^{\frac{1}{2}} \left/ \frac{P_F(p_0, p_1, y_0, y_1)}{P_F^*(w_0, w_1, x_0, x_1)} \right. \quad (3.18)$$

Fisher-tuottavuusindeksi ilmaistaan komponenttien tulona seuraavasti:

$$TFP_F = \Delta TEff \cdot \Delta Tech \cdot \Delta Seff \cdot \Delta Aeff \cdot \Delta PE.$$

### 3.3 Etäisyysfunktioiden laskeminen DEA-menetelmällä

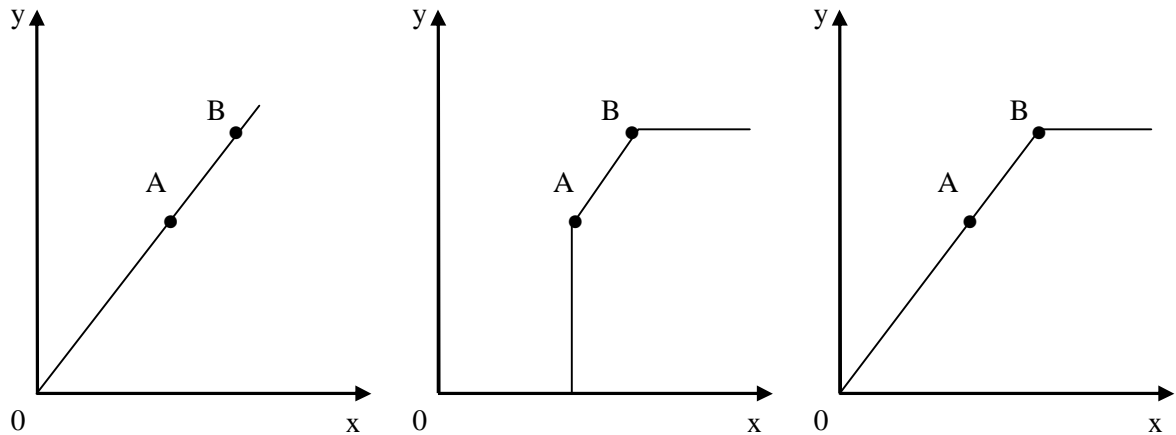
DEA-menetelmä perustuu lineaariseen ohjelmointiin, jonka avulla muodostetaan paloittainen lineaarinen rintama tuottajakohtaisesta aineistosta. DEA-mallit voivat olla tuotos- tai panosorientoituneita, ja niissä oletetaan joko vakioskaalatuotot (CRS), muuttuvat skaalatuotot (VRS) tai eikasvat skaalatuotot (NIRS). Yleensä mallit olettavat myös vahvan tuhlettavuuden. Färe ym. (1994, 17) jakavat menetelmät suoraan ja epäsuoraan lähestymistapaan. Suorassa lähestymistavassa rajoitteina käytetään panosten tai tuotosten määriä. Epäsuorissa menetelmissä puolestaan käytetään kustannuksia tai tuottoja rajoitteina.

DEA-malleja voidaan ratkaista lineaariseen ohjelmointiin soveltuvilla tietokoneohjelmistoilla tai erityisesti DEA-ongelmien ratkaisuun suunnitelluilla ohjelmistoilla. Tässä tutkimuksessa laskutoimitukset suoritetaan FEAR-ohjelman versiolla 1.12. Teknisen tehokkuuden (kaava 3.12) laskemiseen tarvitaan panos- ja tuotosorientoituneita suorja DEA-malleja. Skaalatehokkuuden (kaava 3.14) laskemiseen tarvitaan epäsuoria malleja, jotka minimoivat kustannuksia ja maksimoivat tuottoja. Allokatiivisen tehokkuuden (kaavat 3.15–3.17) ratkaisemiseksi tarvitaan edellä mainittuja suorja ja epäsuoria malleja.

Skaalatuottoihin liittyvien oletusten eroja DEA-malleissa havainnollistetaan kuvassa 9. Rintamalla olevan tuottajan tuotosta ja panosta voidaan CRS-tekniologialla (kuvassa vasemmalla) muuttaa samassa suhteessa sekä origoa kohti että origosta pois päin. NIRS-tekniologialla (oikealla) tuotoksia ja panoksia voidaan supistaa samansuhteisesti origoa kohti, mutta niitä ei voida laajentaa rajattomasti origosta pois päin. VRS-tekniologialla (keskellä) rajatonta samansuhteista supistamista tai kasvattamista ei voida tehdä. (Färe ym. 1994, 50–51.)

Panosorientoituneessa DEA-mallissa tuotos oletetaan annetuksi ja tekninen tehokkuus riippuu panoskäytöstä. Tuotosorientoituneessa mallissa tämä on päinvastoin. CRS-tekniologialla panos- ja tuotosorientaatiot antavat saman tuloksen, kun taas VRS- ja NIRS-mallien panos- ja tuotosorientaatiot johtavat eri tulokseen.

Panosorientaation käyttöä on perusteltu siten, että kun tuotos riippuu eksogeenisistä tekijöistä, kuten saaduista tilauksista tai tuotantokiintiöistä, tuottajien katsotaan optimoivan panoskäyttöä annetulla tuotostasolla. Tuotosorientaatio on kuitenkin luontevampi valinta toimialoilla, joilla resursseihin kohdistuu rajoituksia ja tuottajat maksimoivat tuotoksensa rajoitteiden puitteissa. (Coelli ym. 1998, 158.) Tässä tutkimuksessa ei jouduta tekemään harkinnanvaraista valintaa ja tuotos- ja panosorientaation välillä. Tekninen, allokatiiivinen ja skaalatehokkuus lasketaan kaavoilla 3.12 ja 3.14–3.17 tuotos- ja panosorientaatioiden tuloksien geometrisena keskiarvona.



Kuva 9. Vakioskaalatuotot (CRS), muuttuvat skaalatuotot (VRS) ja ei-kasvat skaalatuotot (NIRS). (Färe ym. 1994, 51.)

Suoriin DEA-malleihin tarvitaan tieto tuotosten ja panosten määrästä. Tuottotehokkuutta mittaava epäsuora DEA-malli edellyttää tietoa myös tuotosten hinnoista, kun taas kustannustehokkuutta mittaava epäsuora DEA-malli vaatii panosten hintatietoja.

Kun tuottajia on  $K$ , panoksia  $N$  ja tuotoksia  $M$  kappaletta, muodostetaan panosmatriisi  $X$  (koko  $K \times N$ ) sekä tuotostmatriisi  $Y$  (koko  $K \times M$ ). Panoksia ja tuotoksia saattaa olla paljon, ja ne lisäävät mallin rajoitteiden määrää. Yleensä onkin syytä aggregoida panoksia ja tuotoksia käyttämällä luvussa 3.1 esitettäviä tuotos- ja panosindeksejä. (Coelli ym. 1998, 70, 140.)

Kun oletetaan vakioskaalatuotot, voidaan kirjoittaa seuraava panosorientoitunut CRS-malli, jota kutsutaan envelopment-muodoksi:

$$\begin{aligned} \min_{\theta, \lambda} \quad & \theta, & (3.19) \\ \text{s.e.} \quad & -y_i + Y\lambda \geq 0, \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\ & \lambda \geq 0. \end{aligned}$$

$\theta$  on kaavan 2.7 muuttujan  $\rho$  käänteisluku, joka tulkitaan teknisenä tehokkuutena.  $\lambda$  on  $K \times 1$ -kokoinen vektori vakioita, jotka ovat ohjelmoinnissa päätösmuuttujina. Lineaarinen ohjelmointimalli on ratkaistava jokaiselle tuottajalle erikseen. (Coelli ym. 1998, 140–141.)

CRS-malli voidaan muuntaa panosorientoituneeksi VRS-malliksi lisäämällä rajoite  $K1'\lambda = 1$ :

$$\begin{aligned}
& \min_{\theta, \lambda} \theta, & (3.20) \\
\text{s.e.} \quad & -y_i + Y\lambda \geq 0, \\
& \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\
& K1'\lambda = 1 \\
& \lambda \geq 0,
\end{aligned}$$

missä  $K1'$  on  $K \times 1$ -kokoinen ykkösistä koostuva vektori. VRS-mallissa tuottajan tehokkuutta verrataan vain vastaavankokoisiin tuottajiin. (Coelli ym. 1998, 150). NIRS-muotoinen panosorientoitunut DEA-malli muodostetaan korvaamalla VRS-mallin rajoite  $K1'\lambda = 1$  rajoitteella  $K1'\lambda \leq 1$ . Kun rajoite on voimassa, tuottajan tehokkuutta ei verrata suurempien tuottajien tehokkuuteen, mutta sitä voidaan verrata pienempiin tuottajiin.

Vertaamalla NIRS- ja VRS-mallien tuloksia keskenään voidaan selvittää, toimiiko tuottaja kasvavien vai vähenevien skaalatuottojen alueella. Kun oletetaan, että skaalatuotot eivät ole vakioiset, VRS- ja NIRS-mallien antama yhtäläinen tulos merkitsee väheneviä skaalatuottoja. Jos tulokset eroavat, skaalatuotot ovat kasvavat. (Coelli ym. 1998, 152.)

Tuotosorientoitunut VRS-malli kirjoitetaan Coellin ym. (1998, 158) mukaan:

$$\begin{aligned}
& \max_{\varphi, \lambda} \varphi, & (3.21) \\
\text{s.e.} \quad & -\varphi y_i + Y\lambda \geq 0, \\
& x_i - X\lambda \geq 0, \\
& K1'\lambda = 1 \\
& \lambda \geq 0,
\end{aligned}$$

missä  $\varphi$  on maksimoitava päätösmuuttuja. Kustannustehokkuutta mittaava VRS-malli kirjoitetaan Coellin ym. (1998, 162) mukaan seuraavasti:

$$\begin{aligned}
& \min_{x_i, \lambda} w_i x_i', & (3.22) \\
\text{s.e.} \quad & -y_i + Y\lambda \geq 0, \\
& x_i' - X\lambda \geq 0, \\
& K1'\lambda = 1 \\
& \lambda \geq 0,
\end{aligned}$$

missä  $w_i$  on panoshintavektori ja  $x_i'$  kustannukset minimoiva panosvektori. Vastaavasti tuottoja maksimoiva VRS-malli kirjoitetaan:

$$\begin{aligned}
& \max_{\lambda, y_i} p_i y_i', & (3.23) \\
\text{s.e.} \quad & -y_i' + Y\lambda \geq 0, \\
& x_i - X\lambda \geq 0, \\
& K1'\lambda = 1 \\
& \lambda \geq 0,
\end{aligned}$$

missä  $p_i$  on panoshintavektori ja  $y_i'$  tuotot maksimoiva tuotosvektori.



Tässä tutkimuksessa teknisen tehokkuuden laskemiseksi käytetään tuotos- ja panosorientoituneita DEA-malleja, jotka olettavat muuttuvat skaalatuotot (VRS). Allokatiivisen ja skaalatehokkuuden laskemiseksi käytetään tuottoja maksimoivaa ja kustannuksia minimoivaa DEA-mallia.

## 4 Aiemmat sikatalouden tuottavuustutkimukset

Sikatalouden tuottavuustutkimukset käsittelevät joko pelkkää sikataloutta tai koko maatilaa. Sikataloudesta saadaan tarkin kuva, kun maatilan muut toiminnot jäävät tarkastelun ulkopuolelle. Porsastuotanto-, yhdistelmä- ja lihasikalaita sekä muita sikalatyyppejä käsitellään tutkimuksissa usein omina ryhminään, koska niiden tuotantoteknologiat eroavat merkittävästi toisistaan.

Kun sikataloutta tarkastellaan erillään muusta tilan toiminnasta, muun muassa peltoviljelyn tuotot ja kustannukset jätetään huomioimatta ja kasvintuotannon tuottavuuteen vaikuttavat säävaihtelut jäävät tarkastelun ulkopuolelle. Toisaalta kasvintuotannon tuottavuus vaihtelee suuresti myös maan eri osien kasvuolosuhde-eroista johtuen, kun taas sikataloudessa ei oletettavasti ole vastaavaa eroa fyysisessä tuotos-panos-suhteessa, vaan sijainnista johtuvat kustannuserot tulevat esiin lähinnä hinnoissa (esimerkiksi rehun kuljetuskustannus). Ongelmaksi pelkän sikatalouden tuottojen ja kustannusten käyttämisessä voi toisinaan muodostua kustannusten jakamisen vaikeus sikatalouden ja tilan muun toiminnan välillä.

Porsas- ja yhdistelmätuotannon tuottavuuskehitystä ei tiettävästi ole tutkittu erillään maatilan muista toiminnoista. Yleisimmin on tutkittu kaikkia sikatiloja yhtenä ryhmänä maatilan kaikki toiminnot huomioiden (taulukko 2). Tiedossa olevista julkaisuista vain Myyrän ja Pietolan (1999) Suomen maatalouden tuottavuutta koskevassa tutkimuksessa tehdään jako porsastuotanto-, yhdistelmä- ja lihasikatiloihin. Rasmussenin (2010) tutkimuksessa mitattiin Tanskan sikatilojen tuottavuutta ja dekomponoitiin kehitys. Aiemmin Tanskan sikatilojen tuottavuuskehitystä oli tutkinut Hansen (1990; 1995). Lihasikaloiden tuottavuuskehitystä ovat Yhdysvalloissa tutkineet Key ym. (2008), jotka myös dekomponoivat tuottavuuskehityksen.

Taulukko 2. Aiemmat sikatalouden tuottavuustutkimukset.

Tutkittava maa	Tutkijat ja julkaisuvuosi	Tarkastelujakso	Tutkimuskohde	$\Delta$ TFP, %/v
Tanska	Hansen (1990)	1973–1988	Sikatilat	3,4
Tanska	Hansen (1995)	1981–1993	Sikatilat	3,4
Tanska	Rasmussen (2000)	1973–1995	Sikatilat	---
Tanska	Rasmussen (2010)	1986–2006	Sikatilat	2,1
Englanti ja Wales	Hadley (2006)	1982–2002	Sikatilat	---
Suomi	Myyrä & Pietola (1999)	1987–1997	Porsastuotantotilat	3,34
			Yhdistelmätilat	1,73
			Lihassetilat	1,05
Suomi	Suomen maatal... (2008)	1987–2007	Sikatilat	2,5
Ruotsi	Heshmati ym. (1995)	1976–1988	Lihasetilat	---
USA	Key ym. (2008)	1992–2004	Lihasetilat	6,3
Kiina	Rae ym. (2006)	1980–1989	Kotitaloustuottajat	4,80
			Perheyryssikatilat	5,58
			Kaupalliset toimijat	5,67
		1990–1999	Kotitaloustuottajat	3,72
			Perheyryssikatilat	5,35
			Kaupalliset toimijat	4,40

Hansen (1990) tutki Fisher-tuottavuusindeksillä Tanskan maatalouden tuottavuuskehitystä jaksojen 1973/74–1987/88 välillä. Sikatilojen tuottavuus nousi jaksoon 1980/81 mennessä keskimäärin 3,2 % ja tämän jälkeen keskimäärin 3,6 % vuodessa. 15 vuoden jaksolla tuottavuus nousi keski-

määrin 3,4 % vuodessa. Aikajaksolla 1981–1993 Tanskan sikatilojen tuottavuus kasvoi keskimäärin 3,4 % vuodessa (Hansen 1995, Rasmussenin 2000 mukaan).

Rasmussen (2000) tutki Tanskan maatalouden teknologista muutosta ja skaalajoustoa (elasticity of scale) vuosien 1973–1995 aineistolla. Mukana oli kolme tuotantosuuntaa, joita tarkasteltiin erikseen. Sikatiloja aineistossa oli mukana keskimäärin 500, mutta saatavilla oli vain viiden taloudellisen koon mukaan jaotellun ryhmän keskiarvotiedot. Muuttajat estimoitiin ekonometrisesti kustannusfunktiosta. Tutkimuksessa jouduttiin oletamaan, että tekninen tehokkuus pysyy muuttumattomana. Mahdolliset teknisen tehokkuuden muutokset näkyivät tuloksissa teknologisenä muutoksena.

Teknologinen muutos mitattiin sekä primaalisesti että duaalisesti. Sikatilojen teknologinen muutos oli 20 vuoden aikajaksolla duaalisesti keskimäärin 2,1 % ja primaalisesti 2,2 % vuodessa. Muutos oli voimakkainta pienikokoisimmilla tiloilla ja heikointa suurimmilla tiloilla. Tutkimusjakson ensimmäisinä vuosina 1973–1977 teknologinen kehitys oli lievästi negatiivista, mutta jakson loppua kohti kehitys voimistui tasaisesti, ja vuosina 1993–1995 muutos oli 3,1 % vuodessa. Sikatilojen skaalajousto oli tutkimusjakson alussa keskimäärin 1,12 ja tutkimusjakson lopussa 1,04. Skaalajoustojen perusteella pääteltiin, että potentiaaliset mittakaavaedut oli jo jokseenkin hyödynnetty.

Rasmussen (2010) tarkasteli tanskalaisten maatilojen vuosien 1985–2006 välistä tuottavuuskehitystä SFA-menetelmällä panosorientoinuneiden etäisyysfunktioiden avulla. Tärkeimpiä tuotantosuuntia tarkasteltiin erikseen. Tuottavuuskehitys dekomponoitiin teknologiseen muutokseen, skaalatehokkuuden ja teknisen tehokkuuden muutokseen sekä panosyhdistelmän vaikutukseen (IME, input mix effect). Aineistona oli edustava otos Tanskan kokoaikaisesti hoidetuista maatiloista. Sikatilojen määrä aineistossa oli vuodesta riippuen 333–456. Vuosittain tiloista vaihtui 20–30 %, joten keskimäärin tilat olivat mukana aineistossa 3–5 vuotta.

Vuosina 1985–2006 Tanskan sikatilojen tuottavuuskehitys oli keskimäärin 2,1 % vuodessa. Kehitys oli voimakkaampaa tutkimusjakson ensimmäisellä puoliskolla: aikajaksolla 1985–1996 vuotuisen nousu oli keskimäärin 2,7 %, mutta jälkimmäisellä puoliskolla eli vuosina 1996–2006 tuottavuus parani keskimäärin vain 1,4 % vuodessa. Viimeisinä vuosina tuottavuuden kehitys oli kuitenkin hieman voimakkaampaa: vuosien 2003–2006 välillä kasvu oli keskimäärin 2,8 % vuodessa.

Voimakkaimmin tuottavuuden kasvuun vaikuttivat skaalatehokkuuden keskimäärin 1,3 % nousu vuodessa sekä keskimäärin 1,0 % vuosittainen teknologinen muutos. Tilakoon lähestyminen optimia ilmeni myös skaalajouston muutoksena: tutkimusjakson alussa sikatilojen keskimääräinen skaalajousto oli 1,25, mutta se laski tutkimusjaksolla huomattavasti ja oli vuonna 2006 enää 1,13. Sen sijaan teknisen tehokkuuden muutoksen ja panosyhdistelmän vaikutuksen merkitys oli vähäinen.

Walter-Jørgensenin ym. (1992, 75–77) mukaan tanskalaisten sikojen hedelmällisyys on ollut 1970-luvulla kansainvälisessä vertailussa heikkoa, ja sittemmin Tanskan sikatalouden tuottavuuskehitys on paljolti perustunut 1970-luvun puolivälissä alkaneeseen tuotantotapojen uudistamiseen ja risteytysjalostamiseen. Kirjoittajien mukaan tuottavuuskehitys saattaisi hiipua, sillä teknologinen ero muihin maihin, kuten Hollantiin, oli lähes kurottu umpeen. Rasmussenin (2010) tulosten valossa näin on käynyt.

Hadley (2006) mittasi SFA-menetelmällä Englannin ja Walesin maatilojen vuosien 1982–2002 välistä teknisen tehokkuuden muutosta ja teknologista muutosta. Aineisto jaettiin tuotantosuunnitain kahdeksaan ryhmään, joista yksi oli sikatilat. Havaintoja oli kaikkiaan 199 sikatilalta. Aineisto sisälsi vain suuria maatiloja, minkä vuoksi otos ei ollut edustava kaikkien maatilojen suhteen. Otos oli kuitenkin edustava sellaisten tilojen suhteen, jotka tuottivat suurimman osan maataloustuotteista. Teknologinen muutos sikatiloilla on keskimäärin 3,5 % vuodessa ja teknisen tehokkuuden muutos -0,1 % vuodessa. Teknologinen muutos havaittiin voimakkaammaksi kasvinviljelytiloilla kuin kotieläintiloilla. Keskimääräinen sikatila toimi sellaisella tuotannon laajuudella, jolla skaalatuotot ovat vakioiset, minkä perusteella tilojen tuotannon laajuuden pääteltiin olevan lähellä optimia.

Myyrä ja Pietola (1999) tutkivat vuosien 1987–1997 välistä tuottavuuskehitystä suomalaisilla tavanomaisen tuotantotavan sikatiloilla. 70 kirjanpitotilan aineistossa oli 20 porsastuotantotilaa, 25 lihasikatilaa ja 25 yhdistelmätilaa, joita käsiteltiin erillisinä ryhminä. Tuottavuutta mitattiin Divisia-indeksillä eli Törnqvist-indeksin logaritmisella muodolla. Tuottavuuden kehitys laskettiin käyttäen kantaindeksiä.

Kaikkien sikatilojen vuotuinen tuottavuuskasvu oli Myyrän ja Pietolan (1999) mukaan 1,5 %. Porsastuotantotilojen tuottavuus kasvoi eniten, 3,3 % vuodessa. Yhdistelmätilojen vuotuinen tuottavuuskehitys oli 1,7 % ja lihasikatilojen 1,1 %. Tuottavuuskasvu oli voimakkainta 1980-luvun loppulla, kun taas vuosien 1990–1995 välillä kehitys oli negatiivista. Vuosina 1994–1997 porsastuotantotilat saavuttivat 1,57 % ja yhdistelmätilat -0,94 % vuosittaisen tuottavuuskasvun. Tutkijoiden mukaan näyttää siltä, että perustamislupajärjestelmän poistamisen mahdollistama sikalakoon kasvu on lisännyt erikoistumisesta saatavaa hyötyä.

Suomen sikatilojen tuottavuuskehitystä on seurattu vuosittain kirjanpitotila-aineiston perusteella. Tulokset esitetään MTT Taloustutkimuksen julkaisemassa Suomen maatalous ja maaseutuelinkeinot -sarjassa Divisia-kantaindeksinä suhteessa vuoteen 1987. Sikatilojen tuottavuus kasvoi vuosina 1987–2007 yhteensä 63 %, mikä vastaa noin 2,5 % vuotuista tuottavuuskasvua. (Suomen maatalous ja maaseutuelinkeinot 2008.) Kirjanpitotila-aineistossa sikatilojen lukumäärä on hyvin pieni, minkä vuoksi aineiston perusteella tehtyjen tutkimusten yleistämiseen koko suomalaista sikataloutta koskeväksi on suhtauduttava varauksella.

Heshmati ym. (1995) tutkivat ruotsalaisten sianlihan tuottajien teknisen tehokkuuden muutosta ja teknologista muutosta vuosien 1976–1988 välisenä aikana. Tutkimus tehtiin SFA-menetelmällä käyttäen Cobb-Douglas-tuotantofunktiota. Aineistona oli 450 lihasikalalan paneelidata, jossa sikalat vaihtuvat neljän vuoden välein. Tutkimuksessa huomioitiin vain sikatalouden tuotantopanokset ja tuotokset. Peltoviljelyä ei tarkasteltu, mutta tulokset esitettiin myös peltoalan mukaan ryhmiteltyinä. Tuotantopanokset oli jaettu kuuteen ryhmään: eläimet, rehu, sähkö, materiaalit, pääoma ja työ.

Tekninen tehokkuus oli vuosien 1976–1988 välillä keskimäärin 91 %, ja siinä ei havaittu systemaattista muutosta. Korkeimmillaan tekninen tehokkuus oli noin 95 % vuosina 1988 ja 1980. Sikojen lukumäärässä mitattuna pienten tilojen tehokkuus oli keskimäärin suuria heikompi. Sen sijaan peltopinta-alan ei havaittu olevan yhteydessä tehokkuuteen.

Teknologista muutosta mitattiin tuotoksen joustona ajan suhteen. Jaksolla 1976–1980 teknologinen muutos oli positiivinen, mutta se hiipui jakson loppua kohti. Vuosina 1981–1988 teknologinen muutos oli negatiivinen. Koko tutkimusjaksolla teknologinen muutos oli keskimäärin -1,9 % vuo-

nessa. Teknologinen muutos ei ollut Hicks-neutraalia, vaan sen todettiin säästävän rehua, sähköä, pääomaa ja työtä ja vaativan enemmän eläin- ja materiaalipanoksia.

Key ym. (2008) tutkivat yhdysvaltalaisen lihasikaridien tuottavuuskehitystä SFA-menetelmällä vuosien 1992–2004 välisenä aikana ja dekomponoivat tuottavuuden muutoksen teknologiseen kehitykseen sekä teknisen, allokatiiivisen ja skaalatehokkuuden muutoksiin. Aineiston keräsi USDA 24 osavaltiossa vuosina 1992, 1998 ja 2004, ja tutkimus rajattiin koskemaan aineiston lihasikalaita. Havaintojen määrä tarkasteluvuosien välillä vaihtelee välillä 211–492, joten tilat vaihtuvat otoksessa voimakkaasti.

Kokonaistuottavuus kasvoi vuosien 1992–1998 välillä 45,1 % ja vuosien 1998–2004 välillä 44,1 %. Vuotuinen muutos oli keskimäärin 6,3 %. Kasvu selittyi ennen kaikkea teknologisella kehityksellä, joka oli keskimäärin 3,0 % vuodessa, ja skaalatehokkuuden muutoksella, joka oli 3,4 % vuodessa. Teknisen tehokkuuden ei havaittu muuttuneen keskimäärin lainkaan, kun taas allokatiiivinen tehokkuus kasvoi keskimäärin 0,5 % vuodessa. Skaalajousto oli kaikissa tilakokoluokissa yli yksi, mikä tarkoittaa, että skaalatuotot olivat kasvavia. Skaalatehokkuuden kasvun havaittiin olevan yhteydessä siihen, että tilakoko kasvoi nopeasti.

Rae ym. (2006) tutkivat Kiinan sikatalouden tuottavuuskehitystä 1980- ja 1990-luvuilla. Tuottavuuskehitys estimoitiin SFA-menetelmällä ja dekomponoitiin teknologiseen muutokseen ja teknisen tehokkuuden muutokseen. Siiankasvattajat oli jaettu kolmeen ryhmään: kotitaloustuottajat, erikoistuneet perheyritykset ja kaupalliset toimijat. Kotitaloustuottajien tuottavuuskasvu jäi muista jälkeen molemmilla tutkimusjaksoilla. Perheyrityssikalat puolestaan saavuttivat molemmilla jaksoilla yli viiden prosentin tuottavuuskasvun. Tuottavuuden kasvu selittyi lähinnä teknologisella muutoksella. Kotitaloustuottajien tekninen tehokkuus parani molemmilla jaksoilla yli prosentin, mutta muilla ryhmillä muutos oli 20 vuoden tutkimusjaksolla negatiivinen.

## 5 Aineisto

Fisher-tuottavuusindeksin laskemiseen tarvitaan tieto kaikkien tuotantopanosten ja tuotosten määrästä ja hinnoista. Jos tiedossa on vain panoksen tai tuotoksen rahallinen arvo, hintana voidaan käyttää tilastokeskusten laskemia soveltuvia hintaindeksejä. Määrä puolestaan voidaan laskea, kun arvo ja hintaindeksi tunnetaan.

### 5.1 Tutkittavat porsastuotantosikalat

Tutkimus perustuu paneeliaineistoon, joka on kerätty suomalaisista porsastuotantosikaloista ProAgria-keskusten Sikatilinpäättös-palvelun yhteydessä vuosina 2003–2008. Palvelussa tiloille lasketaan porsastuotannon tilinpäätös siten, että tilan muut osa-alueet, kuten kasvintuotanto ja lihasikala, jätetään tarkastelun ulkopuolelle.

Sikatilinpäättös-palvelua ostavat yhdistelmä- ja porsastuotantotilat. Yhdistelmätiloilla lihasikalan tulos lasketaan erikseen, joten yhdistelmä- ja porsastuotantotilojen porsastuotannon tulokset ovat vertailukelpoisia. Osa aineiston sikaloista vaihtuu vuosittain riippuen siitä, mitkä tilat käyttävät palvelua. Tuottavuus ja sen komponenttien muutos kahden vuoden välisillä jaksoilla lasketaan tilajoukolla, jonka aineisto on saatavissa molemmilta vuosilta.

Tuotot ja kustannukset on eritelty sikatilinpäättösaineistossa. Tilakohtaiset hintatiedot ovat saatavissa porsaista ja rehuista. Tuotantoon liittyvät tiedot, kuten rehunkäyttö ja välitysporsaan keskipaino, perustuvat WinPig-ohjelmistolla tehtyyn tuotannon seurantaan. Lannanlevityskustannuksia ja lannan arvoa lannoitteena ei kuitenkaan esitetä aineistossa, joten tutkimus ei mittaa lannankäytön tuottavuudessa ja tehokkuudessa tapahtuvia muutoksia. Kun maatilan kustannukset jaetaan sikatalouden ja tilan muun toiminnan välillä, lannanlevityskustannusten määrittäminen lienee hankalin tehtävä. Lannanlevityksen jääminen tarkastelun ulkopuolelle poistaa täten yhden mahdollisen virhelähteen.

Sikaloiden määrä aineistossa esitetään taulukossa 3. Ensimmäisellä tarkastelukaudella eli vuosina 2003–2004 aineistossa on 90 sikalaa. Tutkimusjoukko pienenee jakson aikana, ja viimeisellä tarkastelujaksolla 2007–2008 mukana on enää 54 sikalaa. Joukon pieneneminen johtunee suureksi osaksi porsastuotannon lopettamisesta. Tutkimusjaksolla yhdistelmä- ja porsastuotantosikaloiden määrä väheni Suomessa noin 30 %.

Wilsonin (1993) mukaan DEA-menetelmien ja muiden lineaariseen ohjelmointiin perustuvien menetelmien ongelmana on, että poikkeavat havainnot voivat merkittävästi vaikuttaa tuloksiin. Ongelma koskee myös kannattavuusfunktioita, jonka arvot ratkaistaan deterministisesti ilman DEA-menetelmiä. Wilson (1993) suosittelee poikkeavien havaintojen korjaamista tai poistamista aineistosta.

Aineistosta on poistettu sellaiset tilat, joiden keskeisimmissä tiedoissa on ilmeinen mittausvirhe tai puuttuva tieto. Yleisimmin puuttuvia tietoja ovat rakennusten ja koneiden poisto- ja korkokustannukset, tuotettujen porsaiden keskipaino sekä energiakustannus. Sellaiset tilat, joiden porsaan perushinta poikkeaa yli 30 % mediaanihinnasta tai muuttuu kahden vuoden välillä yli 25 %, jätettiin myös pois tarkastelusta. Lisäksi tilat, joiden tuotetun porsaan keskipaino oli yli 45 kg, jätetään tar-

kastelun ulkopuolelle. Näistä syistä tarkastelun ulkopuolelle jää vuosittain 6–12 tilaa. Poistettujen sikaloiden määrä ja osuus koko aineistosta esitetään taulukossa 3.

Kuosmanen ja Sipiläinen (2009, 145) jättävät kannattavuusfunktion arvoja maksimoitaessa huomiotta 5 % suurimmista arvoista. Menettelytavan tarkoituksena on vähentää virheellisten ja poikkeavien havaintojen vaikutusta, ja sen ei havaittu merkittävästi muuttavan tuloksia. Myös tässä tutkimuksessa leikataan 5 % kannattavuusfunktioiden suurimmista arvoista, mikä merkitsee vuosittaisesta tilamäärästä riippuen 3–5 suurimman arvon huomiotta jättämistä.

Taulukko 3. Kahden vuoden jaksoilla samana pysyvien sikaloiden määrä tutkimusjoukossa sekä poikkeavat, aineistosta poistetut sikalat.

Jakso	Tiloja yhteensä	Poikkeavat, poistetut havainnot	Tutkimustiloja	Poistettuja havaintoja, %
2003–04	102	12	90	12 %
2004–05	85	8	77	9 %
2005–06	80	7	73	9 %
2006–07	84	6	78	7 %
2007–08	62	8	54	13 %

Vuonna 2003 tutkimustiloilla oli keskimäärin 67,1 emakkoa (taulukko 4). Vuonna 2008 keskiarvo nousi 84,6 emakkoon tilaa kohti. Keskiemakkoluku kasvoi tutkimusjaksolla 17,4 yksikköä. Kasvusta 11,2 yksikköä selittää aineistossa samana pysyneiden tilojen kasvu, ja jäljelle jäävä 6,2 yksikön kasvu johtuu tilojen vaihtumisesta tutkimusjoukossa. Aineiston vaihtuvuus nostaa emakkomäärää samoina vuosina kuin tilojen määrä aineistossa vähenee voimakkaimmin. Aineiston vaihtuvuuden emakkomäärää nostava vaikutus johtunee näin ollen siitä, että aineistosta pois jääneet tilat ovat olleet keskimääräistä pienempiä. Mukana tarkastelussa ei ole puutteellisten tai virheellisten tietojen vuoksi aineistosta poistettuja tiloja.

Tutkimustulosten yleistettävyyttä koskemaan koko Suomen porsastuotantoa voidaan arvioida vertaamalla taulukossa 4 esitettäviä sikatilinpäätöstilojen emakkomääriä valtakunnalliseen keskiarvoon. Tutkimusjakson alussa eli vuonna 2003 tutkimusaineiston koko täsmää valtakunnallisen keskiarvon kanssa, mutta vuoteen 2008 mennessä valtakunnallinen keskiarvo kasvaa 99,3 emakkoon ja sikatilinpäätöstilojen keskiarvo vain 84,6 emakkoon. Lisäksi sikatilinpäätöstiloihin ei kuulu lainkaan kaikkein suurimpia, yli 400 emakon yksiköitä. Suomalaisista porsastuotanto- ja yhdistelmätiloista 3,9 % oli 1.4.2008 yli 400 emakon tiloja, mutta näillä tiloilla oli 29,5 % maan emakoista (Tike 2009, 67). Näin ollen tämän tutkimuksen tuloksia ei voida yleistää koko maan porsastuotantoon.

Taulukko 4. Kahden vuoden jaksoilla samana pysyvien sikaloiden määrä ja poikkeavat, tutkimusaineistosta poistetut sikalat.

Jakso	Emakoita keskimäärin, ensimmäinen vuosi	Emakoita keskimäärin, jälkimmäinen vuosi	Vuotuinen muutos samana pysyvillä tiloilla	Aineiston vaihtuvuuden vaikutus
2003–04	67,1	69,6	2,5	--
2004–05	76,4	79,3	2,9	6,8
2005–06	77,5	80,5	3,0	-1,8
2006–07	79,8	81,6	1,9	-0,8
2007–08	83,5	84,6	1,0	1,9

Vuonna 2003 tutkimusaineiston porsitussikaloista myytiin tai siirrettiin omaan lihasikalaan keskimäärin 1178 porsasta tilaa kohti. Tilojen keskimääräiset porsasmyyntituotot olivat 62 355 euroa ja kokonaistuotot 81 201 euroa. Vuonna 2008 porsaita myytiin tai siirrettiin keskimäärin 1611 kappaletta, porsaiden myyntituotot olivat keskimäärin 98 196 euroa ja kokonaistuotot olivat 117 224 euroa. Porsaiden myyntituottojen lisäksi muita tuottoja ovat emakkotuki, emakoiden ja karjujen myyntitulot, eläinten arvonmuutos sekä siitoseläinten myynti.

## 5.2 Tuotokset

Porsastuotantotilojen tuotoksia ovat porsaat ja jalostuseläimet. Tässä tutkimuksessa ne aggregoidaan yhdeksi tuotokseksi. Tuotos koostuu useasta erästä:

- 1) myydyt peruspainoiset porsaat
- 2) myytyjen porsaiden peruspainon ylittävät kilot
- 3) porsaiden arvonmuutos
- 4) siitoseläinten myynti eloon
- 5) siitoseläinten myynti teuraaksi
- 6) siitoseläinten arvonmuutos.

Porsaan tuottajahinta muodostuu perushinnasta, joka maksetaan tietyn painoisesta porsaasta, sekä lisäyksistä tai vähennyksistä painon mukaan. Kun myytävän porsaan paino poikkeaa peruspainosta, peruspainon ylittävien tai alittavien kilojen hinta on tyypillisesti pienempi kuin perushinta kiloa kohti. Lisäksi porsaan hinta sisältää yleensä lisiä, kuten sopimuslisän. Ne maksetaan myytyä porsasta kohti, jolloin porsaan paino ei vaikuta niiden suuruuteen. Siksi lisiä ei tässä tutkimuksessa erotella perushinnasta. Porsaiden laadun oletetaan olevan yhtäläinen, sillä aineisto ei erittele porsaiden laadun vaikutusta hintaan.

Myytävien porsaiden keskipaino eroaa tilojen ja vuosien välillä. Siksi pelkkä myytyjen porsaiden lukumäärä ei ole vertailukelpoinen tuotosmäärän mittari. Toisaalta myöskään myytyjen porsaiden paino ei yksinään ole vertailukelpoinen, koska perushintaan kuuluvat ja sen ylittävät tai alittavat kilot hinnoitellaan erikseen. Tarkin tulos saadaan, kun peruspainoa ja tuotettuja lisäkiloja tai peruspainon alittavia kiloja tarkastellaan tutkimuksessa erikseen. Koska porsaiden myynti ei aina jaksotu tasaisesti kalenterivuositain, myös porsaiden arvonmuutos huomioidaan. Porsaiden arvonmuutoksen laskemiseen käytetty tasearvo vastaa 56 euron myyntihintaa 30 kg painossa.

Sikatilinpäätösaineistossa on tilakohtaiset tiedot myytyjen porsaiden määrästä, porsasmyyntituloista sekä myytyjen porsaiden keskipainosta. Aineistossa ei erotella, mikä osa tuloista muodostuu perushinnasta ja mikä lisäkiloista. Siksi erottelu on tehtävä käyttämällä oletuksia porsaan lisäkilon hinnasta.

Tutkimuksessa oletetaan, että kaikilla tiloilla peruspainon ylittävien tai alittavien kilojen arvo on sama ja että tilakohtaiset painolla selittymättömät erot porsaan kokonaishinnassa johtuvat eroista perushinnassa ja lisissä. Perushintaan oikeuttavaksi painoksi oletetaan 25 kg, joka on LSO Foods Oy:n peruspaino tutkimusajankohtana. LSO Foods Oy on maksanut kevästä 2003 lähtien 0,84 € peruspainon ylittävää kiloa kohti ja vähentänyt 1,20 €/kg peruspainon alittamisesta. LSO Foodsin alin hyväksytty välityspaino on 22 kg (LSO Foods 2005), minkä vuoksi porsaita myydään harvoin alle peruspainoisina. Myös sikatilinpäätösaineiston perusteella näin alhaiset keskipainot ovat harvi-



naisia; esimerkiksi vuonna 2008 vain kymmenellä prosentilla tiloista keskipaino jäi alle 25 kilogramman. Tässä tutkimuksessa oletetaan sekä peruspainon ylittävien että alittavien kilojen hinnaksi 0,84 €/kg.

Myytyjen lisäkilojen määrä tarkasteltavilla tiloilla ratkaistaan kaavalla:  $(\text{keskipaino} - 25 \text{ kg}) \cdot \text{myydyt porsaasat}$ . Myytyjen porsaiden perushinta lisineen puolestaan lasketaan kaavalla:  $(\text{porsaiden myyntitulot} - \text{lisäkilot} \cdot 0,84 \text{ €/kg}) / \text{myydyt porsaasat}$ .

Aineistossa esitetään erikseen siitoseläinten myyntitulot, jotka jaotellaan eloon tai teuraaksi myyntiin. Teuraaksi myytyjen eläimien hintana käytetään vuotuista keskimääräistä emakonlihan hintaa (Matilda 2010a), ja määrä saadaan jakamalla arvo hinnalla. Joiltakin tiloilta tieto myyntituloista puuttuu; tällöin tulo lasketaan olettaen, että puolet elävänä poistetuista emakoista on myyty ja että myytyjen emakoiden teuraspaino on ollut sama kuin Matildan (2010b) ilmoittama valtakunnallinen keskiarvo. Jotkut tilat ovat myyneet eläimiä myös jalostustarkoitukseen. Näiden eloon myytyjen eläinten myyntihinnaksi sovelletaan sikojen hintaindeksiä (Tilastokeskus 2010).

Koska porsaan perushinta eroaa tilojen välillä, hintaerojen on ilmentävä tuotoshintaindeksissä. Siksi tuotoshintaindeksit kahden vuoden jaksojen ensimmäisille vuosille lasketaan multilateraalilla EKS-indeksillä (kaava 3.6). Jälkimmäisten vuosien tuotoshintaindeksit ovat tilakohtaisia, bilateraalisia Fisher-hintaindekskejä suhteessa ensimmäiseen vuoteen. Määräindeksit lasketaan jakamalla tuotoksen arvo hintaindeksillä.

### 5.3 Tuotantopanokset

Tuotantopanokset jaetaan tässä tutkimuksessa viiteen ryhmään, joiden avulla lasketaan Fisher-panosindeksi ja sen panosorientoituneet komponentit. Jokaisesta panosryhmästä on tunnettava hinnat ja käytetyt määrät. Ryhmät ovat:

- 1) rehu
- 2) työ
- 3) energia
- 4) rakennukset ja koneet
- 5) muut panokset.

Ensimmäinen tuotantopanos on rehu, jonka hintoina käytetään tilakohtaisia keskimääräisiä rehuyksikköhintoja. Määrinä käytetään tiloilla käytettyjen rehuyksikköiden määriä. Hinnat rehuyksikköä kohti sekä käyttömäärät on ilmoitettu sikatilinpäätösaineistossa, ja hintaa laskettaessa tilalla tuotettu rehuvilja on arvostettu markkinahintaan.

Rehun hintaerot tilojen välillä ovat suuria, mutta rehun laadun oletetaan olevan sama hinnasta riippumatta. Muun muassa ProAgrian sikatilaneuvonnassa on havaittu saman rehun hinnan vaihtelevan tilojen välillä rajusti, toisinaan jopa kymmeniä prosentteja mediaanihinnasta. Siksi hintaerojen perusteella ei voida tehdä oletuksia laatueroista.

Toinen tuotantopanos on työ, joka koostuu viljelijäperheen ja palkatun työvoiman tekemästä työstä. Viljelijäperheen työmäärä on ilmoitettu sikatilinpäätösaineistossa, ja oman työn hintana käytetään maatalousyrittäjän palkkavaatimusta korotettuna eläkevakuutusmaksulla, joka oli vuonna 2003 1,4

€/h ja muina vuosina 1,5 €/h. Palkatun työvoiman osalta tiedossa on palkkakustannus sivukului-  
neen. Palkatun työvoiman hintana käytetään kotieläinten hoitotyön tuntikustannusta, joka sisältää  
työaikaan liittyvät ja muut lisät (Tike 2007, 158; Tike 2009, 153). Työn sivukulut lisätään tuntikus-  
tannukseen. Tilastokeskuksen (2008) mukaan rahapalkka vuonna 2004 oli yksityisellä sektorilla  
keskimäärin 78,49 % työn kokonaiskustannuksista. Palkatun työvoiman sivukulujen osuus työn  
kokonaiskustannuksesta oletetaan samaksi kuin yksityisellä sektorilla keskimäärin ja tutkimusjak-  
solla vakioksi. Palkkatyötuntien määrä lasketaan jakamalla työkustannus tuntihinnalla, ja kaiken  
työn keskihinta lasketaan tilakohtaisesti painottaen viljelijäperheen tekemän ja palkkatyön osuudet.  
Tutkimuksessa käytettävät työn tuntihinnat tutkimusjaksolla esitetään taulukossa 5.

Taulukko 5. Maatalousyrittäjän tuntipalkkavaatimus (Taloustohtori 2010), eläkevakuutusmaksu  
tuntia kohti sekä palkkatyön tuntihinta sivukului-  
neen (Tike 2007, 2009; Tilastokeskus 2008).

	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Palkkavaatimus, €/h	11,3	11,7	12,3	12,4	12,6	13,0
Eläkevakuutusmaksu, €/h	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Palkkatyön hinta, €/h	11,6	11,4	12,0	12,3	12,8	13,2

Muista kolmesta panosryhmästä tunnetaan kustannukset, mutta hintoja ja määriä ei ole sikatilinpää-  
tösaineistossa. Hintoina käytetään soveltuvia hintaindeksijä, ja määrät saadaan jakamalla kustan-  
nus hintaindeksillä. Rakennuksia ja koneita sekä muita tuotantopanoksia mittaavat panosindeksit  
muodostetaan yhdistämällä useita kustannuseriä. Panosten hintamuutoksia kullakin kahden vuoden  
jaksolla tarkastellaan tuottajakohtaisten vuosien välisten Fisher-hintaindeksien avulla. Fisher-  
indeksin itseduaalisuuden ansiosta Fisher-määräindeksi saadaan suoraan jakamalla arvo Fisher-  
hintaindeksillä.

Hinta-aineistona käytetään Tilastokeskuksen (2009) julkaisemia maatalouden tuotantovälineiden  
ostohintaindeksijä (taulukko 6), jotka ovat Laspeyresin kantaindeksijä. Laspeyres-indeksin kyke-  
nemättömyys reagoida eri tuotantopanosten käyttömäärien muutoksiin on huomioitu tutkimuksessa  
siten, että perusvuodeksi on valittu 2005, joka on lähellä tutkimusjakson puoliväliä.

Kolmas tuotantopanoks on energia. Sikatilinpää-  
tösaineisto ei kerro, mitä energianlähteitä tiloilla  
käytetään. Sähkönkulutuksen oletetaan aiheuttavan suurimman osan energiakustannuksista, minkä  
vuoksi hintaindeksinä käytetään Tilastokeskuksen (2009) sähkön hintaindeksijä. Vaihtoehtoisia  
indeksijä olisivat olleet lämmityspolttoaineiden sekä energian ja voiteluaineiden hintaa kuvaavat  
indeksit, jotka riippuvat voimakkaasti öljyn hinnan muutoksista.

Neljäs tuotantopanoks muodostuu rakennuksista ja koneista. Rakennusten ja koneiden kustannukset  
on eritelty sikatilinpää-  
tösaineistossa poistoihin, kunnossapitoon ja vakuutuksiin sekä korkoon pää-  
omalle. Rakennukset ja koneet -tuotantopanoksen hinnat ja määrät lasketaan Fisherin hinta- ja mää-  
räindeksinä edellä mainituista kuudesta erästä. Tutkimuksessa käytettävä laskentakorkokanta on  
5 %.

Rakennusten poistoprosentti on 6 ja koneiden 15. Poistamattoman osan arvoa ei ole korjattu esi-  
merkiksi rakennusten ja koneiden hankintakustannusindeksillä, koska aineistossa ei eritellä raken-  
nusten ja koneiden hankintahintoja ja -aikoja, eikä korjauksia näin ollen voitaisi tehdä koko hyö-  
dykkeen käyttöiälle. Menettely saattaa antaa korkeita tuottavuuden ja tehokkuuden arvoja tiloilla,  
jotka ovat jo suurimmaksi osaksi tehneet poistot nykyisistä tuotantorakennuksista ja koneista. Toi-

saalta käytetyt poistoprosentit ovat maltillisia, ja suureksi osaksi poistetuissa tuotantorakennuksissa tuotantotekniikka on jo vanhentunutta.

Taulukko 6. Tutkimuksessa käytettävät Maatalouden tuotantovälineiden ostohintaindeksit vuosina 2003–2008 (indeksi: 2005=100) (Tilastokeskus 2009).

Vuosi	Sähkö	Eläinlääkintä	Koneiden huolto ja korjaus	Rakennusten huolto ja korjaus	Muut tavarat ja palvelut
2003	100,0	102,0	94,1	94,1	97,5
2004	101,3	102,1	97,3	96,1	99,0
2005	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2006	106,3	101,5	106,0	103,6	102,3
2007	111,4	100,3	109,6	111,0	105,5
2008	125,5	101,2	114,4	113,4	110,4

Kunnossapito- ja vakuutuskustannuksiin on sovellettu Tilastokeskuksen (2009) hintaindeksijä rakennusten huollolle ja korjaukselle sekä koneiden huollolle ja korjaukselle. Muutamilla tiloilla tieto rakennusten ja koneiden kunnossapidon ja vakuutusten kustannuksista puuttuu. Puuttuvat tiedot on arvioitu käyttämällä muiden tilojen emakkoa kohti laskettua mediaanikustannusta.

Viides kustannusryhmä on muut panokset, joihin kuuluvat sikatilinpäätosaineistossa seuraavat kustannuserät:

- a) siitoseläinten osto
- b) keinosiemennys ja karjun vuokra
- c) puhtaanapito
- d) neuvonta
- e) eläinlääkintä
- f) muut muuttuvat kustannukset
- g) yleiskustannus
- h) liikepääoman korko

Eläinlääkintään sovelletaan eläinlääkinnän hintaindeksiä ja muihin kustannuseriin liikepääoman korkoa lukuun ottamatta muut tavarat ja palvelut –hintaindeksiä. Liikepääoma on 25 % muuttuvista kustannuksista ja työstä sekä keskimääräinen eläinpääoma kokonaisuudessaan. Muut panokset - tuotantopanosryhmän hinnat ja määrät lasketaan Fisherin hinta- ja määräindekseinä edellä luetelluista kustannuseristä.

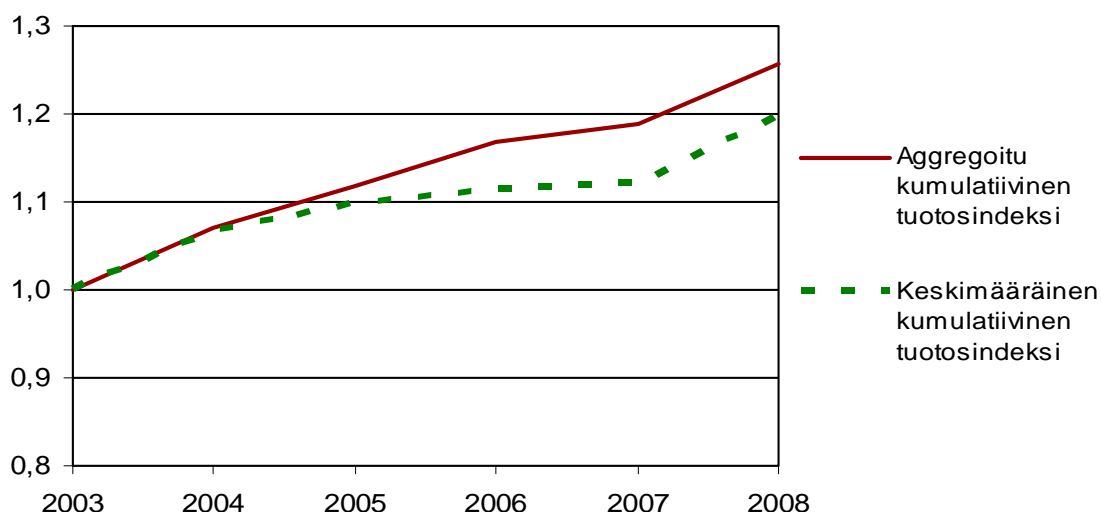
## 6 Tutkimustulokset ja johtopäätökset

Tuotos-, panos- ja tuottavuusindeksit voidaan laskea kahdella tavalla, joiden tulkinta poikkeaa toisistaan. Ensimmäinen tapa on laskea määrä- ja tuottavuusindeksit kullekin tuottajalle erikseen, jolloin koko aineistoa koskevat indeksit saadaan tilakohtaisten indeksien geometrisena keskiarvona. Toisessa tavassa muodostetaan vain yhdet koko aineistoa koskevat indeksit, jotka lasketaan kaikkien tuottajien yhteenlasketuista tuotannon ja panosten arvoista. Jatkossa ensimmäisellä tavalla laskettua indeksiä kutsutaan keskimääräiseksi ja jälkimmäisellä tavalla laskettua aggregoiduksi. Komponentit on laskettu vastaavasti kahdella tavalla: tilakohtaisina geometrisina keskiarvoina sekä aggregoidusti.

Kun aineistoa koskeva määrä- tai tuottavuusindeksi muodostetaan tuottajakohtaisten indeksien keskiarvona, jokainen aineiston tuottaja vaikuttaa tulokseen yhtä suurella painolla. Tällöin tarkastelu kohdistuu tuottajien keskimääräiseen kehitykseen. Aggregoitu indeksi sen sijaan painottaa kutakin tuottajaa sen osuudella panosten ja/tai tuotosten kokonaisarvosta. Näin ollen tuloksissa korostuu taloudellisesti suurimpien tuottajien kehitys, ja menettelytapa kuvaa pikemminkin tuotannossa kuin yksittäisillä tiloilla tapahtuvaa muutosta. Aggregoidutkaan indeksit eivät kuitenkaan mittaa tilojen luopumisen vaikutusta, vaan tarkastelu kohdistuu yksinomaan jatkaviin tiloihin.

### 6.1 Tuotos- ja panosindeksit

Tuotosten määrän muutoksen mittaa Fisherin tuotosindeksi, joka lasketaan kaavalla 3.4 peräkkäisten vuosien välille. Kumulatiivinen indeksi muodostetaan kertomalla vuosittaiset indeksit keskenään. Koska sikalat ovat kahden vuoden tarkasteluperiodeilla samoja, tuotosten määrän muutokset johtuvat kokonaisuudessaan jatkavilla tiloilla tapahtuneesta muutoksesta. Tuotosindeksi lasketaan kahdella tavalla: kaikkien tuottajien aggregoiduista tuotoksista sekä yksittäisten tuottajien tuotosindeksien keskiarvona. Tulokset esitetään kumulatiivisena tuotosindeksinä kuvassa 10.



Kuva 10. Fisherin kumulatiiviset tuotosindeksit vuosina 2003–2008 (indeksi: 2003=1,00).

Tuotos kasvaa tarkasteltavissa sikaloissa koko tutkimusjakson ajan. Aggregoitu tuotosindeksi nousee viidessä vuodessa yhteensä 25,6 %, mikä vastaa 4,7 % vuotuista kasvua. Keskimääräisen tuotosindeksin kumulatiivinen kasvu on 19,8 %, mikä tekee keskimäärin 3,7 % vuodessa. Aggre-

goidun ja keskimääräisen tuotosindeksin arvot eroavat selvästi toisistaan vain jaksolla 2005–06, jolloin aggregoitu indeksi nousee 4,4 % ja keskimääräinen indeksi 1,5 %. Kyseiselle jaksolle ajoitui suurten tilojen laajennusinvestointeja, jotka nostavat aggregoitua indeksiä, mutta eivät tule esille samalla tavalla keskiarvossa.

Aggregoidun tuotosindeksin kasvu on voimakkainta vuosien 2003–04 välillä, jolloin vuotuinen muutos on 7,1 % (taulukko 7). Tämän jälkeen tuotoksen kasvu heikkenee. Vuosien 2004–06 välillä tuotos kasvaa noin 4,5 % vuodessa ja vuosien 2006–07 välillä vain 1,7 %. Viimeisellä tarkastelujaksolla 2007–08 kasvu voimistuu ja on 5,7 %.

Keskimääräinen tuotosindeksi kasvaa 6,6 % jaksolla 2003–04, mutta seuraavina vuosina kasvu hidastuu. Vuosien 2004–05 välillä kasvu on 2,9 %, ja vuosien 2005–2007 välillä se on vain noin prosentin vuodessa. Vuosien 2007–08 välillä kasvu voimistuu jälleen ja on 6,8 %.

Taulukko 7. Tuotos- ja panosindeksit aggregoidusti ja tuottajakohtaisten indeksien keskiarvona.

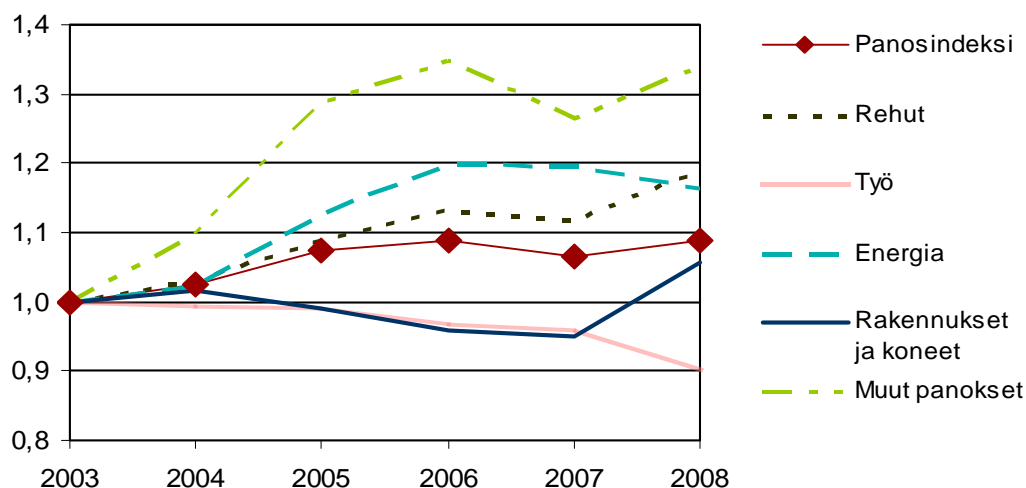
Jakso	Aggregoitu tuotosindeksi	Keskimääräinen tuotosindeksi	Aggregoitu panosindeksi	Keskimääräinen panosindeksi
2003–04	1,071	1,066	1,026	1,013
2004–05	1,045	1,029	1,047	1,026
2005–06	1,044	1,015	1,012	0,986
2006–07	1,017	1,007	0,980	0,989
2007–08	1,057	1,068	1,022	1,030

Panosten määrän muutoksen tutkimusajanjaksoilla mittaa Fisherin panosindeksi, joka lasketaan soveltamalla kaavaa 3.4 panoksiin tuotosten sijaan. Kumulatiivinen indeksi muodostetaan kertomalla peräkkäisten vuosien muutoksia kuvaavien indeksien arvot keskenään. Panosindeksi laskeaan kahdella tavalla: aggregoituna ja tuottajien keskimääräisenä panosindeksinä.

Panosten käyttö lisääntyy tutkimusjakson aikana aggregoidulla panosindeksillä mitattuna 9,0 %, mikä tekee vuotuisesti kasvuksi 1,7 % (kuva 11). Keskimääräinen panosindeksi puolestaan kasvaa 4,4 %, mikä vastaa 0,9 % vuotuista kasvua (kuva 12).

Aggregoidulla panosindeksillä mitattuna panoskäyttö lisääntyy etenkin vuosien 2003–05 välisenä aikana, jolloin kasvu on yhteensä 7,4 %. Panosten käyttö kasvaa koko tarkastelujakson ajan lukuun ottamatta vuotta 2007, jolloin se vähenee 2,0 %. Keskimääräinen panosindeksi puolestaan nousee voimakkaimmin jaksoilla 2004–05 ja 2007–08, jolloin vuotuinen kasvu on noin 3 %. Sen sijaan jaksolla 2005–07 indeksi laskee reilun prosentin vuodessa. Aggregoitu panosindeksi kasvaa selvästi keskimääräistä panosindeksiä enemmän vuosien 2004–06 välillä, jolloin myös tuotosindeksien arvot eroavat voimakkaimmin.

Sikaloissa käytetyn rehun määrä kasvaa tutkimusjaksoilla aggregoidulla indeksillä mitattuna 18,8 %. Vuotuinen kasvu on keskimäärin 3,5 %. Rehunkäyttö kasvaa jokaisena tarkasteluvuonna lukuun ottamatta vuotta 2007, jolloin se vähenee 1,4 % (taulukko 8). Sen sijaan työmäärä vähenee jokaisena vuonna. Yhteensä työtunnit vähenevät 10,0 %, mikä tekee keskimäärin -2,1 % vuodessa. Muutos on voimakkainta vuosien 2007–08 välillä, jolloin työnkäyttö vähenee 6,2 %. Vuosien 2005–06 välillä työtunnit vähenevät 2,4 prosentilla, ja muutoin vuotuinen muutos jää alle prosenttiin.



Kuva 11. Aggregoitu Fisherin kumulatiivinen panosindeksi ja panoskohtaiset aggregoidut kumulatiiviset määraindeksit vuosina 2003–2008 (indeksi: 2003=1,00).

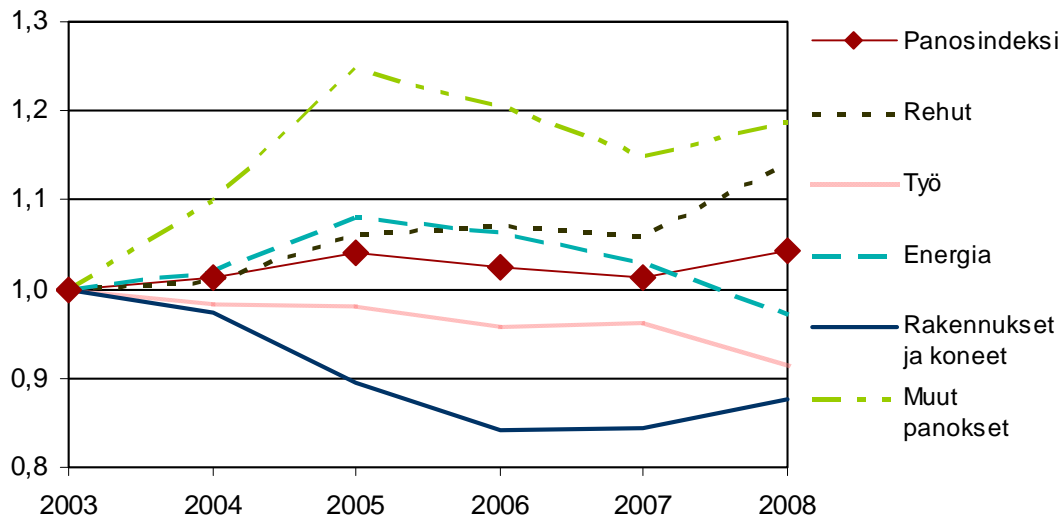
Muut tuotantopanokset –indeksi kasvoi aggregoiduista panosindekseistä eniten. Kasvu oli yhteensä 34,0 % ja vuodessa keskimäärin 6,0 %. Kasvu ajoittuu etenkin vuosien 2003–05 välille, ja vuosien 2004–05 välinen kasvu on peräti 17,4 %. Energiankäyttö kasvoi myös runsaasti: kumulatiivinen kasvu tutkimusjaksolla oli 16,4 %, mikä tekee keskimäärin 3,1 % vuodessa. Kasvu ajoittuu lähes kokonaan vuosien 2004–06 väliselle jaksolle.

Rakennusten ja koneiden käyttöä kuvaava aggregoitu panosindeksi nousee tutkimusjaksolla 5,8 %. Indeksi laskee vuosien 2003–07 välillä yhteensä 5,1 %, mutta nousee viimeisen tarkastelujakson 2007–08 aikana peräti 11,4 %. Rakennusten poisto- ja korkokustannukset kuitenkin pysyvät vuonna 2008 ennallaan, ja nousu johtuu rakennusten kunnossapito- ja vakuutus-kustannusten noususta. Kasvun keskittyminen muutamille tiloille antaa syyn epäillä, että kunnossapitokustannuksiin on sisällytetty myös korvausinvestointeja, joiden kustannukset tulisi jaksottaa poistoina pidemmälle ajanjaksolle.

Taulukko 8. Aggregoidut panosindeksit tutkimusjaksolla.

Jakso	Rehut	Työ	Energia	Rakennukset ja koneet	Muut panokset
2003–04	1,030	0,993	1,021	1,017	1,097
2004–05	1,056	0,998	1,103	0,974	1,174
2005–06	1,041	0,976	1,063	0,969	1,047
2006–07	0,986	0,993	0,998	0,990	0,937
2007–08	1,064	0,938	0,975	1,114	1,060

Keskimääräisellä panosindeksillä mitattuna rehunkäyttö kasvaa yhteensä 14,0 % eli keskimäärin 2,7 % vuodessa. Kuten aggregoidulla indeksillä mitattunakin, voimakkaimmin rehunkäyttö kasvaa jaksoilla 2004–05 ja 2007–08 (taulukko 9). Myös työnkäyttöä kuvaava keskimääräinen indeksi kehittyi samankaltaisesti kuin aggregoitu indeksi. Keskimääräinen työpanosindeksi laskee tutkimusjaksolla yhteensä 6,2 %, mikä tekee keskimäärin -1,8 % vuodessa.



Kuva 12. Keskimääräinen kumulatiivinen Fisherin panosindeksi ja panoskohtaiset keskimääräiset kumulatiiviset määräindeksit vuosina 2003–2008 (indeksi: 2003=1,00).

Energiankäyttö vähenee keskimääräisellä indeksillä mitattuna yhteensä 2,5 % tutkimusjakson aikana. Vuosina 2003–05 käyttö kasvaa yhteensä 8,0 %, mutta sen sijaan kolmen viimeisen vuoden aikana energiankäyttö kääntyy laskuun. Energiankäyttöä kuvaava keskimääräinen panosindeksi saa vuosien 2004–08 välillä selvästi pienempiä arvoja kuin vastaava aggregoitu indeksi, mutta indeksien kehitys on samansuuntainen: molemmat kääntyvät laskuun tutkimusjakson lopussa.

Energian hinta- ja määräindeksien nousu ajoittuu tutkimusjaksolla eri vuosiin (vrt. taulukko 6). Havainto antaa aiheen epäillä, että sähkön hintaindeksi ei ehkä kuvaa aineiston tuottajien energian hintakehitystä erityisen hyvin. Sikatilinpäätösaineistossa ei eritellä tuottajien käyttämiä energianlähteitä. Sähkön hintaindeksi osunee mahdollisesta epätarkkuudesta huolimatta lähemmäs totuutta kuin öljyn hintaan perustuvat hintaindeksit, jotka ovat nousseet huomattavasti jyrkemmin.

Taulukko 9. Keskimääräiset panosindeksit tutkimusjaksolla.

Jakso	Rehut	Työ	Energia	Rakennukset ja koneet	Muut panokset
2003–04	1,007	0,984	1,021	0,975	1,100
2004–05	1,053	0,996	1,058	0,918	1,133
2005–06	1,009	0,977	0,985	0,940	0,968
2006–07	0,990	1,004	0,967	1,004	0,954
2007–08	1,076	0,951	0,945	1,037	1,032

Rakennusten ja koneiden käyttöä mittaava keskimääräinen panosindeksi laskee tutkimusjaksolla 12,3 % ja eroaa selvästi vastaavasta aggregoidusta indeksistä. Keskimääräinen indeksi laskee vuosien 2003–06 välillä 15,9 %, mutta kääntyy tutkimusjakson lopulla loivaan nousuun.

Keskimääräisistä panosindekseistä voimakkaimmin nousee muut tuotantopanokset –indeksi. Sen kasvu on yhteensä 18,7 %, mikä on kuitenkin selvästi maltillisempi kuin vastaavan aggregoidun indeksin nousu. Muiden tuotantopanosten käytön lisäys johtuu vuosien 2003–2005 välisestä voimakkaasta kasvusta. Indeksit nousee kahden vuoden aikana yhteensä 24,6 %.

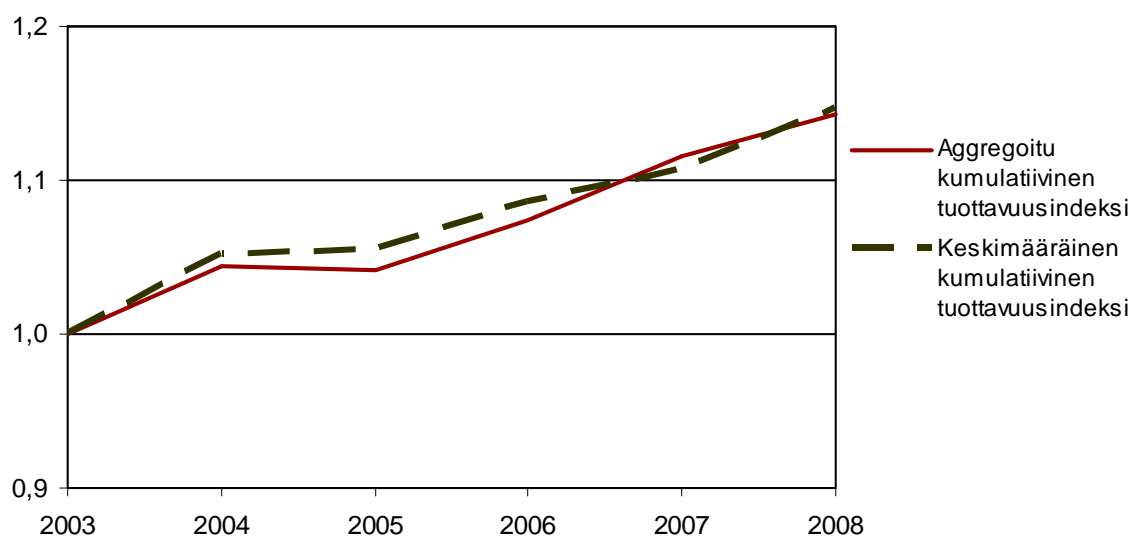
## 6.2 Tuottavuuskehitys

Tuottavuuden muutos mitataan Fisherin tuottavuusindeksillä, joka lasketaan tuotos- ja panosindeksien osamääränä kaavalla 3.5. Kumulatiivinen indeksi muodostetaan kertomalla peräkkäisten vuosien muutoksia kuvaavien indeksien arvot keskenään. Tuottavuusindeksit lasketaan sekä aggregoituuna että tilojen geometrisena keskiarvona.

Tuottavuus nousee viidessä vuodessa aggregoidusti mitattuna yhteensä 14,3 % vuotuisen kasvun ollessa 2,7 % (kuva 13). Keskimääräinen tuottavuusindeksi antaa lähes saman tuloksen: sen mukaan tuottavuus kasvaa yhteensä 14,7 %, mikä tekee 2,8 % vuodessa.

Aggregoitu tuottavuusindeksi nousee etenkin vuosien 2003–04 välillä, jolloin myös tuotosindeksin nousu on jyrkintä. Tuottavuusindeksi nousee tällöin 4,4 % (taulukko 10). Sen sijaan vuonna 2005 panoskäyttö kasvaa hieman tuotosta enemmän ja tuottavuus heikkenee 0,3 %. Vuosina 2006–08 tuottavuuskehitys on tasaisempaa ja vuosittainen kasvu on 2,5–3,8 %. Vaikka panoskäyttö lisääntyy koko tutkimusjakson ajan lukuun ottamatta jaksoa 2006–07, tuotoksen voimakkaampi kasvu riittää nostamaan tuottavuutta.

Keskimääräinen tuottavuusindeksi antaa hyvin samansuuntaisen tuloksen kuin aggregoitu, mutta se nousee jokaisena tutkimusjakson vuotena. Vuosien 2003–04 välillä tuottavuus kasvaa voimakaimmin (5,1 %), ja vuosina 2004–2005 vähiten (0,3 %). Tutkimusjakson viimeisinä vuosina tuottavuuskasvu on tasaisempaa, 1,9–3,7 % vuodessa.



Kuva 13. Fisherin kumulatiiviset tuottavuusindeksit vuosina 2003–2008 (indeksi: 2003=1,00).

Taulukko 10. Fisherin keskimääräinen ja aggregoitu tuottavuusindeksi vuosina 2003–2008.

Jakso	Aggregoitu tuottavuusindeksi	Keskimääräinen tuottavuusindeksi
2003–04	1,044	1,051
2004–05	0,997	1,003
2005–06	1,032	1,030
2006–07	1,038	1,019
2007–08	1,025	1,037

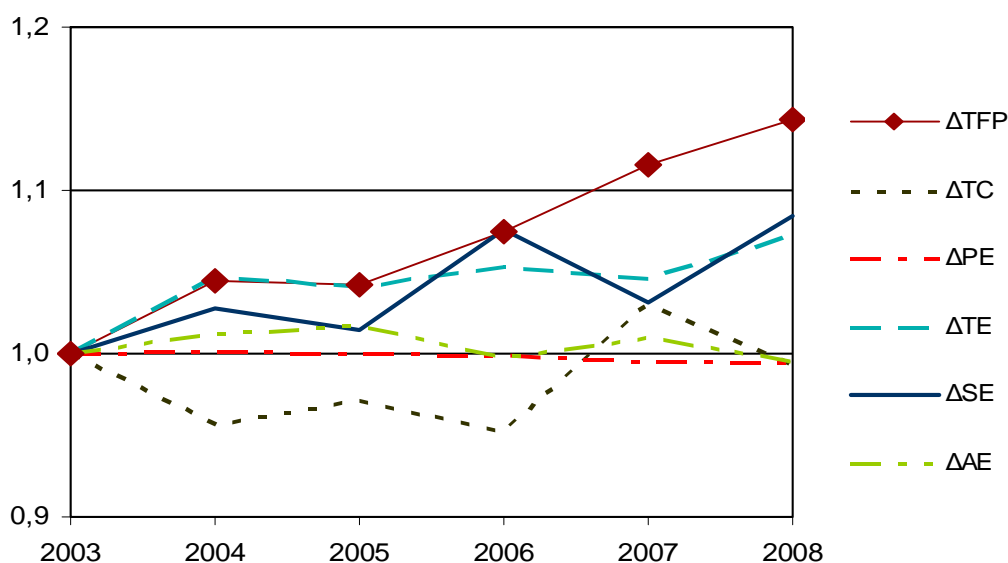


### 6.3 Fisher-tuottavuusindeksin komponentit

Fisher-indeksi jaetaan tässä tutkimuksessa Kuosmasen ja Sipiläisen (2004; 2009) mukaan viiteen komponenttiin: teknologiseen muutokseen, tekniseen, allokatiiviseen ja skaalatehokkuuteen sekä hintavaikutukseen. Komponentit lasketaan sekä aggregoidusti että tilakohtaisten arvojen geometrisena keskiarvona.

Merkittävimmin vuosien 2003–08 välillä muuttuu skaalatehokkuus. Aggregoidusti mitattuna se nousee 8,4 %, mikä on keskimäärin 1,6 % vuodessa (kuva 14). Tiloilla keskimäärin skaalatehokkuus paranee yhteensä 10,9 %, jolloin vuosittainen kasvu on 2,1 % (kuva 15). Skaalatehokkuuden vuosittaiset muutokset ovat molemmilla mittaustavoilla hyvin samansuuntaiset. Voimakkain kasvu ajoittuu jaksoihin 2005–06 ja 2007–08, kun taas vuosien 2006–07 välillä muutos on negatiivinen (taulukko 11).

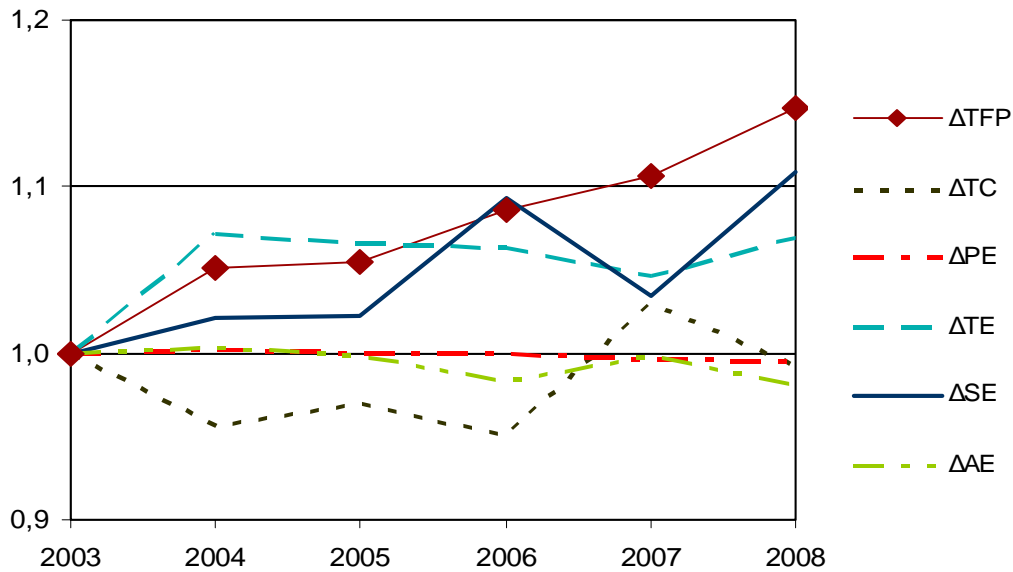
Skaalatehokkuuden muutokset ilmenevät voimakkaammin tiloilla keskimäärin kuin aggregoidusti. Tulos on odotettu, sillä skaalatehokkuuden voidaan olettaa nousevan eniten pienillä tiloilla, jotka laajentavat tuotantoaan. Aggregoidussa indeksissä ja sen komponenteissa painottuvat kuitenkin suuret tilat.



Kuva 14. Kumulatiivinen aggregoitu tuottavuuskehitys ( $\Delta TFP$ ), teknologinen kehitys ( $\Delta TC$ ), hintavaikutuksen muutos ( $\Delta PE$ ), teknisen tehokkuuden muutos ( $\Delta TE$ ), skaalatehokkuuden muutos ( $\Delta SE$ ) ja allokatiivisen tehokkuuden muutos ( $\Delta AE$ ) vuosina 2003–2008 (indeksi: 2003=1,00).

Taulukko 11. Fisher-tuottavuusindeksin aggregoidut ja keskimääräiset komponentit tutkimusjaksoilla 2003–08.

Jakso	Aggregoidut komponentit					Keskimääräiset komponentit				
	$\Delta TC$	$\Delta PE$	$\Delta TE$	$\Delta SE$	$\Delta AE$	$\Delta TC$	$\Delta PE$	$\Delta TE$	$\Delta SE$	$\Delta AE$
2003–04	0,957	1,001	1,047	1,028	1,012	0,956	1,002	1,072	1,021	1,003
2004–05	1,015	0,998	0,994	0,987	1,004	1,014	0,998	0,994	1,001	0,995
2005–06	0,980	0,999	1,012	1,061	0,981	0,979	1,000	0,998	1,070	0,984
2006–07	1,082	0,996	0,993	0,959	1,012	1,083	0,995	0,984	0,946	1,016
2007–08	0,965	1,000	1,025	1,051	0,986	0,965	0,999	1,022	1,072	0,982



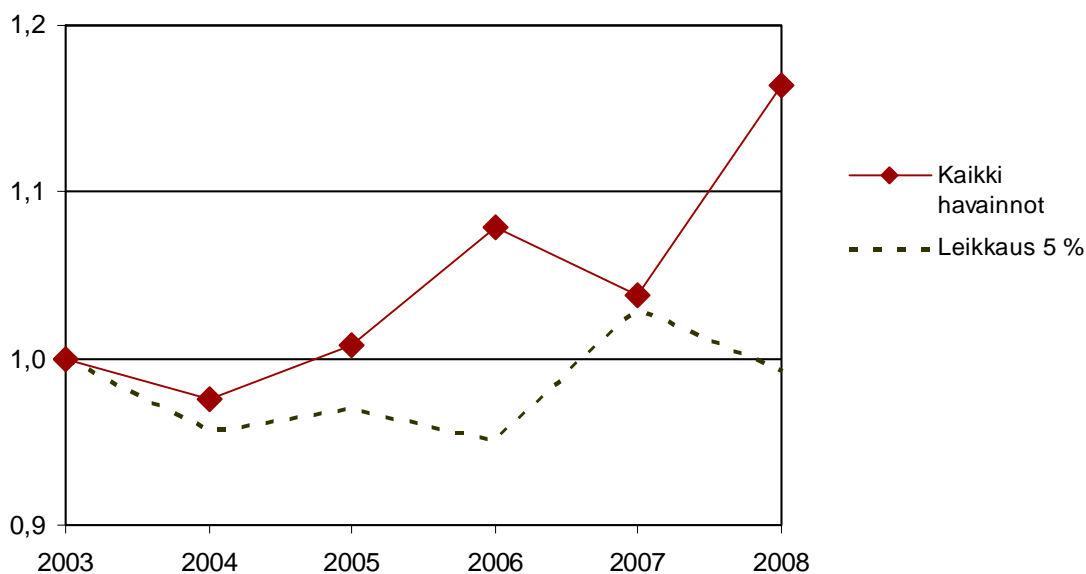
Kuva 15. Kumulatiivinen keskimääräinen tuottavuuskehitys ( $\Delta TFP$ ), teknologinen kehitys ( $\Delta TC$ ), hintavaikutuksen muutos ( $\Delta PE$ ), teknisen tehokkuuden muutos ( $\Delta TE$ ), skaalatehokkuuden muutos ( $\Delta SE$ ) ja allokatiivisen tehokkuuden muutos ( $\Delta AE$ ) vuosina 2003–2008 (indeksi: 2003=1,00).

Tuottavuutta nostaa myös teknisen tehokkuuden paraneminen. Molemmilla tavoilla mitattuna tekninen tehokkuus kohenee keskimäärin 1,4 % vuodessa. Kumulatiivinen nousu on aggregoidulla komponentilla 7,2 % ja keskimääräisellä 7,0 %. Teknisen tehokkuuden kasvu ajoittuu lähinnä vuosien 2003–04 välille, minkä jälkeen aggregoitu tekninen tehokkuus pysyy lähes ennallaan ja keskimääräinen tekninen tehokkuus laskee hieman seuraavien kolmen vuoden ajan. Vuosina 2007–08 tekninen tehokkuus nousee molemmilla tavoilla mitattuna noin 2 %.

Teknologinen kehitys on tutkimusjaksolla lievästi negatiivista. Aggregoidusti ja keskimääräisesti mitattuna saadaan käytännössä sama tulos. Yhteensä teknologiseksi muutokseksi saadaan molemmilla mittaustavoilla -0,7 %, mikä vastaa -0,1 % vuosittaista muutosta. Teknologinen kehitys on selvästi negatiivista vuosien 2003–04 ja 2007–08 välillä, jolloin vuotuiset muutokset aggregoidusti mitattuna ovat -4,3 % ja -3,5 %. Sen sijaan vuosien 2006–07 välillä teknologista kehitystä tapahtuu 8,2 %. Tuloksiin vaikuttaa huomattavasti se, että kannattavuusfunktioiden (ks. teknologisen muutoksen kaava 3.13) arvoista suurimmat 5 % on jätetty huomioimatta. Ilman leikkausta teknologinen muutos olisi keskimääräisellä indeksillä mitattuna 16,5 %, mikä tekee keskimäärin 3,1 % vuodessa (kuva 16). Ero johtuu etenkin siitä, että vuosien 2006 ja 2008 aineistoissa kannattavuusfunktion suurimman arvon ero seuraavaksi suurimpiin on huomattava. Suurimpien arvojen huomioimatta jättämisen tarkoituksena on nimenomaan välttää poikkeavien havaintojen heijastumista tuloksiin.

Allokatiivisen tehokkuuden muutokset tutkimusjaksolla ovat pieniä. Tähän vaikuttanee se, että tuotosorientoitunutta allokatiivista tehottomuutta ei ilmene, kun tuotoksia on vain yksi. Molemmilla mittaustavoilla suurimmat vuosittaiset muutokset jäävät alle kahteen prosenttiin. Yhteensä aggregoitu allokatiivinen tehokkuus laskee 0,5 % ja keskimääräinen allokatiivinen tehokkuus laskee 2,0 %. Vuotuiset keskimääräiset muutokset ovat -0,1 % ja -0,4 %.

Hintavaikutuksen muutos jää jokaisena vuonna alle puoleen prosenttiin. Joillakin yksittäisillä tuottajilla hintavaikutuksen merkitys on kuitenkin tätä suurempi. Koko tutkimusjaksolla hintavaikutus laskee tuottavuutta 0,6 %, mikä tekee keskimäärin -0,1 % vuodessa.



Kuva 16. Kumulatiivinen keskimääräinen teknologinen muutos, kun kaikki kannattavuusfunktion havainnot huomioidaan ja kun 5 % suurimmista havainnoista jätetään tarkastelun ulkopuolelle.

## 6.4 Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Viiden vuoden jaksolla aggregoidusti mitattu sikatalouden tuottavuus nousee keskimäärin 2,7 % vuodessa ja tilojen keskimääräinen tuottavuus 2,8 % vuodessa. Dekomponointi mahdollistaa tuottavuuskehityksen yksityiskohtaisen tarkastelun. Teknologinen kehitys on erityisesti pitkällä aikavälillä edellytys tuottavuuden kasvulle. Huolestuttavaa onkin, että tutkimusjaksolla teknologinen kehitys on negatiivista. Tämä tarkoittaa, että paras havaittu tuottavuustaso ei nouse tutkimusjaksolla lainkaan. Tuottavuuskasvun selittää tehokkuuden nousu eli muiden tuottajien pääsy lähemmäs parasta havaittua tasoa.

Skaalatehokkuuden muutoksen vaikutus tuottavuuskasvuun viittaa siihen, että kasvu perustuu suurelta osin rakenteellisen tehokkuuden paranemiseen. Näin ollen tilakoon kasvu näyttää olevan keskeinen tekijä tuottavuuskasvun taustalla. Koska Suomen porsastuotannon keskimääräinen yksikkökoko on edelleen pienehkö, voidaan olettaa, että rakenteellisen tehokkuuden nostaminen voi jatkosakin parantaa tuottavuutta. Lisäksi vertailu ei tässä tutkimuksessa kohdistu Suomen suurimpiin yksiköihin, joita ei tutkimusaineistossa ole. Vaikka skaalatehokkuuden parantaminen voikin edelleen aikaansaada tuottavuuskasvua, myös parasta havaittua tuottavuuden tasoa nostavaa teknologista kehitystä pitää tapahtua.

Täysin vertailukelpoisia aiempia tutkimuksia ei ole, sillä aiemmin ei tietävästi ole tutkittu porsastuotannon tuottavuuskehitystä erillään muista maatalon toiminnoista. Tutkimuksissa, joissa on tarkasteltu usean eri tuotantosuunnan tuottavuuskehitystä erikseen, on havaittu tuottavuuskehityksen eroavan kasvintuotantotilojen ja sikatilojen välillä (mm. Myyrä & Pietola 1999; Rasmussen 2010), joten sikatalouden ja maatalon muiden toimintojen tuottavuuden muutokset eivät välttämättä ole yhtäläiset. Toinen tämän tutkimusten eroavaisuus suhteessa aiempiin tutkimuksiin on, että muutok-

set mitataan aineistosta, jossa tilat eivät vaihdu. Näin ollen tilojen lopettamisen vaikutus ei näy tuloksissa.

Myyrän ja Pietolan (1999) mukaan porsastuotantotilojen tuottavuus nousi keskimäärin 3,3 ja yhdistelmätilojen 1,7 % vuodessa jaksolla 1987–1997. Vuosina 1987–2007 kirjanpilotiloihin kuuluvien sikatilojen tuottavuus nousi keskimäärin 2,5 % vuodessa (Suomen maatalous ja maaseutuelinkeinot 2008). Rasmussenin (2010) mukaan kaikkien tanskalaisten sikatilojen tuottavuus nousi keskimäärin 2,7 % vuodessa vuosina 1985–1996 ja 1,4 % vuosina 1996–2006. Aikaisemmissa Hansenin (1990; 1995) tutkimuksissa Tanskan sikatilojen tuottavuuskehitykseksi havaittiin 3,4 % tutkimusjaksoilla 1973–88 ja 1981–1993. Hadley'n (2006) mukaan Englannin ja Walesin sikatilojen teknologinen muutos oli keskimäärin 3,4 % vuodessa vuosina 1982–2002, mutta kokonaistuottavuuden muutosta ei tutkittu. Sikatilinpäätöstilojen porsastuotannon keskimäärin 2,8 % tuottavuuskasvua voidaan aiempien tutkimusten valossa pitää kohtalaisena tuloksena – etenkin, kun huomioidaan, että tuloksissa ei näy lopettavien tilojen vaikutus.

Aiemmissä dekomponoinneissa tuottavuuskasvun selittäjiksi on havaittu teknologinen kehitys ja skaalatehokkuuden paraneminen. Keyn ym. (2008) tutkimuksessa skaalatehokkuus koheni 3,4 % vuodessa ja teknologinen muutos oli 3,0 % vuodessa. Rasmussenin (2010) tutkimuksessa vastaavat parannukset olivat 1,3 % ja 1,0 % vuodessa. Rasmussen (2000) ja Hadley (2006) havaitsivat myös positiivista teknologista kehitystä; sen sijaan Heshmatin ym. (1995) mukaan teknologinen kehitys oli ruotsalaisilla lihasikaloilla negatiivista. Sikatilinpäätöstiloilla skaalatehokkuus parani kaksi prosenttia vuodessa, mikä on odotettu tulos tutkimusjaksolla, jonka aikana tilakoko on kasvanut voimakkaasti. Sen sijaan teknologisen kehityksen jääminen negatiiviseksi sekä tuottavuuskasvun osittainen selittyminen teknisen tehokkuuden paranemisella ovat aiempiin tutkimuksiin verrattuna poikkeuksellisia tuloksia. Skaalatehokkuuden ja tilakoon kasvun välillä ei tässä tutkimuksessa ilmene ajallista yhteyttä, toisin kuin Keyn ym. (2008) tutkimuksessa. Toisaalta tämän tutkimuksen tarkastelujakso on lyhyt, ja investoinnit saattavat parantaa tuottavuutta myös vähitellen usean vuoden aikana.

Tarkasteltaessa teknologista kehitystä ja skaalatehokkuuden muutosta (kuvat 14–15) havaitaan, että vuosittaiset muutokset ovat melko voimakkaita ja tapahtuvat usein vastakkaisiin suuntiin. Tämä johtuu siitä, että samat kannattavuusfunktion arvot esiintyvät teknologisen muutoksen laskukaavan (kaava 3.13) jaettavassa ja skaalatehokkuuden kaavan (kaava 3.14) jakajassa. Dekomponointi on tehty deterministisesti, jolloin yksittäisetkin muutokset voivat heijastua voimakkaasti kokonaistulokseen. Poikkeavista tai virheellisistä arvoista johtuvien heilahtelujen voimakkuutta on pyritty vähentämään jättämällä tarkastelun ulkopuolelle 5 % suurimmista kannattavuusfunktioiden arvoista. Toisin kuin Kuosmanen ja Sipiläinen (2009, 145) havaitsevat, suurimpien arvojen leikkauksella on tässä tutkimuksessa selvä vaikutus tuloksiin. Menettelytavan käyttäminen on jokseenkin harkinnanvarainen ratkaisu, joka kuitenkin vähentää vuosittaisia heilahteluja (kuva 16). Yksi mahdollinen ratkaisu, joka vähentäisi suurimpien arvojen leikkaukseen liittyvän satunnaisuuden merkitystä, olisi laskea geometrinen keskiarvo niistä kannattavuusfunktioiden arvoista, jotka muodostavat 5 tai 10 % suurimmista arvoista.

Tutkimuksessa havaitaan, että skaalatehokkuuden arvot saattavat käytetyllä menetelmällä olla suurempia kuin yksi. Tämä johtuu siitä, että skaalatehokkuuden laskukaavan (kaava 3.14) kannattavuusfunktioiden maksimiarvoista on poistettu 5 % suurimmista havainnoista, mutta vastaavaa leikkausta ei ole tehty DEA-menetelmällä lasketuista kustannus- ja tuottofunktioiden arvoista. Jos

skaalatehokkuuden muutoksen lisäksi tarkastellaan vuosittaisia arvoja, kannattavuusfunktioiden laskeminen ja DEA-mallien ratkaisut tulisi tehdä täsmälleen saman tilajoukon perusteella.

Merkittävimmät mahdolliset virhelähteet liittyvät tutkimusaineistoon. Selvästi poikkeavat tai virheelliset havainnot on jätetty tutkimusaineiston ulkopuolelle (ks. luku 5.1). Tämän lisäksi datassa olevia mahdollisia virheitä ei ole ollut mahdollista havaita. Lisäksi aineistoon liittyy harkinnanvaraisesti tehtyjä oletuksia. Tuottojen ja kustannusten jako porsastuotannon ja tilan muun toiminnan välillä on yksi mahdollinen virhelähde. Muita mahdollisia virhelähteitä ovat hintaindeksien vastavuus tuotantopanosten todellisiin hintojen muutoksiin nähden sekä mahdolliset virheet datan käsittelyssä. Deterministisillä tutkimusmenetelmillä virheelliset tai muutoin poikkeavat havainnot voivat huomattavasti muuttaa tuloksia.

Myös tutkimusjakson rajaus vaikuttaa tuloksiin. Yhden vuoden jättäminen pois tai lisääminen tutkimusjaksoon voisi antaa merkittävästikin toisenlaisen tuloksen. Tuottavuuskehitys on tutkimusjaksolla suhteellisen vakaata, mutta deterministisesti lasketuissa dekomponoinnin tuloksissa vuosittainen vaihtelu on suurempaa. Siksi dekomponoinnin tulokset muuttuvat herkemmin tutkimusjaksosta riippuen. Esimerkiksi aikajaksolla 2004–08 teknologinen kehitys on lievästi positiivista, kun vuosien 2003–04 teknologinen regressio jää tarkastelun ulkopuolelle.

Suomalaisen sikatalouden kilpailukyvyn kannalta on tärkeää, että tuottavuus kehittyy nopeammin kuin muissa maissa. Tämä tutkimus tarjoaa joitakin vastauksia siihen, miten suomalaiset porsastuottajat ovat pystyneet nostamaan tuottavuuttaan suhteessa muiden maiden tuottajiin. Myös tuottavuuden tason vertaaminen ulkomaisiin yrityksiin olisi tärkeää, mutta ongelmana on vertailukelpoisten aineistojen saatavuus. Maakohtaisten vertailujen ohella tuottavuuskehitystä voidaan verrata erilaisiin taustamuuttujiin, kuten yritysdemografiaan, yrittäjän ominaisuuksiin tai biologisiin tekijöihin.

## 7 Yhteenveto

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää porsastuotannossa vuosien 2003–2008 välillä tapahtunut tuottavuuskehitys ProAgrian sikatilinpäätöstiloilla sekä jakaa Fisher-tuottavuusindeksi komponentteihin Kuosmasen ja Sipiläisen (2004; 2009) esittämällä menetelmällä. Tuottavuuskehitys jaetaan teknologiseen kehitykseen, tekniseen, allokatiiiviseen ja skaalatehokkuuteen sekä hintavaikutukseen. Tulokset lasketaan sekä tuottajien geometrisena keskiarvona että koko aineistosta aggregoidusti.

Tutkimusaineistona on suomalaisia porsastuotanto- ja yhdistelmätiloja, joita tarkastellaan vain porsastuotannon osalta. Vuodesta riippuen tutkimuksessa käytetään 54–90 tilan aineistoa. Tuottavuusindeksi lasketaan ketjuindeksinä kullekin kahden vuoden jaksolle erikseen. Tutkimusaineisto käsittää vain sellaiset tilat, joiden tiedot ovat saatavissa jakson molemmilta vuosilta. Näin ollen tutkimuksessa tarkastellaan vain jatkavien tilojen tuottavuuden kehitystä ja jätetään huomiotta tilojen lopettamisen vaikutus keskiarvoon. Emakkomäärällä mitattuna aineiston tilojen keskikoko on vuonna 2003 lähes yhtäläinen valtakunnallisen keskiarvon kanssa. Emakoiden lukumäärä tutkimusjaksolla kasvaa kuitenkin Suomessa keskimäärin enemmän kuin sikatilinpäätöstiloilla. Tutkimustuloksia ei voida yleistää koskemaan koko maan sikataloutta.

Tuottavuuden muutos lasketaan tuotoksen ja panoskäytön muutoksien suhteena. Tilojen aggregoitu tuotos kasvaa keskimäärin 4,7 % ja panoskäyttö 1,7 % vuodessa. Tuottajien keskimääräinen vuotuinen tuotoksen nousu puolestaan on 3,7 % ja panoskäytön nousu 0,9 %.

Panokset jaetaan viiteen ryhmään: rehut, työ, energia, rakennukset ja koneet sekä muut tuotantopanokset. Rehun ja muiden tuotantopanoksien käyttöä mittaavat panosindeksit kasvavat molemmilla mittaustavoilla, kun taas työn käyttö vähenee. Rakennusten ja koneiden sekä energian määrää mittaavat panosindeksit nousevat aggregoidusti mitattuna, mutta laskevat tuottajakohtaisella keskiarvolla mitattuna. Aggregoidulla tuottavuusindeksillä mitattuna tuottavuus paranee viidessä vuodessa yhteensä 14,3 % vuotuisen kasvun ollessa 2,7 %. Keskimääräinen tuottavuusindeksi antaa lähes saman tuloksen: sen mukaan tuottavuus kasvaa yhteensä 14,7 %, mikä tekee 2,8 % vuodessa.

Skaalatehokkuuden paraneminen havaitaan merkittävimmäksi tuottavuuskasvun lähteeksi. Skaalatehokkuus nousee aggregoidusti mitattuna 1,6 % vuodessa ja tiloilla keskimäärin 2,1 % vuodessa. Teknisen tehokkuuden koheneminen on toinen tuottavuuskasvua edistävä tekijä tutkimusjaksolla. Molemmilla mittaustavoilla parannus on keskimäärin 1,4 % vuodessa. Allokatiiivinen tehokkuus laskee hieman: aggregoidusti mitattuna 0,1 % ja keskimäärin 0,4 % vuodessa.

Teknologinen kehitys tutkimusjaksolla on lievästi negatiivista, keskimäärin -0,1 % vuodessa. Myöskään hintojen muutokset eivät juuri ole vaikuttaneet tuottavuuden tasoon, sillä hintavaikutuksen vuotuiset muutokset jäivät jokaisena vuonna alle puoleen prosenttiin ja keskimääräinen vuotuinen muutos on -0,1 %.

Täysin vertailukelpoisia aiempia tutkimuksia ei ole, sillä porsastuotannon tuottavuuskehitystä ei ole aiemmin tarkasteltu erillään maatalon muista toiminnoista. Tässä tutkimuksessa havaittu noin 2,8 % vuotuinen tuottavuuskasvu on suunnilleen samalla tasolla kuin sikatilojen tuottavuuskehitys aiemmissa kotimaisissa tutkimuksissa. Tanskalaisissa tutkimuksissa sikatilojen vuotuisen tuottavuuskasvun on havaittu olevan noin 1–3,5 % välillä.

Skaalatehokkuuden merkitys tuottavuuskasvun lähteenä viittaa siihen, että tilakoon kasvu on parantanut tuottavuutta. Suuruuden ekonomian hyödyntäminen tarjoaa jatkossakin mahdollisuuden parantaa tuottavuutta. Sen sijaan teknologisen kehityksen jääminen negatiiviseksi on huolestuttava piirre, sillä se merkitsee, että paras havaittu tuottavuuden taso ei ole parantunut lainkaan. Pitkällä aikavälillä tehokkuuden nostaminen eli nousu kohti parasta havaittua tuottavuuden tasoa ei riitä tuottavuuskasvun aikaansaamiseksi, vaan myös parhaan tuottavuuden tason on noustava.

## Kirjallisuus

- Agronet. 2008. Sikatilan tulokset. Luettu: 14.4.2010. <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/agronet/Sika/Sikatilan%20tulokset>.
- Blackorby, C. & Diewert, W.E. 1979. Expenditure functions, local duality, and second order approximations. *Econometrica*, Vol. 47, No. 3. s. 579-602.
- Caves, D. W., Christensen, L. R. & Diewert, W. E. 1982. The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity. *Econometrica*, Vol. 50, No. 6. s. 1393–1414.
- Chambers, R. G., Chung, Y., Färe, R. 1998. Profit, directional distance functions, and Nerlovian efficiency. *Journal of Optimization Theory and Applications*. Vol. 98, No. 2. s. 351–364.
- Coelli, T., Prasada Rao, D.S., Battese, G.E. 1998. An introduction to efficiency and productivity analysis. Boston/Dordrecht/London: Kluwer Academic Publishers. 275 s.
- Diewert, W.E. 1976. Exact and superlative index numbers. *Journal of Econometrics*. Vol. 4, No. 2. s. 115–145.
- Diewert, W.E. 1992. Fisher ideal output, input, and productivity indexes revisited. *The Journal of Productivity Analysis*, 3. s. 211–248.
- Drechsler, L. 1973. Weighting of index numbers in multilateral international comparisons. *Review of Income and Wealth*, Vol. 19. s. 17–34.
- Farrell, M.J. 1957. The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*. Vol. 120, No. 3. s. 253–290.
- Fox, K.J. 2003. An economic justification for the EKS multilateral index. *Review of Income and Wealth*, Number 3, September 2003. s. 407–413.
- Färe, R., Grosskopf, S., Lovell, C.A.K. 1985. The measurement of efficiency of production. Boston: Kluwer-Nijhoff.
- Färe, R., Grosskopf, S., Lovell, C.A.K. 1986. Scale economies and duality. *Journal of Economics*, Vol. 46, No. 2. s. 175–182.
- Färe, R., Grosskopf, S., Lovell, C.A.K. 1994. *Production frontiers*. Cambridge: Cambridge University Press. 296 s.
- Hadley, D. 2006. Patterns in Technical Efficiency and Technical Change at the Farm-level in England and Wales, 1982–2002. *Journal of Agricultural Economics*, Vol. 57, No. 1. s. 81–100.
- Hansen, J. 1990. Udviklingen i produktivitet og bytteforhold i landbruget 1973/74-87/88. Rapport nr. 56. Kööpenhamina: Statens Jordbrugsøkonomiske Institut. 109 s.
- Hansen, J. 1995. Udviklingen i produktivitet og bytteforhold i dansk landbrug 1980/81-92/93. Kööpenhamina: Statens Jordbrugs- og Fiskeriøkonomiske Institut.



- Heshmati, A., Kumbhakar, S.C., Hjalmarsson, L. 1995. Efficiency of the Swedish pork industry: A farm level study using rotating panel data 1976–1988. *European Journal of Operational Research* 80. s. 519-533.
- Hicks, J.R. 1937. *The theory of wages*. Lontoo: The MacMillan Company. 247 s.
- Hill, R.J. 2006. Superlative index numbers: not all of them are super. *Journal of Econometrics* 130. s. 25–43.
- Key, N., McBride, W., Mosheim, R. 2008. Decomposition of Total Factor Productivity Change in the U.S. Hog Industry. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, Vol. 40, No. 1. s. 137–149.
- Koopmans, T.C. 1951. An analysis of production as an efficient combination of activities. Teoksessa: Koopmans, T.C. (toim.). *Activity analysis of production and allocation*, Cowles Commission for Research in Economics, Monograph no. 13. New York: Wiley. s. 33–97.
- Kuosmanen, T. & Sipiläinen, T. 2004. On the anatomy of production growth: A decomposition of the Fisher Ideal TFP Index. MTT Economic Research Discussion Papers Number 2004:17. Helsinki: MTT Economic Research. 41 s.
- Kuosmanen, T. & Sipiläinen, T. 2009. Exact decomposition of the Fisher ideal total factor productivity index. *Journal of Productivity Analysis*. Vol. 31. No. 3. s. 137–150.
- Lawrence, D. & Diewert, W.E. 1999. Measuring New Zealand's productivity. *Diewert Enterprises*. 357 s.
- LSO Foods. 2005. Tiedonjyviä. *Jokasorkka* 9/2005. s. 3.
- Matilda. 2010a. Lihan tuottajahinnat 1996–2009. Xls-tiedosto. Luettu: 19.4.2010. [http://www.maataloustilastot.fi/sites/default/files/Lihan\\_tuottajahinnat\\_vuosittain\\_1996-2009.xls](http://www.maataloustilastot.fi/sites/default/files/Lihan_tuottajahinnat_vuosittain_1996-2009.xls).
- Matilda. 2010b. Lihantuotanto vuosittain 1996–2009. Xls-tiedosto. Luettu: 9.4.2010. [http://www.maataloustilastot.fi/sites/default/files/Lihantuotanto\\_vuosittain\\_1996-2009.xls](http://www.maataloustilastot.fi/sites/default/files/Lihantuotanto_vuosittain_1996-2009.xls).
- Matilda. 2010c. Sikojen lukumäärä vuosina 1990–2009. Xls-tiedosto. Luettu: 24.4.2010. [http://www.maataloustilastot.fi/sites/default/files/Sikojen\\_lukumaara\\_vuosina\\_1990-2009.xls](http://www.maataloustilastot.fi/sites/default/files/Sikojen_lukumaara_vuosina_1990-2009.xls)
- McFadden, D. 1978. Cost, revenue, and profit functions. Teoksessa: Fuss, M. & McFadden, D. (toim.). *Production Economics: A dual approach to theory and applications*, Vol. 1. Amsterdam: North-Holland. s. 3–109.
- McLellan, N. 2004. Measuring productivity using the index number approach: An introduction. *New Zealand Treasury Working Paper 04/05*. Wellington: New Zealand Treasury. 22 s.
- Myyrä, S. & Pietola, K. 1999. Tuottavuuskehitys Suomen maataloudessa vuosina 1987–97. *MTTL tutkimuksia* 234. Helsinki: Maatalouden taloudellinen tutkimuskeskus. 57 s.
- Pope, R.D. 1982. To dual or not to dual? *Western Journal of Agricultural Economics*, Vol. 7. s. 337–352.

- Rae, A.N., Ma, H., Huang, J., Rozelle, S. 2006. Livestock in China: Commodity-specific total factor productivity decomposition using new panel data. *American Journal of Agricultural Economics*. Vol. 88, No. 3. s. 680–695.
- Rasmussen, S. 2000. Technological Change and Economies of Scale in Danish Agriculture. Unit of Economics Working Papers 2000/7. Kööpenhamina: The Royal Veterinary and Agricultural University. 28 s.
- Rasmussen, S. 2010. Scale efficiency in Danish agriculture: an input distance–function approach. *European Review of Agricultural Economics*, Vol 37, No. 3. s. 335–367.
- Ray, S.C. & Mukherjee, K. 1996. Decomposition of the Fisher ideal index of productivity: a non-parametric dual analysis of US airline data. *The Economic Journal*. Vol. 106. No. 439. s. 1659–1678.
- Shephard, R. W. 1953. Cost and production functions. Princeton: Princeton University Press.
- Shephard, R. W. 1970. Theory of cost and production functions. Princeton: Princeton University Press.
- Solow, R.M. 1957. Technical change and the aggregate production function. *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 39, No. 3. s. 312–320.
- Suomen maatalous ja maaseutuelinkeinot -sarja 2002–2009. Julkaisuja 101, 103–109. Helsinki: MTT Taloustutkimus.
- Taloustohtori. 2010. Internet-palvelu. Luettu: 24.4.2010. <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/taloustohtori>.
- Tike. 2007. Maatilatilastollinen vuosikirja 2007. Helsinki: Tike. 267 s. Päivitetty: 17.12.2008. Viitattu: 8.4.2010. Saatavissa internetistä: [http://maataloustilastot.fi/sites/default/files/Vuosikirja\\_2007\\_fi\\_0.pdf](http://maataloustilastot.fi/sites/default/files/Vuosikirja_2007_fi_0.pdf).
- Tike. 2008. Maatilatilastollinen vuosikirja 2008. Helsinki: Tike. 266 s.
- Tike. 2009. Maatilatilastollinen vuosikirja 2009. Helsinki: Tike. 268 s.
- Tilastokeskus. 2008. Työvoimakustannusten rakenne työmarkkinasektorien mukaan vuosina 1996, 2000 ja 2004 (osuus työvoimakustannuksista, %). Tietokanta. Päivitetty: 20.5.2008. Viitattu: 8.4.2010. [http://pxweb2.stat.fi/Database/StatFin/pal/tvtutk/tvtutk\\_fi.asp](http://pxweb2.stat.fi/Database/StatFin/pal/tvtutk/tvtutk_fi.asp).
- Tilastokeskus. 2009. Maatalouden tuotantovälineiden ostohintaindeksi 2005=100. Tietokantataulukko. Päivitetty: 16.11.2009. Luettu 9.12.2009. Saatavissa: [http://pxweb2.stat.fi/Dialog/varval.asp?ma=020\\_ttohi\\_tau\\_101\\_fi&ti=Maatalouden+tuotantov%E4lineiden+ostohintaindeksi+2005%3D100&path=../Database/StatFin/hin/ttohi/&lang=3&multilang=fi](http://pxweb2.stat.fi/Dialog/varval.asp?ma=020_ttohi_tau_101_fi&ti=Maatalouden+tuotantov%E4lineiden+ostohintaindeksi+2005%3D100&path=../Database/StatFin/hin/ttohi/&lang=3&multilang=fi)
- Tilastokeskus 2010. Maatalouden tuottajahintaindeksi 2005=100. Tietokantataulukko. Päivitetty: 25.3.2010. Luettu: 14.4.2010. [http://pxweb2.stat.fi/Dialog/varval.asp?ma=018\\_mthi\\_tau\\_105\\_fi&ti=Maatalouden+tuottajahintaindeksi+2005%3D100&path=../Database/StatFin/hin/mthi/&lang=3&multilang=fi](http://pxweb2.stat.fi/Dialog/varval.asp?ma=018_mthi_tau_105_fi&ti=Maatalouden+tuottajahintaindeksi+2005%3D100&path=../Database/StatFin/hin/mthi/&lang=3&multilang=fi).

- Walter-Jørgensen, A., Brask, B., Melgaard, P. 1992. Dansk svineproduktion i international belysning. Rapport nr. 67. Kööpenhamina: Statens jordbrugsökonomiske institute. 137 s.
- Wilson, P.W. 1993. Detecting outliers in deterministic nonparametric frontier models with multiple outputs. *Journal of Business & Economic Statistics*, Vol. 11, No. 3. s. 319–323.
- Zofio, J.L. & Prieto, A.M. 2006. Return to dollar, generalized distance function and the Fisher productivity index. *Span Econ Rev* 8. s. 113–138.