

Tekninen tehokkuus ja tehokkuuden muutos kasvihuonekurkun tuotannossa

Anu Koivisto

MTT Taloustutkimus, Luutnantintie 13, 00410 Helsinki, anu.koivisto@mtt.fi

Tiivistelmä

Suomen kasvihuonekurkun tuotannon pääasiallisena tuotannontehostamiskeinona oli 1990-luvulle saakka yrityskohtaisen tuotantoalan kasvattaminen. Viljelijät käyttivät niin sanottua perinteistä viljelymenetelmää, missä talvikuukausien vähäinen luonnonvalon määrä edellytti viljelytaukoa marras- ja helmikuun välisenä aikana. 1990-luvulla käyttöön otettu keinovalotus mahdollisti tuotannontehostamisen sekä viljelyn myös talvikuukausina.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli tarkastella miten tuotannontehostamiskeinot ovat vaikuttaneet tilojen tekniseen tehokkuuteen, sekä miten ilmastolliset tekijät vaikuttavat tuotannon tehokkuuteen. Tutkimuksessa kurkuntuotantoon erikoistuneet yritykset ryhmiteltiin tuotannontehostamiskeinon käyttöönoton mukaisesti neljään ryhmään: pienet perinteisen viljelytavan yritykset, suuret perinteisen viljelytavan yritykset, pienet valotusta käyttävät yritykset ja suuret valotusta käyttävät yritykset. Pienet valotusta käyttävät yritykset jätettiin pois lopullisesta tarkastelusta pienen ryhmäkoon vuoksi. Tutkimus tehtiin aikasarjatarkasteluna.

Tarkastelu perustui Tiken puutarhayritysrekisterin tietoihin vuosilta 2000, 2002, 2004 ja 2006. Tekninen tehokkuus määritettiin stokastisen rintamaestimoinnin avulla (parametric stochastic production frontier analysis). Ilmastollisten tekijöiden vaikutusten määrittämiseen käytettiin rintamaestimointiin liittyvää tehottomuuden mallia (inefficiency effect model). Tehokkuustarkastelu toteutettiin ryhmän sisäisen ja ryhmien välisen tarkastelun viitekehystä käyttäen.

Tutkimuksen tulosten mukaan perinteisen viljelytavan yritysten ryhmän sisäinen tehokkuus oli valotusta käyttävien yritysten tehokkuutta korkeampi. Suuret valotusta käyttävät yritykset olivat sen sijaan ottaneet käyttöön muita yritysryhmiä enemmän uutta teknologiaan, mikä voi tarkoittaa esim. uutta valotusratkaisua, uutta istutusmenetelmää tai uutta lajiketta. Pienet perinteisen viljelytavan sekä suuret valotusta käyttävät yritykset osoittautuivat olevan omilla panosyhdistelmillään lähimpänä saatavilla olevaa ”parasta teknologiaa”. Suurten valotusta käyttävien yritysten energian panosjousto oli korkein, mikä tarkoittaa että yhdellä lisäenergiayksiköllä nämä tilat pystyisivät tuottamaan muita tilaryhmiä enemmän sadonlisää.

Kasvukauden aikainen globaalisäteily paransi kaikkien yritysryhmien tehokkuutta. Säteilyn määrän lisääntyminen paransi voimakkaammin perinteisen tuotantotavan yritysten tehokkuutta kuin valotusta käyttävien yritysten. Kasvukauden aikainen korkeampi keskilämpötila heikensi pienten perinteisen viljelytavan yritysten tehokkuutta. Muiden yritysryhmien osalta keskilämpötilalla ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta.

Asiasanat: ilmasto, kasvihuonetuotanto, rintamaestimointi, panosjousto, valoviljely

Johdanto

1990-luvulle saakka Suomen kasviuonevihannestuotannon merkittävimppänä tehostamiskeinona oli tuotantopinta-alan lisääminen. Vuodesta 1984 vuoteen 1990 kasviuonevihanneksia tuottavien yritysten keskimääräinen tuotantoala kasvoi 53 prosenttia 1 260 m²:stä 1 927 m²:iin. Kasviuonevihanneksia tuottavien yritysten tuotantoala on jatkanut kasvuaan 1990-luvun jälkeenkin, ollen 2 382 m² vuonna 2006 (Tike 2007). 1990-luvulla yrityskoon kasvun rinnalle tuli toinen tuotannon tehostamiskeino, keinovalotuksen käyttö. Aikaisemmin vähäinen luonnon valon määrä talvikuukausina pakotti yritykset pitämään tuotantotauon marras-helmikuussa. Keinovalotuksen käyttöönotto mahdollisti viljelyn myös talvikuukausina, sekä tehosti kasvukauden aikaista tuotantoa täydentämällä pimeiden päivien valon tarjontaa. Tämä johti kasviuonetuotannon vuotuisten neliösatojen kasvuun. Keinovalotuksen käyttöönotto tasasi myös satohuippuja ja mahdollisti yrittäjille ympärivuotisen työllistymisen yritykses- sään.

Ensimmäisenä kasviuonevihanneksista keinovalotus otettiin käyttöön kasviuonekurkulla ja hieman myöhemmin tomaatilla ja paprikalla. Keinovalotetun alan osuus on edelleen kasvava, ollen keskimäärin 21 prosenttia koko kasviuonevihannesten tuotantoalasta. Kasviuonekurkulla keinovalotetun alan osuus on tällä hetkellä suurempi kuin muilla vihanneksilla, noin 25 prosenttia 73 hehtaarin kokonaistuotantoalasta vuonna 2006.

Tutkimuksen ensimmäisenä tavoitteena oli selvittää miten kaksi merkittävimppä tuotannontehostamiskeinona, keskimääräistä suurempi tuotantopinta-ala ja uuden teknologian, keinovalotuksen, käyttö vaikuttivat kasviuonekurkun tuotantoon erikoistuneiden tilojen tehokkuuteen, sekä miten tehokkuus on kehittynyt vuodesta 2000 vuoteen 2006. Tehokkuudella tutkimuksessa tarkoitetaan teknistä tehokkuutta, eli käytettyjä panosmääriä verrattuna saatuun tuotokseen eli satoon. Tutkimuksen toisena tavoitteena oli tarkastella vaikuttivatko ilmastolliset tekijät, kuten keskilämpötila ja globaalisäteilyn määrä, yritysten tehokkuuteen ja oliko tarkastelun kohteena olevilla tuotannontehostamiskeinolla vaikutusta yritysten ilmastolliseen herkkyyteen.

Tutkimusmenetelmänä käytettiin stokastista rintamaestimointia ja siihen liittyvää tehottomuuden mallia. Tehokkuutta, sen kehitystä, sekä siihen vaikuttavia tekijöitä tarkasteltiin sekä tuotantoteknologian sisällä että eri teknologioiden välillä.

Aineisto ja menetelmät

Tutkimusaineistona käytettiin Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskuksen eli Tiken tuottamaa Suomen puutarhayrityksiä koskevaa aineistoa vuosilta 2000, 2002, 2004 ja 2006. Aineisto oli totaaliaineisto sisältäen kaikki Suomessa kasviuonekurkkua tuottavat yritykset. Tässä tutkimuksessa keskityttiin kuitenkin vain kasviuonekurkun tuotantoon erikoistuneisiin yrityksiin, joilla kasviuonekurkun osuus kokonaistuotantoalasta oli vähintään 90 %. Näin voitiin tehdä oletus, että yritystasolla mitattu energiankäyttö mittaa riittäväällä tarkkuudella kasviuonekurkun tuotannon energiankäyttöä. Aineistosta pudotettiin pois sellaiset yritykset jotka eivät olleet ilmoittaneet sato- tai energiankäyttötietojaan.

Yritykset ryhmiteltiin sen mukaan, miten ne olivat hyödyntäneet kahta tuotannontehostamiskeinona: keskimääräistä suurempaa tuotantoalaa ja uuden teknologian, keinovalotuksen, käyttöä. Tuotantoalan perusteella yritykset luokiteltiin pieniin ja suuriin yrityksiin siten, että pienillä yrityksillä tuotantoala oli alle 2 000 m² ja suurilla yli. Sen lisäksi, että 2 000 m² raja kuvaa sijoittumista keskimääräiseen tuotantoalaan nähden, antaa se myös karkean arvion viljelmän tyypistä. Aiemman tutkimuksen perusteella (Koivisto 2004) on arvioitu, että noin 2 000 m²:n viljelämä pystytään hoitamaan yrittäjäperheen voimin ja viljelmät ovat näin ollen perheyrityksiä. Tätä suurempi tuotantoala tavallisesti vaatii palkatun työvoiman käyttöä, ja yritykset alkavat toimia enemmän liikeyrityksen tavoin.

Toisena ryhmittelyperusteena oli se, käyttivätkö yritykset keinovalotusta vai ei. Tämä luokittelu tehtiin yritysten ilmoittaman valoviljelyn alan mukaan. Vuonna 2000 kyseistä tietoa ei tilastoitu, joten kyseisen vuoden osalta ryhmittely tehtiin sähköenergiankäyttöä hyödyntäen mukailien vuosien 2002, 2004 ja 2006 muodostuneita ryhmiä.

Näitä kahta ryhmittelyperustetta käyttäen muodostui neljä ryhmää: suuret valotusta käyttävät yritykset, pienet valotusta käyttävät yritykset, suuret perinteisen viljelytavan yritykset ja pienet perinteisen viljelytavan yritykset. Tuotannon tehostaminen koostuu tavallisesti kahdesta vaiheesta, ensimmäisen vaiheen tuotantoalan laajentamisesta ja toisen vaiheen valotuksen käyttöönotosta. Tämän

vuoksi ryhmittelyn yhdistelmä, pienet valotusta käyttävät yritykset, osoittautui niin harvinaiseksi, että kyseinen yritysryhmä pudotettiin tarkemmasta analyysistä pienen havaintomäärän vuoksi (taulukko 1). Tutkimuksen aineisto oli epätäydellinen paneeliaineisto, sillä joitain yrityksiä oli lopettanut tuotannon tarkastelujakson aikana, osa yrityksistä oli vaihtanut tuotantokasvia kurkusta tomaattiin ja paprikaan tai toisinpäin, ja osa yrityksistä oli siirtynyt ryhmästä toiseen ottamalla käyttöön valotuksen tai luopumalla siitä.

Taulukko 1. Tilojen lukumäärä ryhmittäin ja tarkasteluvuosittain.

	Vuosi				Yrityksiä per ryhmä
	2000	2002	2004	2006	
Suuret valotusta käyttävät yritykset	12	16	18	16	62
Pienet valotusta käyttävät yritykset *	1	3	1	1	6
Suuret perinteisen viljelytavan yritykset	45	40	40	40	164
Pienet perinteisen viljelytavan yritykset	109	98	56	73	336
<i>Yrityksiä per vuosi</i>	<i>167</i>	<i>157</i>	<i>115</i>	<i>129</i>	<i>568</i>

*Eivät mukana tarkemmassa analyysissä

Pitkänä maana Suomi tarjoaa hyvät edellytykset ilmastollisten vaikutusten tarkasteluun. Keskilämpötila ja globaalisäteilyn määrä eroavat merkittävästi pohjoisen ja etelän välillä. Sen sijaan tuotantoteknologia ja tuotantokulttuuri ovat yhtenäiset maan sisällä. Ilmastollisten tekijöiden tarkastelua varten yritysten sijainti määritettiin sijaintikunnan kuntakeskuksen karttakoordinaattien perusteella. Näitä karttakoordinaatteja, pääasiassa leveyspiiriä, käytettiin arvioitaessa mikä globaalisäteilyä ja keskilämpötilaa mittaava sääasema sijaitsee lähimpänä yritystä. Tämän lähimmän sääaseman mittaustuloksia käytettiin likiarvona kuvaamaan yrityskohtaisia ilmastoparametreja, sillä yrityskohtaisia sääaineistoja ei ollut saatavilla.

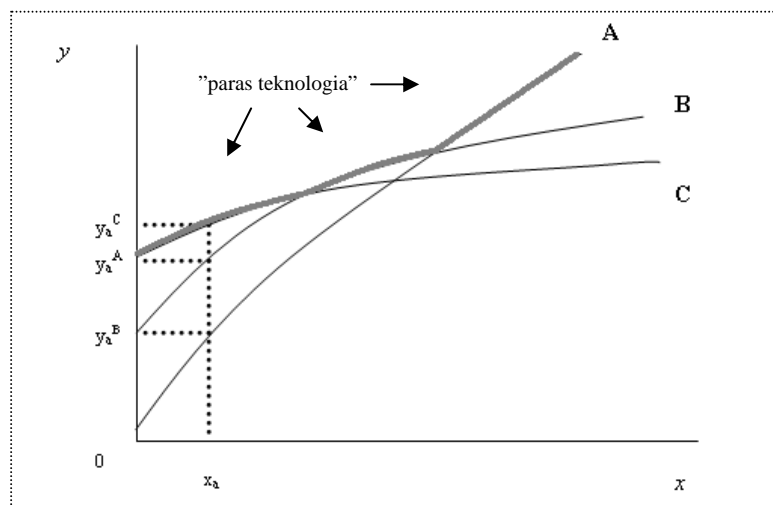
Tehokkuuden ja tehokkuuden muutoksen määrittämisessä käytettiin menetelmänä parametrista stokastista rintamaestimointia (parametric stochastic production frontier analysis) (Kumbhakar 1990). Stokastisessa rintamaestimoinnissa määritetään maksimaalisen tuotoksen käyrä, y , annetuilla panoksilla, x (kuva 1). Yrityksen tehokkuus määritetään suhteessa tähän käyrään. Kun yritys on tehokas, se toimii käyrällä. Jos yrityksen toiminnassa on tehottomuutta, se toimii käyrän alapuolella. Tehokkuuden aste ilmaistaan suhteellista tehokkuutta ilmaisevalla luvulla, jonka arvot ovat 0 ja 1 välillä; 0 on täysin tehoton ja 1 on täysin tehokas. Tehokkuuden aste voi vaihdella vuodesta toiseen.

Tässä tutkimuksessa tehokkuustarkastelua sovellettiin ryhmän sisäisen ja ryhmien välisen tehokkuuden viitekehyyksessä mukailien Oude Lansinkin ym. (2001) tutkimusta. Tutkimuksessa maksimaalisen tuotoksen käyrä määritettiin ryhmäkohtaisesti olettaen, että tuotantoteknologia ryhmän sisällä on samanlainen. Kolmen eri tuotantoteknologiaa kuvaavan maksimaalisen tuotoksen käyrän (y) (käyrät A, B ja C) perusteella muodostettiin verhoikäyrä, joka kuvaa saatavilla olevaa ”parasta teknologiaa” kullakin panosmäärällä (x) (kuva 1). Tällä tavalla yrityksen tehokkuutta voitiin tarkastella sekä saman teknologian sisällä että verrattuna saatavilla olevaan ”parhaaseen teknologiaan”. Tarkastelu tuotti tulokseksi arvion yrityksen tehokkuudesta oman ryhmän sisällä (ryhmän sisäinen tehokkuus) ja arvion yrityksen tehokkuudesta saatavilla olevaan ”parhaaseen teknologiaan” nähden (ryhmien välinen tehokkuus). Lisäksi tarkastelu tuotti suhdeluvun, joka kuvaa oman ja ”parhaan” teknologian välistä eroa (tasokomponentti).

Stokastisen rintaman mallintamisessa funktiomuotona käytettiin translog-funktiota, sillä tiukko- ja rajoituksia funktion ominaisuuksista ei haluttu tehdä. Estimointimenetelmänä käytettiin maximum likelihood -estimointia. Estimoitavissa malleissa tuotoksena oli sato kg/m^2 , ja selittävinä tekijöinä kokonaisenergian kulutus (*ENERGY*), MJ/m^2 , tuotantoala (*SIZE*), m^2 , ja vuotta ilmaiseva trendi (*TREND*). Kokonaisenergian kulutus määritettiin laskemalla käytettyjen polttoaineiden sisältämä energiamäärä yhteen käytetyn sähköenergian kanssa. Lisäksi mallissa oli dummy-muuttuja (*CLUSTER*), joka kuvasi klusterin vaikutusta. Dummy-muuttujan arvo oli 1 jos yritys sijaitsi klusterissa, ja muuten arvo oli 0. Kasvihuonekurkun tuotannossa klusteri on Närpiön alue.

Tehottomuuden mallina käytettiin Battesen ja Coellin (1995) kehittämää mallia. Mallissa tehottomuutta selittävinä tekijöinä käytettiin ilmastollisia tekijöitä: kasvukauden aikaista (1.3. - 31.10.) keskilämpötilaa (*KESKLÄMI*) sekä globaalisäteilyn määrää (*GLOBSÄTI*) MJ/m^2 . Valotusta käyttävien yritysten osalta tehottomuutta selittävänä tekijänä käytettiin myös talvikauden (1.11. - 28.2.) keskilämpötilaa (*KESKLÄM2*) sekä globaalisäteilyn määrää (*GLOBSÄT2*). Perinteisessä viljelytavassa on

talvikaudella tuotantotauko, minkä vuoksi talvikauden ilmastollisia tekijöitä ei otettu huomioon. Tehottomuuden mallin funktiomuotona käytettiin lineaarista funktiota. Tehottomuuden mallin parametrien estimointi tapahtui yhtäaikaisesti stokastisen rintaman estimoinnin kanssa.



Kuva 1. "Parhaan teknologian" käyrä.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Estimoinnin tuloksena saatiin taulukon 2 mukaiset parametrien arvot kunkin ryhmän stokastista rinta-
maa kuvaavalle funktiolle sekä lineaariselle tehottomuuden mallille. Suurten valotusta käyttävien yri-
tysten sekä pienten perinteisen viljelytavan yritysten osalta mallin parametrit olivat pääosin tilastolli-
sesti merkitseviä. Sen sijaan suurten perinteisen viljelytavan yritysten parametreista noin puolet oli
tilastollisesti merkitseviä. Koska translog-funktion parametreja on sinällään vaikea tulkita, laskettiin
estimoitujen funktioiden perusteella panosjoustot energialle (*ENERGY*) ja yrityksen tuotantoalalle
(*SIZE*).

Taulukko 2. Stokastista rinta-
maa kuvaavan funktion sekä siihen liittyvän tehottomuuden mallin estimoidut pa-
rametrit yritysryhmittäin.

Muuttuja	Estimaatit		
	Suuret valotusta käyttävät yritykset	Suuret perinteisen viljelytavan yritykset	Pienet perinteisen viljelytavan yritykset
Stokastinen rintaman malli			
β_0 (vakio termi)	-13,38 **	5,47	-2,42 *
$\beta_1 \ln(ENERGY)$	-0,77 **	-0,84 **	0,20
$\beta_2 \ln(SIZE)$	4,26 **	0,30	0,90 *
$\beta_3 \ln(ENERGY)*\ln(ENERGY)$	0,08 **	0,08 **	0,12 **
$\beta_4 \ln(SIZE)*\ln(SIZE)$	-0,57 **	-0,09	0,02
$\beta_5 \ln(ENERGY)*\ln(SIZE)$	0,08	0,05 o	-0,10 **
$\beta_6 (TREND)$	0,54 **	-0,61 *	1,02 **
$\beta_7 (TREND)*(TREND)$	-0,34 **	0,02	-0,11 *
$\beta_8 (TREND)*\ln(ENERGY)$	-0,07 *	0,01	-0,03 *
$\beta_9 (TREND)*\ln(SIZE)$	0,11 **	0,05 o	-0,08 o
$\beta_{10} (CLUSTER)$ dummy	-0,07	0,11 *	-0,05
Tehottomuuden malli			
δ_0 (vakio termi)	-2,78 **	-9,20	-27,17 **
$\delta_1 (GLOBSÄTI)$	-0,07 *	-0,99	-3,71 **
$\delta_2 (KESKLÄM2)$	0,17	1,76	7,25 **
$\delta_4 (GLOBSÄT2)$	2,14 **		
$\delta_5 (KESKLÄM2)$	-0,06		
Log-likelihood	9	65	245

o, *, ** Tilastollisesti merkitsevä 10 %, 5 %, ja 1 % tasolla.

Panosjousto ilmaisee sitä, paljonko tuotos muuttuisi jos panoksen määrä lisättäisiin yhdellä yksiköllä. Taulukon 3 energian panosjoustojen arvoista huomataan, että jousto oli voimakkainta suurilla valotusta käyttävillä yrityksillä, mikä tarkoittaa että kyseisellä yritysryhmällä sadon lisäys annettua lisäenergiaa kohden oli muita yritysryhmiä suurempi. Keskimääräinen vuotuinen neliösadon lisäys suurilla valotusta käyttävillä yrityksillä olisi 0,266 kilogrammaa mikäli energiankäyttöä lisättäisiin yhden megawatin verran. Sadonlisäys olisi vain 0,120 kilogrammaa pienillä perinteisen viljelytavan yrityksillä ja ainoastaan 0,011 kilogrammaa suurilla perinteisen viljelytavan yrityksissä. Käytetyllä lisäenergialla saatava sadonlisäys on pienentynyt vuodesta 2000 vuoteen 2006 kaikilla yritysryhmillä ja jopa kääntynyt negatiiviseksi perinteisen viljelytavan yrityksissä.

Tuotantoalan panosjousto oli positiivinen suurissa valotusta käyttävissä yrityksissä sekä pienissä perinteisen viljelytavan yrityksissä. Positiivinen jousto ilmaisee, että mikäli tuotantoalaa laajennettaisiin, myös neliöltä saatava sato parantuisi. Tämä puoltaa yritysten kasvuhakuisuutta. Poikkeavana ryhmänä olivat suuret perinteisen viljelytavan yritykset, joilla tuotantoalan panosjousto on negatiivinen. Tällä tilaryhmällä yritys-koon kasvattaminen aiheuttaisi neliöltä saatavan sadon alentumisen nykyisestä.

Klusterin vaikutusta kuvaava parametri oli tilastollisesti merkitsevä vain suurilla perinteisen viljelytavan yrityksillä, joiden tehokkuutta paransi klusterissa sijaitseminen. Muilla ryhmillä klusterissa sijaitsemisella ei ollut vaikutusta tehokkuuteen.

Taulukko 3. Panosjoustojen keskiarvo, tekninen muutos ja näiden keskihajonta (suluissa).

	Suuret valotusta käyttävät yritykset	Suuret perinteisen viljelytavan yritykset	Pienet perinteisen viljelytavan yritykset
Energian panosjousto			
2000	0,443 (0,075)	0,032 (0,119)	0,208 (0,145)
2002	0,304 (0,132)	0,023 (0,118)	0,141 (0,163)
2004	0,198 (0,191)	0,020 (0,092)	0,079 (0,128)
2006	0,171 (0,136)	-0,037 (0,115)	-0,011 (0,140)
2000-2006	0,266 (0,174)	0,011 (0,114)	0,120 (0,168)
Tuotantoalan panosjousto			
2000	0,018 (0,459)	-0,067 (0,083)	0,291 (0,121)
2002	0,199 (0,406)	-0,025 (0,098)	0,242 (0,140)
2004	0,272 (0,396)	0,020 (0,076)	0,160 (0,110)
2006	0,372 (0,287)	-0,037 (0,085)	0,150 (0,115)
2000-2006	0,230 (0,397)	-0,014 (0,093)	0,224 (0,137)

Ryhmän sisäinen tehokkuus on alentunut suurilla valotusta käyttävillä tiloilla koko tarkastelujakson ajan (taulukko 4). Se kertoo siitä, että nykyisen teknologian kehittämiseen ei ole panostettu. Sen sijaan kyseinen tilaryhmä on kehittänyt tuotantoa esim. omaksumalla uutta tuotantoa parantavaa teknologiaa, mikä ilmenee tasokomponentin muutoksen positiivisena arvona. Muita ryhmiä korkeampi tasokomponentin muutoksen arvo ilmaisee sitä, että suuret valotusta käyttävät yritykset ovat ottaneet käyttöön muita ryhmiä aktiivisemmin uusia innovaatioita. Nämä uudet innovaatiot voivat olla esim. uusia lajikkeita, uusia istutustekniikoita tai uutta tekniikkaa, kuten uusi valotusratkaisu tai kastelujärjestelmä.

Pienillä perinteisen viljelytavan yrityksillä ryhmän sisäinen tehokkuus on parantunut tarkastelujaksolla. Nämä yritykset ovat siis parantaneet nykyisen tuotantoteknologiansa tehokkuutta. Vaikka nykyistä tuotantotapaa on tehostettu, myös joitain uusia innovaatioita on otettu käyttöön, kuten positiivinen muutos tasokomponentissa sen ilmaisee. Suurilla perinteisen viljelytavan yrityksillä nykyisen tuotannon tehokkuus ei ole juurikaan muuttunut mikäli tarkastellaan koko jakson tehokkuuden muutoksen keskiarvoa. Kyseinen tilaryhmä ei myöskään ole ottanut käyttöön uusia innovaatioita.

Saatavilla olevaan ”parhaaseen teknologiaan” nähden suurten perinteisen viljelytavan tilojen tehokkuus on heikoin (ryhmien välinen tehokkuus) (taulukko 4). Suhteellinen tehokkuus on heikentynyt tarkastelujaksolla, mikä ilmenee negatiivisesta ryhmien välisen tehokkuuden vuotuisesta muutoksesta. Suurten valotusta käyttävien sekä pienten perinteisen viljelytavan yritysten ryhmien välinen tehokkuus on keskenään samalla tasolla, noin 0,5:ssä. Molempien yritysryhmien tilat ovat siis suhteel-

lisen tehokkaita käyttämällä panosyhdistelmällä verrattuna saatavilla olevaan ”parhaaseen teknologiaan” (taulukko 4).

Taulukko 4. Ryhmän sisäinen ja ryhmien välinen tehokkuus sekä jäännöskomponentti tilaryhmittäin ja vuosittain.

	Ryhmän sisäinen tehokkuus		Tasokomponentti		Ryhmien välinen tehokkuus	
	Keskiarvo	Vuotuinen muutos	Keskiarvo	Vuotuinen muutos	Keskiarvo	Vuotuinen muutos
Suuret valotusta käyttävät yritykset						
2000	0,673		0,904		0,603	
2002	0,496	-0,177	0,985	0,081	0,485	-0,118
2004	0,486	-0,010	0,973	-0,012	0,478	-0,007
2006	0,475	-0,011	1,000	0,027	0,475	-0,003
2000-2006	0,522	-0,066	0,970	0,032	0,503	-0,043
Suuret perinteisen viljelytavan yritykset						
2000	0,745		0,739		0,554	
2002	0,719	-0,026	0,474	-0,265	0,343	-0,211
2004	0,701	-0,018	0,404	-0,070	0,283	-0,060
2006	0,749	0,048	0,431	0,027	0,325	0,042
2000-2006	0,729	0,001	0,519	-0,103	0,382	-0,076
Pienet perinteisen viljelytavan yritykset						
2000	0,631		0,825		0,528	
2002	0,651	0,020	0,847	0,022	0,555	0,027
2004	0,619	-0,032	0,733	-0,114	0,455	-0,100
2006	0,697	0,078	0,880	0,147	0,615	0,160
2000-2006	0,649	0,022	0,828	0,018	0,542	0,179

Tutkimuksen toisena tavoitteena oli tarkastella miten ilmastolliset tekijät vaikuttavat tehokkuuteen sekä vaikuttaako tuotantoteknologia ilmastoherkkyteen. Ilmastollisten tekijöiden vaikutusta arvioitiin tehottomuuden mallin parametrien avulla (taulukko 2). Tehottomuuden mallissa käytettiin lineaarista funktiomuotoa jonka kertoimet ovat sinällään tulkittavissa. Positiivinen kerroin tarkoittaa tehottomuuden lisääntymistä ja negatiivinen tehottomuuden vähentymistä. Näin ollen kasvukauden aikainen globaalisäteilyn määrä vähentää tehottomuutta ja siten parantaa yritysten tehokkuutta. Mitä enemmän aurinko paistaa, sitä tehokkaampia tilat ovat. Kertoimien itseisarvojen perusteella, globaalisäteilyn tehokkuusvaikutukset näyttävät olevan voimakkaampia perinteisen viljelytavan yrityksissä kuin valotusta käyttävissä yrityksissä.

Kasvukauden aikainen keskilämpötila osoittautui tehokkuutta heikentäväksi tekijäksi, eli mitä korkeampi lämpötila sitä tehottomampia tilat olivat. Tosin ainoastaan pienillä perinteisen teknologian tiloilla parametrin arvo oli tilastollisesti merkitsevä. Selityksenä korkeamman lämpötilan aiheuttamaan tehottomuuden lisääntymiseen saattoi olla, että Suomessakin lämpiminä jaksoina kasvihuoneen sisälämpötila nousee yli optimilämpötilan (noin 27°C), ja kasvu heikkenee. Liian korkeaa lämpötilaa ei useinkaan saada korjattua optimiin, sillä jäähdytyksen käyttö kasvihuoneissa on melko harvinaista. Liian kylmä ilma sen sijaan on helppo muuttaa optimaaliseksi lämmitystä käyttämällä, mistä aiheutuu että ilmastollisesti kylmemmässä saavutetaan optimaalinen lämpötila useammin kuin lämpimässä.

Tulosten mukaan talvikauden globaalisäteily lisäsi tehottomuutta suurilla valotusta käyttävillä tiloilla. Talvikaudella globaalisäteilyn määrä on kuitenkin hyvin vähäinen, ja syynä negatiiviseen vaikutukseen saattaa olla se, että säteily lähinnä ”häiritsee” muuten hyvin kontrolloitua kasvuympäristöä ja voi siten heikentää kasvua. Talvikauden aikaisella keskilämpötilalla ei ollut vaikutusta tehottomuuteen.

Johtopäätökset

Kasvihuonekurkun tuotannon tehokkuus vaihteli tuotantoteknologiasta riippuen. Teknologian sisäinen tehokkuus oli perinteisen viljelytavan yrityksillä korkeampi kuin valotusta käyttävillä yrityksillä. Tähän saattaa olla syynä se, että valoviljely on kuitenkin edelleen melko uutta tuotantoteknologiaa jota suurin osa sitä käyttävistä yrityksistä ei vielä hallitse täysin. Tulosten mukaan valotusta käyttävät yritykset ovat ottaneet muita yritysryhmiä aggressiivisemmin käyttöön valotuksen lisäksi myös muuta uutta teknologiaa, mikä voi tarkoittaa esim. uutta valotusratkaisua, uutta istutusmenetelmää tai uutta lajiketta. Tämä aggressiivinen uuden teknologian käyttöönotto todennäköisesti heijastuu alentavasti nykyisen teknologian tehokkuuteen, sillä sen sijaan että kehitettäisiin nykyistä tuotantoteknologiaa, etsitään ja kokeillaan jotain uutta.

Suurten perinteisen viljelytavan yritysten ryhmän sisäinen tehokkuus oli vertailtavista teknologioista korkein. Kenties jo valmiiksi tehokas tuotanto on vaikuttanut siihen, että vuodesta 2000 vuoteen 2006 ryhmän tehokkuus on pysynyt samana. Myöskään uutta teknologiaa ei näytetty otettavan käyttöön tämän yritysryhmän sisällä. Suuret perinteisen viljelytavan yritykset näyttävät olevan jonkinlaisia välivaiheen yrityksiä, sillä saatavissa olevaan ”parhaaseen teknologiaan” verrattuna ne sijoittuvat heikoiten, pieniin perinteisen tuotantotavan ja suurin valotusta käyttävin yrityksiin verrattuna. Pienet perinteisen viljelytavan sekä suuret valotusta käyttävät yritykset näyttivät olevan omilla panosyhdistelmillään lähimpänä saatavilla olevaa ”parasta teknologiaa”.

Valotusta käyttävien yritysten energiankulutus oli muita yritysryhmiä huomattavasti suurempi. Korkeasta lähtötasosta huolimatta energian panosjousto kuitenkin osoitti, että valotusta käyttävät yritykset pystyisivät perinteisen viljelytavan yrityksiä paremmin hyödyntämään annetun lisäenergian ja saatu lisäsato olisi yli kaksinkertainen perinteisen viljelytavan yrityksiin verrattuna.

Klusterissa sijaitsemisella on useimmiten ajateltu olevan positiivisia vaikutuksia. Suomen kasvihuonekurkun tuotannossa klusterina voidaan pitää Närpiön aluetta, jossa voimakkaan kasvihuone-tuotannon yrityskeskittymän lisäksi sijaitsee myös muuta kasvihuonetuotantoa tukevaa toimintaa: tutkimusta, neuvontaa, keskitettyä kauppakunnostusta ja tuotantopanosten tarjoajia. Tämän tutkimuksen mukaan klusterin vaikutus yritysten tehokkuuteen oli kuitenkin vähäinen. Ainoastaan suurilla perinteisen tuotantotavan yrityksillä klusterissa sijaitseminen näytti parantavan tehokkuutta. Muilla yritysryhmillä tilastollisesti merkitsevää vaikutusta ei ollut.

Ilmastollisista tekijöistä kasvukauden aikainen globaalisäteilyn määrä vaikutti positiivisesti kaikkien yritysryhmien tehokkuuteen. Globaalisäteilyn vaikutus oli voimakkaampaa perinteisen viljelytavan yrityksissä kuin valotusta käyttävissä, mikä viittaa siihen, että perinteinen viljelytapa on riippuvaisempaa auringon paisteesta. Pienten perinteisen tuotantotavan yritysten osalta kasvukauden aikainen korkeampi keskilämpötila heikensi tehokkuutta. Muiden yritysryhmien osalla keskilämpötilalla ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta. Ilmastollisten tekijöiden vaikutuksia arvioitaessa on kuitenkin huomioitava, että ilmastoa kuvaavat muuttujat on mitattu melko karkealla tasolla, kasvukauden keskiarvona, jolloin helle- ja kylmien jaksojen vaikutukset tasoittuvat.

Tutkimuksessa tehokkuustarkastelussa panoksina käytettiin ainoastaan energiaa sekä tuotantoalaa sen vuoksi, että muiden panosten osalta aineistoa ei ollut saatavilla. Todennäköisesti tulokset olisivat olleet hieman erilaisia, mikäli esim. työpanos olisi pystytty ottamaan mukaan tarkasteluun.

Kirjallisuus

Battese, G. E. & Coelli, T.J. 1995. A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data. *Empirical Economics*: 20, 325-332.

Koivisto, A. 2004. Puutarhayritysten tuotantokustannusten seurantamallit. MTT:n selvityksiä 71.

Kumbhakar, S. 1990. Production frontiers, panel data, and time-varying technical inefficiency. *Journal of Econometrics*, 46: 201-211.

Oude Lansink, A., Silva, E. & Stefanou, S. 2001. Inter-firm and intra-firm efficiency measures. *Journal of Productivity Analysis*, 15: 185-199.

Tike 2007. Puutarhayrityksrekisteri 2006. Maa-, metsä- ja kalatalous 2007.