

Tehokkuus ja tuottavuus suomalaisilla maitotiloilla vuosina 2007 - 2012

DEA-analyysi kannattavuuskirjanpitoiloista

Matti Poutiainen
Helsingin yliopisto
Taloustieteen laitos
Maatalousekonomia/Maatalouden liiketaloustiede
Maisterintutkielma
2016

Tiedekunta/Osasto – Fakultet/Sektion – Faculty		Laitos/Institution – Department	
Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Taloustieteen laitos	
Tekijä – Författare – Author			
Poutiainen Matti Antti Johannes			
Työn nimi – Arbetets titel – Title			
Tehokkuus ja tuottavuus suomalaisilla maitotiloilla vuosina 2007 - 2012, DEA-analyysi kannattavuuskirjanpitoaloista			
Oppiaine – Läroämne – Subject			
Maatalousekonomia, maatalouden liiketaloustiede			
Työn laji – Arbetets art – Level	Aika – Datum - Month and year	Sivumäärä – Sidoantal - Number of pages	
Maisterintutkielma	03/2016	60 s. + liitteet 10 s.	
Tiivistelmä – Referat – Abstract			
<p>Rakennekehityksen ja kiristyvän kansainvälisen kilpailun myötä maitotilojen on tehostettava toimintaansa. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää suomalaisten maitotilojen teknistä tehokkuutta, tuottavuutta ja niiden muutosta ajassa. Tutkimustulosten perusteella etsittiin yhdistäviä ja erottavia selittäviä tekijöitä tilojen välillä.</p> <p>Tutkimusmenetelmänä käytettiin panosorientoitua DEA-analyysia, joka laski kaikille tiloille tehokkuusluvut välille [0-1]. Lisäksi tutkittiin Malmquist-indeksin avulla tehokkuuden ja tuottavuuden muutosta ajassa. Tutkimusaineistona oli Luken (ent. MTT) kannattavuuskirjanpitoaineisto, joka sisälsi havainnot vuosilta 2007 – 2012. Kirjanpitoaineistosta karsittiin tutkimukseen 250 tilan joukko.</p> <p>Tulosten perusteella vuosittaiset tehokkuusluvut olivat pysyneet keskimäärin melko samana. Tukien vaikutus tehokkuuslukuihin oli suurin pohjoisimmilla tukialueilla (C2P, C3, C4). Luomutilat olivat tehokkaampia kuin tavanomaiset tilat mutta ilman tukia ei havaittu merkittävää eroa. Keskituotoksen nousussa tehokkuusluku kasvoi ja skaalatehokkuus nousi. Korkeimman eläintiheyden (yli 1,2 ey/ha) ja peltoviljelyn intensiteetin (yli 60 000 MJ/ha) havaittiin indikoivan suurinta tehokkuutta.</p> <p>Tutkimusajanjakson aikana tiloilla havaittiin teknologista kehitystä ja tuottavuuden nousua. Tilan omavaraisuuden laskiessa teknologisen kehityksen havaittiin olevan nopeampaa. Velkaisimmilla tiloilla tuottavuus kasvoi nopeiten. Tehokkuudelle ja tuottavuudelle voidaan löytää useita selittäviä tekijöitä, joita voidaan hyödyntää benchmarkingissa.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords			
maidontuotanto, kirjanpitoaloita, tehokkuus, tuottavuus, DEA-analyysi, Malmquist-indeksi			
Säilytyspaikka – Förvaringsställe – Where deposited			
Viikin tiedekirjasto; Taloustieteen laitos, Helsingin Yliopisto			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			
Ohjaajat: yliopistonleht. Stefan Bäckman ja prof. Timo Sipiläinen, Helsingin Yliopisto			

SISÄLTÖ

SISÄLTÖ	3
1 JOHDANTO	4
1.1 Tutkimuksen tausta	4
1.2 Tutkimuksen tavoite ja viitekehys	5
2 TEHOKKUUDEN MITTAAMINEN MAIDONTUOTANNOSSA	7
2.1 Maidontuotannon prosessi	7
2.2 Tehokkuuden ja tuottavuuden mittaaminen.....	8
2.3 Panosorientaatio ja tuotosorientaatio	10
2.4 DEA-mallit	13
2.5 Vaihtuvat skaalatuotot ja skaalatehokkuus	17
2.6 Valinta panos- ja tuotosorientaation välillä	19
2.7 Aikaisempia tutkimustuloksia	20
3 TUTKIMUSMENETELMÄT JA AINEISTO	25
3.1 Tutkimusmenetelmät.....	25
3.2 Kirjanpitoaineisto	27
3.2.1 Tarkastelu nimellisin hinnoin.....	28
3.2.2 Tarkastelu deflatoiduin hinnoin.....	31
4 TULOKSET	35
4.1 Muuttujien ja tulosten muodostaminen.....	35
4.2 Tutkimustilojen CRS ja VRS -tehokkuudet	36
4.3 Tehokkuuden ja tuottavuuden muutos ajassa	46
5 JOHTOPÄÄTÖKSET	52
LÄHTEET	57
LIITTEET	61

1 JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Maatilojen määrä Suomessa vähenee rakennekehityksen seurauksena, mikä johtaa yksikkököön kasvuun. Pyykkösen ja Lehtosen (2006, 1–2) mukaan viime vuosikymmeninä maatilojen poistuma on ollut noin 3 % vuodessa. Niemi ja Ahlstedt (2014, 13, 16) toteavat, että vuonna 2013 Suomessa oli 57 600 maatilaa, joista maitotiloja noin 9 000. Vuosina 1995 - 2013 maitotilojen poistuma on ollut noin 6,8 % vuodessa.

Maatalouden toimintaympäristö on muuttunut merkittävästi, kun tuottajahintoja on alennettu ja tulojen alenemista korvattu tukipolitiikalla. Pyykkönen ja Lehtonen (2006, 1–2) toteavat, että EU-jäsenyyden alusta lähtien tuotantopanosten ja pellon hinnan nousu on ollut trendiltään jatkuvaa. Käytännön maamiehen (10/2015 85, 91) tilastot näyttävät, että hintojen volatilitteetti on viime vuosina lisääntynyt.

EU:n yhteinen maatalouspolitiikka on jatkuvasti uudistusaineiden alaisena, mikä vaikuttaa maatalousyritysten tuotannon suunnitteluun ja toimintaedellytyksiin. Riskit ja epävarmuus lisääntyvät, jolloin investointien ja tuotannon jatkamisen kannattavuus on selvitetävä huolellisesti.

Maataloustuote- ja tuotantopanosmarkkinat ovat kansainväliset, jolloin muun maailman tapahtumat vaikuttavat myös Suomen maatalouteen. Hintasuhteiden muutoksiin on reagoitava, kun haetaan taloudellista optimia tuotannolle. Tuotantoteknologia ja kustannusrakente ovat tunnettava hyvin, jotta voidaan reagoida muuttamalla tuotantoa riittävästi ja oikeaan suuntaan.

Maataloustuotteet liikkuvat maasta toiseen, mikä tarkoittaa sitä, että kilpaillaan muiden maiden maataloustuotteiden kanssa. Tällöin ilmastolliset ja myös muut ympäristötekijät voivat antaa alhaisten tuotantokustannusten kautta merkittävää kilpailuetua joillekin maille. Suomen pohjoinen sijainti merkitsee haasteita maataloudelle, sillä kasvukausi on lyhyt ja lämmitykseen kuluu energiaa. Suomalaisten maatilojen on haettava kustannussäästöjä tehostamalla toimintaansa, jotta ne pärjäävät kiristyvässä kansainvälisessä kilpailussa.

Pyykkösen ja Lehtosen (2006, 5) mukaan kotieläintalouden tilakoon suurentuessa saavutetaan selkeitä mittakaavaetuja. Maatilojen lisäksi myös jalostava teollisuus hyötyy raaka-aineiden keräilykustannusten alentuessa. Lypsykarjataloudessa tuotettu maitomäärä tilaa kohden kasvaa sekä tilakoon suurentumisen että keskituotoksen nousun kautta.

Tuotantopanoshintojen nousu ja maidon hinnan pysyminen vakaana tai laskeminen johtavat siihen, että tilojen on toimittava aiempaa tehokkaammin, jotta ne säilyttävät saman voittotason kuin aiemmin. Tuottajien haasteena on löytää voiton maksimoiva panos-tuotosyhdistelmä.

Tiloja voidaan verrata erilaisilla mittareilla kuten maitoa/lehmä, maitoa/työntekijä tai tuotantokustannus/maitokilo. Nämä kertovat lähinnä osittaistuottavuuksista. Mikäli ei olisi muita tuotoksia, voisi tuotantokustannus/maitokilo olla melko hyvä mittari. Tilan kokonaistehokkuuden mittaamiseksi on käytettävä muita menetelmiä kuten DEA-analyysi. (Stokes, Tozer & Hyde 2006, 2555.) Kokonaistehokkuudella tarkoitetaan tässä yhteydessä mallia, jossa otetaan kaikki panokset ja tuotokset huomioon.

Tilakokoa suurentamalla voidaan tavoitella pienempää työnmenekkiä tuotettua maitolitraa ja lehmää kohden, kun tavoitteena on tuottavuuden kasvattaminen. Tilatasolla työtä voidaan korvata pääomalla, mikäli se on taloudellisesti perusteltua. Poliitikalla voidaan edistää maatalouden teknistä kehitystä esimerkiksi investointituilla ja tukipolitiikalla.

1.2 Tutkimuksen tavoite ja viitekehys

Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää kuinka tehokkaasti suomalaiset maitotilat muuntavat panoksia tuotoksiksi ja kuinka tehokkuus muuttuu ajassa. Tilojen välisten erojen perusteella pyritään löytämään yhdistäviä ja erottavia selittäviä tekijöitä tehokkaasti ja tehottomasti toimivien tilojen välille. Tutkitaan tilojen suhteellista panoskäyttöä ja etsitään tehokkaat panosyhdistelmät, jolloin voidaan tuottaa tietty tuotostaso mahdollisimman edullisella panosyhdistelmällä. Lähtökohtana on panosorientoitu DEA-malli, jossa tutkitaan kuinka paljon panoskäyttöä voidaan samansuhteisesti vähentää tuotettaessa tietty tuotos.

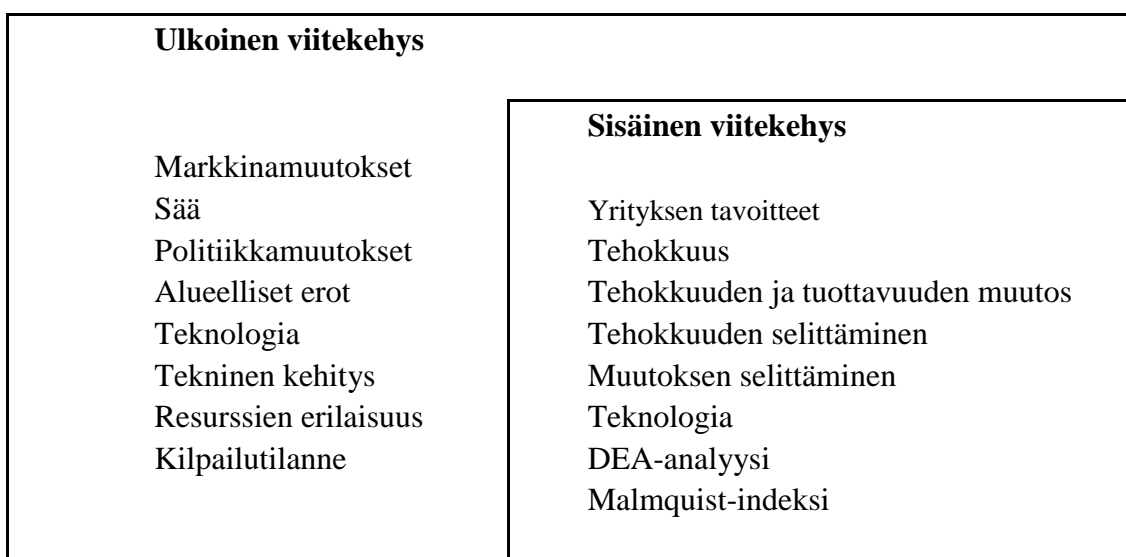
Coelli, Rao ja Battese (1998, 134, 161) mukaan tehokkuuden voidaan käsittää muodostuvan kahdesta komponentista, tekninen tehokkuus ja allokaatiivinen tehokkuus. Tekninen tehokkuus ilmaisee yrityksen kykyä saavuttaa maksimaalinen tuotos annetulla panoskäy-

töllä. Allokatiivinen tehokkuus ilmaisee yrityksen kykyä käyttää panoksia optimaalisessa suhteessa, ottaen huomioon panoshinnat ja tuotantoteknologian. Kun hintatietoa on saatavilla ja tarkoituksena on kustannusten minimointi, voiton tai tuoton maksimointi, voidaan mitata allokatiivisia ja teknisiä tehokkuuksia. Näiden kahden komponentin avulla voidaan mitata kokonaistaloudellista tehokkuutta.

Tässä tutkimuksessa keskitytään teknisen tehokkuuden ja sen muutoksen mittaamiseen ja allokatiivista tehokkuutta ei tutkita empiriassa. Teoriaosiossa käsitellään kuitenkin molempia, sillä ne ovat kiinteästi yhteydessä toisiinsa ja tuovat tarvittavaa taustaa tutkimukselle. Ovaska, Sipiläinen, Ryhänen, Ylätalo (2009, 16) mukaan tehokkuusluvulla kuvataan kuinka tehokkaasti yksittäinen tila toimii verrattaessa sitä halutun tilajoukon tehokkaaseen vertailutilaan tai -tiloihin. Tehokas tila saa arvon 1,00 ja tehoton tila arvon väliltä [0–1], tila on sitä tehottomampi mitä pienemmän arvon se saa.

Aineistona käytetään Luonnonvarakeskuksen (myöh. Luke, tunnettiin aiemmin nimellä MTT) kannattavuuskirjanpitoaineistoa, jonka perustella luodaan DEA-malli suomalaisten maitotilojen panoskäytöstä. Aineisto käsittää tulokset vuosilta 2007 - 2012.

Maataloustuotanto on biologinen prosessi, johon vaikuttavat mm. politiikka, sää ja resurssien kuten maan erilaisuus kuvion 1 mukaisesti. Tästä voi seurata vaihtelua tilojen välisiin tuloksiin. Vertailu vain parhaiden havaintojen muodostamaan rintamaan sisältää riskin, että havainnot ovat poikkeavia ja siten saavuttamattomissa.



Kuvio 1. Maidontuotannon tutkimuksen viitekehys.

2 TEHOKKUUDEN MITTAAMINEN MAIDONTUOTANNOSSA

2.1 Maidontuotannon prosessi

Maidontuotanto on biologis-fyysinen tuotantoprosessi, jossa panoksia muutetaan tuotoksiksi. Panoksia ovat esimerkiksi työ, energia ja vilja, tärkeimpänä tuotoksena on tuotettu maitomäärä. Panoksien määrää voidaan muuttaa ja jotkut niistä ovat osin toisiaan korvaavia kuten työ ja pääoma. Yrittäjän tehtävänä on valita optimaaliset panos-panos-, panos-tuotos- ja tuotos-tuotossuhteet, jotta tuotannolla saavutetaan mahdollisimman hyvä taloudellinen tulos.

Biologiset, ilmastolliset ja lainsäädännölliset ehdot asettavat rajat tuotannolle. Maatalousyrittäjän on tunnettava toimintaympäristönsä, koko elintarvikeketjun ja markkinoiden toiminta. On myös ymmärrettävä, miten kuluttajien tarpeiden muutokset vaikuttavat alkutuotannon tuotteiden kysyntään ja hintaan. Optimaalisen tuotantoprosessin löytäminen ja vaihtoehtojen vertailu vaatii laajaa tuotanto-osaamista sekä panos- ja tuotemarkkinoiden toiminnan tuntemista. On myös osattava arvioida tarjonnan ja kysynnän mahdollisia muutoksia tulevaisuudessa ja niiden vaikutuksia tuotantoon.

Ryhäsen ja Sipiläisen (2011, 5, 14.) mukaan maataloustuotannossa panos-panos- ja panos-tuotossuhteet eivät yleensä ole lineaarisia, mikä vaikuttaa tuotantoprosessin suunnitteluun. Laatueroet esimerkiksi peltolohkoissa vaikuttavat panosten käytön suhteisiin ja tuotokseen. Tuotantorakennukset ja niiden kunto vaikuttavat työnmenekkiin, eläinten tuotokseen, rehunkulutukseen ja terveyteen. Peltopinta-ala voi toimia tuotantoa rajoittavana tekijänä joillain tiloilla.

Maidontuotannossa on ollut käytössä maitokiintiöjärjestelmä vuoden 2015 maaliskuun loppuun asti. Suomessa ja muualla EU:ssa se on toiminut tuotannon sääntelijänä. Bäckmanin (2008, 15) mukaan maitokiintiöiden tarkoitus on ollut pitää maidon hinta vakaampana kuin se olisi ilman kiintiöitä. Tämän perusteella maidon hinnan volatilitteetti tulee todennäköisesti lisääntymään tulevaisuudessa.

Jansik (2014, 5) toteaa, että kilpailua on päätetty vapauttaa EU:n toimesta, jolloin tuotanto suuntautuu sinne, missä se on edullisinta ja vastaavasti vähenee epäedullisimmilla alueilla. Hänen mukaansa tämä markkinavetoinen tuotantomalli on haaste suomalaiselle, pohjoisel-

le maidontuotannolle ja siksi tuotannon tehokkuuden parantaminen nähdään tärkeänä asiana. Maitokiintiön kaltainen tuotannon rajoite voi aiheuttaa tehottomuutta tuotantoon.

2.2 Tehokkuuden ja tuottavuuden mittaaminen

Tuottavuuden ja tehokkuuden määrittämisessä voidaan hyödyntää etäisyysfunktioita, toteaa Sipiläinen (2003, 10). Ovaskan, Sipiläisen, Ryhäsen ja Ylätalon (2009, 13–14) mukaan Shephardin etäisyysfunktio ja Farrellin tehokkuus ovat käänteisarvoja toisilleen. Shephardin panosetäisyysfunktio määritetään suurimpana mahdollisena samansuhteisena panosten vähennyksenä niin lähelle nollaa kuin mahdollista panosjoukon rajoissa. Farrellin mukaan, kun esiintyy teknistä tehottomuutta mutta ei allokatiivista tehottomuutta, optimaalinen panoskimppu löydetään vähentämällä samansuhteisesti panoksia, kunnes samatuotuskäyrä saavutetaan.

Sipiläinen (2003, 10–11) kirjoittaa, että panos- ja tuotosetäisyysfunktioilla voidaan kuvata tuotantoteknologiaa ja niihin voidaan sisällyttää useita panoksia ja tuotoksia, kun panos- ja tuotost määrät ovat tunnetut. Panosetäisyysfunktio määritetään mahdollisimman suurena samansuhteisena panosten vähennyksenä niin lähelle nollaa kuin mahdollista panosjoukon rajoissa. Panoskäytön tehokkuutta mitataan vertaamalla havaittua panosvektoria pienimpään mahdolliseen panosvektoriin, jolla tietty tuotos vertailujoukossa voidaan tuottaa.

Sipiläinen (2003, 11–12) jatkaa, että mikäli teknistä tehottomuutta esiintyy, optimaalinen panosmäärä löydetään vähentämällä samansuhteisesti panoksia, kunnes samatuotuskäyrä saavutetaan. Kun esiintyy myös allokatiivista tehottomuutta, panosten samansuhteinen vähentäminen ei tuota minimipanosmäärää. Tällöin panossuhteita täytyy muuttaa kokonaistehokkuuden saavuttamiseksi, mikä mahdollistaa yksikkökustannusten alentamisen tuotannossa.

Kokonaistehokkuus voidaan esittää minimikustannuksen ja havaitun kustannuksen suhteenä tai teknisen panostehokkuuden ja allokatiivisen panostehokkuuden tulona. Kun allokatiivista tehottomuutta ei ole, kokonaistehokkuus on yhtä suuri kuin tekninen tehokkuus eli havaitun ja minimipanoskäytön ero aiheutuu kokonaan teknisestä tehottomuudesta.

Panosten käytön ja hintojen lisäksi myös toimintaympäristö ja eksogeeniset ominaisuudet vaikuttavat yrityksen tehokkuuteen. Ne ilmenevät panosten ja tuotosten määrässä ja laadussa. Alla oleva luettelo on koottu Coellin ym. (1998, 166), Sumelius ja Bäckmanin (2005, 107) tekstiä mukaillen ja siinä esitetään tehokkuuteen yhteydessä olevia tekijöitä.

- Erot tilan omistusolosuhteissa
- Viljelymaan hallussapitoaika ja vuokramaan määrä
- Paikalliset olosuhteet kuten ilmasto, panosten laatu ja saatavuus
- Kilpailutilanne
- Hallinnon säädökset, tukialueet
- Yrittäjän ikä, koulutus ja henkilökohtaiset ominaisuudet
- Yrityskoko ja tuotantorakenne

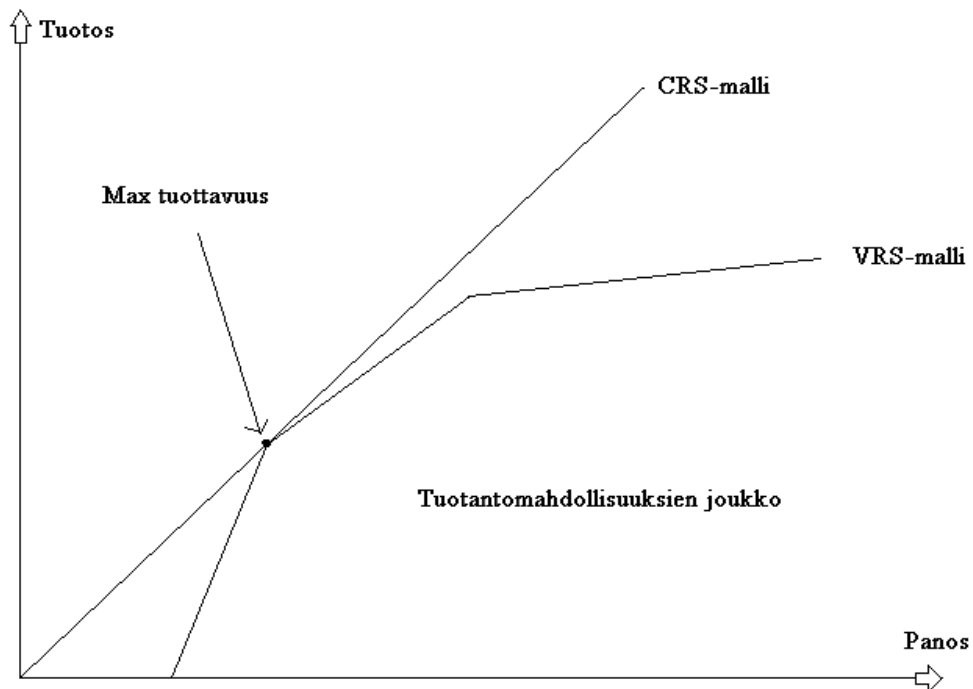
Sumelius ja Bäckman (2005, 105) toteavat, että yleisen hypoteesin mukaan teknisesti tehokkailla maatilayrityksillä on paremmat mahdollisuudet selviytyä pitkällä aikavälillä, erityisesti silloin kun pääosa tuloista tulee myyntituotoista. Tekninen tehottomuus tarkoittaa sitä, että tuhlataan resursseja. Toisaalta tulevaisuudessa yhä suurempi osa tuista irrotetaan tuotannosta, jolloin vain tehokkaimmat aktiviteetit jäävät jäljelle. Tehokkuuden yhteys tuloihin heikkenee, kun tukia irrotetaan tuotannosta.

Sumelius ja Bäckman (2005, 106) jatkavat, että tukien irrottaminen tuotannosta voi johtaa siihen, että maata viljellään tehottomammin. Vaikutus tulee välituotteiden kautta. Samalla lailla voidaan esittää, että tukialueet joilla suurempi osuus tuista on irrotettu tuotannosta, ovat vähemmän tehokkaita kuin ne alueet, joilla tukia on irrotettu vähemmän tuotannosta. Maatalouspolitiikalla voidaan näin vaikuttaa tuotannon tehokkuuteen.

Bäckmanin (2008, 9) mukaan tuottavuus mittaa saavutettua tuotosta tuotantotekijän panosta kohden. Fyysisen tuottavuuden ja rahallisen arvotuottavuuden välillä on ero. Tehokkuus mittaa saavutettua tuottavuustulosta suhteessa saavutettavissa olevaan tietyissä olosuhteissa.

Bäckman (2008, 11) jatkaa (kts kuvio 2), että tuottavuuden ollessa hyvä, myös tehokkuus on hyvä mutta ei välttämättä päinvastoin (VRS-malli). Tämä ei kuitenkaan päde allokatiiviselle tehokkuudelle, mikä on seuraus panosten ja tuotosten hintasuhteesta. Se tarkoittaa sitä että on toimittava oikeassa tuotannon mittakaavassa. Näistä syistä tuottavuudelle ja

tehokkuudelle on eri määritelmät. Kuvion 2 CRS- ja VRS-malleihin palataan myöhemmin tekstissä.



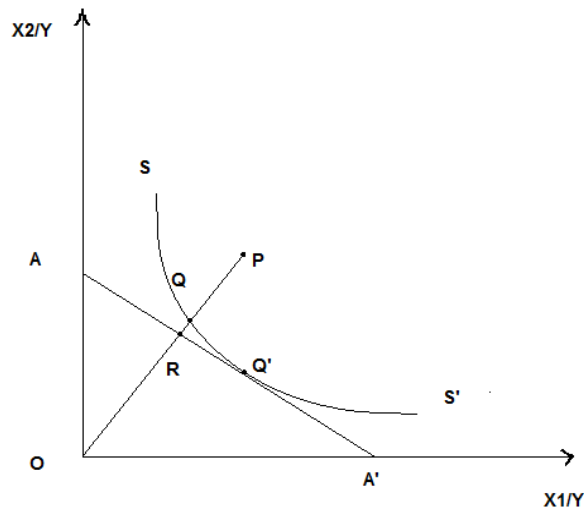
Kuvio 2. Tuottavuus Bäckmanin (2008, 11) muotoilemana Coellin ym. (1998) teoksesta.

2.3 Panosorientaatio ja tuotosorientaatio

Coelli ym. (1998, 134–135) mukaan tuotantofunktio voidaan esittää käyttämällä kahta panosta x_1 ja x_2 , jotka tuottavat tuotoksen y , kuvion 3 mukaisesti. Tällöin teknisesti täysin tehokkaasti toimivien yritysten panosyhdistelmä on tuotantofunktiolla. Tekninen tehottomuus voidaan ilmaista yrityksen etäisyytenä tehokkaasta pinnasta. Se kertoo, kuinka paljon panoskäyttöä voidaan vähentää ilman, että tuotos laskee. Teknistä tehokkuutta ilmaistaan yleensä suhdelukuna, jossa verrataan yrityksen panoskäyttöä täysin tehokkaaseen panoskäyttöön samalla tuotostasolla.

Coelli ym. (1998, 135) toteavat, että silloin kun panosten hintasuhte on tiedossa, voidaan piirtää samakustannussuora (A-A') kuvion 3 mukaisesti. Kun suora sivuaa tuotantofunktiota ja sen etäisyys origosta on minimissään, ilmaisee tuotantofunktion sivuamispiste (Q') allokatiiivisesti tehokkaan pisteen. Allokatiivinen tehokkuus lasketaan jakamalla yrityksen

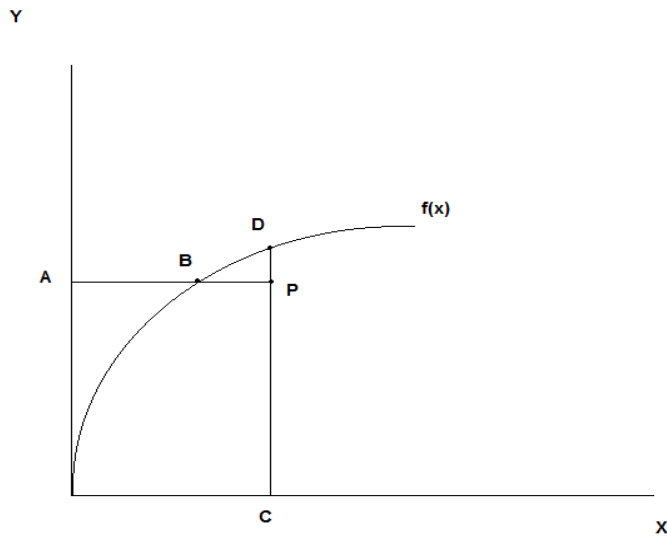
allokatiivisesti tehokkaan pisteen etäisyys origosta yrityksen teknisesti tehokkaan pisteen etäisyydellä origosta. Kun yritys on allokatiivisesti täysin tehokas, suhdeluku on yksi.



Kuvio 3. Panosetäisyysfunktio Coelli ym. (1998, 135) mukaisesti.

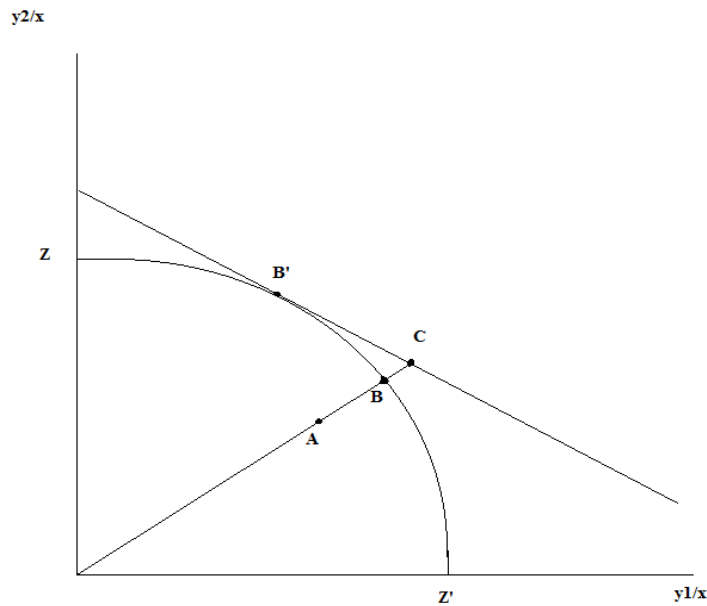
Kokonaistehokkuus saadaan Coellin ym. (1998, 136) mukaan jakamalla etäisyys OR etäisyydellä OP ja se saa lukuarvon välille $0-1$. Näin ollen etäisyys RP ilmaisee kustannusten tehostamisvaraa. Tähän sisältyy oletus, että tuotantofunktio on tunnettu. Mikäli näin ei ole, täytyy se ensin estimoida koeaineistosta.

Panosorientaation ja tuotosorientaation eroa voidaan Coellin ym. (1998, 137) mukaisesti havainnollistaa kuvion 4 avulla. Laskevien skaalatuottojen tilanteessa tehoton yritys toimii pisteessä P . Panosorientaation mukaisesti tehokkuutta mitataan suhdeluvulla AB/AP . Vastaavasti tuotosorientaation mukaisesti tehokkuutta mitataan suhdeluvulla CP/CD . Näin ollen luvut ovat erisuuret. Vain vakioskaalatuottojen (CRS) tilanteessa luvut ovat yhtä suuret.



Kuvio 4. Muuttuvat skaalatuotot Coelli ym. (1998, 137) mukaan.

Coelli ym. (1998, 138) havainnollistavat kuvion 5 avulla tuotantofunktiota, jossa on kaksi tuotosta y_1 ja y_2 sekä yksi panos x . Kun pidetään panoskäyttö vakiona, voidaan kuvata tuotantoteknologiaa kaksiulotteisesti. Yritys A toimii tehottomasti tuotantomahdollisuuksien käyrän ZZ' alapuolella. Etäisyys AB edustaa teknistä tehottomuutta ja kertoo kuinka paljon enemmän tuotoksia voidaan saada samalla panoskäytöllä. Kun tuotoshinnat ovat tiedossa, voidaan piirtää samatuottosuora DD' . Tällöin allokatiiivinen tehokkuus ilmaistaan suhteella OA/OB .



Kuvio 5. Tuotosetäisyys Coelli ym. (1998, 138) mukaisesti.

2.4 DEA-mallit

Coellin ym. (1998, 139) mukaan tekninen tehokkuus mitataan säteenä origosta havaittuun tuotannon tasoon. Tällöin panosten tai tuotosten suhteellinen käyttö pysyy vakiona. Tehokkuus ei tällöin ole riippuvainen käytetyistä mittayksiköistä. Allokatiivista tehokkuutta voidaan tutkia kustannuksia minimoivasta tai tuottoa maksimoivasta näkökulmasta. Tuottoa maksimoivassa näkökulmassa oletuksena ovat nämä molemmat.

Coelli ym. (1998, 139) jatkavat, että DEA-mallin avulla voidaan mitata tuottavuutta ja tehokkuutta hyperbolisella teknisen tehokkuuden mitalla, jossa hyödynnetään tuotos- ja panoslähestymistapoja. Siinä vähennetään panoksia ja lisätään tuotoksia samansuhteisesti. Bäckmanin (2008, 14) mukaan DEA-mallia ei suositella käytettävän pienellä aineistomäärällä.

Coelli ym. (1998, 139) toteavat, että vaihtoehtoisesti on olemassa myös stokastinen frontier-lähestymistapa, jossa tuotostehokkuus jaetaan kolmeen komponenttiin. Näitä ovat panos-allocatiivinen tehokkuus, tuotos-allocatiivinen tehokkuus ja panosorientoitu tekninen tehokkuus. Stokastinen frontier-lähestymistapa eroaa DEA-mallista siten, että tehok-

kuusyhtälöön on lisätty virhetermi, jolloin sattuman vaikutus otetaan huomioon. Stokes, Tozer & Hyde (2006, 2556) huomauttavat kuitenkin, että frontier-lähestymistavan merkittävänä ongelmana on virhetermien jakauma- ja funktiomuoto-oletus.

Coelli ym. (1998, 140) kirjoittavat, että DEA on lineaarinen malli, jolla rakennetaan aineistosta ei-parametrinen, paloittain määritelty pinta. Tehokkuusmittaukset tehdään laskemalla suhteessa tähän pintaan. Skaalatuotot voidaan olettaa vakioiksi (CRS) tai muuttuviksi (VRS).

Coelli ym. (1998, 142) jatkavat, että paloittain määritelty lineaarinen, ei-parametrinen DEA-funktio on ongelmallinen tehokkuuden mittaamisessa. Ongelmia aiheuttavat paloittain määritellyt osiot, jotka ovat samansuuntaisia akseleiden kanssa. Näitä ei yleensä esiinny parametrisissa funktioissa. Ongelmallisia ovat tilanteet, joissa yritys toimii täysin tehokkaalla pinnalla eli funktion rajapinnalla mutta pystyisi kuitenkin tuottamaan saman tuotoksen pienemmällä panoskäytöllä. Tämä tilanne tunnetaan kirjallisuudessa nimellä ”input slack”. Ne aiheutuvat siitä, että Farrellin teknisessä tehokkuudessa oletuksena on panosten samansuhteinen muutos.

Heinrichs, Jones, Gray, Heinrichs, Cornelisse, Goodling (2013, 7356) mukaan DEA-mallin avulla voidaan rakentaa teknisen tehokkuuden rajat, joita käytetään vertauskohtina verrattaessa otoksen yrityksiä toisiinsa. Eli kun tehokkuusrintama on rakennettu, voidaan eri yrityksiä verrata suhteessa siihen. Tulosten avulla voidaan löytää tehokkaimmat yritykset ja ottaa oppia niiden toimintatavoista. DEA-mallin etuna on se, että ei tarvitse olettaa mitään tiettyä funktiomuotoa ja voidaan toimia useiden panosten ja tuotteiden kanssa.

Skaalatehokkuutta voidaan tutkia vakioskaalatuottojen (CRS) tai muuttuvien skaalatuottojen (VRS) tilanteessa. VRS on uudelleenmuotoiltu versio CRS mallista ja se sisältää konveksisuusoletuksen (kts kuvio 2). Aldeseit (2013, 40) mukaan konveksisuusoletus varmistaa sen, että yrityksen tehokkuutta verrataan vain muihin samankokoisiin. CRS olettaa, että skaalatehokkuutta ei esiinny ja kaikki yritykset toimivat optimaalisessa skaalassa. Gonçalves, da Cruz Vieira, da Lima ja Gomes (2008) toteavat, että muuttuvien skaalatuottojen tilanteessa skaalatuotot voivat olla kasvavat, vakiot tai vähenevät. VRS mallin avulla voidaan tutkia puhdasta teknistä tehokkuutta ja skaalatehokkuutta erikseen.

Färe ja Grosskopf (1994, 379–382) mukaan kun yritys saa eri tehokkuusarvot CRS ja VRS malleissa, osoittaa se, että skaalatehottomuutta esiintyy. Goncalves ym. (2008) mukaan skaalatehokkuus voidaan laskea jakamalla yrityksen tekninen tehokkuus CRS-mallissa yrityksen teknisellä tehokkuudella VRS-mallissa. Mikäli yritys saa tehokkuusarvokseen tasan yksi, toimii se vakioskaalatuottojen alueella. Kun arvo on pienempi kuin yksi, voivat skaalatuotot olla kasvavat tai vähenevät.

DEA- mallin ongelmana on se, että se ei sisällä virhetermiä ja siksi mittausvirheet sisältyvät tehottomuuslukemaan (Aldeseit 2013, 37). DEA-mallin rajoituksia ja ominaisuuksia esitetään alla Aldeseit (2013, 39–40), Coelli ym. (1998, 139–140), Heinrichs ym. (2013, 7356), Stokes ym. (2006, 2355–2356), mukailten:

- Mittavirheet voivat vaikuttaa käyrän muotoon ja sijaintiin
- Poikkeavat havainnot voivat vaikuttaa tuloksiin
- Liian suuri muuttujien määrä tehokkuusyhtälössä voi johtaa harhaisiin tuloksiin
- Yrityksen tehokkuuslukuja voidaan verrata vain otannan parhaisiin yrityksiin
- Kahden eri tutkimuksen tehokkuuslukuja ei voi verrata keskenään
- Yrityksen lisääminen otantaan ei voi nostaa tehokkuuslukuja
- Ylimääräisen panoksen tai tuotoksen lisääminen DEA-malliin ei voi alentaa tehokkuuslukuja
- Pieni havaintojen määrä ja useat muuttujat johtavat useaan korkeaan tehokkuuslukuun
- On tiedettävä ovatko panokset ja tuotokset homogeenisiä keskenään
- Toimintaympäristön huomioiminen voi vaikuttaa suhteelliseen tehokkuuteen
- DEA ei huomioi pitkän aikavälin tehokkuutta ja riskiä päätöksenteossa

Tuottavuuden ja tehokkuuden tutkimusmenetelmät voidaan Kumbhakar ja Lovellin (2000) sekä Bogetoft ja Otton (2011) mukaan jakaa kahteen pääryhmään, jotka edelleen voidaan jakaa deterministisiin ja stokastisiin menetelmiin. Parametriset ekonometrian keinoin ratkaistavat ongelmat, joissa pääryhmänä ovat pienimmän neliösumman menetelmä (LS) ja stokastinen rintama-analyysi (SFA). Ei-parametriset matemaattisesti ratkaistavat ongelmat, joissa pääryhmänä ovat kokonaistuottavuusindeksit ja DEA.

Sipiläinen Kortelainen, Ovaska ja Ryhänen (2010, 175) mukaan kaksiosaisella lähestymistavalla voidaan estimoida ympäristöön ja johtamiseen liittyvien muuttujien vaikutusta tehokkuuteen. Tehokkuusluvut lasketaan ensin DEA:n avulla ja sitten tehokkuuslukuja selitetään ympäristöllisillä muuttujilla käyttäen jotain regressiomallia. DEA:n avulla lasketaan tehokkuusluvut sekä vakio (CRS) että muuttuvien (VRS) skaalatuottojen tilanteessa. Katkaistun regressiomallin mukaisesti voidaan poistaa kaikki tehokkuusluvun yksi saavat havainnot ennen lopullisen mallin muodostamista.

Sipiläinen ym. (2010, 176) jatkavat, että kaksiosaisessa lähestymistavassa on tiettyjä tilastollisia puutteita. Pääasiallinen ongelma DEA:n selitysmalleissa on se, että tehokkuusluvut ovat sarjakorrelloituneita ja tehokkuuslukujen jakauma on rajoitettu alle tai yli yhden. Sarjakorrelaatio-ongelmaa voidaan lievittää Simarin ja Wilsonin (2007) boottausmenetelmän avulla. Tätä menetelmää yksinkertaisemmat menetelmät ovat kuitenkin tuottaneet samantaisia tuloksia ympäristöllisille muuttujille. Tobit-regressio tai katkaistu regressio ovat vaihtoehtoja, kun käytetään yksinkertaisempaa kaksiosaista lähestymistapaa.

Voidaan myös lähteä liikkeelle m -kertaluvun ehdottomista tehokkuuksista, jotka on estimoitu osittaisten rajojen avulla. Tällöin tehokkuusluvut eivät ole samalla lailla sarjakorrelloituneita kuin perinteisessä DEA-mallissa. Tehokkuuslukujen jakauma on vapaampi, jolloin voi olla havaintoja, jotka ovat tehokkaampia kuin muodostettu tehokkuusrintama. Pie-nimmän neliösumman menetelmä on täten pätevä, kun tehdään tilastollisia päätelmiä ja estimoidaan ympäristöllisten muuttujien vaikutusta tehokkuuteen. (Sipiläinen ym. 2010, 176.)

Sipiläinen ym. (2010, 177) kirjoittavat, että FDH muodostaa ei-stokastiset estimaatit, jotka mahdollisimman hyvin kuvaavat havaintoja. M -kertaluvun lähestymistapa tehokkuuteen kuvaa tuotantoprosessia käyttäen todennäköisyysmuotoa, joka perustuu siihen ovatko tutkittavat havainnot dominoivia. Luodaan osittainen rintama, joka sallii osan havaintoja olla tehokkuusrintaman yläpuolella.

Ei-parametrisella menettelytavalla voidaan tutkia, onko ympäristöllisillä muuttujilla merkittävää vaikutusta tuotantoprosessiin. Se on vastine pienimmän neliösumman menetelmän t -testille. Tämä boottaustesti näyttää, onko yksittäisillä muuttujilla vaikutusta mallin sopivuuteen eli se näyttää eron ehdollisten ja ehdottomien tehokkuuksien välillä. (Sipiläinen ym. 2010, 178.)

Sipiläinen ym. (2010, 178) toteavat, että stokastinen frontier-analyysi ja DEA antavat samanlaisia tehokkuusarvoja yrityksille. Ehdollinen ja ehdoton m-kertaluvun analyysi sen sijaan antaa erilaisia tehokkuusarvoja kuin edellä mainitut menetelmät. Ehdollisuus tai ehdottomuus ei vaikuta keskiarvoon, sen sijaan minimi- ja maksimiarvot ovat merkittävästi erilaiset. Kaiken kaikkiaan eri menetelmillä lasketut tehokkuusarvot korreloivat vahvasti keskenään.

On tutkittava tarkoin, jätetäänkö joitain poikkeavia havaintoja mutta mahdollisesti hyviä kiintopisteitä tarkastelun ulkopuolelle, kun muodostetaan yrityksille saavutettavissa olevaa tehokkuusrintamaa. Yrityksiä vertailtaessa voidaan hyödyntää myös tuloksia, jotka eivät ole tehokkuusrintamalla. Nämäkin havainnot voivat olla poikkeavia ja siten tuloksiin vaikuttavia. (Sipiläinen ym. 2010, 173–174.) Tarvittaessa voidaan käyttää Simarin ja Wilsonin (2007) kehittämää menetelmää, jolla poikkeavia havaintoja voidaan poimia ja poistaa tuloksista.

2.5 Vaihtuvat skaalatuotot ja skaalatehokkuus

Skaalatuotto kertoo miten tuotos muuttuu suhteessa panosten käytön lisäykseen, kun kaikkia panoksia lisätään samansuhteisesti. Skaalatuotot voivat olla kasvavat, vakiot tai vähenevät. Kasvavilla skaalatuotoilla tuotos kasvaa suhteellisesti enemmän kuin panosten käytön lisäys, panoksia samansuhteisesti lisättäessä. Vähenevillä skaalatuotoilla se kasvaa vähemmän ja vakioskaalatuotoilla tuotoksen kasvu pysyy vakiona.

Coellin ym. (1998, 150) mukaan vakioskaalatuottojen oletus on voimassa vain, kun kaikki yritykset toimivat optimaalisessa mittakaavassa. Epätäydellinen kilpailu, rahoitusongelmat, ym. voivat johtaa siihen, että yritys ei toimi optimaalisessa mittakaavassa. Konveksisuusoletus varmistaa, että tehottomia yrityksiä verrataan vain toisiin samankokoisiin. Näin ollen yrityksen sijainti suhteessa tehokkaaseen pintaan on konvekssi yhdistelmä havaituista yrityksistä. Tätä konveksisuusrajoitetta ei ole vakioskaalatuottojen (CRS) tapauksessa. CRS DEA-mallissa yrityksen vertailukohtana voi olla isompi tai pienempi yritys kuin mitä se itse on.

Erilaisen tuotantoteknologian yrityksiä verrataan toisiinsa, jolloin erot tehokkuudessa voivat johtua teknologiasta eivätkä panosyhdistelmistä. Erot tuotannon- ja liikkeenjohtoky-

vyissä ovat ominaisuuksia, joita ei voi sisällyttää DEA-malliin. Ne näkyvät joissain määrin välillisesti panoksissa ja tuotoksissa. Samoin yrittäjien erilaiset tavoitteet voivat johtaa tehokkuuseroihin. (Stokes, Tozer & Hyde 2006, 2557.)

Vakioskaalatuottojen tilanteessa tekninen tehokkuus voidaan jakaa kahteen komponenttiin, skaalatehokkuus ja puhdas tekninen tehokkuus. Jos yritys saa eri tehokkuusarvot CRS ja VRS tilanteissa, kertoo se, että yrityksellä on skaalatehottomuutta. Skaalatehottomuus voidaan laskea teknisen tehokkuuden erosta CRS ja VRS tilanteissa. Skaalatehokkuus lasketaan jakamalla tekninen tehokkuus CRS tilanteessa puhtaalla teknisellä tehokkuudella VRS tilanteessa. (Coelli ym. 1998, 150–151, 153) Aldeseit (2013, 38) mukaan skaalatehokkuus mittaa yrityskoon optimaalisuutta (MPSS = Most Productive Scale Size).

Aldeseit (2013, 39) toteaa, että yritys on skaalatehokas, kun yrityksen skaalatehokkuus saa arvon yksi. Sen panos-tuotosyhdistelmä on tehokas sekä CRS että VRS tilanteissa ja yrityksellä on kasvavat skaalatuotot. Jos arvo on pienempi kuin yksi, sen panos-tuotosyhdistelmä on skaalatehoton ja yrityksellä on alenevat skaalatuotot.

Kustannustehokkuus eli kokonaispanostehokkuus (O_i) voidaan ilmaista tietty tuotos tuotettaessa saavutettavissa olevan minimikustannuksen ja todellisen kustannuksen suhteeksi. Se on puolestaan teknisen (F_i) ja allokatiivisen (A_i) tehokkuuden tulo. Kun vertaillaan eri yritysten kustannustehokkuuksia DEA-mallin mukaisesti, oletetaan samat panoshinnat kaikille yrityksille.

Sipiläisen (2003, 13–14) mukaan malmquist tuottavuusindeksi kertoo tuottavuuden muutoksen. Se lasketaan kertomalla teknisen tehokkuuden muutos teknisellä muutoksella. Tekninen muutos mittaa muutosta etäisyysfunktioiden geometrisena keskiarvona laskettuna suhteessa havaintoihin periodilta $t(x^t, y^t)$, ja $t+1(x^{t+1}, y^{t+1})$. Malmqvist-indeksi määritetään vakioskaalatuottojen oletuksen vallitessa. Näin tekninen kehitys määritetään muutokseksi maksimituottavuudessa ajan yli.

Lansink, Pietola ja Bäckman (2001, 55) toteavat, että tehokkuuden muutos voidaan edelleen jakaa puhtaan teknisen tehokkuuden muutokseksi ja skaalatehokkuuden muutokseksi. Kokonaistekninen tehokkuus edustaa maksimaalista kaikkien panosten käytön vähennystä tietyillä tuotoksilla ja teknologialla.

2.6 Valinta panos- ja tuotosorientaation välillä

Coelli ym. (1998, 158) kirjoittavat, että tehokkuutta voidaan tutkia panos- tai tuotosorientaation näkökulmasta. Panosorientaation käytön valintaa perustellaan tilanteilla, joissa täytyy tuottaa tietty tuotos mahdollisimman tehokkaasti. Tällöin etsitään edullisinta panosyhdistelmää esimerkiksi maitolitrin tuottamiseksi. Tuotosorientaation käyttö on perusteltua tilanteissa, joissa on jokin kiinteä määrä resursseja ja halutaan tietää, kuinka suuri tuotos niillä voidaan saada aikaan. Voidaan todeta, että valinta panos- ja tuotosorientaation välillä on tehtävä sen perusteella, kumpi on paremmin kontrolloitavissa.

Coelli ym. (1998, 171–172) jatkavat, että panos- ja tuotosorientoiduissa DEA-malleissa on usein oletettu, että panosten ja tuotosten määrää voidaan muuttaa. Näin ei aina ole, kun tutkitaan lyhyttä aikaväliä. Voidaan kuitenkin muodostaa malli, jossa panokset jaetaan valinnaisiin ja ei-valinnaisiin. Stokes, Tozer & Hyde (2006, 2557) mukaan pinta-ala, rakennukset, rehut, lehmälukumäärä ja lypsyjärjestelmä ovat valittavissa kun taas sää tai panosten ja tuotosten hinnat eivät ole kontrolloitavissa. Panoksia voidaan myös jakaa kiinteisiin ja muuttuviin panoksiin.

Coelli ym. (1998, 173) toteavat, että tavallisessa DEA-mallissa oletetaan panosten ja tuotosten vahva tuhlattavuus. Sen mukaisesti yritys voi aina hävittää kustannuksitta panoksia ja tuotoksia. Mikäli näin ei ole ja hävittämisestä aiheutuu kustannuksia, on kyseessä heikko tuhlattavuus.

Bäckmanin (2008, 10) mukaan maatalousyrittäjällä erilaisten tuotantomahdollisuuksien joukko on suurempi kuin mahdollisten lopputuotteiden määrä. Näin ollen tuotantomenetelmien välillä on valinnanvaraa. Kun panosten käyttöä lisätään ja tuotos vähenee, on kyseessä panosten heikko tuhlattavuus (weak disposability). Esimerkkinä todettakoon, että liika väkirehun syöttö lehmälle johtaa jossain vaiheessa tuotoksen alenemiseen. Samoin peltojen liika lannoittaminen johtaa jossain vaiheessa satotasojen alenemiseen mm. lakoon-tumisen myötä.

Toisaalta panoskäytön tai tuotoksen pienentäminen voi olla ongelmallista. Nämä ovat maataloudessa melko yleistä. Esimerkkinä todettakoon, että huono sää, eläin- tai kasvitaudit voivat johtaa lisätyöhön, mikä ei lisää tuotosta. Tämän tutkimuksen empiirisessä osiossa oletetaan panosten vahva tuhlattavuus.

Bäckman (2008, 12) jatkaa, että maksimituottavuus ei ole sama kuin panosorientoitu tehokkuus. Maksimituottavuudessa on korkein suhde tuotosta panosta kohden kun taas tuotoksen suhde panosta kohden tietyssä tehokkuuspisteessä voi olla sama tai alempi. Kun tutkitaan panostehokkuuksia, panosten käytön alentaminen ei ole mahdollista kaikissa havainnoissa. Navetan koko, rakennuskanta, peltoala tai pohjavesialue voi toimia teknologisenä rajoitteena. Voi olla, että joitain muuttujia ei ole huomioitu ja siksi tulokset ovat vain hypoteettisia. Tuloksia voidaan kuitenkin käyttää management-työkaluina, kun haetaan parempaa tehokkuutta.

Bäckman (2008, 13) lisää vielä, että teknologia kehittyy ja muuttuu ajan myötä. Tämä aiheuttaa muutoksen tehokkuusrintamassa ja tuottavuudessa. Ajan myötä tuottavuus voi kasvaa tai heikentyä. Vaikka tuottavuus alenisi, voi hintasuhteista johtuen allokatiivinen tehokkuus kasvaa. Uusi teknologia voi olla kalliimpi kuin vanha mutta sen avulla voidaan säästää esimerkiksi energiankulutuksessa tai työmäärässä. Käytettäessä useita eri panoksia voi yhden panoksen käytön lisäys aiheuttaa panoskäytön pientymisen jossain toisessa panoksessa, jolloin puhutaan panosten korvautuvuudesta.

2.7 Aikaisempia tutkimustuloksia

Kotieläintilojen teknisen tehokkuuden ja eläintiheyden välillä on havaittu tilastollinen yhteys, aloittaa Bäckman (2008, 13, 15, 19). Tekninen tehokkuus kasvaa, kun eläintiheys nousee. Tämä toteutuu, kun väkirehun hinta on alhainen. Näin ollen väkirehujen hinnalla on yhteys tehokkuuslukuun ja se tulee ilmi välituotteiden kautta.

Bäckmanin tutkimusten mukaan luomutiloilla on alhaisempi tuottavuus mutta korkeampi tehokkuus kuin tavanomaisilla tiloilla. Kuitenkin kokonaistehokkuudeltaan ne ovat lähellä toisiaan. Yrityksen viljelypinta-alalla ei ole selkeää yhteyttä tehokkuuden kanssa. Tilojen saaminen tukien merkitystä voidaan havainnollistaa tekemällä laskelmat tukien kanssa ja ilman.

Sumeliuksen ja Bäckmanin (2005, 116) mukaan C-tukialueen maatilojen (kaikki tuotantosuunnat) on havaittu toimivan tehokkaammin kuin A-tukialueen maatilat. Syyksi on esitetty tuotantoon sidottujen tukien merkitystä. Tukipolitiikalla nähdään täten olevan merkitystä tilojen tehokkuuteen.

Sipiläinen ym. (2010, 179) ovat käsitelleet maitotiloilta kerättyä tutkimusaineistoa seuraavasti. Kaikki selittävät muuttujat testataan. Kaikki selkeästi ei-merkitsevät muuttujat poistetaan, jolloin jäljelle jää vain merkitseviä muuttujia. Heidän tulostensa mukaan tekninen tehottomuus lisääntyy etelästä pohjoiseen päin mentäessä. Tehokkuus nousee, kun maidon rasvapitoisuus nousee tai keskituotos lehmää kohden nousee.

Lansink ym. (2001, 59) on käyttänyt DEA-analyysiin perustuvassa, suomalaisia luomu- ja tavanomaisia maatiloja koskevassa tutkimuksessaan panoksina viljelyalaa, pääomakustannusta, energiakustannusta, työmäärää ja muita kustannuksia. Tuottona ovat myyntituotot. Tulosten perusteella sekä kasvi- että eläintiloilla luomutuotanto johtaa korkeampiin tehokkuuslukuihin mutta alhaisempaan tuottavuuteen kuin tavanomainen tuotanto. Luomutuotannon rajoitetumpi toimintaympäristö vaikuttaa edellä mainittuun.

Lansink ym. (2001, 60–61) tutkimuksessa luomueläintiloilla vakioskaalatuottojen tilanteessa tekniseksi tehokkuusarvoksi tulee 0,88 ja muuttuvien skaalatuottojen tilanteessa 0,93. Tavanomaisilla eläintiloilla vakioskaalatuottojen tilanteessa tehokkuusarvoksi tulee 0,64 ja muuttuvien skaalatuottojen tilanteessa 0,69. Luomueläintilojen skaalatehokkuus saa arvon 0,94 ja tavanomaisten tilojen arvon 0,93. Vaikka luomutilat toimivat tehokkaammin suhteessa omaan tuotantorintamaan, ne käyttävät heikommin tuottavaa teknologiaa kuin tavanomaiset tilat. Tavanomaisten tilojen tuottavuus saa arvokseen noin 1, kun taas luomutilojen tuottavuus saa arvot 0,76 ja 0,77 CRS ja VRS tilanteissa. Kokonaistehokkuus on luomueläintiloilla merkitsevästi parempi, mikä indikoi sitä että korkeampi tehokkuus yli-kompensoi alhaisemman tuottavuuden.

Sipiläinen (2003) on tutkinut maatilojen tehokkuuksia DEA-analyysillä vuosilta 1989 - 2000. Aineistoon sisältyy 72 maitotilaa ja 52 viljatilaa. Maitotilojen taloudellinen tehokkuus oli keskimäärin 0,671 kun tuotoksina käytettiin maitomäärää ja lihakarjan eläinyksiköiden määrää. Tehokkuuden vuosittainen vaihtelu sijoittuu välille 0,610 ja 0,715. Tekninen tehokkuus oli keskimäärin 0,779 ja vuosittainen vaihtelu sijoittuu välille 0,731 ja 0,814. Skaalatehokkuus ei juuri muuttunut tutkimusjakson aikana. Puhdas tekninen muutos oli -0,24 %. Kustannustehokkuus ja tuottavuus korreloivat merkitsevästi koko tutkimusjakson ajan.

Stokes ym. (2007, 2555) tutkivat maitotilojen tehokkuuksia DEA-analyysillä Pennsylvaniassa USA:ssa. Tulosten mukaan ei havaittu mitään tiettyä tehokasta panosyhdistelmää. Noin 29 % tuottajista osoittautui toimivan tehokkaasti. Tutkimuksen mukaan tilojen ei kannata tavoitella korkeinta mahdollista tuotannon tasoa vaan yhdistää resursseja kuten työvoimaa, viljelyalaa, karjaa ja velkapääomaa.

Stokes ym. (2007, 2558, 2562) tutkivat 349 maitotilaa ja käyttivät tuotoksina maitomäärää ja maidon rasvamäärää, panoksina käytettiin peltoalaa, työmäärää ja lehmälukumäärää. Toisessa DEA-mallissa panoksena käytettiin lisäksi velkapääomaa ja tuotoksena nettotuotoa. Monilla tiloilla tehottomuuden taustalla oli liiallinen investointi viljelymaahan ja työvoimaan sekä alhainen maitotuotos. Tutkimuksen mukaan liiallinen velkapääoman määrä näyttää johtavan heikkoihin tehokkuuslukemiin.

Aldeseit (2013, 37, 41–42) on tutkinut 120 jordanialaisen maitotilan teknisiä ja skaalatehokkuuksia panosorientaation näkökulmasta. Tuotoksena käytetään maitomäärää ja panoksina kiinteitä kustannuksia, lehmälukumäärää, energiakustannusta, työkustannusta, rehukustannusta ja eläinlääkintäkustannusta. Tulosten mukaan tilat eivät toimineet optimaalisessa kokoluokassa vaan saivat skaalatehokkuusarvokseen keskimäärin 0,66. Alhainen skaalatehokkuus oli yhteydessä alhaiseen tekniseen tehokkuuteen, jolloin skaalatehokkuuden parantaminen oletettavasti nostaisi myös teknistä tehokkuutta.

Heinrichs ym. (2013, 7358–7360) tutkivat 44 Pennsylvanian osavaltion maitotilojen hiehonkasvatuksen tehokkuuksia. Kustannustiedot hiehojen syntymästä niiden ensimmäiseen poikimiseen kerättiin suoraan tiloilta. Panoksina käytettiin työ- ja rehukustannusta, tuotoksina keskimääräistä poikimaikää ja ensimmäisen laktaatiokauden tuotosta suhteessa karjan tuotokseen.

Hiehonkasvatuksen kokonaiskustannukset korreloivat selkeästi 6 kuukauden iän ja siemennysiän välisen ajanjakson pituudella. Työkustannus osoittautui tehokkuuteen vaikuttavaksi tekijäksi, tehokkaat tilat käyttivät vähemmän työtunteja hiehon kasvattamiseen. Rehukustannuksella ei havaittu vaikutusta tehokkuuteen. Sekä suurella että pienellä kasvatuskustannusten määrällä pääsi korkeisiin tehokkuuslukemiin. Korkea ensimmäisen laktaatiokauden tuotos suhteessa karjan tuotokseen ja alhainen keskimääräinen poikimaikä olivat

yhteydessä korkeaan tehokkuuteen, mikä selittää korkeiden kasvatuskustannusten yhteyden korkeaan tehokkuuslukemaan.

Goncalves ym. (2008) tutkivat 771 maitotilan teknisiä ja skaalatehokkuuksia Brasiliassa, Minas Geraisin osavaltiossa. Brasiliassa on paljon lehmiä, paljon pieniä tiloja ja alhainen tuottavuus. Tuotoksina käytettiin eläinten myyntituloja sekä maidon ja maitotuotteiden myyntituloja. Panoksina käytettiin työ- ja rehukustannusta, polttoaine- ja energia- ja eläinlääkintäkustannusta, tuotantorakennusten ja -välineiden poisto ja kunnossapitokustannusta. Tehokkuutta selittäviä tekijöitä etsittiin Tobit-mallilla, koska sitä pidetään sopivampana osittain jatkuvien, osittain diskreettien muuttujien analysoinnissa kuin OLS-mallia.

Selittävinä tekijöinä Goncalves ym. (2008) tutkivat lehmien keskituotosta, työn tuottavuutta, pääoman tuottavuutta, rahoituksen käyttöä, viljelijän ikää ja koulutusta. Pienten tilojen erottamiseksi tilat jaoteltiin kolmeen eri ryhmään tilan päivittäisen kokonaistuotoksen mukaan, suurin yli 200 litraa päivässä. Tehokkaiksi tiloiksi luokiteltiin ne, jotka saivat 0,9 suuremman tehokkuuslukeman. Tällä haluttiin vähentää mittausvirheiden ja satunnaisuuden vaikutusta tuloksiin.

Työn tuottavuus korreloi positiivisesti teknisen tehokkuuden kanssa Goncalves ym. (2008) tutkimuksissa. Pääoman tuottavuus korreloi positiivisesti teknisen tehokkuuden kanssa, yhteys oli selkein suurimmilla tiloilla. Viljelijän iällä oli vaikutusta tekniseen tehokkuuteen vain todella pienillä tiloilla. Lehmien keskituotoksella havaittiin olevan negatiivinen vaikutus tehokkuuteen suurimmilla tiloilla, mitä voidaan selittää sillä, että useat suuret tilat toimivat alenevien skaalatuottojen alueella. Suurimmilla tiloilla velkapääoman käytöllä ja koulutusohjelmiin osallistumisella havaittiin olevan positiivinen vaikutus tekniseen tehokkuuteen. Kokonaisuutena suurimmilla tiloilla havaittiin keskimäärin korkeampia teknisiä tehokkuuksia kuin pienillä tiloilla.

Hansson ja Öhlmér (2008, 34–43) tutkivat lyhyen aikavälin operatiivisten toimintojen vaikutusta lyhyen ja pitkän aikavälin tehokkuuksiin ruotsalaisilla maitotiloilla. Eläinten terveyteen liittyvillä muuttujilla kuten poikimävälillä tai ensimmäisen poikimisen ajankohdalla ei havaittu tilastollisesti merkitsevää vaikutusta pitkän tai lyhyen aikavälin tehokkuuteen. Eläinten rehustuksessa heinän lisääminen toiseksi karkearehuksi säilörehun rinnalle

havaittiin olevan negatiivinen vaikutus pitkän aikavälin tehokkuuteen. Kokonaisuutena erot operatiivisissa toiminnoissa tilojen välillä olivat pienet.

Johansson (2005, 8-9) on tutkinut ruotsalaisten maitotilojen tehokkuuksia DEA- ja SFA-menetelmillä. Hänen tutkimuksensa käsittelee 543 maitotilan tietoja vuosilta 1998 - 2002. Aineisto on tasapainottamaton, jolloin kaikilta tiloilta ei ole tietoja joka vuodelle. Tuotoksena käytettiin myyntituloja ja panoksina ostorehua, työvoimaa, pääomakustannusta, energiaa, siementä ja lannoitetta.

Johansson (2005, 15) jatkaa, että tulosten perusteella DEA-analyysi havaittiin toimivammaksi menetelmäksi, sillä se ei ole riippuvainen funktiomuodosta. Keskimääräiset tekniset, allokatiiviset ja taloudelliset tehokkuudet panosorientoidussa VRS-mallissa olivat 0.77, 0.57 ja 0.43. Tuotosten aggregointi johti alhaisempiin teknisen tehokkuuden lukemiin kuin useamman tuotoksen mallissa. Raportoidut keskihajonnat tekniselle, allokatiiviselle ja taloudelliselle tehokkuudelle olivat 0.17, 0.13 ja 0.11.

Pääasiallinen syy taloudelliseen tehottomuuteen oli allokatiivinen tehottomuus, jonkin verran myös tekninen tehottomuus. Isot tilat todettiin allokatiivisesti ja taloudellisesti tehokkaammiksi kuin pienemmät tilat. Syiksi esitettiin toisaalta isojen tilojen korkeaa velkapääomaa ja vieraan työvoiman käyttöä, mikä pakottaa kehittämään tilan johtamista ja toisaalta pienempien tilojen perheen tulojen suurempaa suhteellista osuutta maatalouden tuloista.

Useissa tutkimuksissa DEA-analyysia pidetään hyvänä menetelmänä tilojen tehokkuuksien mittaamisessa, sillä sen avulla voidaan löytää tehokkaat tilat, joita tehottomammat tilat voivat benchmarkata. Näin ollen DEA-analyysi on sopiva menetelmä Luken kannattavuuskirjanpitoaineiston maitotilojen tehokkuuksien tutkimiseen.

3 TUTKIMUSMENETELMÄT JA AINEISTO

3.1 Tutkimusmenetelmät

Coellin (1996, 23–24) mukaan valinta panos- ja tuotosorientaation välillä on tehtävä sillä perusteella, kumpaa on helpompi kontrolloida. Tehottomat yksiköt voivat saada eri tehokkuusarvoja menetelmien välillä. Tässä tutkimuksessa panosorientaatio nähdään parempana valintana, sillä maatalousyrittäjän on helpompi kontrolloida panoskäyttöä. Alla esitetään matemaattinen perus-DEA-malli Cooper, Seiford ja Zhu (2004) mukaan. CRS ja VRS eroavat toisistaan siten että VRS-mallissa lisäksi lambdaojen (λ) summa (Σ) oletetaan tasan yhdeksi. Kyseessä on minimointimalli, koska tutkitaan panosorientaatiota.

$$\begin{aligned}
 [d_o^t(x_t, y_t)]^{-1} &= \min_{\phi, \lambda} \phi, & (0) \\
 \text{s. e.} \quad & -\phi y_{it} + Y_t \lambda \geq 0, \\
 & x_{it} - X_t \lambda \geq 0, \\
 & \lambda \geq 0, \\
 (\text{vain VRS} \quad & \Sigma \lambda = 1)
 \end{aligned}$$

Coelli (1996, 3, 27) lisää, että malmquist DEA -menetelmän avulla voidaan selvittää paneeliaineistosta tuottavuuden muutos (TFP), teknologinen muutos, teknisen tehokkuuden muutos ja skaalatehokkuuden muutos. Tuottavuuden muutos voidaan jakaa tekniseksi muutokseksi ja teknisen tehokkuuden muutokseksi. Malmquist-indeksi ilmaisee tuottavuutta tuotantopisteessä (x_{t+1}, y_{t+1}) suhteessa tuotantopisteeseen (x_t, y_t) seuraavan kaavan mukaisesti tuotosorientaatiossa.

$$m_o(y_{t+1}, x_{t+1}, y_t, x_t) = \left[\frac{d_o^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_o^t(x_t, y_t)} \times \frac{d_o^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_o^{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{1/2}$$

Malmquist-tuottavuusindeksin saadessa suuremman arvon kuin yksi, indikoi se kokonaisuutena kasvua. Malmquist-indeksi vertaa ajankohdan t ja $t+1$ teknologioita toisiinsa. Tuottavuuden regressio on myös mahdollista, tällöin tuottavuusindeksin arvo pienenee. (Coelli 1996, 27–28.)

Edellä mainitun Malmquist-indeksin yhtälön ratkaisemiseksi on ensin ratkaistava neljä etäisyysfunktiokomponenttia jokaiselle tutkimusyksikölle erikseen Coellin (1996, 27–28) mukaisesti: ((1) on sama kuin edellä oleva (0))

$$\begin{aligned}
 [d_o^t(x_t, y_t)]^{-1} &= \min_{\phi, \lambda} \phi, & (1) \\
 \text{s. e.} & \quad -\phi y_{it} + Y_t \lambda \geq 0, \\
 & \quad x_{it} - X_t \lambda \geq 0, \\
 & \quad \lambda \geq 0,
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [d_o^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})]^{-1} &= \min_{\phi, \lambda} \phi, & (2) \\
 \text{s. e.} & \quad -\phi y_{it+1} + Y_{t+1} \lambda \geq 0, \\
 & \quad x_{it+1} - X_{t+1} \lambda \geq 0, \\
 & \quad \lambda \geq 0,
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [d_o^t(x_{t+1}, y_{t+1})]^{-1} &= \min_{\phi, \lambda} \phi, & (3) \\
 \text{s. e.} & \quad -\phi y_{it+1} + Y_t \lambda \geq 0, \\
 & \quad x_{it+1} - X_t \lambda \geq 0, \\
 & \quad \lambda \geq 0,
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [d_o^{t+1}(x_t, y_t)]^{-1} &= \min_{\phi, \lambda} \phi, & (4) \\
 \text{s. e.} & \quad -\phi y_{it} + Y_{t+1} \lambda \geq 0, \\
 & \quad x_{it} - X_{t+1} \lambda \geq 0, \\
 & \quad \lambda \geq 0,
 \end{aligned}$$

Tutkittaessa skaalatehokkuutta teknisen tehokkuuden muutos CRS-mallissa voidaan jakaa VRS-mallissa skaalatehokkuuteen ja puhtaaseen tekniseen tehokkuuteen. Tämä edellyttää kahden lisä LP-mallin laskemista, sillä tällöin huomioidaan myös konveksisuus. (Coelli 1996, 29.) Malmquist DEA -menetelmä nähdään sopivana tutkimuksen kohteena olevan Luke-kannattavuuskirjanpidon paneeliaineiston tutkimuksessa.

Tässä tutkimuksessa CRS DEA -mallilla saadut TE-luvut jaetaan kahteen komponenttiin, skaalatehottomuus ja puhdas tekninen tehottomuus. Tämä toteutetaan selvittämällä samasta aineistosta sekä CRS- että VRS-tehokkuuslukemat. Mikäli havaintoyksikön tehokkuuslukemat eroavat toisistaan CRS- ja VRS-malleissa, indikoi se skaalatehottomuutta havaintoyksikölle. Tämä skaalatehottomuus voidaan laskea CRS TE ja VRS TE -lukemien suhteesta, CRS/VRS. (Coelli 1996, 19.)

Maitotilojen tehokkuuksia laskettaessa sisältyy tehokkuuslaskelmiin panosmuuttujia ja tuotosmuuttujia. Aldeseitin (2013, 40) mukaan panosmuuttujia voivat olla esimerkiksi pääoma (koneet ja laitteet, rakennukset), lehmäluku, energia (sähkö, öljy), työ (oma, palkattu), rehut, eläinlääkintäpalvelut ja lääkkeet. Tuotosmuuttujana on usein tuotettu maitomäärä. Lehmälukumäärällä mitataan yrityksen kokoa ja saadaan tietoa skaalavaikutuksista.

CRS ja VRS DEA-mallien avulla lasketaan yrityksille tekniset tehokkuudet, joista skaalatehokkuudet olivat johdettavissa. Skaalatehokkuus ilmenee CRS ja VRS -tehokkuuslukujen suhteesta ja lasketaan jakamalla CRS-tehokkuusluku VRS-tehokkuusluvulla. Vuosittaisten tehokkuuslukujen lisäksi tutkitaan myös muutosta ajassa. Malmquist DEA:n avulla lasketaan kokonaistuottavuuden muutos, joka edelleen voidaan jakaa teknologiseen muutokseen, puhtaaseen teknisen tehokkuuden muutokseen ja skaalatehokkuuden muutokseen.

Tutkimuksen tekemisessä hyödynnettiin DEAP-tietokoneohjelmaa, versio 2.1. Ohjelma on kehitetty DEA-analyysin muodostamiseen olemassa olevasta aineistosta. Se on saatavilla australialaisen Queenslandin yliopiston internetsivuilta osoitteesta <http://www.uq.edu.au/economics/cepa/deap.php>.

3.2 Kirjanpitoaineisto

Tutkimuksen empiirisenä aineistona on Luke taloustutkimuksen kannattavuuskirjanpitoaineisto suomalaisista maitotiloista vuosilta 2007 - 2012. Aineisto on jaoteltu kalenterivuositain, mikä on maataloudessa yleisesti käytetty jaksotusmenetelmä. Kalenterivuosi on sopiva mittausjakso silloin, kun tuotanto pysyy samankaltaisena.

Kirjanpitoaineisto käsittää 2 102 vuosihavaintoa yhteensä 443 eri maitotilalta. Aineistoon sisältyy sekä tavanomaisia että luomutiloja. Kaikilta tiloilta ei ole havaintoja joka vuodelle eli aineisto on epätäydellinen paneeliaineisto. Aineiston tiloista 193:lle on kirjattu 1-5 eri vuoden havainnot. Kaikki kuuden vuoden havainnot 2007 - 2012 on kirjattu 250 tilalle.

Tilatietojen perusteella on saatavilla monia eri yksityiskohtaisia tietoja kuten aluetiedot, tuotantotapa, viljelyala ja vuokrapellon määrä. Tuotettu maitomäärä, eri eläinten lukumäärät tilalla sekä eri kasvien osuudet viljelyalasta sekä satotiedot ovat käytettävissä. Tutki-

muksen kannalta tärkeitä muuttujia ovat mm. tehdyt työtunnit sekä myyntituottojen määrä. Kiinteät ja muuttuvat kustannukset on ilmoitettu kirjanpitoaineistossa yksityiskohtaisesti jaoteltuna. Tutkimusaineistossa on paljon tietoa ja eri muuttujia. Siksi aineistoa on osin aggregoitava ja valittava tutkimuksen kannalta oleelliset muuttujat. Maitotilojen ollessa kyseessä, on maitotuotto tärkeimpiä muuttujia. Maidon kohdalla maidon myyntituotot nähdään parempana muuttujana kuin tuotettu maitomäärä, koska se sisältää maidon laatuun kuten rasvaan ja valkuaiseen perustuvat hintalisät.

3.2.1 Tarkastelu nimellisin hinnoin

Taulukossa 1. esitetään koko 443 tilan aineiston keskiarvotiedot kuudelta vuodelta. Euro-määräiset luvut ovat nimellisiä hintoja. Kaikki kasvien, eläinten, eläintuotteiden ja muut myyntituotot on aggregoitu yhdeksi muuttujaksi. Kiinteät kustannukset sisältävät kaikki koneiden, rakennusten ja salaojien poistot ja muut poistot sekä pääoman korkovaatimuksen. Muuttuvat kustannukset sisältävät kotieläimiin, rakennuksiin, koneisiin ja tarvikkeisiin kohdistuvat muuttuvat kustannukset. Myel-maksu on kuitenkin jätetty pois, sillä sen suuruus perustuu pääasiallisesti yrittäjän arvomaailmaan. Työ on ilmoitettu tehtyinä työtunteina tilalla vuodessa ja siihen sisältyy sekä oman että vieraan työvoiman tekemät työtunnit.

Taulukko 1. Maitotila-aineiston keskiarvotiedot (nimellinen).

Keskiarvo							
Vuosi	Myyntituotto (€)	Tuet (€)	Lehmä (kpl)	Viljelyala (ha)	Kiint. kust. (€)	Muut. kust. (€)	Työ (h)
2007	128162	70517	34	60	64162	95689	5494
2008	156515	78204	36	65	74147	115696	5395
2009	152648	84026	39	68	74166	122445	5513
2010	160088	91513	41	70	82198	124918	5425
2011	180997	91816	43	74	83238	144476	5295
2012	202451	103182	45	79	88281	165406	5437

Taulukosta 1 voidaan havaita, että myyntituottojen määrä kasvaa 58 % tutkimusajanjakson aikana. Tukien määrä tilaa kohden kasvaa 46 %, lehmien määrä 35 % ja viljelyalan määrä 30 % tutkimusajanjaksolla. Kiinteät kustannukset kasvavat 38 % ja muuttuvat kustannuk-

set 73 % tutkimusajanjakson aikana. Sen sijaan tehtyjen työtuntien määrä tilaa kohden ei kasva lainkaan vaan pysyy melko lailla samana. Kokonaisuutena voidaan todeta, että tilakoko kasvaa tutkimusajanjakson aikana.

Taulukossa 2. esitetään samojen 443 tilan keskihajontatiedot samoista muuttujista kuudelta vuodelta. Lähes kaikkien muuttujien osalta hajonnat kasvavat tutkimusajanjaksolla merkittävästi. Työn osalta hajonta pysyy melko lailla samana. Keskihajonnan kasvu kertoo siitä, että osa tiloista kasvaa merkittävästi tutkimusajanjakson aikana, jolloin hajonta lisääntyy. Toisaalta se kertoo myös siitä, että osa tiloista jää pois aineistosta ja tilalle tulee uusia.

Taulukko 2. Maitotila-aineiston keskihajontatiedot (nimellinen).

Keskihajonta							
Vuosi	Myyntituotto (€)	Tuet (€)	Lehmä (kpl)	Viljelyala (ha)	Kiint. kust. (€)	Muut. kust. (€)	Työ (h)
2007	88665	43503	23	36	53676	69350	2170
2008	110583	49389	25	39	61766	82991	2176
2009	106631	52220	26	41	59114	87119	2274
2010	114400	59315	29	43	67949	91378	2224
2011	127273	60974	31	49	68679	105720	2162
2012	144956	68505	33	50	70485	120944	2316

Tuotantoa laajennettaessa voi aiheutua mittausvirheitä, sillä panokset ja tuotokset eivät välttämättä kohdistu oikeille vuosille. Esimerkiksi maidontuotantoa laajennettaessa tuotantopanoksiin sitoutuu lisää pääomaa mutta tuotanto lisääntyy vasta myöhemmin. Vastaavasti teuraseläimiä kasvatettaessa teurastulo saadaan vasta sitten kun eläin on teurastettu mutta panoksia käytetään noin parin vuoden ajan ennen sitä. Kuitenkin pidemmällä aikavälillä vuosittaiset vaihtelut tasoittuvat, jolloin tuloksia voidaan pitää luotettavampina kuin yksittäistä vuotta tutkittaessa. Myös eläinomaisuuden lisäys tulee huomioida tuotoissa.

Tutkimuksessa käytettävä tietokoneohjelma DEAP 2.1 edellyttää täydellisen paneeliaineiston käyttämistä. Kaikille vuosille on oltava havainnot kaikilta tiloilta. Tutkimusaineistosta voidaan muodostaa täydellinen paneeliaineisto karsimalla pois tilat, joilta on vähemmän kuin kuusi vuosihavaintoa. Näin ollen 443 tutkimustilasta karsitaan pois 193 tilaa, jolloin jäljelle jää 250 tilan täydellinen paneeliaineisto.

Täydellisen paneeliaineiston 250 tilan keskiarvotiedot nimellisin hinnoin on esitetty taulukossa 3. Vastaavasti taulukossa 4 esitetään täydellisen paneeliaineiston keskihajontatiedot nimellisin hinnoin. Kun verrataan taulukoita 1 ja 3 toisiinsa, havaitaan lukujen olevan hyvin samankaltaisia erityisesti tutkimusajanjakson loppupuolella. Tutkimusajanjakson alussa koko maitotila-aineiston keskiarvotiedot ovat hieman alhaisempia kuin täydellisessä paneeliaineistossa. Vertaamalla taulukkoa 2 taulukkoon 4 havaitaan, että keskihajonnat koko maitotila-aineistossa ja täydellisessä paneeliaineistossa ovat hyvin samankaltaiset koko tutkimusajanjakson ajan. Todetaan että aineiston karsiminen täydelliseksi paneeliaineistoksi ei aiheuta vääristymää käsiteltävien tilojen edustavuuteen.

Taulukko 3. Täydellisen paneeliaineiston keskiarvotiedot (nimellinen).

Keskiarvo							
Vuosi	Myyntituotto (€)	Tuet (€)	Lehmä (kpl)	Viljelyala (ha)	Kiint. kust. (€)	Muut. kust. (€)	Työ (h)
2007	140434	76503	37	65	71668	104444	5696
2008	167073	82822	39	67	79294	122416	5533
2009	159321	87002	41	69	77530	126089	5589
2010	164590	93661	42	71	85144	127551	5516
2011	183469	91123	44	73	84261	144344	5354
2012	200581	100167	45	76	87999	161689	5480

Taulukosta 3 havaitaan että myyntituottojen määrä kasvaa paneeliaineistossa 43 % tutkimusajanjakson aikana. Tutkimusaikavälin sisällä, vuodesta 2008 vuoteen 2010 myyntituotot eivät kasva ja vuonna 2009 niiden voidaan nähdä hieman alenevan edellisestä vuodesta. Tukien määrä kasvaa 31 %, lehmien määrä 22 % ja viljelyala 18 % vuosina 2007 - 2012. Kasvu on näissä muuttujissa tasaista koko tutkimusajanjakson ajan.

Kiinteät kustannukset kasvavat 23 % ja muuttuvat kustannukset 55 %. Tehtyjen työtuntien määrä vuonna 2012 on 4 % pienempi kuin vuonna 2007, jolloin tehtyjen työtuntien määrän voidaan nähdä hieman laskevan. Tutkimusajanjaksolla tilakoko kasvaa lähes kaikilla muuttujilla mitattuna, työtuntien määrän lievän laskun nähdään ennustavan tuotannon tehostumista ja tuottavuuden kasvua.

Taulukko 4. Täydellisen paneeliaineiston keskihajontatiedot (nimellinen).

Keskihajonta							
Vuosi	Myyntituotto (€)	Tuet (€)	Lehmä (kpl)	Viljelyala (ha)	Kiint. kust. (€)	Muut. kust. (€)	Työ (h)
2007	90797	43955	23	36	57591	72248	2194
2008	112302	49077	25	37	62407	82839	2205
2009	106878	52584	27	40	59340	85204	2356
2010	113613	58626	28	42	67164	89553	2276
2011	126654	58100	30	44	68273	103791	2131
2012	145469	66793	32	47	70533	118682	2388

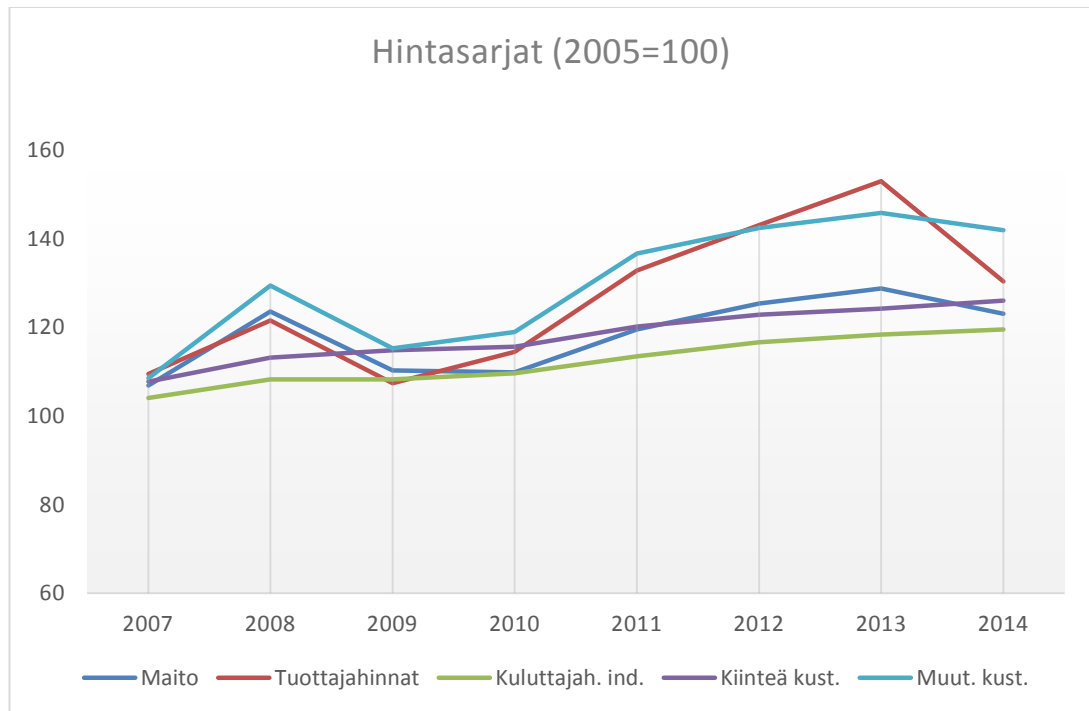
Täydellisen paneeliaineiston keskihajonnan arvot taulukossa 4 vastaavat taulukon 2 arvoja. Keskihajonta kasvaa tutkimusaikavälillä kaikkien muuttujien osalta. Vuonna 2009 keskihajonta supistuu edelliseen vuoteen verrattuna myyntituotoissa ja kiinteissä kustannuksissa. Vastaava pieni notkahdusilmiö havaittiin myös muuttujien keskiarvotiedoissa. Taulukoiden 2 ja 4 perusteella voidaan todeta, että tilajoukko on ollut yhtenäisempi tutkimusajanjakson alussa vuonna 2007 kuin vuonna 2012 jolloin keskihajonta on suurempaa.

3.2.2 Tarkastelu deflatoiduin hinnoin

Nimelliset hinnat tulee deflatoida, kun halutaan verrata useita eri tutkimusvuosia keskenään ja seurata muutosta ajassa. Tutkimusaineiston kaikki hinnat deflatoidaan yhtenevästi saman vuoden hintatasoon. Tutkimusaineistossa on useita eri euromääräisiä muuttujia, jotka kukin deflatoidaan sopivimmalla hintasarjalla.

Deflatoinnissa hyödynnetään Tilastokeskuksen PX-WEB -tietokantoja. Deflatoinnissa käytettävät hintasarjat on esitetty kuviossa 5. Myyntituottoihin kuuluvat maidon hinnat deflatoidaan maidon tuottajahintaindeksin avulla. Tilojen muiden myyntituottojen deflatoinnissa käytetään maatalouden tuottajahintaindeksiä pl. vihannekset ja hedelmät. Maatalouden tukien deflatoinnissa käytetään kuluttajahintaindeksin kokonaisindeksiä. (Suomen virallinen tilasto (SVT).)

Deflatoitavia panosmuuttujia ovat kiinteät kustannukset ja muuttuvat kustannukset. Muuttuvien kustannusten deflatoinnissa käytetään maatalouden tuotantovälineiden ostohintaindeksiä (panos 1). Kiinteiden kustannusten deflatoinnissa käytetään maatalouden tuotantovälineiden ostohintaindeksiä (panos 2). (Suomen virallinen tilasto (SVT).)



Kuvio 6. Deflatointisarjat (perusvuosi 2005=100).

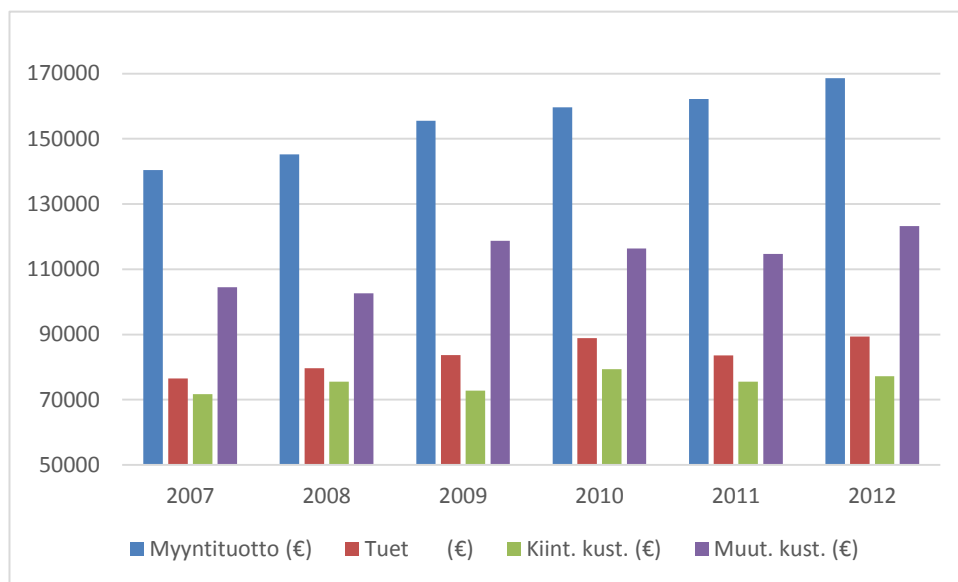
Kuviossa 6 esitetään viiden eri hintaindeksin kehitys vuodesta 2007 vuoteen 2014. Kaikkien indeksien perusvuotena on vuosi 2005, jossa indeksit saavat arvon 100. Kuvioista havaitaan, että kuluttajahintaindeksin ja kiinteiden kustannusten indeksin kasvu on ollut vakaata koko ajanjakson. Sen sijaan maidon, tuottajahintojen ja muuttuvien kustannusten indeksit ovat kasvaneet vuoteen 2008, jonka jälkeen selkeästi alentuneet vuoteen 2009. Tämän jälkeen ne ovat kasvaneet vuoteen 2013 asti, erityisesti vuodesta 2010 vuoteen 2011, jonka jälkeen supistuneet vuodelle 2014.

Kuvion 6 deflatointisarjojen avulla täydellisen paneeliaineiston keskiarvo- ja keskihajontatiedot on muutettu reaalisiksi taulukoihin 5 ja 6. Kuviossa 7 havainnollistetaan taulukon 5 euromääräisiä keskiarvotietoja kuvion avulla. Taulukoista havaitaan, että reaalisesti hinnat ovat muuttuneet vähemmän kuin nimellisesti. Tilakohtaisten myyntituottojen kasvu on ollut melko vakaata, koko tutkimusajanjaksolla kasvua on yhteensä noin 20 %. Tuki-tuotoissa kasvu on ollut vakaata lukuun ottamatta vuotta 2011, jolloin on havaittavissa notkahdus alaspäin. Tutkimusajanjaksolla tilakohtainen tukimäärä on noussut noin 17 %.

Kiinteiden kustannusten kasvu on ollut melko maltillista, kasvua on vajaat 8 % vuodesta 2007 vuoteen 2012. Kiinteät kustannukset ovat laskeneet edelliseen vuoteen verrattuna vuosina 2009 ja 2011, vastaavasti vuonna 2010 on havaittavissa selkeä kasvu. Muuttuvat kustannukset ovat nousseet tutkimusajanjaksolla noin 18 %. Vuodesta 2008 vuoteen 2009 on havaittavissa selkeä kasvu, jota ennen ja jonka jälkeen muuttuvien kustannusten taso on ollut melko vakaa.

Taulukko 5. Täydellisen paneeliaineiston keskiarvotiedot (reaalinen).

Keskiarvo							
Vuosi	Myyntituotto (€)	Tuet (€)	Lehmä (kpl)	Viljelyala (ha)	Kiint. kust. (€)	Muut. kust. (€)	Työ (h)
2007	140434	76503	37	65	71668	104444	5696
2008	145243	79610	39	67	75511	102659	5533
2009	155511	83628	41	69	72739	118762	5589
2010	159654	88880	42	71	79330	116404	5516
2011	162193	83576	44	73	75569	114672	5354
2012	168552	89352	45	76	77187	123224	5480



Kuvio 7. Täydellisen paneeliaineiston euromääräiset keskiarvotiedot (reaalinen).

Taulukoiden 6 ja 4 keskihajontatiedoista havaitaan, että euromääräisten keskihajontojen kasvu ei ole reaalisesti yhtä voimakasta kuin nimellisesti. Myyntituottojen ja tukien keski-

hajonta kasvaa noin 33 % ja muuttuvien kustannusten keskihajonta noin 23 % vuodesta 2007 vuoteen 2012, kun taas kiinteiden kustannusten keskihajonta kasvaa vain noin 6 %.

Taulukko 6. Täydellisen paneeliaineiston keskihajontatiedot (reaalinen).

Keskihajonta							
Vuosi	Myyntituotto (€)	Tuet (€)	Lehmä (kpl)	Viljelyala (ha)	Kiint. kust. (€)	Muut. kust. (€)	Työ (h)
2007	90797	43955	23	36	57591	72248	2194
2008	99056	47572	25	37	58064	70981	2190
2009	104548	51101	27	40	56025	80260	2347
2010	109292	55035	28	42	62237	81549	2268
2011	113692	53631	30	44	61092	83603	2134
2012	120427	58666	32	47	61173	89129	2407

4 TULOKSET

Tutkimusaineiston maitotilat edustavat suomalaisia maitotiloja melko kattavasti eri tilakokoluokissa. Täydellisessä paneeliaineistossa tilat sijoittuvat peltopinta-alaltaan 16 ha:n ja 284 ha:n välille. Lypsylehmälukumäärältään tilat sijoittuvat 6:n ja 169 lehmän välille. Sijainniltaan tiloja on edustettuna eri puolelta Suomea ja eri tukialueilta. Tutkimustilojen päätuotantosuohtana on maidontuotanto mutta osa tiloista harjoittaa myös kasvinviljelyn ja lihantuotannon tuotteiden myyntiä.

Tutkimuksessa käytetyt luvut ja saadut tulokset edustavat menneisyyttä. Kuitenkin mahdollisesti niiden perusteella tehtävät päätökset koskevat tulevaisuutta. Tämä ajallinen ero on syytä ottaa huomioon, kun tehdään johtopäätöksiä tulosten perusteella.

Tutkimusajanjaksolle sisältyy kuusi eri vuotta 2007 - 2012. Rahan arvon muutoksista johtuva panos- ja tuotoshintojen vaihtelu on pyritty poistamaan deflatoimalla hinnat. Tilojen ja tutkimusvuosien välillä eroja voivat kuitenkin aiheuttaa esimerkiksi eriävät sääolosuhteet.

4.1 Muuttujien ja tulosten muodostaminen

DEA-analyysin tekoa varten kannattavuuskirjapitotilojen panoksia ja tuottoja aggregoitiin. Maitotuotto ja muut tuotot yhdistettiin yhdeksi muuttujaksi, joka sisältää myyntituotot. Maitotuotto kertoo maidon tuotantomäärää paremmin yrityksen tehokkuudesta, sillä se sisältää rasva- ja valkuaispitoisuuteen perustuvat hintalisät. Samoin eläinten myyntien, kasvinviljelyn tuotteiden ja lihan myyntien kohdalla myyntituotto kertoo tuotantomäärää paremmin yrityksen tehokkuudesta, sillä se sisältää mahdolliset laatuun perustuvat hintalisät. Euromääräiset myyntituotot ovat helposti aggregoitavissa, kun myyntituotot lasketaan yhteen.

Myyntituottojen lisäksi toinen merkittävä tulonlähde maitotilalla on tukituotto, jota on syytä käsitellä omana tuottokokonaisuutena. Tukituotto sisältää kasvinviljelyn ja eläintuotannon tuet. Eri tukimuotoja ovat peltotuotannon hehtaarikohtaiset tuet, eläintuotannon eläinyksikkö- ja maitolitrakohtaiset tuet sekä tuotantotapaan sidoksissa olevat luomutu-

tannon tuet. Maitolitrakohtaiset tuet sisältyvät maitotuottoon kun taas eläinyksikkökohtaiset tuet sisältyvät tukituottoon.

Kustannuksien osalta on syytä jaotella kiinteät ja muuttuvat kustannukset erilleen. Kiinteät kustannukset kertovat tuotantoon sidotusta pääomasta. Siihen sisältyy kone-, rakennus- ja salaojapoistot sekä oman ja vieraan pääoman korkovaatimukset. Muuttuvat kustannukset kertovat vuosittaisista menoista. Oma ja vieraan työvoiman palkkakustannus on jätetty muuttuvista kustannuksista pois ja se käsitellään erillisenä muuttujana, joka sisältää tehdyt työtunnit.

Maatalousyrittäjien eläkemaksut (myel-maksut) on jätetty kustannuslaskelmista pois, sillä maksun suuruus on osin yrittäjän itse määriteltävissä eikä ole suoraan sidoksissa tuotantoon ja maksettuihin palkkoihin. Maksun liittäminen kustannuksiin vääristäisi tuloksia, sillä sen suuruuden määrittäminen on lähinnä henkilökohtainen, arvopohjainen asia.

Kannattavuuskirjanpidon tulosten perusteella luotiin kaksi Malmquist DEA funktiomallia. Ensisijainen malli käsittää kaksi eri tuottoa, myyntituotot ja tukituotot. Panoksina ovat lehmälukumäärä, viljelypinta-ala, muuttuvat kustannukset, kiinteät kustannukset ja tilalla tehdyt työtunnit. Ensisijaisen mallin avuksi luotiin toinen malli, jossa tukituotot on jätetty pois ja tuottona ovat vain myyntituotot, tällöin saadaan informaatiota tukien vaikutuksesta tehokkuuslukuihin. Panokset ovat samat molemmissa malleissa.

DEA-malleihin valittiin kaikki 250 maitotilaa, joista on havainnot kaikille kuudelle vuodelle 2007 - 2012. Täydellisen paneeliaineiston 250 tilan euromääräiset muuttujat deflatoitiin. Sen jälkeen muuttujat vietiin DEAP 2.1 -tietokoneohjelmaan ja suoritettiin panosorientoitu Malmquist DEA -analyysi.

4.2 Tutkimustilojen CRS ja VRS -tehokkuudet

Muuttuvilla skaalatuotoilla tehokas vertailutila on kooltaan vakioskaalatuotto-oletusta lähempänä kunkin tilan omaa kokoa.

Tutkimustilojen tehokkuudet (kaksi tuottoa) vakioskaalatuottojen (CRS) ja muuttuvien skaalatuottojen (VRS) tilanteessa on esitetty pistekuvaajilla Liitteessä 1. Tuottoina käytetään myyntituottoja ja tukituottoja. Panoksina käytetään lehmämäärää, viljelyalaa, kiinteitä

kustannuksia, muuttuvia kustannuksia ja työmäärää. Tehokkuudet on ilmoitettu jokaiselle tutkimusvuodelle 2007 - 2012 erikseen. Taulukoissa 7 - 10 esitetään aineiston keskiarvotiedot, vaihteluvälit ja jakaumat sekä kahden tuoton mallissa, jossa tuet ovat mukana että yhden tuoton mallissa, jossa tukia ei ole mukana.

Kahden tuoton mallissa keskimääräinen CRS-tehokkuus oli 0,892 vuonna 2007. Vaihteluväli sijoittuu 0,533 ja 1,000 välille. Keskimääräinen VRS-tehokkuus vuonna 2007 oli 0,926. Vaihteluväli sijoittuu 0,688 ja 1,000 välille. Kun tutkitaan muutoksia tehokkuuksissa tutkimusajanjaksolla, ei ole havaittavissa mitään selkeää kehitystrendiä. Keskimääräiset tehokkuudet eivät ole kasvanut tarkastelujakson aikana, niiden voidaan jopa nähdä hieman alentuneen kahtena viimeisenä vuotena. Kahdeksan tilaa sai koko tutkimusaikavälin tehokkuusarvon keskiarvoksi 1,000 sekä CRS- että VRS-mallissa. CRS- ja VRS-lukujen keskiarvojen suhteesta voidaan todeta, että skaalatehokkuus on pysynyt vakaana (yli 0,95).

Taulukko 7. CRS- ja VRS-tehokkuudet (kaksi tuottoa) 2007 - 2012.

kaksi tuottoa	CRS		VRS	
	keskiarvo	vaihteluväli	keskiarvo	vaihteluväli
2007	0.892	0.533 - 1.000	0.926	0.688 - 1.000
2008	0.882	0.566 - 1.000	0.917	0.663 - 1.000
2009	0.889	0.575 - 1.000	0.921	0.637 - 1.000
2010	0.895	0.594 - 1.000	0.923	0.721 - 1.000
2011	0.874	0.615 - 1.000	0.911	0.635 - 1.000
2012	0.879	0.584 - 1.000	0.906	0.679 - 1.000

Taulukko 8. CRS- ja VRS-tehokkuuksien (kaksi tuottoa) jakaumat 2007 - 2012.

Havaintojakauma (n. 90 %)	CRS	VRS
2007 (n=226/250)	0,715 - 1,000	0,765 - 1,000
2008 (n=226/250)	0,722 - 1,000	0,763 - 1,000
2009 (n=226/250)	0,708 - 1,000	0,766 - 1,000
2010 (n=226/250)	0,751 - 1,000	0,771 - 1,000
2011 (n=226/250)	0,716 - 1,000	0,740 - 1,000
2012 (n=226/250)	0,731 - 1,000	0,752 - 1,000

Yhden tuoton mallissa kaikki keskimääräiset luvut ovat alempia kuin kahden tuoton mallissa. Myös vaihteluvälit ovat suurempia, sillä heikoimmat tulokset ovat alempia kuin kahden tuoton mallissa. Näin ollen tukien voidaan nähdä supistavan tehokkuuseroja tilojen välillä. Vain kolme tilaa saa koko tutkimusaikavälien keskiarvoksi tehokkuudelle 1,000 sekä CRS- että VRS-mallissa. Skaalatehokkuudesta voidaan todeta, että se on liikkunut 0,90 ja 0,95 välillä, mikä on alempi lukema kuin kahden tuoton mallissa.

Taulukko 9. CRS- ja VRS-tehokkuudet (yksi tuotto) 2007 - 2012.

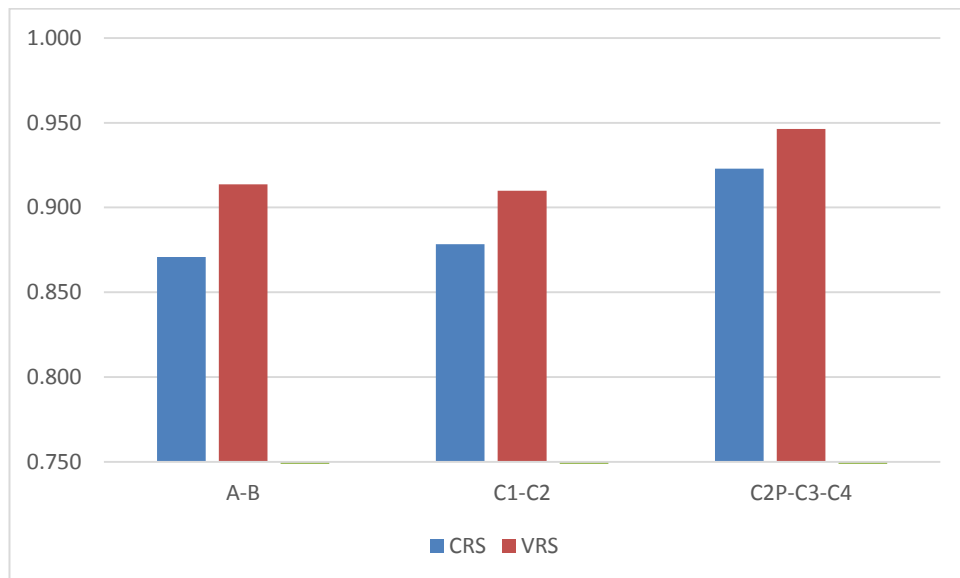
yksi tuotto	CRS		VRS	
	keskiarvo	vaihteluväli	keskiarvo	vaihteluväli
2007	0.837	0.398 - 1.000	0.886	0.593 - 1.000
2008	0.794	0.413 - 1.000	0.855	0.544 - 1.000
2009	0.835	0.481 - 1.000	0.882	0.542 - 1.000
2010	0.813	0.379 - 1.000	0.862	0.532 - 1.000
2011	0.771	0.310 - 1.000	0.850	0.520 - 1.000
2012	0.802	0.455 - 1.000	0.854	0.598 - 1.000

Taulukko 10. CRS- ja VRS-tehokkuuksien (yksi tuotto) jakaumat 2007 - 2012.

Havaintojakauma (n. 90 %)	CRS	VRS
2007 (n=226/250)	0,614 - 1,000	0,710 - 1,000
2008 (n=226/250)	0,558 - 1,000	0,666 - 1,000
2009 (n=226/250)	0,605 - 1,000	0,693 - 1,000
2010 (n=226/250)	0,608 - 1,000	0,670 - 1,000
2011 (n=226/250)	0,564 - 0,991	0,659 - 1,000
2012 (n=226/250)	0,604 - 1,000	0,679 - 1,000

Maataloustukialueiden ja tuotantotavan yhteyttä tehokkuuksiin kahden tuoton mallissa esitetään kuviossa 8 ja taulukossa 11. Eri tukialueita vertailtaessa A- ja B-alueet on käsitelty yhtenä ryhmänä, C1- ja C2-alueet toisena ryhmänä ja C2P-, C3- ja C4-alueet kolmantena ryhmänä. Tukialueita on yhdistetty ryhmiin, jotta saadaan riittävän suuria tilajoukkoja, jolloin tulokset ovat mahdollisimman luotettavia. Ryhmiä muodostettaessa on pyritty yhdistämään sekä maantieteellisesti että tukipoliittisesti samankaltaiset ryhmät.

Suomen EU-liittymissopimuksen (Valtiosopimus 103/1994) 142-artiklan mukaan C-alueen tilat kuuluvat pitkäaikaisten kansallisten tukien piiriin, kun taas AB-alue ei kuulu, jolloin on luontevaa tehdä niiden välille ryhmäjako. Alueiden välillä on harjoitettu ja harjoitetaan yhä tutkimusajankohdan jälkeen erilaista maatalouspolitiikkaa. Valtioneuvoston asetusten 44/2015 ja 137/2015 mukaan vuonna 2015 lypsylehmäpalkkiota (tuotantomäärästä riippumaton) maksetaan AB-tukialueen tiloille ja maidon pohjoista, litrakohtaista tuotantotukea C-alueiden tiloille.



Kuvio 8. Tukialueen yhteys tehokkuuteen (kts Liite 4).

Taulukko 11. Tukialueiden havaintojakaumat.

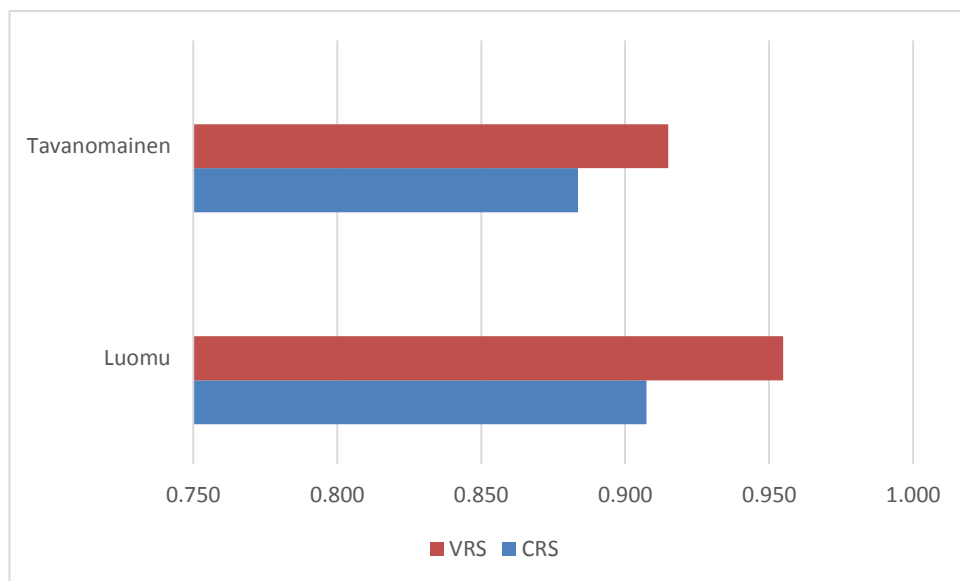
Havaintojakauma (n. 90 %)	CRS	VRS
A-B (n=41/45)	0,784 - 0,980	0,798 - 0,999
C1-C2 (n=144/160)	0,750 - 0,996	0,790 - 1,000
C2P-C3-C4 (n=41/45)	0,759 - 1,000	0,793 - 1,000

Ryhmään kuuluvien tilojen tuloksista on laskettu keskiarvo, joka on ilmoitettu kuviossa 8. Tukialueryhmien havaintojen jakaumaa on esitetty taulukossa 11, jossa kaikista ryhmistä on poistettu parhaat ja huonoimmat 5 % ryhmän tehokkuuslukuista. A-B- ja C1-C2-tukialueiden tilojen tehokkuustulosten välillä ei havaita suuria eroja. Sen sijaan C2P-C3-C4-tukialueelle sijoittuvien tilojen tehokkuustulokset ovat keskimäärin muita korkeampia. Ero on huomattava, sillä C2P-C3-C4-tukialueiden tehokkuudet CRS- ja VRS-malleissa ovat 4–5 % suurempia kuin muilla alueilla. Tutkittaessa CRS- ja VRS-tehokkuuslukemien

eroja havaitaan, että ero supistuu pohjoiseen päin mentäessä. Näin ollen skaalatehokkuus on heikoin A- ja B-alueilla ja korkein C2P-, C3- ja C4-alueilla.

Tukien aluekohtaisen vaikutuksen selvittämiseksi tutkittiin myös yhden tuoton malli (Liite 4). Ilman tukien huomioimista (yhden tuoton malli) tukialuekohtaiset tehokkuuserot kuitenkin muuttuvat päinvastaisiksi. A-B-alue saa keskimäärin korkeimmat lukemat CRS- ja VRS-malleissa (0,827 ja 0,889), C1-C2 saa lähes yhtä hyvät lukemat (0,816 ja 0,866) mutta C2P-C3-C4 saa selkeästi alhaisimmat lukemat (0,765 ja 0,837). Näin ollen tukien merkitys aluekohtaisten erojen tasoittamisessa on suuri.

Tuotantotapavertailussa (kaksi tuottoa) tilat on jaettu luomutiloihin ja tavanomaisiin tiloihin ja laskettu tuotantotapakohtaiset keskiarvot. Koko tutkimusajanjakson luomutuotannossa olleita tiloja on 13 kpl. Koska otanta melko pieni, on luotettavuutta ja siten tuloksia syytä tulkita varovaisesti. Tutkimusaineiston luomutilat sijaitsevat tasaisesti eri puolilla Suomea, eri tukialueilla, C4-tukialueelle ei sijoitu luomutiloja.



Kuvio 9. Tuotantotavan yhteys tehokkuuteen.

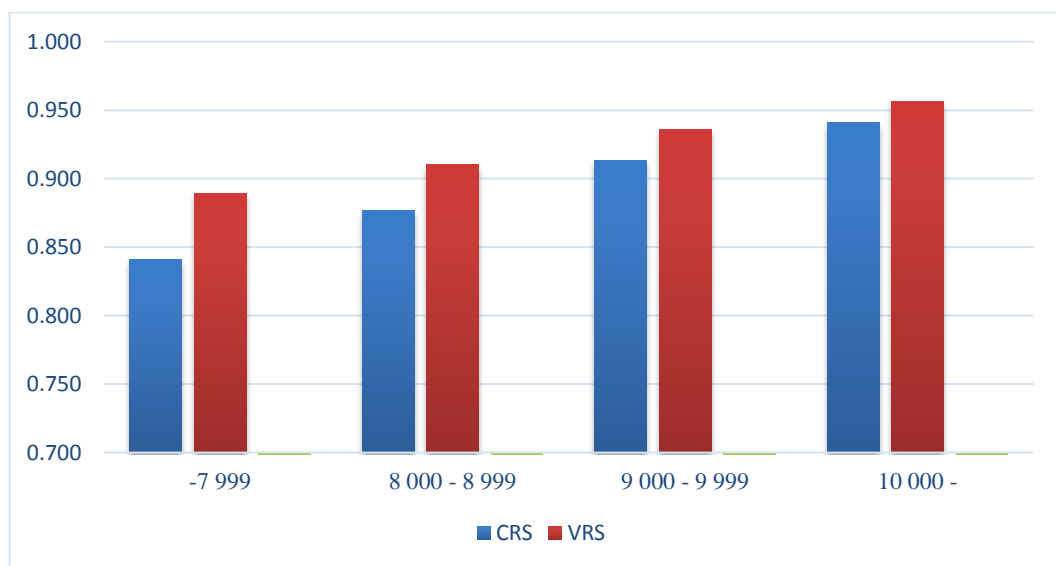
Taulukko 12. Tuotantotapojen havaintojakaumat.

Havaintojakauma (n. 90 %)		CRS	VRS
Luomu	(n=11/13)	0,761 - 1,000	0,927 - 1,000
Tavanomainen	(n=213/237)	0,759 - 0,990	0,794 - 1,000

Eri tuotantotapoihin kuuluvien tilojen tulokset poikkeavat toisistaan kuvion 9 ja taulukon 12 mukaisessa kahden tuoton mallissa (kts Liite 4). Luomutilojen tehokkuudet ovat keskimäärin korkeampia kuin tavanomaisten tilojen. CRS-mallissa luomutilojen tehokkuus on 2,3 % korkeampi ja VRS-mallissa 4,0 % korkeampi kuin tavanomaisten tilojen.

Tukien merkitys luomutiloille on melko suuri, sillä yhden tuoton mallissa luomutilojen CRS-tehokkuus oli 0,780 ja tavanomaisten tilojen 0,810. VRS-mallissa tehokkuustulos oli lähes sama (luomu 0,858, tavanomainen 0,865) tuotantotavasta riippumatta. Näin ollen ilman tukia luomutilat ovat hieman tavanomaisia tiloja tehottomampia.

Kuviossa 10, taulukossa 13 ja Liitteessä 2 esitetään tilan lehmien keskituotoksen (kg/vuosi) ja yhteyttä tehokkuuteen (kaksi tuottoa). Keskituotostarkastelua varten tilat on jaettu neljään ryhmään; alle 8 000 kg/lehmä, 8 000 - 8 999 kg/lehmä, 9 000 - 9 999 kg/lehmä ja yli 10 000 kg/lehmä; luvut ovat kuuden vuoden keskiarvoja. Ryhmäkohtaisten keskiarvojen perusteella keskituotoksen noustessa myös keskimääräinen tehokkuus nousee. Samalla CRS- ja VRS-mallien tehokkuuslukemien ero kapenee. Tämä kertoo siitä että skaalatehokkuus nousee. Kuitenkin täysin tehokkaita tiloja on kaikissa ryhmissä.



Kuvio 10. Keskituotoksen (kg/vuosi) yhteys tehokkuuteen (kts Liite 4).

Taulukko 13. Keskituotosryhmien havaintojakaumat.

Havaintojakauma (n. 90 %)		CRS	VRS
-7 999	(n=55/61)	0,727 - 0,973	0,750 - 1,000
8 000 - 8 999	(n=80/90)	0,767 - 0,989	0,814 - 0,997
9 000 - 9 999	(n=67/75)	0,798 - 0,990	0,828 - 1,000
10 000 -	(n=22/24)	0,847 - 0,996	0,865 - 1,000

Tilojen omavaraisuusasteella ei ole havaittu merkittävää yhteyttä tehokkuuteen, mikä voidaan havaita taulukosta 14. Kuitenkin ryhmä, jossa ovat vähintään 90 % mutta alle 100 % omavaraisuudella toimivat tilat näyttää olevan hieman muita tehokkaampi CRS- ja VRS-tilanteissa. Muuttuvien skaalatuottojen tilanteessa myös tilat jotka toimivat 100 % omavaraisuudella näyttää olevan keskimäärin tehokkaampi kuin alle 90 % omavaraisuudella toimivat tilat. CRS- ja VRS-tehokkuuksien ero on suurin 100 % omavaraisilla tiloilla ja se näyttää supistuvan omavaraisuuden laskiessa. Tämä kertoo siitä, että skaalatehokkuus paranee velkapääoman käytön lisääntyessä. Tehokkuusluvut ovat kuuden vuoden keskiarvoja, mikä johtaa siihen, että tehokkuuden muutosta ei voi havaita näistä luvuista.

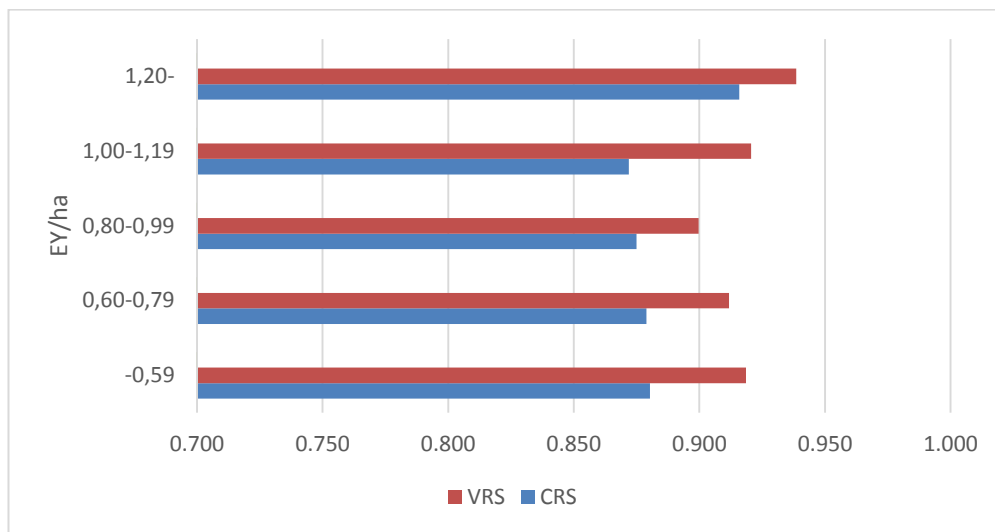
Taulukko 14. Omavaraisuusasteen yhteys tehokkuuteen.

Omavaraisuus (%)	CRS	VRS	
- 49	0,885	0,911	n=51
50 - 69	0,877	0,904	n=43
70 - 89	0,885	0,912	n=79
90 - 99	0,895	0,935	n=60
100	0,873	0,926	n=17

Kuvioissa 11 ja 12 (kts Liite 2) esitetään tilojen eläintiheyden ja peltoviljelyn intensiteetin yhteyttä tehokkuuteen (kaksi tuottoa). Eläintiheyden tutkimista varten tilan eläinyksikkömäärä (ey) on jaettu viljelypinta-alalla. Peltoviljelyn intensiteetin tutkimista varten tilan pelloilta keräämän sadon (sisältäen kaikki kasvit) kokonaismegajoulemäärä on jaettu viljelypinta-alalla, jolloin on saatu tuloksena keskimääräinen hehtaarikohtainen MJ-sato.

Kirjanpitoaineistossa sato on ilmoitettu rehuyksikköinä, jotka eivät ole enää nykyään käytössä. Siksi hehtaarisato on muutettu rehuyksiköistä megajouleiksi (1 ry = 11,7 MJME) Luken rehutaulukoiden mukaisesti, jolloin on saatu hehtaarikohtainen megajoulesato. Lu-

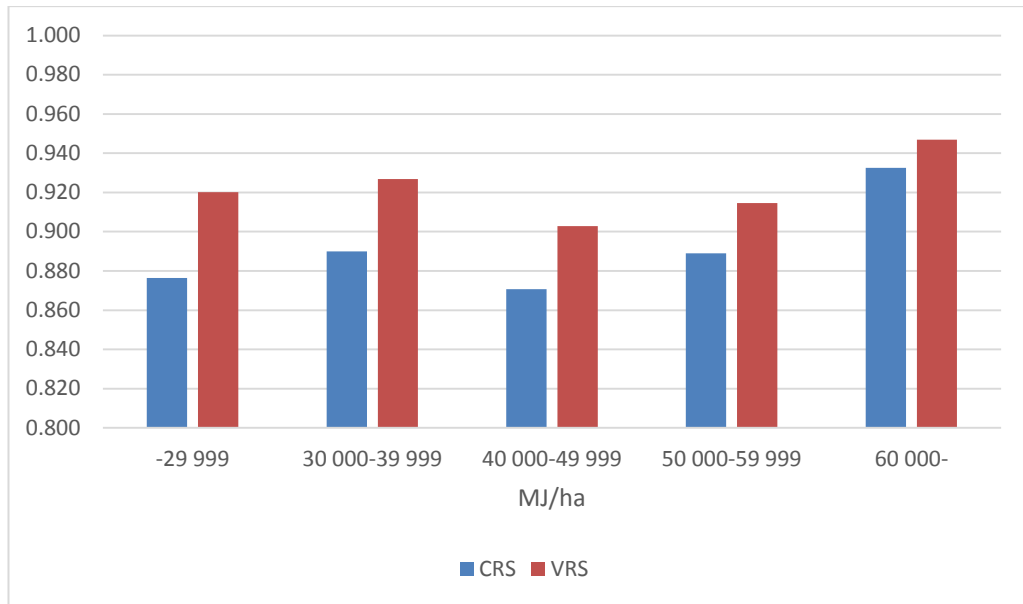
vut ja havaintojen määrät ryhmiteltynä rehuyksiköittäin ja megajouleittain on ilmoitettu taulukkona Liitteessä 2.



Kuvio 11. Eläntiheyden yhteys tehokkuuteen.

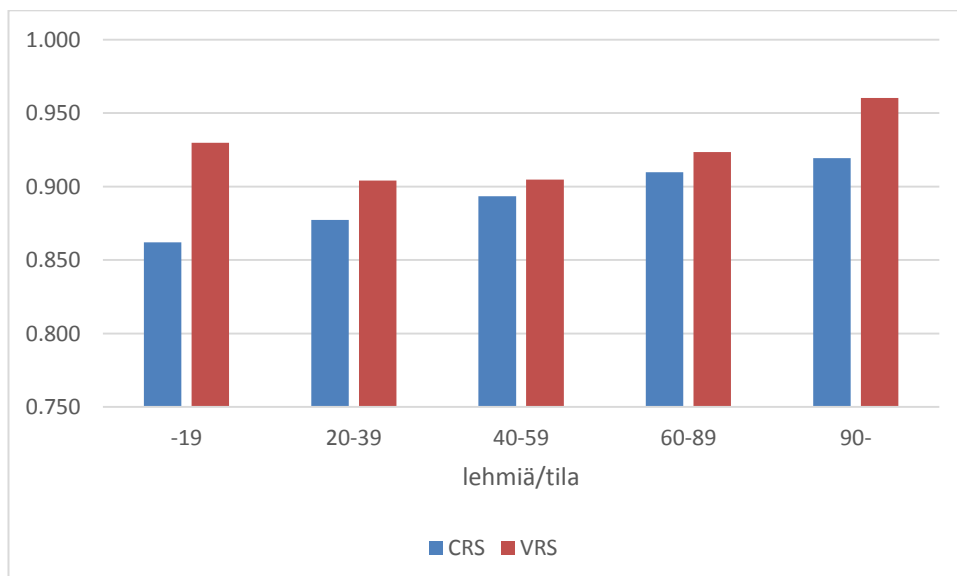
Tulosten perusteella eläntiheyden kasvaessa yli 1,20 (ey/ha) on tehokkuus keskimäärin suurempi kuin muissa tiheysluokissa ja CRS/VRS on pienin eli skaalatehokkuus on korkein. Eläntiheydaluokassa 1,00 - 1,20 on tehokkuuslukujen ero CRS- ja VRS-malleissa suurempi kuin muissa luokissa.

Kuviosta 12 ilmenee, että hehtaarikohtaisen megajoulesadon kasvulla ei ole havaittavissa yhteyttä tehokkuuteen alle 60 000 megajoulen hehtaarisadoilla. Sen sijaan yli 60 000 MJ/ha satoa korjanneet tilat ovat keskimäärin selkeästi tehokkaampia kuin muut tilat. CRS- ja VRS-tehokkuuksien ero on pienin yli 60 000 MJ/ha -luokassa ja sen voidaan nähdä supistuvan MJ-sadon kasvaessa eli skaalatehokkuus kasvaa. Näyttää siltä, että tehokkailla tiloilla peltoresurssi käytetään tarkasti hyödyksi.

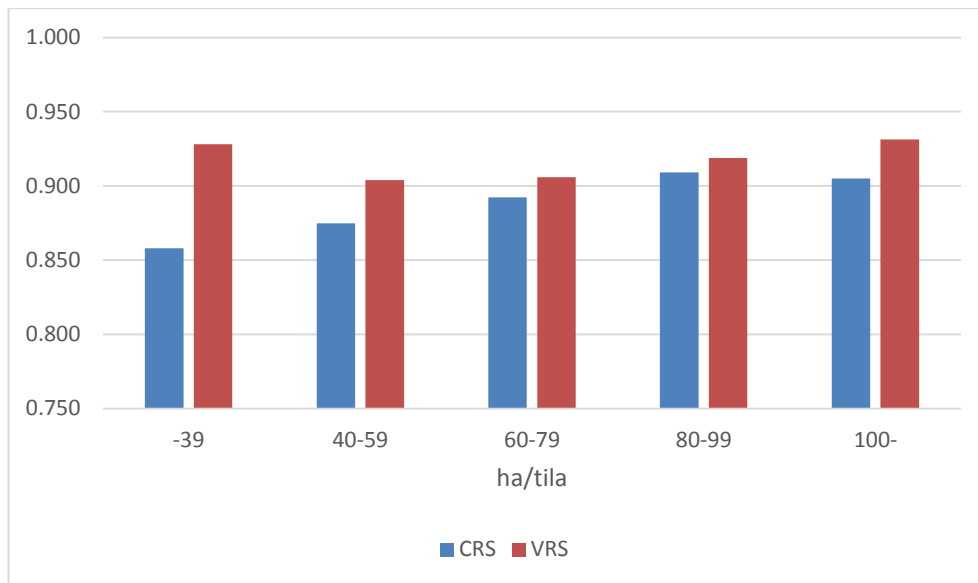


Kuvio 12. Peltoviljelyn intensiteetin yhteys tehokkuuteen.

Tilan lehmämäärän ja viljelyalan yhteyttä tehokkuuteen (kaksi tuottoa) havainnollistetaan kuvioissa 13 ja 14 (kts Liite 2). Tilan lehmämäärän kasvaessa CRS-tehokkuus kasvaa melko lineaarisesti. VRS-tehokkuudessa tilajoukon ääripäät saavat suurimmat lukemat ja keskijoukko pienimmät. Alle 20 lehmän tiloilla CRS-tehokkuus on pienin mutta VRS-tehokkuus toiseksi suurin. Pienimmät tilat toimivat tehokkaasti mutta selkeä ero CRS- ja VRS-tehokkuuksien välillä kertoo skaalatehottomuudesta.



Kuvio 13. Lehmämäärän yhteys tehokkuuteen.

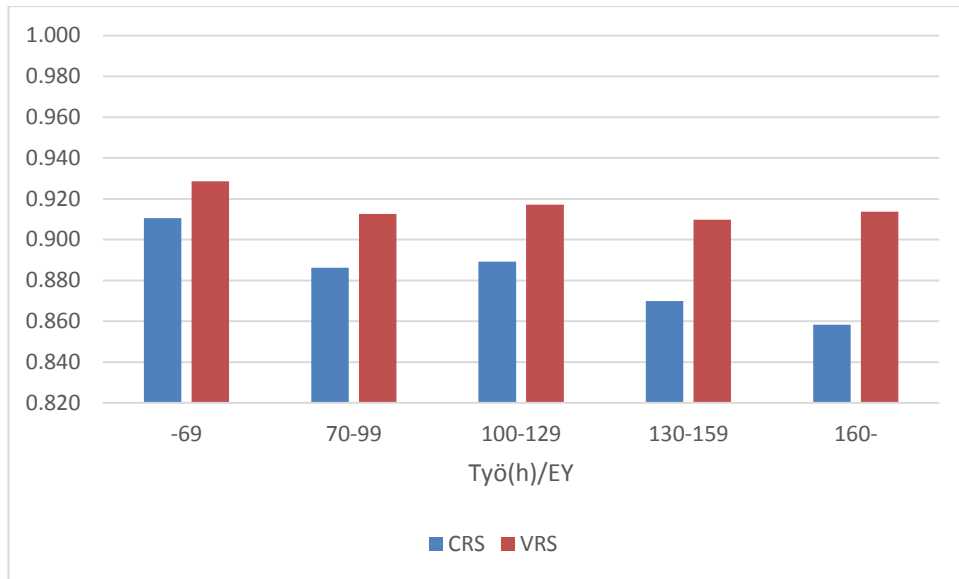


Kuvio 14. Viljelyalan yhteys tehokkuuteen.

Kuvion 13 mukainen pienimpien tilojen suuri ero CRS- ja VRS-tehokkuuksissa on havaittavissa myös kuviossa 14. Viljelyalan kasvaessa CRS-tehokkuus nousee lineaarisesti alle 100 hehtaarin kokoluokassa, jonka jälkeen nousu taittuu. VRS-tehokkuudet ovat lähes yhtä suuret alle 40 ja yli 100 ha:n tiloilla. Alhaisimmat VRS-tehokkuudet ovat yli 40 ja alle 80 hehtaarin tiloilla.

Kuviosta 15 ja Liitteestä 2 ilmenee kuinka eläinyksikkölukumäärällä ja lehmämäärällä jaettu tilan vuosittainen kokonaistyömäärä luokittelee tiloja. Kaikki tilat ovat päätuotantosuunnaltaan maitotiloja, joten työnkäytön tuloksia voidaan verrata keskenään. Tuloksia tulkittaessa on kuitenkin huomioitava, että esimerkiksi tilalla harjoitettava lihanaudan kasvatusta eroaa työnkäytöltään lypsylehmän pidosta.

Tulosten mukaan eläinyksikkökohtaisen työmäärän kasvaessa tilan CRS-tehokkuus laskee. Sen sijaan VRS-tehokkuudet ovat lähes samat kaikissa työnkäyttöluokissa. Kuitenkin työnkäytöltään tehokkain ryhmä (- 69 h/ey) voidaan nähdä VRS-tehokkuudeltaan hieman muita parempana. CRS- ja VRS-tehokkuuden ero kasvaa eläinyksikkökohtaisen työnkäytön kasvaessa eli skaalatehottomuus kasvaa. Lehmäkohtaisella työnkäytöllä havaitaan samankaltainen yhteys tehokkuuteen eli työnkäytön kasvaessa tehokkuusluku laskee. Lehmäkohtaisella työnkäytöllä havaitaan vastaava ilmiö kuin kuvioissa 13 ja 14 eli pienimmät tilat - tässä tapauksessa eniten työtä lehmää kohden käyttävät tilat - saavat hyviä VRS-tehokkuuslukuja.



Kuvio 15. Eläinyksikkökohtaisen työmäärän yhteys tehokkuuteen.

4.3 Tehokkuuden ja tuottavuuden muutos ajassa

Teknologian kehittyessä parhaan tuottavuuden rintama siirtyy, jolloin maitotilalle syntyy uutta tuottavuus- ja tehostamispotentiaalia. Näin ollen tehokas rintama etäännyttävä ja tekninen tehokkuus alenee, mikäli tila ei muuta toimintaansa teknologian kehittyessä.

Tehokkuuksien ja tuottavuuden muutokset ajassa esitetään taulukossa 15 ja Liitteessä 3 (kuviona). Tutkimalla samoja tietoja sekä taulukkona että kuviona havainnoidaan paremmin lukujen suuruusluokat, trendit ja sidonnaisuudet. Havaintovuosia on viisi, sillä ensimmäinen tarkasteltava vuosi on toinen tutkimusvuosi (2008), jolloin havainnot voidaan verrata ensimmäiseen tutkimusvuoteen (2007). Tuottoina on käytetty myyntituottoja ja tukituottoja, panoksina on käytetty lehmämäärää, viljelypinta-alaa, kiinteitä kustannuksia, muuttuvia kustannuksia ja työmäärää.

Tutkimusajanjaksolle 2007 - 2012 geometristen keskiarvojen avulla laskettu vuosittainen tehokkuuden muutos (effch) tilajoukolle on ollut 0,3 % negatiivinen. Vuosittainen teknologinen muutos (techch) on ollut 0,6 % positiivinen. Puhdas tekninen tehokkuus (pech) on laskenut 0,4 %, skaalatehokkuus (sech) on noussut 0,2 % ja kokonaistuottavuus (tfpch) on noussut 0,3 % vuodessa.

Taulukko 15. Paneeliaineiston tehokkuuden muutokset ajassa (kaksi tuottoa).

Malmquist-indeksien vuosittaiset keskiarvot					
vuosi	effch	techch	pech	sech	tfpch
2	0,989	1,027	0,990	0,999	1,015
3	1,008	0,995	1,004	1,004	1,003
4	1,008	1,011	1,003	1,005	1,018
5	0,976	1,010	0,986	0,990	0,985
6	1,007	0,990	0,995	1,012	0,997
keskiarvo	0,997	1,006	0,996	1,002	1,003

Tehokkuuden muutos (effch) on ollut kolmena tutkimusvuotena positiivinen ja kahtena negatiivinen. Teknologista kehitystä (techch) on tapahtunut kolmena tutkimusvuotena ja taantumaa kahtena vuotena. Puhdas tekninen tehokkuus (pech) on laskenut kolmena tutkimusvuotena ja noussut kahtena tutkimusvuotena. Skaalatehokkuus (sech) on noussut kolmena tutkimusvuotena ja laskenut kahtena tutkimusvuotena. Kokonaistuottavuus (tfpch) on noussut kolmena ensimmäisenä tutkimusvuotena ja laskenut kahtena viimeisenä.

Tutkimusajanjakson aikana on tapahtunut teknologista kehitystä mutta tehokkuus ei ole noussut, sillä puhdas tekninen tehokkuus on laskenut. Uuden teknologian myötä tehokas rintama on karannut kauemmaksi, mikäli tila ei ole ottanut riittävästi uutta teknologiaa käyttöön. Kokonaistuottavuus on noussut, jolloin tilat tuottavat saman tuoton aiempaa pienemmällä panoskäytöllä.

Taulukossa 16 ja Liitteessä 3 (kuviona) on esitetty tehokkuuden ja tuottavuuden muutokset ajassa. Tuottoina on käytetty vain myyntituottoja, jolloin tukia ei ole huomioitu tehokkuuslukujen laskennassa. Luvut poikkeavat jonkin verran taulukon 15 arvoista, tehokkuuden ja tuottavuuden muutosten suuruudet ovat selkeästi suurempia yhden tuoton mallissa.

Vuosittainen tehokkuuden muutos (effch) on taulukon 16 mukaan ollut tutkimusajanjakson aikana keskimäärin 0,9 % negatiivinen. Teknologinen vuosimuutos (techch) on ollut keskimäärin 1,5 % positiivinen. Puhdas tekninen tehokkuus (pech) on laskenut 0,8 %, skaalatehokkuus (sech) laskenut 0,1 % ja kokonaistuottavuus (tfpch) noussut 0,6 % vuodessa.

Taulukko 16. Paneeliaineiston tehokkuuden muutokset ajassa (yksi tuotto).

Malmquist-indeksien vuosittaiset keskiarvot					
vuosi	effch	techch	pech	sech	tfpch
2	0,945	1,065	0,963	0,981	1,006
3	1,055	0,959	1,033	1,022	1,012
4	0,973	1,038	0,976	0,997	1,010
5	0,947	1,071	0,985	0,961	1,015
6	1,041	0,949	1,006	1,034	0,988
keskiarvo	0,991	1,015	0,992	0,999	1,006

Tässä tuetomassa mallissa tehokkuuden muutos on ollut kahtena vuotena positiivinen ja kolmena negatiivinen. Teknologinen muutos on ollut kolmena vuotena positiivinen ja kahtena negatiivinen. Puhtaan teknisen tehokkuuden muutos on ollut kahtena vuotena positiivinen ja kolmena negatiivinen. Skaalatehokkuuden muutos on ollut kahtena vuotena positiivinen ja kolmena negatiivinen. Kokonaistuottavuus on noussut kaikkina muina paitsi viimeisenä tutkimusvuotena.

Taulukossa 17 esitetään kahden tuoton mallin mukaiset keskimääräiset tehokkuuksien vuosimuutokset. Tilojen lukuarvot ovat koko tutkimusajanjakson 2007 - 2012 vuosikeskiarvoja. Tilat on ryhmitelty viiteen samankokoiseen (50 tilaa) ryhmään tuottavuusmuutoksen (tfpch) mukaisessa suuruusjärjestyksessä pienimmästä suurimpaan. Ryhmille on ilmoitettu ryhmien keskiarvot ja ryhmien jakaumat. Muiden muuttujien (effch, techch, pech, sech) keskiarvot ja jakaumat on muodostettu tuottavuusmuutoksen antamasta ryhmästä. Taulukossa 17 esitetään näiden ryhmien tehokkuuslukujen keskiarvot ja vaihteluvälit.

Taulukko 17. Tehokkuusmuutosten keskiarvot ja jakaumat ryhmiteltynä 2007 - 2012.

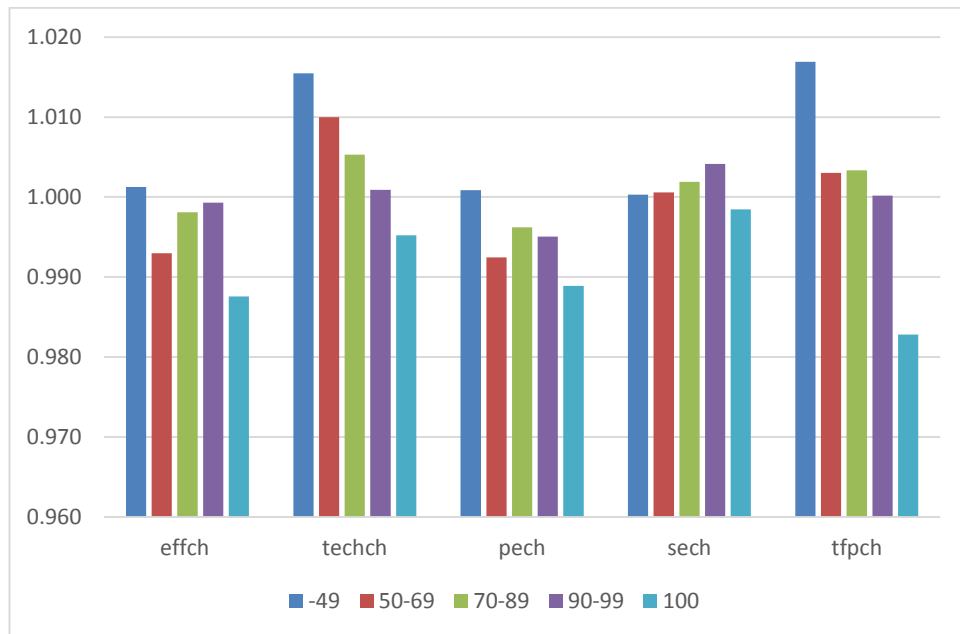
KESKIARVOT						
effch	techch	pech	sech	tfpch		
0,972	0,994	0,977	0,995	0,966		pienin 50
0,986	1,003	0,986	1,001	0,989		
0,999	1,004	0,997	1,001	1,003		↓
1,009	1,007	1,004	1,005	1,016		
1,021	1,024	1,014	1,007	1,045		suurin 50
JAKAUMAT						
effch	techch	pech	sech	tfpch		
0,945 - 1,001	0,956 - 1,016	0,946 - 1,003	0,952 - 1,013	0,926 - 0,980		pienin 50
0,959 - 1,010	0,981 - 1,028	0,959 - 1,009	0,979 - 1,032	0,980 - 0,995		
0,981 - 1,026	0,984 - 1,026	0,963 - 1,019	0,981 - 1,024	0,995 - 1,010		↓
0,975 - 1,049	0,975 - 1,042	0,979 - 1,026	0,972 - 1,051	1,010 - 1,024		
0,983 - 1,078	0,982 - 1,082	0,978 - 1,064	0,991 - 1,078	1,025 - 1,119		suurin 50

Kokonaistuottavuuden muutoksen perusteella tehdyn ryhmittelyn jälkeen voidaan todeta seuraavaa. Tehokkuuden vuosittainen muutos (effch) on ollut heikoimmilla tiloilla keskimäärin 2,8 % negatiivinen. Parhaimmat tilat ovat nostaneet tehokkuutta keskimäärin 2,1 % vuodessa. Teknologinen muutos (techch) on ollut heikoimmilla tiloilla 0,6 % negatiivinen. Parhaimmilla tiloilla teknologinen muutos on ollut 2,4 % positiivinen. Puhdas teknisen tehokkuuden muutos (pech) on ollut heikoimmilla tiloilla 2,3 % negatiivinen. Parhaimmilla tiloilla puhdas teknisen tehokkuuden muutos on ollut keskimäärin 1,4 % positiivinen.

Vuosittainen skaalatehokkuuden muutos (sech) on ollut heikoimmilla tiloilla 0,5 % negatiivinen. Parhaimmilla tiloilla muutos on ollut 0,7 % positiivinen. Kokonaistuottavuuden muutos (tfpch) on ollut heikoimmilla tiloilla 3,4 % negatiivinen. Parhaimmilla tiloilla kokonaistuottavuus on noussut 4,5 % vuodessa.

Jakaumien perusteella voidaan todeta, että ryhmittelyn ääripäissä hajonta on suurempaa. Yksittäiset lukemat ovat paikoin suuria mutta niihin on suhtauduttava varovaisesti, sillä taustalla voi olla esimerkiksi mittausvirheitä tai muita syistä, minkä takia havainnot ovat ns. ”outlier”-havaintoja.

Omavaraisuuden (%) yhteyttä tehokkuuden ja tuottavuuden muutoksiin ajassa on esitetty kuviossa 16. Muutokset ovat keskimääräisiä vuosimuutoksia tutkimusajanjaksolla. Samat tiedot ja myös havaintojen lukumäärät ryhmittäin on esitetty taulukkona Liitteessä 3.



Kuvio 16. Omavaraisuusasteen (%) yhteys tehokkuuden ja tuottavuuden muutokseen.

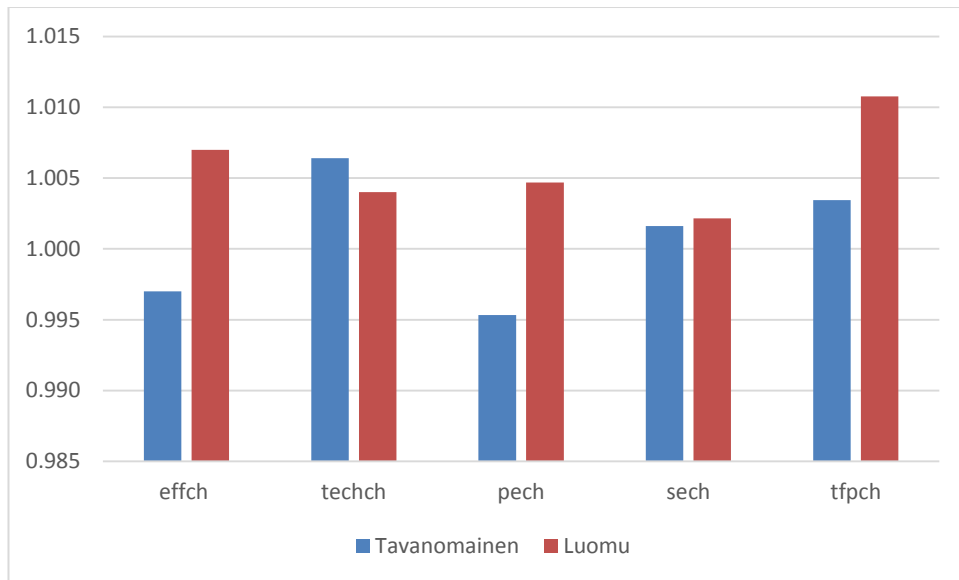
Tulosten perusteella 100 % omavaraisuudella toimivilla tiloilla kokonaistehokkuuden ja tuottavuuden kehitys on ollut kaikkein heikointa. Kaikki luvut ovat alle yhden, mikä tarkoittaa, että tilat taantuvat. Vastaavasti alhaisimmalla omavaraisuudella toimivat tilat ovat nostaneet eniten sekä kokonaistehokkuutta että tuottavuutta.

Teknologisella muutoksella (techch) on selkeä käänteinen yhteys omavaraisuuteen, sillä omavaraisuuden laskiessa teknologinen muutos saa suuremman arvon. Tämän perusteella velkapääomalla on kyetty investoimaan parempaan teknologiaan.

Puhtaan teknisen tehokkuuden muutoksella voidaan nähdä lievä käänteinen yhteys omavaraisuuteen. Etenkin velkaisimpien ja täysin omavaraisten tilojen välinen ero on selkeä. Näiden ryhmien välille jäävät tilat ovat teknisen kehityksen suhteen melko tasaisia. Omavaraisuudella ei ole havaittavissa selkeää yhteyttä skaalatehokkuuden muutokseen.

Omavaraisuudella ei taulukon 14 mukaan juurikaan havaittu yhteyttä tehokkuuteen. Kuitenkin tutkittaessa muutosta ajassa on omavaraisuudella yhteys muutokseen. Koko tutkimusaikavälin keskiarvojen käyttö sulkee joissain määrin tehokkuuden muutoksen pois.

Tutkimusaineiston 250 tilasta luomutiloja koko tutkimusajanjakson ajan oli 13 tilaa. Kun vertailtiin luomutilojen ja tavanomaisten tilojen tehokkuuksien ja tuottavuuksien muutoksia tutkimusajanjaksolla, saatiin kuvion 17 mukaiset tulokset. Otanta on melko pieni, joten tulokset ovat lähinnä suuntaa antavia. Tulokset taulukkomuodossa Liitteessä 3.



Kuvio 17. Tuotantotapavertailu tehokkuuden ja tuottavuuden muutoksessa.

Tuotantotapavertailun perusteella puhtaan teknisen tehokkuuden muutos on ollut positiivinen luomutiloilla ja negatiivinen tavanomaisilla tiloilla. Tämä on tulosten merkittävin ero. Kokonaistuottavuuden muutos on ollut molemmilla tuotantotavoilla positiivinen mutta luomutiloilla hieman korkeampi kuin tavanomaisilla tiloilla. Teknologinen muutos ja skaalatehokkuuden muutos ovat olleet yhteneväiset molemmissa tuotantotavoissa. Voidaan todeta, että luomutilat kehittyvät hieman nopeammin kuin tavanomaiset tilat.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää suomalaisten maitotilojen panoskäytön tehokkuutta, tuottavuutta ja niiden muutosta DEA-mallin avulla. Luken kirjanpitoaineistoa karsittiin tutkimuksen käyttöön sopivaksi ennen tehokkuusrintaman muodostamista. Muuttujien valinnassa hyödynnettiin mahdollisuuksien mukaan aiempien tutkimuksien malleja. Tehokkuuslukujen perusteella pyrittiin löytämään tilojen välisille tehokkuuseroille selittäviä tekijöitä.

Tulosten perusteella tehokkuuden selittäjäksi voidaan löytää useita eri muuttujia. Tuotantotavalla, alueella ja useilla muilla muuttujilla on yhteys tehokkuuteen. Mikään näistä ei kuitenkaan täysin yksiselitteisesti selitä tehokkuuslukua, sillä hyviä tehokkuuslukuja on myös jaottelujen perusteella tehtävissä ryhmissä, joissa on alhainen tehokkuusluvun keskiarvo. Korkeita tehokkuuslukuja saaneiden ryhmien ominaisuuksia voidaan hyödyntää, kun etsitään tehokkaita ja tuottavia tiloja.

Jaottelujen jälkeen eri ryhmistä löytyvät tehokkaat tilat voivat toimia benchmarking-tiloina muulle ryhmälle. Näin ollen tehottomammat tilat voivat ottaa oppia tehokkaiden tilojen toimintatavoista. Kirjanpitoaineiston lukujen avulla kaikkia tehokkuutta tai tehottomuutta selittäviä tekijöitä ei välttämättä voida havaita vaan se vaatisi syvempää analyysia tilan toiminnasta. Syvällisempi analyysi pienemmästä tilajoukosta olisi mahdollinen jatkotutkimusaihe.

Alueittaisen jaon perusteella muodostetut tehokkuusluvut antoivat hieman yllättävän tuloksen. Tehokkain tilajoukko sijaitsee pohjoisimmassa Suomessa C2P-, C3- ja C4-tukialueilla. Tehokkuudet CRS- ja VRS-malleissa sekä skaalatehokkuus paranivat pohjoiseen päin mentäessä. Toisena tuottona olevaan tukituottoon sisältyy eläinyksikkö- ja pinta-alkohtaiset tuet, jotka ovat suuremmat pohjoisessa, mikä osin selittää saatua tutkimustulosta. Tulos antaa kuitenkin positiivisen kannustimen maidontuotannon harjoittamiselle pohjoisessa Suomessa.

Ilman tukia tulokset (kts Liite 4) ovat kuitenkin erilaiset ja vastaavat Ovaskan, Sipiläisen, Ryhäsen ja Ylätalon (2009, 28–29) saamia tutkimustuloksia, joissa tukia ei huomioitu. Tämän tutkimuksen mukaan C2P-C3-C4-alueet saavat heikoimmat tehokkuusluvut, kun tukituottoa (pl. tuotantoon sidotut maitolitrakohtaiset tuet, jotka sisältyvät myyntituottoon)

ei huomioida. Tuilla on kuitenkin merkittävä tuotantoa ohjaava ja taloudellinen vaikutus, joka havaitaan myös tämän tutkimuksen tuloksissa. Näin ollen tukia ei ole syytä jättää huomiotta mutta on ymmärrettävä tukituoton merkitys DEA-mallissa.

Henkilökohtaisten arvojen, tavoitteiden, yhteistyön, sosiaalisen elämän, perhesuhteiden ja paikallisen kilpailutilanteen merkitystä tehokkuuteen ei kyetä tutkimusaineiston perusteella arvioimaan. Kuitenkin niillä on jonkinasteinen yhteys tehokkuuteen. Johansson (2005, 15) nosti omassa tutkimuksessaan esiin pehmeämmät, sosiaaliset arvot tehokkuuslukujen taustalla. Niiden nähdään vaikuttavan myös tämän tutkimuksen lukujen taustalla.

Kirjanpitoaineiston tietojen lisäksi olisi mielenkiintoista verrata saatuja tehokkuus- ja tuotavuuslukuja tilakohtaisiin maidon pitoisuuksiin (rasva, valkuainen), siemennysten määrään, keskipoikimakertaan, ensimmäisen poikimisen ajankohtaan tai vasikkakuolleisuuteen. Oletettavasti näillä tuotannollisilla muuttujilla on yhteys tehokkuuteen. Lisäksi ne voisivat joissain määrin toimia tilan management-kyvyn ja ammattiosaamisen indikaattoreina. Tämä olisi hyödyllinen jatkotutkimusaihe, jossa tulisi käsitellä taloudellisen ja biologisen informaation yhteyttä.

Latukan (2010, 3) mukaan kannattavuuskirjanpitoaineistossa erot tilojen välillä ylikorostuvat lyhyellä aikavälillä suhteessa siihen, mitä ne oikeasti ovat pitkällä aikavälillä. Tämän tutkimuksen perusteella saman ilmiön voidaan nähdä esiintyvän myös tehokkuuksia vertailtaessa. Kirjanpitoaineiston tilakohtaiset tulokset olivat kuitenkin niin hyviä, että ei nähty syytä poistaa parhaimpia ja huonoimpia tuloksia ja siten vähentää huonon tai hyvän onnen vaikutusta tuloksiin. Tehokkuuksia tarkasteltaessa käytettiin kuuden vuoden keskiarvoja, mikä poistaa satunnaisuutta.

Tilojen keskituotoksella havaittiin selkeä lineaarinen yhteys tehokkuuteen. Keskituotoksen noustessa tehokkuusluku nousee. Näin ollen keskituotoksen voidaan nähdä olevan yhteydessä tilan johtamiseen ja management-kykyyn. Keskituotoksen yhteyden tehokkuuteen on havainnut myös Stokes ym. (2562, 2007) ja Sipiläinen, Ryhänen ja Ovaska (2015, 72). Korkean keskituotoksen tilat toimivat keskimäärin muita tehokkaammin. On silti ymmärrettävä että korkeaa keskituotosta ei ole syytä tavoitella hinnalla millä hyvänsä, sillä yrittäjän tavoitteena on maksimoida voittoa, ei tuottoa. Kuitenkin johtopäätöksenä voidaan todeta, että korkeaa tehokkuutta tavoiteltaessa pitää tavoitella korkeaa keskituotosta.

Laadukkaan eläinaineksen ja jalostuksen merkitystä keskituotokseen ei kyetä tutkimusaineiston perusteella analysoimaan. Toisaalta myös tuotanto-olosuhteilla ja ruokinnalla nähdään olevan yhteys lehmien syöntiin ja tuotokseen. Jatkossa tulisi kerätä tiloilta yksityiskohtaisempaa tietoa, jotta kyettäisiin tekemään luotettavia johtopäätöksiä tehokkuuden taustalla vaikuttavista tekijöistä.

Sipiläinen ym. (2015, 72) havaitsivat myös lehmämäärän ja nurmen osuuden peltoalasta olevan yhteydessä tehokkuuslukuihin. Tässä tutkimuksessa tehtiin samantapainen havainto lehmämäärän osalta. Skaalatehokkuus kasvaa lehmämäärän kasvaessa ja suurempi lehmämäärä mahdollistaa paremman teknologian käyttöönoton. Sen sijaan nurmen osuutta peltoalasta ei nähty syytä erikseen tutkia, koska peltoviljelyn intensiteetti ja eläintiheys kertovat paremmin viljelyn voimaperäisyydestä sekä peltojen hyvästä kasvukunnosta.

Suurimman eläintiheyden (yli 1,2 ey/ha) ja intensiivisimmän peltoviljelyn (yli 60 000 MJ/ha) havaittiin olevan yhteydessä korkeimpaan tehokkuuteen. Suuri eläintiheys kannustaa intensiiviseen peltoviljelyyn. Skaalatehokkuuden havaittiin nousevan keskimääräisen hehtaarisadon kasvaessa. Korkeaa teknistä tai skaalatehokkuutta tavoiteltaessa peltoja on viljeltävä intensiivisesti ja niiltä on saatava riittävän korkeita satoja.

Tilakoolla havaittiin selkeä yhteys CRS-tehokkuuteen sekä lehmämäärän että peltopinta-alan kautta. Kuitenkin pienimmät tilat saivat erinomaisia VRS-tehokkuuslukemia. Tämä kertoo siitä, että pienet tilat toimivat tehokkaasti omassa tilakoryhmässään mutta niiden ei ole mahdollista saavuttaa samanlaisia mittakaavaetuja kuin suuremmat tilat. Näin ollen pienet tilat toimivat teknisesti tehokkaasti mutta skaalatehottomasti. Tämä tutkimus kannustaa pienimpiä ja keskikokoisia tiloja tuotannon laajentamiseen.

Velkapääoman käytöllä kyetään tulosten mukaan nopeuttamaan tehokkuuden ja tuottavuuden kasvua. Täydellä omavaraisuudella toimivien tilojen kehitys kärsii, kun ne karttavat vierasta pääomaa. Tämä oli odotettavissa oleva tulos ja sen nähdään kannustavan vieraan pääoman käyttöön, kun tehostetaan tilan toimintaa ja tavoitellaan parempaa tuottavuutta.

Stokes ym. (2562, 2007) mukaan liiallinen velkapääoman määrä johtaa heikkoihin tehokkuuslukuihin. Tämän tutkimuksen tuloksissa ei havaittu sellaista ja tulos on siten erilainen. Kuitenkin liiallisen velan määrän nähdään johtavan maksuvalmiusongelmiin pitkällä aikavälillä ja siten tehokkuuden ja tuottavuuden heikkenemiseen. Kun velkaa on paljon, ovat

velanhoitokulut suuret suhteessa tuloihin. Tällöin toiminta on herkkää tuotos- ja panoshintojen vaihtelulle, mikä vaikuttaa maksuvalmiuteen.

Johansson (2005, 15) mukaan suuri velkapääoman määrä pakottaa kehittämään tilan johtamista. Samaa perustetta voidaan käyttää myös tässä tutkimuksessa. Vieraan pääoman velvoitteet kannustavat kiinnittämään huomiota tilan toimintojen tehostamiseen. Vieraan pääoman tarjoajalta voidaan myös saada ulkopuolista näkemystä siihen, miten ja mihin suuntaan tilan toimintaa kannattaa kehittää. Toisaalta keskustelu ulkopuolisen kanssa voi auttaa yrittäjiä katsomaan tilan toimintaa uudesta näkökulmasta.

Velkapääomalla kyetään investoimaan tehokkuutta ja tuottavuutta parantaviin kohteisiin ja hankkimaan aiempaa parempaa tuotantoteknologiaa. Yksi esimerkki tästä on lypsyprosessin kehittäminen siirtymällä putkilypsystä esimerkiksi lypsyrobottiin tai lypsykaruselliin. Toinen esimerkki on ruokintaprosessin tehostaminen siirtymällä talikosta pienkuormaajaan, kiskoruokkijaan tai matoruokkijaan.

Näissä esimerkeissä tehokkuus ja tuottavuus kasvavat työn säästön kautta, mikä taas mahdollistaa tilan laajentamisen ja sitä kautta suuruuden ekonomian tuoman hyödyn. Ilmiö on nähtävissä taulukoissa 1-6, joiden mukaan tilakoko kasvaa mutta tilakohtainen työmäärä ei. Kuvion 14 eläinyksikkökohtaisen työmäärän pienenemisen yhteys tehokkuuden kasvuun tukee tätä näkemystä.

Urakoitsijan käytön ja toimintojen ulkoistamisen yhteyttä tehokkuuteen ei kyetty aineiston perusteella tutkimaan. Kuitenkin tilakoon kasvaessa yrittäjä on usein pakotettu keskittämään työresursseja ydintoimintoihin, joihin maitotilalla kuuluvat navetan sisäiset työt. Näin ollen esimerkiksi peltoviljelyn prosesseja voidaan ulkoistaa. Tähän perustuen toimintoja ulkoistamalla päästään parempiin tehokkuuslukuihin.

Jatkotutkimuksissa on syytä keskittyä maitotilojen teknisen tehokkuuden lisäksi allokatiivisen ja kustannustehokkuuden tutkimiseen. Tavoiteltaessa optimaalista panoskäyttöä on oltava tutkittua tietoa myös panosten suhteellisesta käytöstä. Tämä tutkimus antaa hyvää pohjaa tuleville tutkimuksille teknisen tehokkuuden, skaalatehokkuuden ja tuottavuuden muutoksen näkökulmasta.

Suomalaisen maidontuotannon lisäksi koetaan tarpeelliseksi myös naudanlihantuotannon tehokkuuden ja tuottavuuden selvittäminen. Lopetettavien lehmien lisäksi osa maitotiloista

kasvattaa nautoja suoraan teuraaksi. Tämän lisäksi Suomessa on paljon vain naudanlihan-
tuotantoon keskittyneitä tiloja. Naudanlihantuotanto on Suomessa melko moni-ilmeistä
tilakoon, rotujen ja erilaisten tuotannonhaaravaihtoehtojen (mm. itseuudistuva naudanli-
hantuotanto, kolmivaihekasvatus) myötä, mikä tuo haastetta mahdollisiin tutkimuksiin.

Kiitän Lukea (ent. MTT) kannattavuuskirjanpitoaineistosta, mikä mahdollisti tutkielman
laatimisen. Kiitän myös ohjaajiani, jotka auttoivat keskittymään olennaisiin asioihin tut-
kielmaa laatiessani.

LÄHTEET

- Aldeseit, B. 2013. Measurement on Scale Efficiency in Dairy Farms: Data Envelopment Analysis (DEA) Approach. Jordan: Department of Agricultural Economics and Extension, Faculty of Agriculture, Jerash University. [Viitattu 29.3.2015.] Saatavissa: <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v5n9p37>
- Bogetoft, P.; Otto. L. 2011. Benchmarking with DEA, SFA and R-springer.
- Bäckman, S. 2008. Intensity, productivity and efficiency in agriculture in Finland and implications for N and P fertiliser management. Helsingin yliopisto. Taloustieteen laitos. Julkaisuja Nro 45.
- Coelli, T. 1996. Centre for Efficiency and Productivity Analysis (CEPA) Working papers: A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program. CEPA Working Papers. Departement of Econometrics. University of New England. Armidale, Australia.
- Coelli, T.; Rao, D. S. P.; Battese, G. E. 1998. An introduction to efficiency and productivity analysis. London: Kluwer Academic.
- Cooper, W; Seiford, L.; Zhu, J. 2004. Handbook on Data Envelopment Analysis. USA: International Series in Operations Research & Management Science vol 71.
- Färe, R.; Grosskopf, S. 1994. Estimation of returns to scale using data envelopment analysis: A comment. European Journal of Operational Research, v. 79.
- Goncalves, R.M.L.; da Cruz Vieira, W.; de Lima, J. E.; Gomes, S. T. 2008. Analysis of technical efficiency of milk producing farms in Minas Gerais. [Verkkojulkaisu]. Ribeirao Preto: Economia Aplicada vol. 12 no 2. [Viitattu 18.3.2015.] Saatavissa: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-80502008000200007&script=sci_arttext
- Hansson, H & Öhlmér, B. 2008. The effect of operational managerial practices on economic, technical and allocative efficiency at Swedish dairy farms. Department of Economics. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala. [Viitattu 25.11.2015]. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1871141308000164>

- Heinrichs, A. J.; Jones, C. M.; Gray, S. M.; Heinrichs, P. A.; Cornelisse, S. A.; Goodling, R. C. 2013. Identifying efficient dairy heifer producers using production costs and data envelopment analysis. [Verkkojulkaisu]. Journal of Dairy Science 96. [Viitattu 1.4.2015]. Saatavissa: [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(13\)00633-4/pdf](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(13)00633-4/pdf)
- Jansik, C. 2014. Kilpailu kiristyy maitokiintiöiden poistussa. Teoksessa: Niemi, J. & Ahlstedt, J. 2014. Suomen maatalous ja maaseutuelinkeinot 2014. Helsinki: MTT.
- Johansson, H. 2005. Technical, allocative and economic efficiency in Swedish dairy farms: The Data Envelopment Analysis versus the stochastic frontier approach. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala. [Viitattu 26.11.2015]. Saatavissa: <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/24478/1/pp05jo03.pdf>
- Kumbhakar, S.; Lovell, C. 2000. Stochastic frontier analysis. Cambridge: University press.
- Käytännön maamies 10/2015. Helsinki: Terramedia Oy.
- Lansink, A. O., Pietola, K. & Bäckman, S. 2001. Efficiency and productivity of conventional and organic farms in Finland 1994-1997. Teoksessa: Bäckman, S. 2008. Intensity, productivity and efficiency in agriculture in Finland and implications for N and P fertiliser management. Helsingin yliopisto. Taloustieteen laitos. Julkaisuja Nro 45.
- Latukka, A. 2010. Maitotilojen kannattavuuserojen syyt. Helsinki: Maataloustieteen päivät 2010. [Viitattu 11.4.2015]. Saatavissa: <http://www.smts.fi/jul2010/esite2010/066.pdf>
- Luke rehutaulukot. Energia-arvo märehitjät ja hevoset. [Viitattu 04.02.2016]. Saatavissa: https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Rehutaulukot/Rehutaulukot/laskentaperusteet/energia_arvo_marehtijat
- Niemi, J. & Ahlstedt, J. 2014. Suomen maatalous ja maaseutuelinkeinot 2014. Helsinki: MTT.
- Ovaska, S; Sipiläinen, T.; Ryhänen, M.; Ylätaalo, M. (toim.) 2009. Tilavertailut maidontuotannossa - haasteita ja mahdollisuuksia. Helsinki: MTT:n selvityksiä 171

- Pyykkönen, P. & Lehtonen, H. 2006. Maatalouden rakennekehitysnäkymät vuoteen 2013. [Verkojulkaisu]. Helsinki: Maataloustieteen päivät 2012. [Viitattu 13.3.2015]. Saatavissa: <http://www.smts.fi/esit06/0201.pdf>
- Ryhänen, M. & Sipiläinen, T. (toim.) 2011. Maatalousyrityksen johtaminen ja tuotannon suunnittelu. Luonnos 1/2011. Julkaisematon.
- Simar, L. & Wilson, P. W. 2007. Estimation and inference in two-stage, semiparametric models of production processes. *Journal of Econometrics*, 136, 31-64.
- Sipiläinen, T. 2003. Suurten maito- ja viljatilojen suorituskyky ja sen kehittäminen. Helsingin yliopisto. Taloustieteen laitos. Julkaisuja nro 38
- Sipiläinen, T.; Kortelainen, M.; Ovaska, S.; Ryhänen, M. 2010. Performance of Finnish dairy farms and its determinants: A comparison of parametric, semiparametric and nonparametric methods. Teoksessa: *Food Economics - Acta Agriculturae Scandinavica, Section C*. London: Taylor & Francis.
- Sipiläinen, T.; Ryhänen, M.; Ovaska, S. 2015. Liikkeenjohdon suorituskykyyn vaikuttavat tekijät eteläpohjalaisilla maitotiloilla. Teoksessa: Sipiläinen, T.; Ryhänen, M. (toim.). *Tuotannon järjestämisen ja yhteistyön vaikutus tekniseen tehokkuuteen – Yhteistyöllä kilpailukykyä maidontuotantoon-hanke*. Helsingin yliopisto. Taloustieteen laitos. Selvityksiä nro 81. [Viitattu 15.02.2016]. Saatavissa: <http://www.helsinki.fi/taloustiede/Abs/Selv81.pdf>
- Stokes, J. R.; Tozer, P. R.; Hyde, J. 2006. Identifying Efficient Dairy Producers Using Data Envelopment Analysis. [Verkojulkaisu]. *Journal of Dairy Science* 90. [Viitattu 30.3.2015]. Saatavissa: [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(07\)71753-8/pdf](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(07)71753-8/pdf)
- Sumelius, J & Bäckman, S. 2005. Determinants of Technical Efficiency on Finnish farms 1998-2001. Helsinki: *Agricultural Economics and Rural Development* 8/2005.
- Suomen virallinen tilasto (SVT): Kuluttajahintaindeksi [Verkojulkaisu]. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 16.12.2015]. Saatavissa: http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_hin_khi/?tablelist=true&rxid=c6748983-573a-4cf4-87ea-21b993a39f84

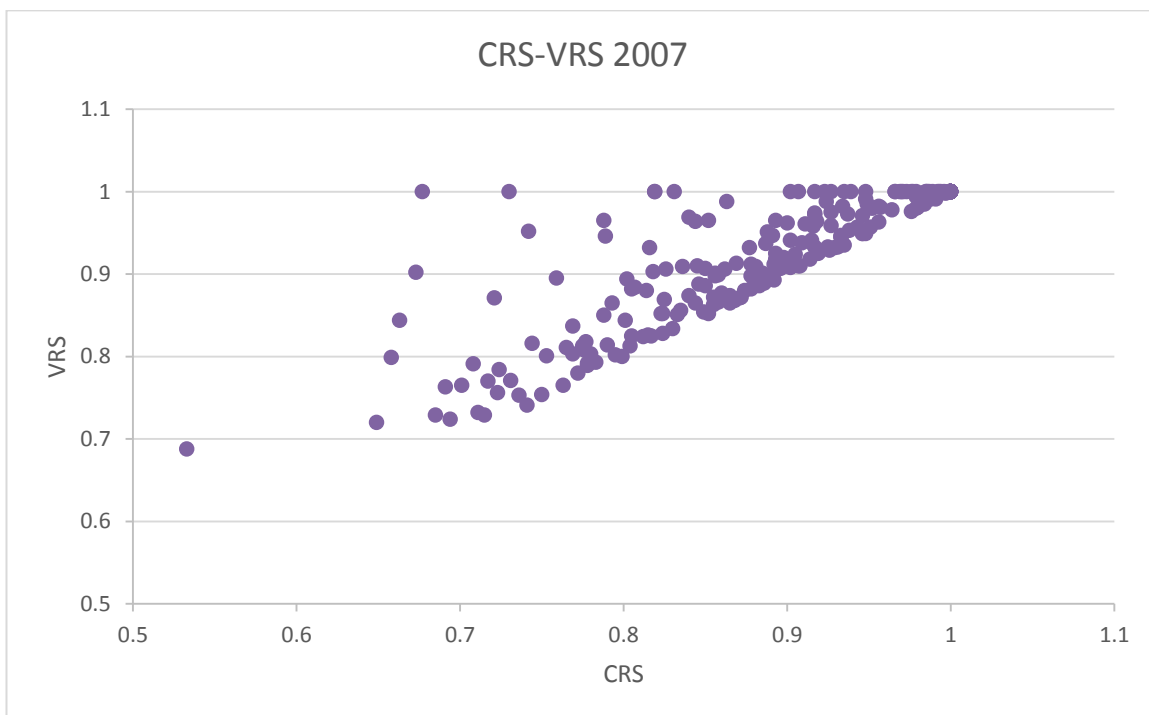
Suomen virallinen tilasto (SVT): Maatalouden hintaindeksit [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 16.12.2015]. Saatavissa: <http://www.stat.fi/keruu/mathi/index.html>

Valtioneuvoston asetus 44/2015. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 04.02.2016]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150044>

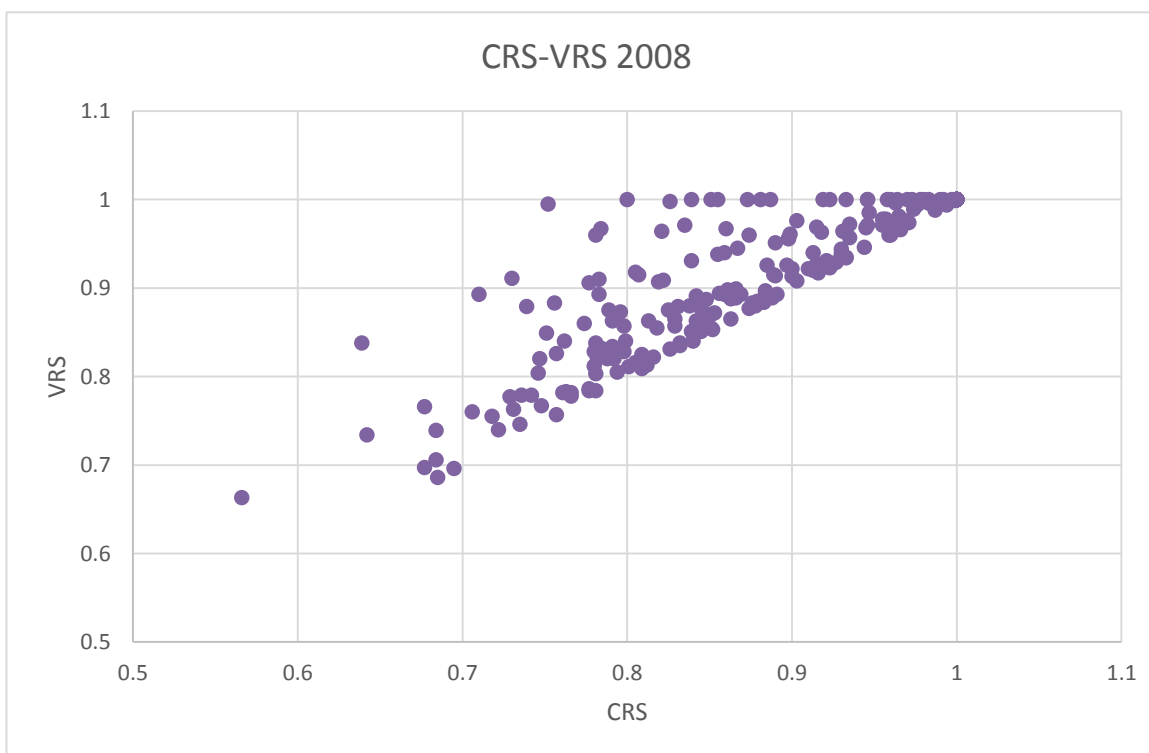
Valtioneuvoston asetus 137/2015. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 04.02.2016]. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150137>

Valtiosopimus 103/1994. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 04.02.2016]. Saatavissa: http://www.finlex.fi/fi/sopimukset/sopsteksti/1994/19940103/19940103_2#idp1730608

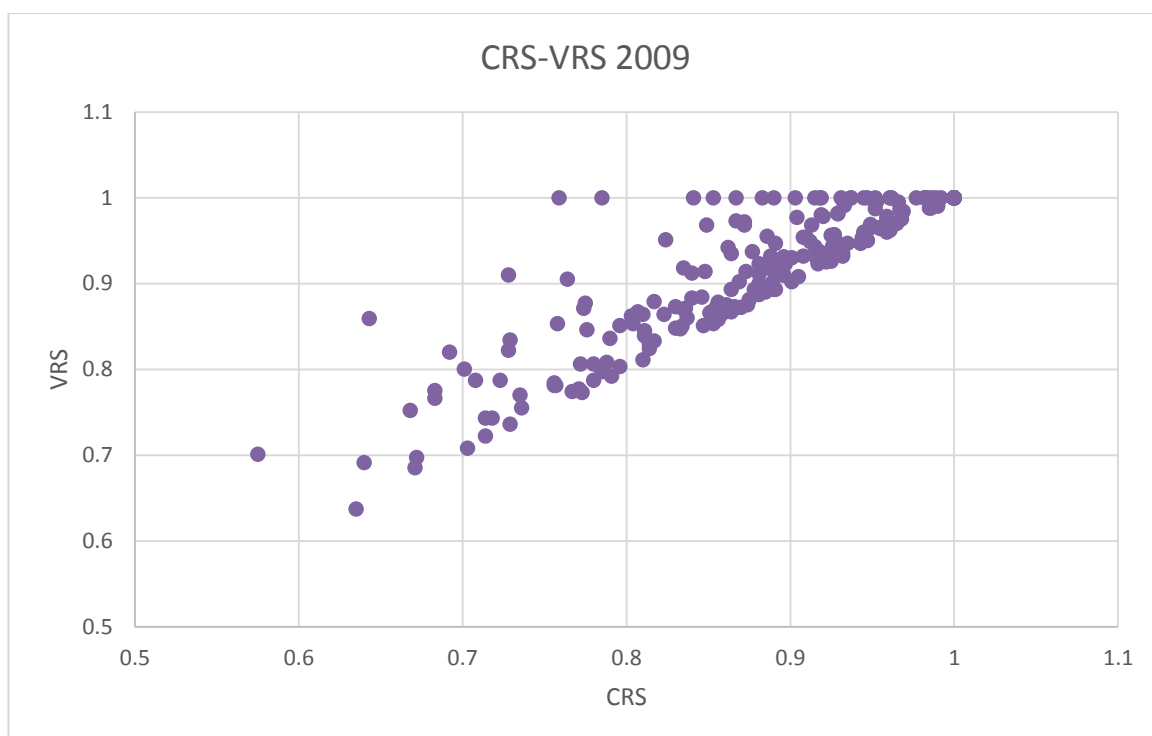
LITTEET

LIITE 1 CRS- ja VRS-tehokkuudet (kaksi tuottoa) vuosittain 2007 - 2012

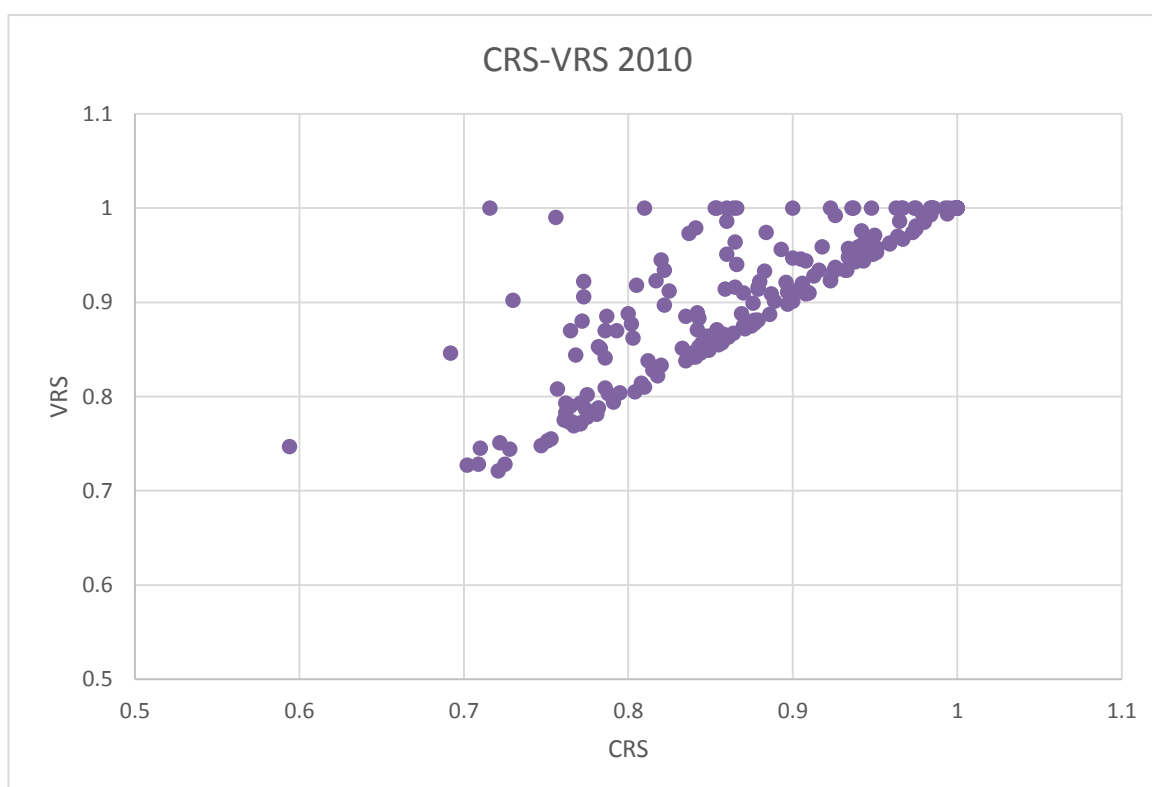
Kuvio 18. CRS- ja VRS-tehokkuudet 2007.



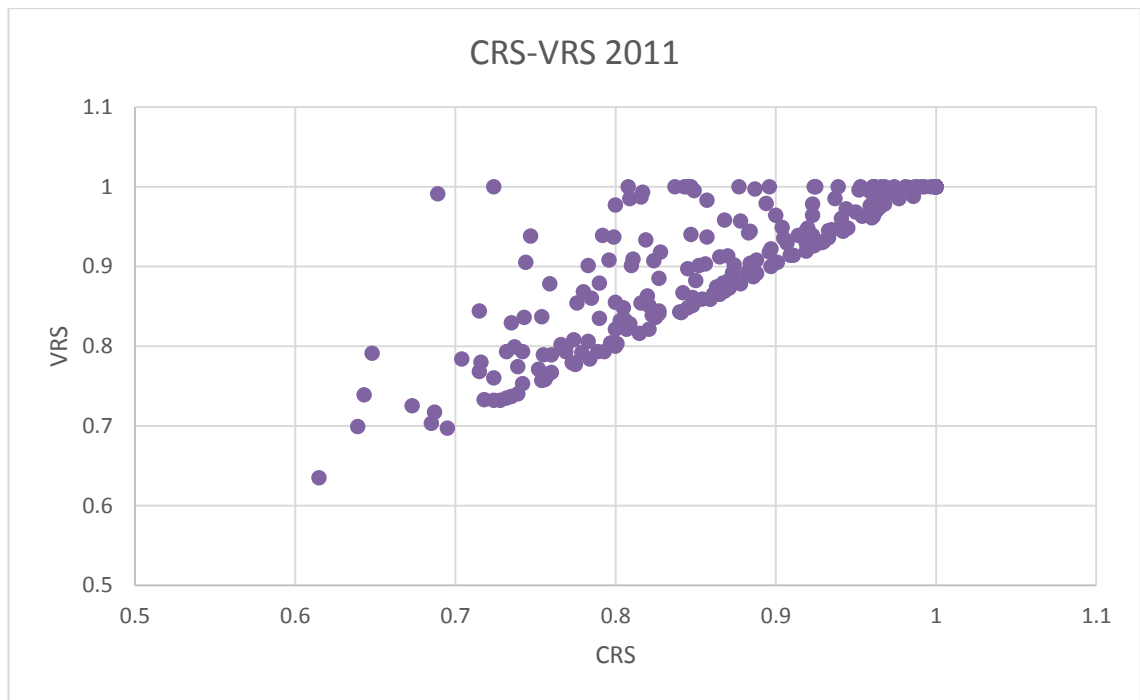
Kuvio 19. CRS- ja VRS-tehokkuudet 2008.



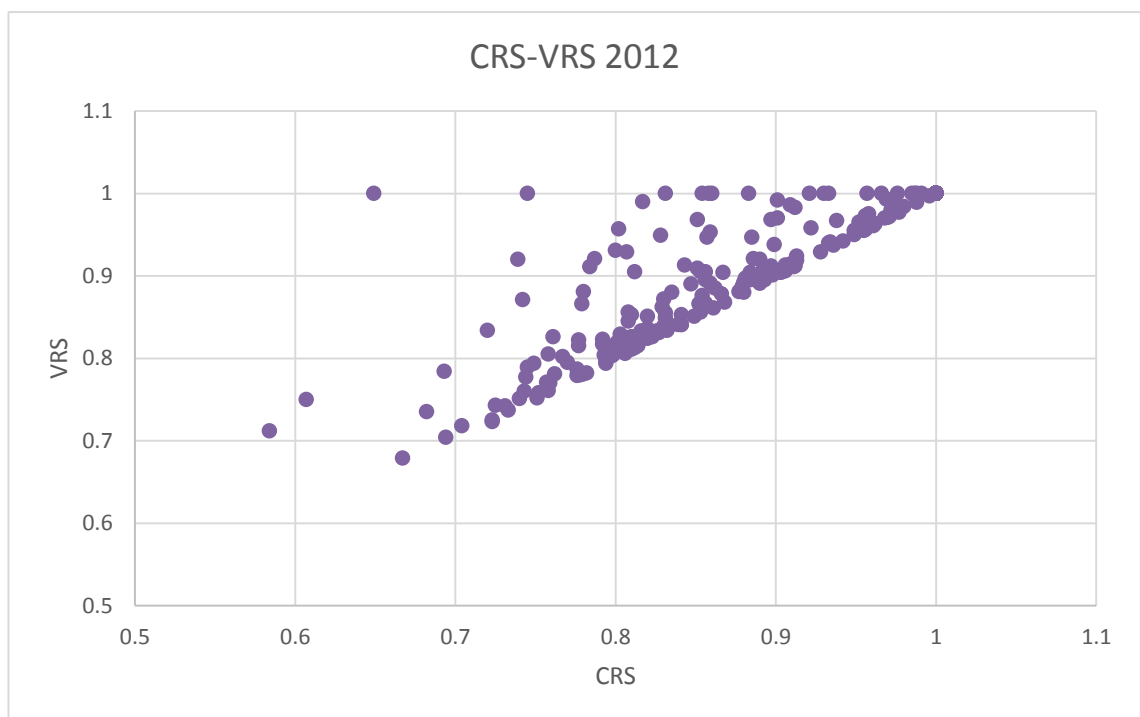
Kuvio 20. CRS- ja VRS-tehokkuudet 2009.



Kuvio 21. CRS- ja VRS-tehokkuudet 2010.



Kuvio 22. CRS- ja VRS-tehokkuudet 2011.



Kuvio 23. CRS- ja VRS-tehokkuudet 2012.

LIITE 2 CRS ja VRS tehokkuuksia (keskiarvo 2007–2012, kaksi tuottoa) taulukkona

Taulukko 18. CRS- ja VRS-tehokkuudet eläintiheys ja viljelyintensiteetti.

Eläintiheys (ey/ha)	CRS	VRS	
- 0,59	0,880	0,919	n=44
0,60 - 0,79	0,879	0,912	n=63
0,80 - 0,99	0,875	0,900	n=56
1,00 - 1,19	0,872	0,921	n=35
1,20 -	0,916	0,939	n=52
ry/ha	CRS	VRS	
- 2 999	0,886	0,922	n=56
3 000 - 3 999	0,877	0,913	n=98
4 000 - 4 999	0,880	0,908	n=69
5 000 -	0,926	0,942	n=27
MJ/ha	CRS	VRS	
- 29 999	0,876	0,920	n=32
30 000 - 39 999	0,890	0,927	n=62
40 000 - 49 999	0,871	0,903	n=90
50 000 - 59 999	0,889	0,915	n=43
60 000 -	0,932	0,947	n=23

Taulukko 19. CRS- ja VRS-tehokkuudet lehmämäärälle ja viljelyalalle.

Lehmiä	CRS	VRS	
- 19	0,862	0,930	n=56
20 - 39	0,877	0,904	n=90
40 - 59	0,893	0,905	n=46
60 - 89	0,910	0,924	n=40
90 -	0,919	0,960	n=18
Viljelyala (ha)			
Viljelyala (ha)	CRS	VRS	
- 39	0,858	0,928	n=61
40 - 59	0,875	0,904	n=48
60 - 79	0,892	0,906	n=64
80 - 99	0,909	0,919	n=34
100 -	0,905	0,931	n=43

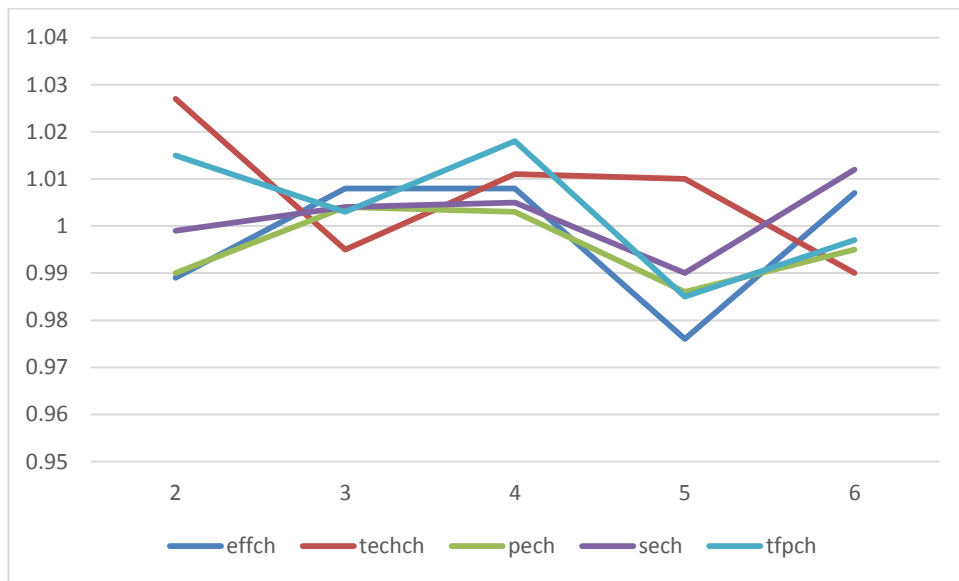
Taulukko 20. CRS- ja VRS-tehokkuudet alue, tuotantotapa ja keskituotos.

Alue	CRS	VRS	
A-B	0,871	0,914	n=45
C1-C2	0,878	0,910	n=160
C2P-C3-C4	0,923	0,946	n=45
Tuotantotapa			
Tuotantotapa	CRS	VRS	
Luomu	0,907	0,955	n=13
Tavanomainen	0,884	0,915	n=237
Keskituotos 2007 - 2012			
Keskituotos 2007 - 2012	CRS	VRS	
- 7 999	0,841	0,889	n=61
8 000 - 8 999	0,876	0,910	n=90
9 000 - 9 999	0,913	0,936	n=75
10 000 -	0,941	0,956	n=24

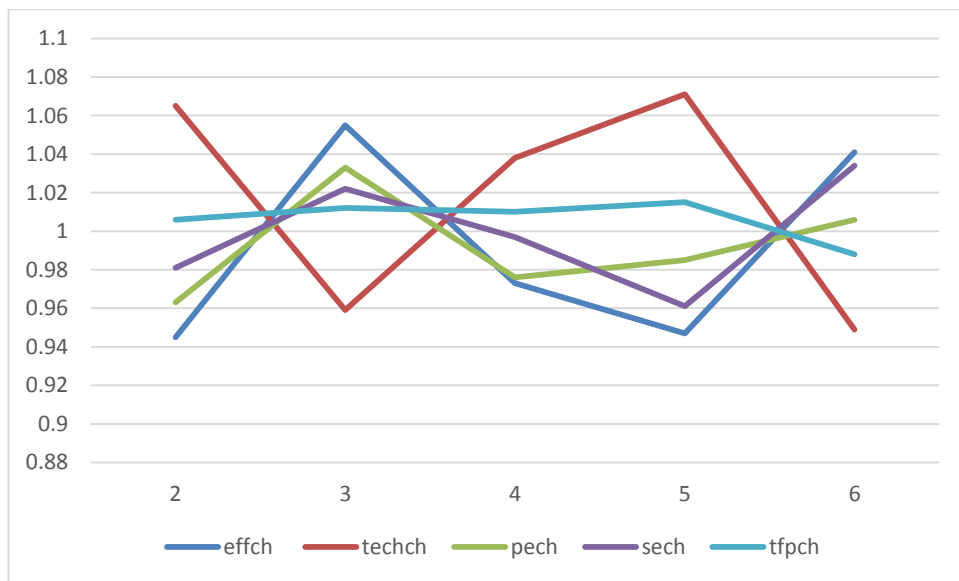
Taulukko 21. Eläinlukumääräkohtaisen työmäärän yhteys tehokkuuteen.

Työ (h) / EY	CRS	VRS	
- 69	0,910	0,929	n=61
70 - 99	0,886	0,913	n=59
100 - 129	0,889	0,917	n=45
130 - 159	0,870	0,910	n=41
160 -	0,858	0,914	n=44
Työ (h) / lehmä	CRS	VRS	
- 100	0,894	0,925	n=46
100 - 149	0,889	0,915	n=69
150 - 199	0,883	0,919	n=49
200 - 249	0,870	0,902	n=42
250 -	0,886	0,923	n=44

LIITE 3 Tehokkuuden ja tuottavuuden muutos ajassa



Kuvio 24. Paneeliaineiston tehokkuuden muutokset ajassa (kaksi tuottoa).



Kuvio 25. Paneeliaineiston tehokkuuden muutokset ajassa (yksi tuotto).

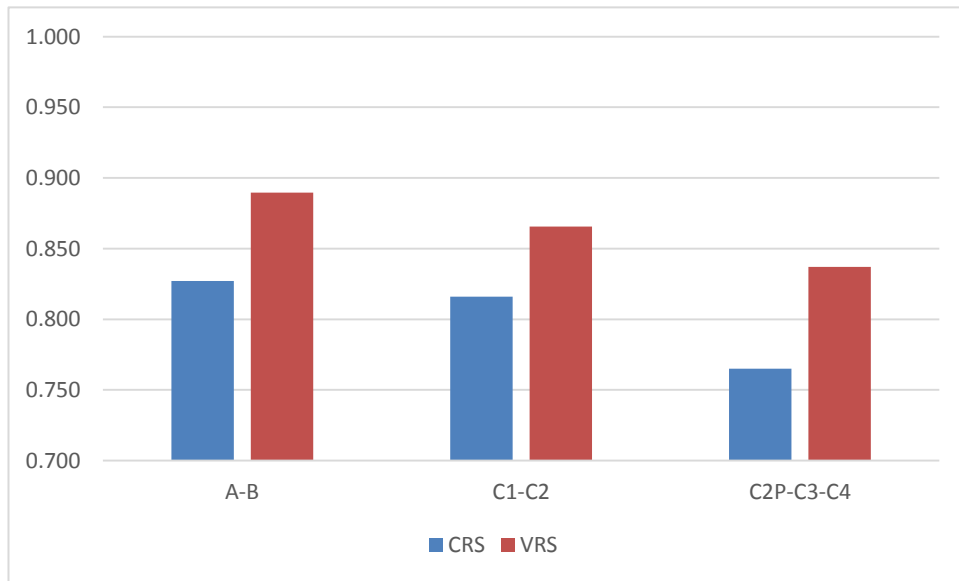
Taulukko 23. Tuotantotapojen tehokkuuden ja tuottavuuden muutos (vuodessa).

kaksi tuottoa	effch	techch	pech	sech	tfpch
Tavanomainen	0,997	1,006	0,995	1,002	1,003
Luomu	1,007	1,004	1,005	1,002	1,011

Taulukko 22. Omavaraisuuden yhteys tehokkuuden ja tuottavuuden muutokseen (vuodessa).

Omavaraisuus (%)	effch	techch	pech	sech	tfpch	kaksi tuottoa
- 49	1,001	1,015	1,001	1,000	1,017	n=51
50 - 69	0,993	1,010	0,992	1,001	1,003	n=43
70 - 89	0,998	1,005	0,996	1,002	1,003	n=79
90 - 99	0,999	1,001	0,995	1,004	1,000	n=60
100	0,988	0,995	0,989	0,998	0,983	n=17

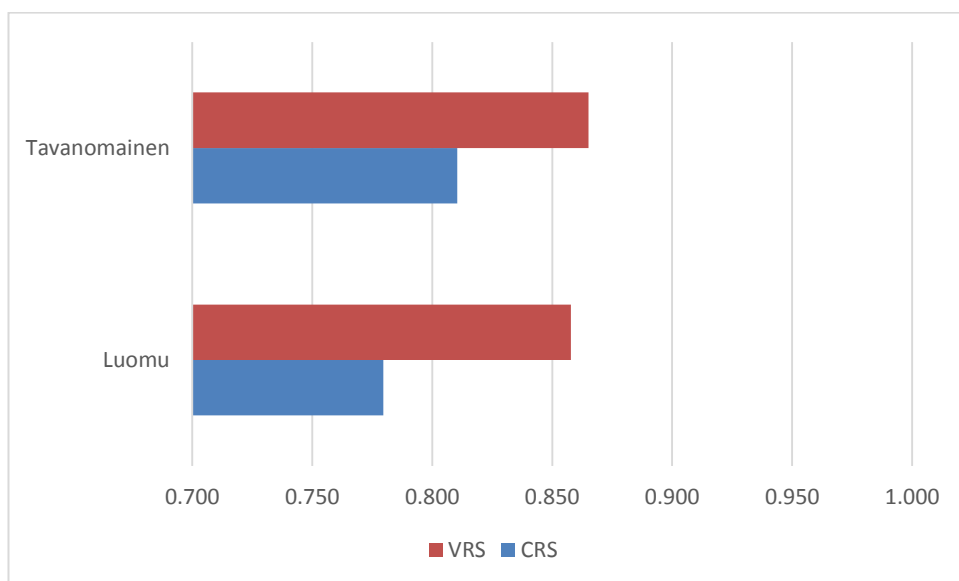
LIITE 4 Yhden tuoton mallin mukaisia kuvioita ja taulukkoja tehokkuudesta



Kuvio 26. Tukialueiden tehokkuus (ka).

Taulukko 24. Tukialueiden tehokkuusjakaumat.

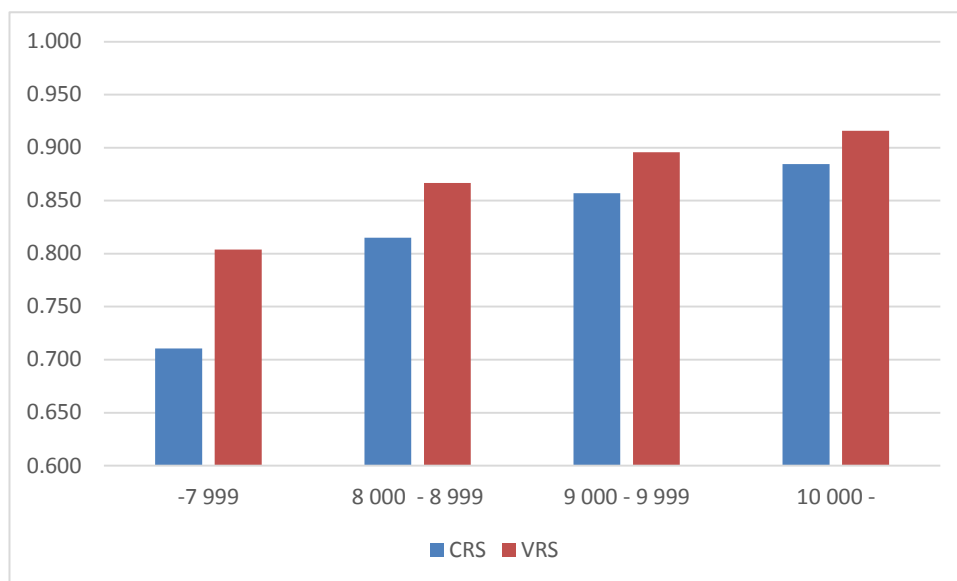
Havaintojakauma (n. 90 %)		CRS	VRS
A-B	(n=41/45)	0,655 - 0,979	0,747 - 0,993
C1-C2	(n=144/160)	0,669 - 0,964	0,729 - 0,986
C2P-C3-C4	(n=41/45)	0,583 - 0,915	0,688 - 0,989



Kuvio 27. Tuotantotapojen tehokkuus (ka).

Taulukko 25. Tuotantotapojen tehokkuusjakaumat.

Havaintojakauma (n. 90 %)		CRS	VRS
Luomu	(n=11/13)	0,646 - 0,913	0,747 - 0,947
Tavanomainen	(n=213/237)	0,660 - 0,964	0,717 - 0,989



Kuvio 28. Keskituotoksen (kg/vuosi) yhteys tehokkuuteen (ka).

Taulukko 26. Keskituotosryhmien havaintojakaumat.

Havaintojakauma (n. 90 %)		CRS	VRS
- 7 999	(n=55/61)	0,555 - 0,838	0,682 - 0,949
8 000 - 8 999	(n=80/90)	0,677 - 0,947	0,732 - 0,984
9 000 - 9 999	(n=67/75)	0,739 - 0,967	0,804 - 0,989
10 000 -	(n=22/24)	0,782 - 0,969	0,845 - 0,987