

**Nestemäisten biopolttoaineiden markkinahintoihin
vaikuttavat tekijät**

Heidi Rintamäki
Maisterin tutkielma
Helsingin yliopisto
Taloustieteen laitos
Maatalouspolitiikka
Lokakuu 2012

Sisältö

1 Johdanto.....	4
1.1 Tutkimuksen tausta.....	4
1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rakenne.....	5
1.3 Kirjallisuus	6
1.4 Termit ja käsitteet	8
2 Maailman biopolttoainemarkkinat ja niiden hintakehitys	11
2.1 Bioetanolin markkinat	14
2.2 Biodieselin markkinat.....	16
2.3 Tuotantokustannukset ja kilpailukyky	19
3 Kansainvälisten biopolttoainemarkkinoiden kehitykseen vaikuttavat tekijät	21
3.1 Energian kysyntä	21
3.2 Poliitiikan keinot	22
3.3 Sertifikaatit.....	25
3.4 Globaali ruuantuotanto	27
3.5 Biopolttoaineiden tuotanto.....	28
4 Hinnan muodostuminen.....	30
4.1 Hinnan määräytyminen kilpailullisilla markkinoilla	30
4.2 Hinnan määräytyminen epätäydellisillä markkinoilla	35
4.3 Hinnan määräytymiseen ja muodostumiseen vaikuttavat tekijät	38
4.3.1 Raaka-aine.....	40
4.3.2 Maatalouspolitiikan keinot.....	42
4.3.3 Bioenergiapolitiikan keinot	45
5 Tutkimusmenetelmät ja aineisto	47
5.1 Ekonometrinen estimointi ja regressioanalyysi.....	47
5.2 Pienimmän neliösumman menetelmä	48
5.3 Aineisto.....	49
5.4 Malli	50
5.5 Testaaminen	53
5.6 Aikasarja-analyysien ominaispiirteet.....	56
5.6.1 Yksikköjuuritestit	57
5.6.2 Yhteisintegroituuus	59

5.6.3 Virheenkorjausmalli.....	61
6 Biopolttoaineiden markkinahintoihin vaikuttavat tekijät ja mallin estimointi.....	62
6.1 Yhdysvaltojen bioetanolin markkinahinnan estimointi	62
6.2 Yhdysvaltojen biodieselin markkinahinnan estimointi.....	66
6.3 Brasilian bioetanolin markkinahinnan estimointi.....	70
6.4 Stationaarisuus- ja yksikköjuuritestit.....	73
6.4.1 Etanoli, Yhdysvallat.....	73
6.4.2 Biodiesel, Yhdysvallat	74
6.4.3 Bioetanoli, Brasilia	75
7 Johtopäätökset.....	77
7.1 Tärkeimmät markkinahintaan vaikuttavat tekijät.....	77
7.2 Tutkimuksen rajoitteet ja jatkotutkimustarpeet	80
Lähdeluettelo	82
Liitteet	87

1 Johdanto

1.1 Tutkimuksen tausta

Biopolttoaineiden maailmanlaajuinen tuotanto on kasvanut viime vuosina tasaisesti. Vuonna 2005 nestemäisten biopolttoaineiden, bioetanoli ja biodiesel, kokonaistuotanto oli noin 53,3 miljardia litraa, josta bioetanolin osuus oli yli 90 prosenttia. Vuonna 2011 saavutettiin noin 129,2 miljardin litran kokonaistuotanto, josta bioetanolin osuus oli 82 prosenttia. Suurimpia bioetanolin tuottaja- ja käyttäjämaita ovat Brasilia ja Yhdysvallat. Biodieseliä on tuotettu ja kulutettu eniten Euroopan unionin alueella.

Biopolttoaineet ovat saaneet monissa maissa viime aikoina kasvavaa huomiota. Ne on nähty keinona lieventää ilmastonmuutosta, edistää maaseudun kehittymistä ja lieventää globaalia energiahuolestuneisuutta. Biomassan kasvanut käyttö energiaksi on seurausta virallisista bioenergian käytön edistämistoimenpiteistä. Valtion puuttuminen biomassan ja -energian markkinoihin muuttaa markkinahintoja ja nämä hinnanmuutokset kannustavat bioenergian tuotannon kasvattamiseen. Biomassaa voidaan hyödyntää monella tavalla (ruoka, rehu tai energia). Bioenergian tuotanto ja käyttö on saanut vaikutteita poliittisista toimenpiteistä niin maataloudessa, metsäteollisuudessa kuin energiateollisuudessa. Kansallisia ja kansainvälisiä ympäristöpolitiikan välineitä, kuten sertifikaatteja voidaan soveltaa bioenergiasektorille.

Energiamarkkinoiden ja maataloustuotteiden välillä on havaittu olevan aiempaa suurempi kytkös. Energiahyödykkeiden, pääasiassa öljyn, kallistuminen on aiheuttanut keskeisten maataloushyödykkeiden tuotantopanosten hintojen nopean kasvun ja sitä kautta nostanut maataloushyödykkeiden hintoja maailmanlaajuisesti. Korkea energian hinta voi vaikuttaa biopolttoaineiden kysyntää nostavasti. Tämä luo paineita raaka-aineiden tarjonnalle ja nostaa ruuan hintaa. Biopolttoainetuotannon nopea kasvu on kuitenkin herättänyt huolta asiantuntijoiden parissa erityisesti kestävään kehitykseen ja ruokaturvaan liittyen.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rakenne

Tässä tutkimuksessa käsitellään Yhdysvaltojen, Brasilian ja Euroopan unionin biopolttoainemarkkinoiden hintavaihtelua ja hintaan vaikuttavia tekijöitä. Tarkastelun kohteena ovat pellonkäytön kannalta olennaisimmat kansainvälisessä kaupassa liikkuvat bioenergiatuotteet, eli liikennekäyttöön tarkoitetut nestebioltoaineet; bioetanoli ja biodiesel.

Tutkimuskysymys on asetettu seuraavasti:

- 1) Mitkä tekijät vaikuttavat bioetanolin ja biodieselin hintavaihteluihin Yhdysvalloissa, Brasiliassa ja Euroopan unionissa?

Tutkimuksen tavoitteena on vastata tutkimuskysymykseen kirjallisuuden pohjalta ja rakentaa yksinkertainen ekonometrinen malli, jolla voidaan kuvata hinnan muodostumiseen vaikuttavia tekijöitä. Tutkimus rajataan käsittelemään kahta kansainvälisen bioenergiakaupan tuotetta, bioetanolia ja biodieseliä, ja kolmea talousaluetta, Yhdysvallat, Brasilia ja Euroopan unioni.

Tutkimuksen rakenne koostuu teoriaviitekehystä, empiria-osuudesta ja loppupäätelmistä. Tutkimuksen johdannon jälkeen luvussa kaksi tarkastellaan tämän hetkisiä biopoltoainemarkkinoita, niiden rakennetta ja kehitystä. Luvussa kolme tarkastellaan biopoltoaineiden kysyntään vaikuttavia tekijöitä, kuten energian kysynnän kehitysnäkymiä ja politiikan keinoja. Luku neljä keskittyy taloustieteen hintateoriaan, joka asettaa pohjan maataloushyödykkeiden hintojen käyttäytymiselle ja määräytymiselle. Tutkimusmenetelmä ja aikasarjaekonometrian erityispiirteet on esitetty luvussa viisi. Estimoitavat mallit ja keskeisimmät tutkimustulokset on esitetty luvussa kuusi. Luvussa seitsemän analysoidaan saatuja tutkimustuloksia syvällisemmin, esitetään tutkimuksen johtopäätökset ja pohditaan jatkotutkimustarpeita.

Tämä tutkimus on osa SALKKU-hanketta, joka toteutettiin MTT:n ja VTT:n yhteistyönä.

1.3 Kirjallisuus

Energian ja maataloushyödykkeiden hintojen samanaikainen nousu on herättänyt kysymyksiä energian ja maataloushyödykkeiden hintojen välisestä yhteydestä. Ekonomistit ovat lähestyneet tätä tutkimuskenttää muun muassa yhteisintegraatiomenetelmän avulla tutkiessaan yhteyttä energian ja biomassan hinnoissa. Joissain tutkimuksissa on käytetty osittaistasapainomallia simuloimaan maatalouden, bioenergian ja energiamarkkinoiden välisiä riippuvuussuhteita. Myös teoreettisia malleja on kehitetty, jotta on voitu tunnistaa ja ymmärtää paremmin maatalouden, bioenergian ja energiamarkkinoiden muutoksia. Tutkimusaihe on tullut ajankohtaiseksi viimeisen vuosikymmenen aikana, minkä vuoksi siitä tehtyjä tutkimuksia ei ole laajalti saatavilla. Viime vuosina aiheen ajankohtaisuus on kasvanut samoin kuin siitä tehdyt tutkimukset.

Zhang, Lohr, Escalante & Wetztein (2009) tutkivat onko etanolin, maissin ja soijan markkinoiden pitkän ja lyhyen aikavälin yhteyttä, ja jos on, ovatko ne muuttuneet ajan saatossa. Tutkimuksessa raaka-aineiden hintoja tutkittiin yhteisintegraatio-, virheenkorjaus- ja MGARCH-menetelmiä apuna käyttäen. Tutkimustulokset viittaavat siihen, että bensiinin hinta vaikuttaa suoraan etanolin ja raakaöljyn hintoihin lyhyellä aikavälillä. Maataloushyödykkeiden hinnat nähdään markkinoiden signaaleina, jotka pyrkivät tasapainottamaan markkinat markkinatasapainoon, kysynnän tai tarjontashokin seurauksena lyhyellä aikavälillä. Pitkällä aikavälillä polttoaineilla (etanoli, bensiini ja raakaöljy) ja maataloushyödykkeillä (maissi ja soija) ei näytä olevan yhteyttä.

Mallory, Hayes ja Irwin (2010) tarkastelivat tutkimuksessaan Yhdysvaltojen maissi- ja energiamarkkinoiden välistä yhteyttä markkinoiden tehokkuuden ja varastoinnin teoriaa apuna käyttäen. Tutkimuksen oletuksena oli, että maissin, etanolin ja maakaasun markkinoiden välinen yhteys johtuu pitkällä aikavälillä futuurihinnoista. Tutkimustulokset viittaavat, että pitkällä aikavälillä futuurihinnoilla on vaikutusta nykyisiin SPOT-hintoihin. Tutkimustuloksissa todetaan, että maissin ja etanolin hintojen välillä on ollut selkeä yhteys vuosina 2006–2010.

de Gorter & Just (2009, 2007) tutkivat biopolttoainemandaattien ja verohelpotusten vaikutuksia bensiinin ja biopolttoaineiden markkinoihin Yhdysvalloissa.

Tutkimustulosten mukaan mandaatin ja verohelpotusten käyttö on verrattavissa bensiinin käytön tukemiseen. Edellä mainituilla toimenpiteillä ei ole vaikutuksia etanolin kulutusmääriin tai hintoihin. Eivätkä ne tue näin maissin tai etanolin tuottajia. Tähän tavoitteiden vastaiseen tilanteeseen ajaututaan etanolin alhaisen sekoitussuhteen johdosta, jolloin etanolin hintaan kohdistetut tuet nostavat bensiinin suhteellista kysyntämäärää. Yhdysvalloissa biopolttoaineisiin kohdistuvien politiikan keinojen nähtiin Tepe, Du ja Hennessyn (2011) tutkimuksessa hyödyttävän taloudellisesti maatalouden tuotantopanosten tuottajia (siemen-, lannoite- ja koneiteollisuus) ja heikentävän lihantuottajien kannattavuutta kohonneen maissin hinnan seurauksena.

Babcock, Barr ja Carriquiry (2010) tutkivat miten Yhdysvaltojen markkinat reagoivat kun pitkään vallinneet etanolin tuontitariffit ja tuotannon verohelpotukset poistetaan. Tutkimustuloksissa tuontitariffin poistolla ei nähty olevan juurikaan vaikutusta markkinoiden toimijoihin, koska Brasilian oma kysyntä kasvaa samanaikaisesti. Verohelpotusten poistaminen aiheuttaisi pientä muutosta markkinoilla. Tällöin kokonaistuotantomäärä laskisi noin viisi prosenttia (700 miljoonaa gallonia), mikä alentaisi maissin hintaa. Myös etanolin hinta alenisi hieman. Tukien poistaminen siirtäisi biopolttoainemandaattien kustannukset veronmaksajilta kuluttajille ja biopolttoainesekoittajille.

Rajcaniova, Dradik ja Ciaian (2011a, 2011b) etsivät tutkimuksissaan yhteisintegraatioanalyysin ja vektorinvirheenkorjausmallin (VEC) avulla maailman liikennebiopolttoainemarkkinoiden hintajohtajaa. Lisäksi he analysoivat politiikan keinojen vaikutusta liikennebiopolttoaineiden hintoihin. Tutkimusten tulokset viittasivat Yhdysvaltojen ja Brasilian politiikan keinojen merkitsevyyden jakavan keskenään markkinoiden hintajohtajuuden. Brasilian politiikan keinojen vaikutusten todettiin olleen voimakkaammat kuin Yhdysvalloissa. Saadut tulokset eroavat de Gorter, Just ja Kliagan (2008) artikkelissa esitetyistä. Siinä tulokset ehdottavat Yhdysvaltojen olevan hintajohtaja etanolin maailmanmarkkinoilla. Tutkimuksissa analysoitiin hieman toisistaan eroavia aikasarjoja, mikä voi selittää tulosten eroavaisuuden. Rajcaniova, Dradik ja Ciaian (2011a, 2011b) tutkimuksissa havaittiin Euroopan unionin olevan biodieselin hintajohtaja maailmanmarkkinoilla. Tulokset ovat yhteneväiset de Gorter, Drabik ja Justin (2011) tutkimustulosten kanssa.

Balcombe & Rapsomanikisin (2008) artikkelissa tutkittiin Bayesian menetelmällä Brasilian sokerin ja etanolin hintojen sekä öljyn maailmanmarkkinahinnan välisiä suhteita. Siinä havaittiin öljyn maailmanmarkkinahinnan määräävän sekä sokerin että etanolin hintoja Brasiliassa pitkällä aikavälillä. Lisäksi tutkimuksessa havaittiin sokerin hinnalla olevan Granger-kausalisuhde etanolin hintaan, muttei päinvastoin. Balcombe & Rapsomanikis ehdottavat öljyn hinnan vaikuttavan sokerin hinnan kautta etanolin hintaan, pikemminkin kuin öljyn hinnan vaikuttavan etanolin hinnan kautta sokerin hintaan. Du, Hayes ja Yun (2009) tutkimuksessa havaittiin, Bayesian menetelmää apuna käyttäen, että biopolttoaineiden stock-hinnan hintavaihtelu koki rakenteellista muutosta vuoden 2008 heinäkuussa. Biopolttoaineiden stock-hinnat ovat tämän jälkeen kehittyneet perinteisen energiasektorin hintavaihteluiden mukaisesti.

Saghaian (2010) tutkimuksessa selvitettiin vaikuttaako öljysektori maataloushyödykkeiden hintoihin riippuvuussuhteen vai syy-seuraussuhteen kautta; kuinka öljyn ja etanolin hinnat vaikuttavat eri maataloushyödykkeiden (maissi, vehnä jne.) hintoihin. Tutkimustulokset osoittavat öljyn ja maataloushyödykkeiden hintojen välillä vallitsevan vahvan korrelaation. Öljyn hinnan ja maataloushyödykkeiden välinen syy-seuraussuhde on puolestaan sekoittunut keskenään.

Pavel & d'Artis (2011a, 2011b) tutkivat luomansa osittaistasapainomallin avulla energian, bioenergian ja ruuan hintojen riippuvuussuhteita. Tutkimuksen empiiriset tulokset vahvistavat teorian oletuksia siitä, että energian hinta vaikuttaa maataloushyödykkeiden hintaan, ja että energian ja ruokamarkkinoiden välinen riippuvuussuhde on kasvanut ajan mittaan. Lisäksi tutkimuksessa havaittiin öljyn hinnalla olevan Granger-kausalisuus maataloushyödykkeiden hintaan, muttei päinvastoin.

1.4 Termit ja käsitteet

Tässä tutkimuksessa käsiteltäviä nestemäisiä biopolttoaineita edustavat bioetanoli ja biodiesel. Ne ovat tärkeimmät ja käytännössä ainoat ensimmäisen sukupolven biopolttoaineet, joilla on kaupallista merkitystä. Vaikka biopolttoaineet ovat ajankohtainen ja paljon käsitelty aihe, niiden tarkat määritelmät ovat usein epäselviä.

Monesti kaikkia biomassasta valmistettuja polttoaineita kutsutaan biopolttoaineiksi, vaikka niiden käyttökohteet olisivat liikenteen sijasta esimerkiksi lämmön tai sähkön tuotannossa. Tärkeä määritelmällinen tekijä on se, että biopolttoaineet ovat ensisijaisesti liikennekäyttöön tarkoitettuja polttoaineita.

Tässä tutkimuksessa on käytetty biopolttoaineista seuraavia määritelmiä ja lyhenteitä.

Ensimmäisen sukupolven biopolttoaineet: Näissä biopolttoaineissa käytetään tavallisesti elintarviketuotantoon soveltuvia raaka-aineita, kuten sokeriruokoa, sokerijuurikasta, rypsiä tai maissia.

Toisen sukupolven biopolttoaineet: Näiden polttoaineiden raaka-aineena käytetään pääasiassa lignoselluloosapitoista jätettä, kuten hakkuu- ja maatalousjätettä sekä erikoisviljeltyjä energiakasveja, kuten ruokohelpeä.

Bioetanoli: Etanolia voidaan tuottaa käymisprosessin avulla kaikista sokeripitoisista tai sokeriksi muunnettavissa olevista raaka-aineista. Nykyisin yleisimpiä bioetanolin raaka-aineita ovat tärkkelyspitoiset vilja ja maissi sekä sokeripitoiset sokeriruoko ja -juurikas. Sokeripitoiset raaka-aineet voidaan käyttää suoraan etanoliksi, kun taas tärkkelyspitoisesta raaka-aineesta tärkkelys on ennen käyttämisprosessia hydrolysoitava entsyymejä käyttäen sokeriksi. (WEC 2010.)

E5, E10, E85: Bioetanolin yleisimmät sekoitussuhteet ovat viisi prosenttia (E5) ja 10 prosenttia (E10). Niin kutsutut mukautuvaa polttoainetta käyttävät kulkuneuvot, eli flexifuel-autot, voivat käyttää E85-polttoainetta, jossa bioetanolia on 85 prosenttia. Bioetanolilitran energiasisältö on noin 65 tilavuusprosenttia fossiiliseen bensiiniin verrattuna, jolloin saman matkan kulkeakseen bioetanolia tarvitaan puolitoista kertaa fossiilisen bensiinin verran. (WEC 2010.)

Biodiesel: Biodieselillä voidaan tarkoittaa raaka-ainepohjaltaan ja valmistustavaltaan laajaa joukkoa bioperäisiä polttoaineita, joita voidaan käyttää dieselmoottoreissa. Useissa yhteyksissä biodieselillä tarkoitetaan kuitenkin vain perinteistä, vaihtoesteröimällä valmistettua niin sanottua ensimmäisen sukupolven biodieseliä. Vaihtoesteröinnissä rasvahappojen glyseridit reagoivat alkoholin kanssa muodostaen estereitä ja raakaglyserolia. Menetelmän ongelmana on dieseliä korvaavan esterin heikko varastointikestävyys ja sen jähmettyminen pakkasilla. Uudempi vaihtoehto,

toisen sukupolven biodiesel, perustuu yleisimmin Fischer-Tropsch-menetelmään, jossa hiilimonoksidia ja vetyä muunnetaan nestemäisiksi hiilivedyiksi. Toinen kehityspolku johtaa bioöljyjen ja -vahojen hydraamiseen korkeassa lämpötilassa suoraan hiilivedyiksi. Näin valmistetut biodieselpolttoaineet muistuttavat kemiallisesti enemmän petrodieseliä ja niiden laatu on yleensä myös petrodieseliä parempi. (WEC 2010.)

B5, B19, B99: Perinteisen ensimmäisen sukupolven biodieselin yleisin sekoitussuhde on viisi prosenttia (B5), mikä on muodostunut normiksi Euroopassa. Sataprosenttisen biodieselin (B100) käyttö on levinnyt laajalti viime vuosien aikana, erityisesti Saksassa. Biodiesellitran energiasisältö on 96 prosenttisesti sama kuin tavanomaisella dieselillä, ja sillä on parempia fysikaalisia ominaisuuksia, muun muassa matalampi viskositeetti ja korkeampi setaaniluku. (WBGU 2010, 38.)

2 Maailman biopolttoainemarkkinat ja niiden hintakehitys

Nestemäisiä biopolttoaineita on valmistettu 1800-luvun alusta lähtien, muun muassa Samuel Moreyn, Nicholas Otton, Henry Dieselin ja Henry Fordin kehittämiin moottoreihin. Niiden osuus kokonaispolttoaineen kulutuksesta oli pieni 1900-luvun alkuun asti. Biopolttoaineita tuettiin politiikan keinoin Euroopassa, erityisesti Ranskassa ja Saksassa, joissa niiden osuus saavutti lähes viisi prosenttia polttoaineiden kokonaistarjonnasta. Ensimmäisen ja toisen maailmansodan aikoina nestemäiset biopolttoaineet täydensivät raakaöljyn käyttöä Euroopassa, Brasiliassa ja Yhdysvalloissa. (Kovarik 1998.) Sodanjälkeinen demobilisaatio ja uusien öljykenttien kehittyminen 1940-luvulla johtivat edullisen raakaöljyn liikatarjontaan. Tämä kehitys käytännöllisesti katsoen eliminoi nestemäiset biopolttoaineet maailman polttoainemarkkinoilta. Kiinnostus kaupalliseen nestemäisten biopolttoaineiden tuotantoon kasvoi uudelleen 1970-luvun öljykriisien myötä, kun haluttiin löytää vaihtoehtoja tuodulle raakaöljylle. (Berg 2004.)

Brasiliassa on pitkät perinteet biopolttoaineiden tuotannossa. Brasilian hallitus asetti vuonna 1975 bioetanolin tuotantoa tukevan ProAlcool-ohjelman, jolla haluttiin vähentää riippuvuutta tuontiöljystä ja sokeriruokon ylituotannosta johtuvia ongelmia. Varsinkin toinen öljykriisi vuonna 1979 sai Brasilian hallituksen priorisoimaan etanolin tuotantoa ja 1980-luvun puolivälissä etanoli kattoi 60 prosenttia maan kokonaispolttoaineiden kulutuksesta. Tämän jälkeen ohjelma on käynyt läpi merkittäviä muutoksia. Kasviöljyjen ohjelma OVEG sai alkunsa vuonna 1983, ja se antoi merkittävän sysäyksen kasviöljyjen soveltamiselle ajoneuvoissa. Kansallinen biodieselin tuotanto-ohjelma PNPB luotiin vuonna 2004 edistämään kotimaista biodieselin tuotantoa. Sen tavoitteina on lisätä työpaikkoja ja lievittää alueellisia talouseroja. (Socol ym. 2005; USDA 2010.)

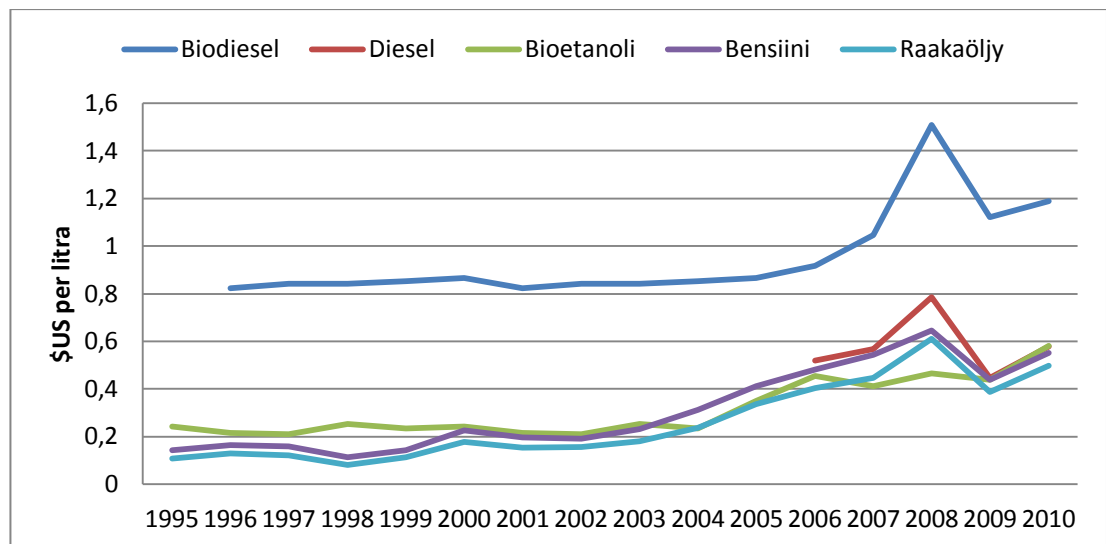
Euroopan unionin biopolttoainehistoria sai alkunsa marraskuussa 2000 julkaistusta *vihreästä kirjasta*, jossa Euroopan unionin komissio aloitti keskustelun liikenteen vaihtoehtoisista polttoaineista. Tämän seurauksena syntyi vuonna 2003 Euroopan unionin polttoainedirektiivi 2003/30/EY. (Europa 2007.) Euroopan unionin alueella

tuotetuista biopolttoaineista biodiesel käsitti noin 75 prosenttia vuonna 2009 (Biofuels Platform 2012a).

Yhdysvaltojen kongressi laati uusiutuvien polttoaineiden standardiohjelman (the Renewable Fuel Standard; RFS1) vuonna 2005 samalla kun se sääti energiapolitiikkaa koskevan lain (the Energy Policy Act; EAct). Tavoitteiksi asetettiin 28,5 miljardin litran biopolttoaineen käyttö vuonna 2012. Kaksi vuotta myöhemmin laadittu energian omavaraisuutta ja turvallisuutta koskeva laki (the Energy Independence and Security Act) korvasi vuonna 2005 asetetun uusiutuvien polttoaineiden standardiohjelman RFS1:n. Uudessa uusiutuvien polttoaineiden standardiohjelmassa, RFS2:ssa, on lisätty huomattavasti biopolttoaineiden käytön tavoitteita. Tavoitteeksi asetettiin 57,6 miljardin litran biopolttoaineen kulutus vuonna 2012 ja 136,4 miljardin litran biopolttoaineen käyttö vuonna 2022. (EERE 2011a; Schnepf & Yacobucci 2012.) Yhdysvaltojen ympäristönsuojeluvirasto EPA:n (the Environmental Protection Agency) tehtävänä on luoda ja toteuttaa asetuksia, joilla varmistetaan biopolttoaineiden käyttö säädettyjen mandaattien mukaisesti. Uusiutuvien polttoaineiden standardiohjelma RFS1:n hallinnolliset määräykset julkaistiin EPA:n toimesta huhtikuussa 2007. Samana vuonna laaditun RFS2:n hallinnolliset määräykset julkaistiin EPA:n toimesta helmikuussa 2010. (Schnepf & Yacobucci 2012.)

Raakaöljyn hinta kaksinkertaistui vuosien 2004 ja 2005 aikana. Tämä ja vuonna 2006 kohonneet maailmanmarkkinahinnat ovat voimistaneet olennaisesti bioenergiaan kohdistunutta kiinnostusta ja investointeja maailmanlaajuisesti. Myös taloudellinen laskusuhdanne vaikutti biopolttoaineiden markkinoihin. Vuoden 2008 puolivälistä vuoden 2009 puoliväliin jatkunut matala energian hinta aiheutti biopolttoaineiden raaka-ainekasvien tuottomarginaalin laskun, joka yhdessä talouskriisin kanssa viivytti yksityisten sijoittajien investointeja ympäri maailmaa. Tämä ja toisissa maissa vähentynyt biopolttoaineiden tuotantoon kohdistuva poliittinen tuki, sekä huolet biopolttoaineiden tuotannon vakaudesta ovat myötävaikuttaneet sektorin teollisen kapasiteetin laajentumisen hidastumiseen. Biopolttoaineiden hinnat laskivat vuodesta 2008 vuoteen 2009 bioetanolin osalta kuudella prosentilla ja biodieselin osalta 26 prosentilla. (OECD/FAO 2010, 84.)

Vuoden 2009 toisen puoliskon jälkeen ovat vakaammat mineraaliöljyjen hinnat ja sitoutuminen korkeampiin biopolttoainesekoitussuhteisiin käynnistäneet kiihtyvän bioetanolin ja biodieselin kysynnän, ja sen seurauksena myös biopolttoainetuotannossa käytettävien raaka-aineiden kysynnän. Biopolttoaineiden kasvavaan kysyntään ovat myötävaikuttaneet myös viime aikoina vakautuneet biopolttoaineiden maailmanmarkkinahinnat. (OECD/FAO 2010, 84.)



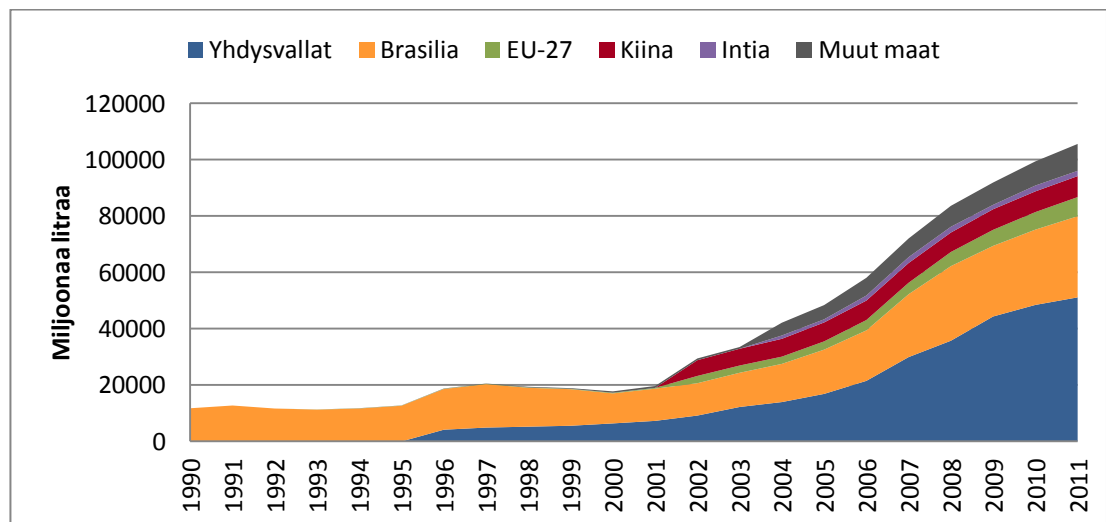
KUVIO 2.1. Raakaöljyn ja nestemäisten polttoaineiden hintoja vuosilta 1981–2010 (OECD.Stat 2011, Index Mundi 2011.)

Biopolttoaineiden hinnat niin kansainvälisillä kuin kansallisilla markkinoilla määräytyvät alueellisen lyhyen aikavälin kysynnän ja tarjonnan mukaisesti, joihin osaltaan vaikuttaa harjoitettu biopolttoaineiden edistämispolitiikka. Pitkällä aikavälillä biopolttoaineiden hintakehityksen on havaittu noudattavan samankaltaista trendiä kuin raakaöljyn ja fossiilisten polttoaineiden hintojen (kuvio 2.1.). Energian hinnan nousu ei välttämättä tee biopolttoaineista sen kilpailukykyisempiä, sillä energiakasvien kohonnut hintakehitys on kasvattanut biopolttoaineiden tuotantokustannuksia. (WBGU 2010, 40.) Nestemäisten biopolttoaineiden kauppavirtoja voidaan analysoida vain summittaisesti, koska prosessoidun bioenergian tavaraliikenne harvoin sisältyy virallisiin kauppavirtojen tilastoihin. Lisäksi raaka-aineet ovat vaikeasti kohdennettavia, sillä kasvit kuten maissi, sokeriruoko ja öljykasvit, voidaan hyödyntää moneen eri tarkoitukseen, kuten

energiaksi, rehuksi tai ruuaksi. Tämän takia on vaikeaa määrittellä tarkasti nestemäisten biopolttoaineiden kauppavirtoja. (WBGU 2010, 39.)

2.1 Bioetanolin markkinat

Brasiliassa ja Yhdysvalloilla on ollut johtava asema bioetanolin tuotannossa. Näiden maiden yhteenlaskettu osuus koko maailman bioetanolin tuotannosta oli yli 90 prosenttia aina vuoteen 2005 asti, jonka jälkeen se on hieman laskenut muun muassa EU:n, Kiinan ja Intian aloitettua bioetanolin tuotantonsa. Kuviossa 2.2. on nähtävissä maailman bioetanolin tuotannon kehitys. (WEC 2010.)



KUVIO 2.2. Maailman bioetanolin tuotanto vuosina 1990–2011 (OECD.Stat 2011.)

Brasiliassa tuotettiin hieman yli neljännes maailman bioetanolista vuonna 2010, kun kymmenen vuotta aiemmin osuus oli noin 60 prosenttia. Vuonna 2010 saavutettiin noin 28,2 miljardin litran etanolituotanto, joka oli 8,1 prosenttia enemmän kuin edellisenä vuonna. (ANP 2011.) Etanolia valmistetaan Brasiliassa pääasiassa sokeriruokosta. Sokeriruokon viljelyala oli vuonna 2007 noin 7,8 miljoonaa hehtaaria, mikä vastasi noin kahta prosenttia koko maan viljelyalasta. Brasiliassa saadaan vuosittain korjattua kaksi satoa, mikä mahdollistaa raaka-aineen ympärivuotisen saannin. (UNICA 2008.) Tuotannon vuotuinen kasvuvauhti on ollut vuosina 2001–2010 keskimäärin 10,5 prosenttia. Tuotanto on pitkälti keskittynyt

Kaakkois-Brasiliaan, mutta se on lisääntynyt Keski-Brasiliassa huomattavasti 2005 vuodesta lähtien (ANP 2011). Etanolia on käytetty Brasiliassa liikenteen polttoaineeksi useita vuosikymmeniä, ja sen kulutusmäärät ovat vaihdelleet ajan saatossa. Flexifuel-autojen markkinoille tulo vuonna 2003 ja kohonneet fossiilisten polttoaineiden hinnat ovat lisänneet etanolin kysyntää viime vuosina Brasiliassa. (USDA 2010.) Valtion tukimuodoilla on nähty olevan suuri merkitys etanolin tuotannon ja kysynnän lisääntymisessä (Soccol ym. 2005). Brasilia on maailman johtava etanolin viejämaa, mutta sen vientimäärät vaihtelevat vuosittain melkoisesti (ANP 2011).

Yhdysvalloista tuli maailman suurin etanolin tuottaja vuonna 2005. Vuonna 2010 saavutettiin noin 50 miljardin litran etanolin tuotanto, mikä oli 21,8 prosenttia enemmän kuin edellisenä vuotena. Etanolin markkinaosuus bensiinin tarjonnasta oli yhden prosentin vuonna 2000, kolme prosenttia vuonna 2006 ja vuonna 2010 se saavutti lähes kymmenen prosentin markkinaosuuden. Kotimainen tuotantokapasiteetti on kasvanut vuoden 1990 jälkeen viisitoistakertaiseksi. Vuodesta 2000 vuoteen 2007 etanolitehtaiden määrä on yli kaksinkertaistunut ja tuotantokapasiteetti kolminkertaistunut. (RFA 2012.) Yhdysvalloissa etanolia valmistetaan pääosin tärkkelyspohjaisista viljakasveista, kuten maissista (90%). Maissista valmistetun etanolin sivutuotteena saadaan rehua. (RFA 2012.) Lähes 28 prosenttia Yhdysvaltojen maissialasta oli vuosina 2008–2009 suunnattu etanolin tuotantoon, mikä vastasi 1,33 prosenttia koko maailman vilja-alasta. Biopolttoainetuotantoon suunnatun maissin ja öljysiementen yhteenlaskettu pinta-ala vastasi noin kahta prosenttia maailman vilja- ja öljysiementen maa-alasta. (Van der Mensbrugge, Osorio-Rodarte, Burns ja Baffes 2009.)

Euroopan unionissa etanolia on tuotettu pääasiassa teollisuuden tarpeisiin ja alkoholijuomien raaka-aineeksi. Sen tuotanto biopolttoaineeksi on kuitenkin lisääntynyt. Vuonna 2009 saavutettiin noin 3,7 miljardin litran etanolituotanto, mikä oli 31 prosenttia enemmän kuin edellisenä vuotena. Euroopan unionissa etanolia tuottaa 18 jäsenvaltiota. Suurimmat tuottajamaat ovat Ranska, Saksa ja Espanja. Niiden kokonaistuotanto kattoi lähes 70 prosenttia koko Euroopan unionin alueella tuotetusta etanolista vuonna 2009. (Biofuels Platform 2012b.) Etanolia valmistetaan Euroopan unionin alueella pääasiassa tärkkelyskasveista (kuten vehnä) ja sokerijuurikkaasta. Sokerijuurikkaasta viljellään suurimmassa osassa Euroopan unionin

alueen maista. Siitä saadaan hehtaaria kohden enemmän etanolia, kuin vehnästä. Käytännössä raaka-aineeksi valitaan sellainen kasvi, joka soveltuu parhaiten vallitseviin luonnonolosuhteisiin. (EUBIA 2012a.) Etanolin raaka-aineena käytettiin 60 prosenttia tärkkelyskasveja, pääasiassa vehnää ja maissia sekä 30 prosenttia sokerijuurikasta vuonna 2009. Tärkkelyskasvien osuus vastaa kahta prosenttia niiden kokonaistuotannosta. (ePURE 2012a.) Etanolia on pääsääntöisesti tuotu Brasiliasta, mutta viime vuosina tuonti muista maista on lisääntynyt (ePURE 2012b).

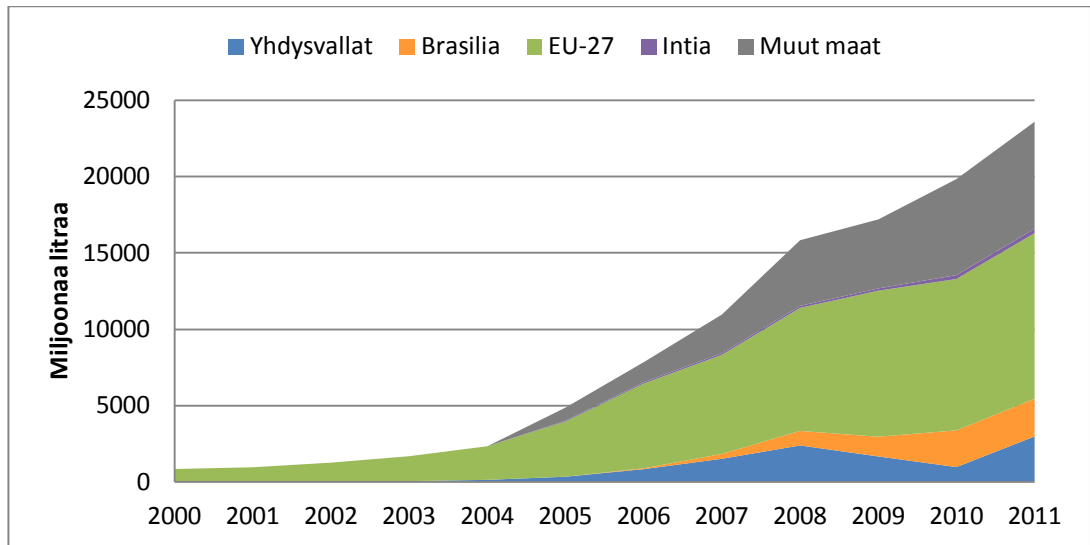
Kansainvälinen bioetanolin kauppa on vähäistä. Keskimäärin vain noin kuudella prosentilla koko maailman bioetanolin tuotannosta on käyty vuosittain kauppaa vuosituhannen ensimmäisellä vuosikymmenellä. Brasilian osuus oli yli puolet vientimarkkinoista vuonna 2006. Koska bioetanolia tuotetaan monesti maissa, joissa sen raaka-ainetta ei ole viljelty, kauppavirrat bioetanolin tuotannon raaka-aineista ovat kiinnostavia. (WBGU 2010, 39.) Bioetanolin kansainvälinen kauppa on pienentynyt tasaisesti suhteessa sen kokonaistuotantomääriin vuoden 2003 huipusta lähtien, jolloin 16 prosentilla tuotetusta bioetanolista käytiin kansainvälistä kauppaa. Vuonna 2010 vienti käsitti kaksi ja puoli prosenttia. Valtioiden harjoittamien tukitoimien tarkoituksena on suosia kotimaista raaka-ainetuotantoa. Tyypillisiä välineitä ovat maataloustuet ja tuontitariffit, joiden toimeenpanon myötä bioetanolin kansainvälinen kauppa on pienentynyt. (WBGU 2010, 41.)

2.2 Biodieselin markkinat

Biodieselin tuotanto on noudattanut samanlaista kasvukehitystä kuin bioetanolin tuotanto. Eurooppa on hallinnut biodieselin markkinoita pitkään. Vuonna 2000 Euroopan alueella tuotettiin 98 prosenttia koko maailman biodieselistä ja vuonna 2010 vastaava luku oli 47 prosenttia (kuvio 2.3.). (WEC 2010.) Biodieselin tuotanto on jakautunut useampiin maihin kuin bioetanolin tuotanto.

Euroopan unionin alueella biodieselin tuotanto on kasvanut merkittävästi tällä vuosituhannella. Vuonna 2009 saavutettiin noin 10,2 miljardin litran tuotantomäärä. Kasvua edelliseen vuoteen oli 16,6 prosenttia. Biodieselin tuotanto laski useassa Euroopan unionin maassa vuonna 2009, mutta monessa maassa lisättiin tuotantoa

samanaikaisesti. Suurimmat tuottajamaat ovat Saksa, Ranska, Espanja ja Italia. (Biofuels Platform 2012a.)



KUVIO 2.3. Maailman biodieselin tuotanto vuosina 2000–2011 (OECD.Stat 2011.)

Biofuels Platformin (2012a) mukaan vuodesta 2007 lähtien Yhdysvallat on tuonut Euroopan unionin markkinoille vahvasti tuettua ja polkuhintaan myytyä soijaöljystä valmistettua biodieseliä (B99). Yhdysvaltalaisista B99-biodieseliä on myyty alhaisemmalla hinnalla, kuin itse raaka-ainetta. Tämä on hidastanut Euroopan unionin alueella biodieselin tuotannon kasvuvauhtia ja alentanut kapasiteetin käyttöastetta. Tästä johtuen järeät anti-dumping ja tasoitustoimenpiteet säädettiin maaliskuussa 2009 Euroopan Komission toimesta. Pian toimeenpanon jälkeen alkoi kuitenkin esiintyä käytäntöjä, joilla kierrettiin uudet asetukset. Etenkin jälleenlaivaukset Yhdysvalloista pääsääntöisesti Kanadan kautta, sekä keinotekoisien sekoitusten (yleensä B19) tuonti kasvoivat, sillä ne eivät kuulu Euroopan unionin tuontiverotuksen piiriin. Samanaikaisesti Argentiina on kasvattanut tuontimääriänsä Euroopan unionin alueelle, mikä on puolestaan vahingoittanut Euroopan unionin alueen tuottajien kykyä toimia tasapuolisesti markkinoilla. Tätä kehitystä ovat ohjanneet Argentiinan eriarvoiset vientiverot, jotka samalla vääristävät kaupankäyntiä. Raaka soijaöljy kohtaa Argentiinassa 32 prosentin vientiveron, kun jalostetun biodieselin vientivero on vain 20 prosenttia. (Biofuels Platform 2012a.) Biodieseliä kulutetaan Euroopan unionin alueella enemmän kuin sitä tuotetaan. Sen osuus liikenteessä käytettävästä polttoaineesta oli vuonna 2007 noin kaksi ja puoli

prosenttia. Eniten biodieseliä käytetään Saksassa, Ranskassa ja Italiassa. (EurObserver 2011.) Biodieseliä valmistetaan Euroopan unionin alueella pääasiassa rapsin (84%) ja auringonkukan (13%) siemenistä. Rapsia viljellään suurimmassa osassa Euroopan unionin alueen maista ja auringonkukkaa ainoastaan lämpimissä maissa. Niistä saatava biodieselin määrä hehtaaria kohden vaihtelee huomattavasti tuotantomaaan mukaan. (EUBIA 2012b.)

Yhdysvaltojen biodieselin tuotanto on lisääntynyt huomattavasti viime vuosikymmenen aikana, mutta sen kulutus ei ole kasvanut samassa tahdissa. Vuonna 2010 saavutettiin noin 1179 miljoonan litran biodieselin tuotanto, mikä oli 41 prosenttia vähemmän kuin edellisenä vuotena. Biodieselin vienti on kasvanut pääasiassa Euroopan unionin alueelle. Vientiä ovat kasvattaneet Yhdysvaltojen suotuisa hinnoittelu ja valuuttakurssit sekä Euroopan unionin biodieselin kysynnän kasvu. Euroopan unionin ja Yhdysvaltojen politiikan muutokset voivat lähitulevaisuudessa vaikuttaa Yhdysvaltain biodieselin vientiin. (EERE 2011b.) Yhdysvalloissa biodieselin raaka-aineina käytetään soijapapuja ja kierrätettyä ruokaöljyä. Soijateollisuus on ollut kantava voima biodieselin kaupallistamisessa Yhdysvalloissa. Koska tuotannossa on ollut ylikapasiteettia, hyödykkeissä on ollut ylijäämää ja soijan hinnat ovat laskeneet. (EERE 2011c.) Mahdollisena biodieselteollisuuden kasvua rajoittavana tekijänä EERE (2011c) näkee glyseriinimarkkinoiden kyllästymisen. Tällä hetkellä Yhdysvalloissa on helposti saatavilla biodieselin raaka-aineeksi soijaöljyä, kierrätettyä ravintolarasvaa ja muita raaka-aineita. Näistä raaka-aineista saadaan noin 1,7 miljardia litraa biodieseliä vuodessa, ja se vastaa noin viittä prosenttia tieliikenteessä käytettävästä dieselistä. (EERE 2010c.)

Brasiliassa biodieselin markkinoita säädellään valtion järjestämän julkisen huutokaupan avulla. Sen avulla määritetään muun muassa halutut tuotantomäärät ja tuottajien kohtaamat hinnat. (USDA 2010.) Brasilian perinteet biodieselin tuotannossa ja kehittämisessä ulottuvat 1970-luvulle, jonka jälkeen biodieseliin kohdistunut kiinnostus on vaihdellut useasti (Soccol ym. 2005). Vuonna 2004 luotiin kansallinen biodieselin tuotanto-ohjelma, PNPB, edistämään kotimaista biodieselin tuotantoa. Vuonna 2005 asetettu liittovaltion laki N 11097 määritteli ja asetti lailliset mandaatit biodieselin käytölle polttoaineena. (USDA 2010.) Biodieselin tuotanto on moninkertaistunut muutamassa vuodessa. Vuonna 2007 tuotettiin 404,33 miljoonaa

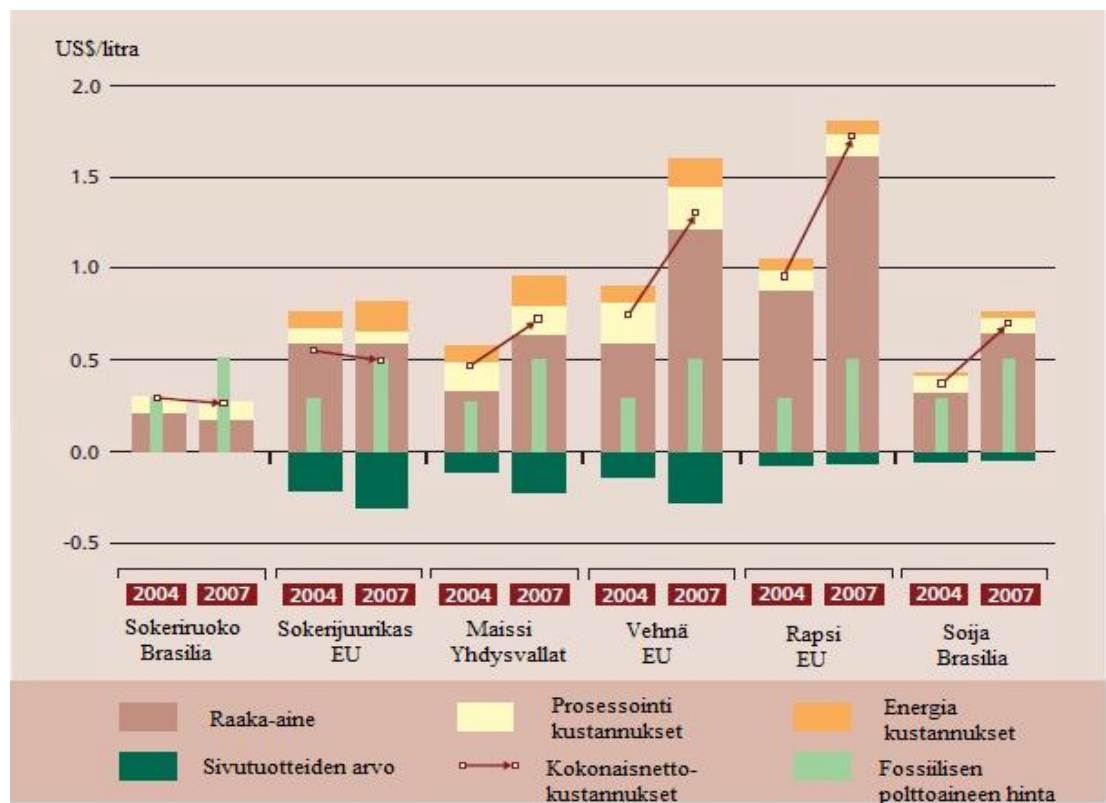
litraa biodieseliä ja vuonna 2010 vastaava luku oli peräti 2450 miljoonaa litraa. Biodieseliä voidaan Brasiliassa valmistaa useasta raaka-aineesta kuten soijapavuista, risiinin siemenistä, jatropasta, auringonkukista, pähkinöistä, eläinrasvoista ja keitinrasvoista. Huolimatta raaka-aineiden laajasta valikoimasta, ovat biodieselin raaka-aine lähteet pysyneet samoina. Soijapavun osuus biodieselin kokonaisraaka-aineesta on noin 80 prosenttia, eläintalien osuus on 15 prosenttia ja puuvillansiemeniä käytetään noin neljä prosenttia. (USDA 2010).

Vuonna 2007 kansainvälinen biodieselin vienti edusti noin 12 prosenttia koko maailman biodieselin tuotannosta. Suurimpina viejämaina olivat Indonesia ja Malesia ja suurimpana tuojana toimi EU. Yhdysvallat tuo myös huomattavia määriä biodieseliä, mutta huomioon ottaen sen uudelleenviennit EU:n alueelle, on se edelleen nettoviejäämaa. Kokonaisuutena biodieselin kansainvälinen kauppa on vähäistä. Yhtenä syynä on valtioiden politiikka, jolla pyritään suosimaan kotimaista raaka-ainetuotantoa. Biodieselin tuotannon raaka-aineiden – öljyjen, rasvojen ja öljykasvien – kansainvälisen kaupan osuus on sitä vastoin merkittävä. Globaalilla tasolla energiasektori on kuitenkin vain öljykasvien alasegmentti, ja noin 80 prosenttia vaihdetusta öljystä, rasvasta ja öljykasveista käytetään ruokasektorilla. (WBGU 2010, 39–41.)

2.3 Tuotantokustannukset ja kilpailukyky

Bioetanolin tuotantokustannukset vaihtelevat suuresti tuotantomaan ja raaka-aineen mukaan. Tuotantokustannusten päälähteet ovat raaka-aineen hinta, käytetty energia (lämpö ja sähkö) ja tuotantoprosessin sivutuotteista saatava hinta. Kuviossa 2.4. on kuvattu bioetanolin tuotannon kokonaiskustannusten jakautumista Brasiliassa (sokeriruoko), Euroopan unionissa (sokerijuurikas ja vehnä) ja Yhdysvalloissa (maissi). (FAO 2008.) FAO:n (2006) mukaan bioetanolin konversioprosentti huomioituna, tulisi raakaöljyn hinnan olla 30 euroa barrelilta, jotta Brasiliassa sokeriruokosta tuotettu bioetanolli olisi kilpailukykyistä. Yhdysvalloissa maissista valmistettu bioetanolli tarvitsee 45 euron barrelihinnan raakaöljylle saavuttaakseen kilpailukykyisen aseman ja Euroopassa tuotettu bioetanolli tarvitsee 60–80 euron barrelihinnan raakaöljylle ollakseen kilpailukykyinen. Bioetanolin

tuotantokustannuksista 50–70 prosenttia koostuu raaka-ainekustannuksista. Brasiliassa sokeriruokosta tuotetun bioetanolin tuotantokustannukset ovat noin puolet Euroopan viljasta tai sokerijuurikkaasta tuotetun bioetanolin tuotantokustannuksista. Tämä korostaa trooppisten maiden mahdollisuuksia vastata kasvavaan kansainväliseen biopolttoaineiden kysyntään. FAO:n (2006) mukaan biodieselin konversioprosentti huomioituna tulisi raakaöljyn hinnan olla 75 euroa barrelilta, jotta Euroopan alueella tuotettu biodiesel olisi kilpailukykyistä. Biodieselin tuotantokustannuksista 70–80 prosenttia koostuu raaka-ainekustannuksista. Sivutuotteena syntyvän glyseriinin myymisien ansiosta tuotantokustannukset laskevat noin 0,04–0,08 euroa litralta. Ensimmäisen sukupolven biopolttoaineista brasilialaisella sokeriruokopohjaisella etanolilla on parhaat edellytykset vastata kansainväliseen kysyntään (FAO 2008).



KUVIO 2.4. Biopolttoaineiden tuotantokustannukset Brasiliassa, Euroopan unionissa ja Yhdysvalloissa vuosina 2004 ja 2007 (FAO 2008)

3 Kansainvälisten biopolttoainemarkkinoiden kehitykseen vaikuttavat tekijät

Väestön ja talouden kasvu vaikuttavat energian kysynnän määrään ja tuoterakenteeseen. Maailman väestön oletetaan kasvavan nykyisestä 6,8 miljardista 9,1 miljardiin vuoteen 2050 mennessä. Kehitysmaiden väestön kasvu on suurinta, kun siirtymätalouksien maissa väestönkasvun oletetaan jatkavan laskuaan. Kehitysmaiden kasvavan väestön energiatarpeen tyydyttäminen ympäristöystävällisin keinoin on haaste energian tuotannolle.

Taloukasvun myötä erityisesti liikennekäyttöön tarkoitettujen polttoaineiden kysyntä on kasvattanut energian kokonaiskysyntää (Msangi & Rosegrant 2009). Bensiinin ja dieselin kulutus, eroavat huomattavasti toisistaan teollisuus- ja kehitysmaissa. Taloudellinen kasvu ja elämäntapamuutokset väkirikkaissa maissa, kuten Kiinassa ja Intiassa, tulevat aiheuttamaan suurta painetta maailman raakaöljyn tarjontaan tulevina vuosikymmeninä. Vuonna 2008 autokanta EU:ssa oli 232 miljoonaa, Yhdysvalloissa 237 miljoonaa, Japanissa 69 miljoonaa, Kiinassa 38,5 miljoonaa ja Venäjällä 30,3 miljoonaa (Statistical Pocketbook 2010, 107).

Kestävän kehityksen suurimpia haasteita on energian kysynnän ja kasvavan bruttokansantuotteen (BKT) irrottaminen toisistaan. Kiinan ja muiden Aasian maiden BKT:n odotetaan kasvavan nopeimmin Afrikan ja siirtymätalouksien seurattessa. (Krewitt, Simon, Graus, Teske, Zervos ja Schäfer 2007.)

3.1 Energian kysyntä

Maailman primäärienergian tarpeen ennakoidaan kasvavan noin 40 prosenttia vuoden 2010 tasosta vuoteen 2030 mennessä. Vuonna 2010 öljyn osuus energian kokonaiskulutuksesta oli 33 prosenttia, kun se kaksi vuosikymmentä aiemmin oli ollut 39 prosenttia. Öljyn odotetaan olevan hitaimmin kasvava polttoaine seuraavan 20 vuoden aikana. (BP Statistical Review 2011a.)

BP:n (2011b) ennusteiden mukaan nestemäisten polttoaineiden (öljy, biopolttoaineet ja muut nesteet) kysyntä kasvaa globaalisti 16,5 Mb/päivä saavuttaen 102 Mb päivätarpeen vuonna 2030. Kasvun ennakoidaan tapahtuvan yksinomaan nopeasti kasvavissa maissa, jotka eivät ole OECD:n jäseniä. Niissä Aasian maissa, jotka eivät kuulu OECD:n, ennakoidaan tapahtuvan 75 prosenttia globaalista nettokasvusta. Lähi-idässä ja Keski- ja Etelä-Amerikoissa kasvun ennakoidaan olevan myös merkittävää. OECD maiden tieliikenteen polttoainekysynnän oletetaan puolestaan laskevan, kun teknologian ja politiikan keinojen avulla saavutetaan energiatehokkaampia ja kehittyneempiä moottoreita. (BP Statistical Review 2011b.)

Vaikkeimmin korvattavissa öljy on kuljetussektorilla. Vuonna 2010 noin 94 prosenttia kuljetussektorin energiantarpeesta tyydytettiin öljystä valmistetuilla polttoaineilla. Öljy tulee hallitsemaan tieliikenteessä käytettävää energiaa, mutta sen osuus maailman kokonaisenergian kulutuksesta tulee laskemaan. Tieliikenteeseen käytettävän energian määrän uskotaan laskevan nousevan öljynhinnan ja kehittyneemmän polttoaineteollisuuden myötä. Kysynnän kasvuun vastaava tarjonnan kasvu tulee tapahtumaan pääsääntöisesti OPEC:sta, jossa tuotannon oletetaan kasvavan 13 Mb/päivä, ja saavuttavan 46 prosentin tuotanto-osuuden maailmassa vuonna 2030. Irakin tuotannon ennakoidaan kasvavan nykyisestä 2,5 Mb:n päivittäisestä tuotannosta 5,5 Mb:n vuoteen 2030 mennessä. Saudeissa tuotannon ennakoidaan laajenevan 3 Mb päivässä. (BP Statistical Review 2011b.)

3.2 Poliitiikan keinot

Monessa maassa on poliittisin toimenpitein haluttu edistää biopolttoaineiden käyttöä ja tuotantoa (WBGU 2010, 40). Biopolttoainetuotannon laajentamisen keinoina ovat olleet valtion tuet, biopolttoaineiden käytön tavoitteet ja pakolliset sekoitussuhteet eli mandaatit (Fischer 2009). Ainakin 17 maalla on pakolliset sekoitussuhteet käytössä. Tuotantoa voidaan tukea sen eri kehitysvaiheiden mukaan. (WBGU 2010, 40.)

Biopolttoaineiden tukitoimien tarkoituksena on suosia kotimaista raaka-ainetuotantoa. Tällä hetkellä monissa maissa pääpaino on energiakasvien viljelyn tukemisessa. Keskipisteenä tuotannon edistämässä ovat toimenpiteet, jotka yleisesti

edistävät bioenergian käyttöä markkinoilla ja takaavat markkinoiden kysynnän. Näin ne antavat investoinneille tietynasteisen turvan. Tyypillisiä toimenpiteitä tällä saralla ovat maataloushyödykkeisiin kohdistetut maataloustuet ja tuontitariffit. Infrastruktuurin laajentamista tuetaan usein valtion avuin, verovapauksilla, matalakorkoisilla lainoilla tai investointituilla. Lisäksi vastaavanlaisia edistämiskeinoja voidaan luoda tuotteille kuten proteiinirehulle, glyseriinille tai rapsisiemenien jauhoille. Biopolttoaineiden sivutuotteina ne tarjoavat lisätuloa. Monissa maissa biopolttoaineet ovat täysin tai osittain vapautettu valmisteverosta. (WBGU 2010, 41, 44–45.)

Biopolttoaineiden kysyntä ja tuotanto olisi huomattavasti alhaisempaa, jos niiden tukitoimenpiteet lopetettaisiin. WBGU:n (2010) mukaan on arvioitu, että biodieselin kysyntä laskisi Euroopassa 87 prosenttia ja Yhdysvalloissa 55 prosenttia, jos sen tukeminen lopetettaisiin. Bioetanolin kilpailukyky on selvästi parempi. Sen kysyntä laskisi tukemattomana noin 14 prosenttia.

Euroopan unioni. Poliittisten toimenpiteiden ensisijaisena tarkoituksena on vähentää ilmastonmuutosta. Tuotannon takaaminen ja maaseudun kehittäminen nähdään toissijaisiksi tavoitteiksi. Euroopan unionissa on otettu käyttöön mandaatti, joka asettaa pakolliset sekoitussuhteet. Ne ovat 5,75 prosenttia vuodesta 2010 eteenpäin ja 10 prosenttia vuodesta 2020 eteenpäin. Biopolttoaineille tarjotaan verohelpotuksia tai vapautuksia kansallisilla tasoilla. Denaturoidulle bioetanolille on asetettu €0,102/l. tuontitariffi ja denaturoimattomalle bioetanolille €0,192/l. tuontitariffi. Palmuöljylle on asetettu 1,9 prosentin arvotulli ja biodieselille 6,5 prosentin arvotulli. (WBGU 2010, 42.)

Yhdysvallat. Ensisijaisina tarkoituksina poliittisilla toimenpiteillä on tuotannon takaaminen ja riippumattomuus energiasta. Maaseudun kehittäminen ja ympäristönsuojelulliset näkökohdat nähdään toissijaisiksi tavoitteiksi. Tavoitteena on vuodesta 2012 eteenpäin kuluttaa vuositasolla 56 000 miljoonaa litraa biopolttoaineita ja vuodesta 2022 eteenpäin 136 000 miljoonaa litraa, mikä vastaa 20 prosenttia polttoaineen kokonaiskulutuksesta. Alkutuottajille ja jalostukselle tarjotaan infrastruktuurin ja tuotannon fasiliteettien parantamiseen kohdistuvaa rahoitusta. (WBGU 2010, 42.) Liittovaltion myöntämä verohyvitys bioetanolille on US\$0,119 ja valtionapuna myönnetään keskimäärin 1,85 senttiä litralta. Biodieselin

sekoittajat nauttivat US\$0,264 verohyvityksestä litralta. (EERE 2011d.) Bioetanolille on asetettu kahden ja puolen prosentin arvotulli sekä US\$0,1427/l. tuontitariffi. Julkisessa liikenteessä ja valtion omistamissa liikennevälineissä on 20 prosentin pakollinen biodieselin sekoitussuhde. Biopolttoaineisiin kohdistuvaa tutkimustyötä rahoitetaan valtioavusteisesti. (WBGU 2010, 42.)

Brasilia. Ensisijaisena tavoitteena on riippumattomuus tuontiöljystä. Samalla bioenergian vienti edistää taloudellista kehitystä. Maaseudun kehittäminen ja ympäristönsuojelulliset näkökohdat nähdään toissijaisiksi tavoitteiksi. Pakollinen sekoitussuhde on ollut 20–25 prosenttia bioetanolille ja kolme prosenttia biodieselille vuodesta 2008 lähtien ja viisi prosenttia biodieselille vuodesta 2013 eteenpäin. Biopolttoaineille ja flexifuel-autoille tarjotaan verohelpotuksia. Palmuöljylle on asetettu 11,5 prosentin arvotulli. Valtion omistamissa liikennevälineissä on käytettävä bioetanolipohjaista polttoainetta. (WBGU 2010, 43.)

Biopolttoaineisiin kohdistuvat politiikan keinot eivät ole maatalouspolitiikkaa, mutta harjoitettu politiikka vaikuttaa maatalouden tuotantoon ja kauppaan. Biopolttoainepolitiikoilla subventoidaan biopolttoaineiden raaka-aineiden kulutusta, eli kotimaista raaka-ainetuotantoa ja sen käyttöä biopolttoaineiden raaka-aineena pyritään tukemaan valtioavusteisesti. Näin ollen maataloushyödykkeiden kysyntä kasvaa. Kasvaneen kysynnän myötä hyödykkeiden hinnat nousevat ja nettovienti vähenee. Siksi nykyiset biopolttoaineisiin kohdistuvat politiikan keinot hyödyttävät viljan ja öljysiementen nettoviejiä ja puolestaan vähentävät nettotuojien reaalituloja. (Elbehri & Sarris 2009.)

Tariffit ja maataloustuet vaikuttavat laajasti biopolttoaineiden raaka-aineiden kansainväliseen kauppaan ja hintoihin, ja ennen kaikkea biopolttoaineiden väliseen kauppaan. Huonosti suunniteltuna tällainen politiikka saattaa johtaa myös alkuperäisten tavoitteiden vastaisiin seurauksiin. Näin voi käydä jos esimerkiksi, kotimaisen tuotannon suosimiseksi, etanoliin kohdistuvia tuonnin esteitä nostetaan. Tällöin etanolin hinta kotimaisilla markkinoilla nousee, joka johtaa fossiilisen polttoaineen kysynnän kasvuun. (Msangi & Rosegrant 2009.) Vapailta markkinoilla etanolin hinta pysyy kohtuullisena ja tuotanto ohjautuu sinne missä tuotannolliset olosuhteet ovat edulliset.

On viitteitä siitä, että tukipolitiikan keinoista on tulossa yhteensopimattomia perinteisten maatalouden tukipolitiikan keinojen kanssa. Syynä ovat niiden vääristävät vaikutukset perinteiseen maatalouden tuotantoon ja kauppaan. Viimeksi mainituilla on pyritty irrottautumaan juuri tämän tyyppisistä tukipolitiikan keinoista viime vuosikymmeninä. Kysymys on kuitenkin kaksijakoinen. Toisaalta on esitetty, että biopolttoainepolitiikka vähentää maatalouden tukiohjelmien tarvetta, koska biopolttoaineet lisäävät maataloustuotteiden kysyntää. Hintojen nousu vähentää maatilalle maksettavien tukien tarvetta. Yhtäältä voidaan myös nähdä, että biopolttoaineet nostavat maataloustuotteiden maailmanmarkkinahintoja, mikä syö perinteisen maatalouspolitiikan aikaansaamaa hintojen laskua. Näin ollen vääristymävaikutusten erottelu toinen toisistaan muodostuu entistä haastavammaksi. (Elbehri & Sarris 2009.)

3.3 Sertifikaatit

Maataloustuotannossa ollaan tekemisissä uusiutuvien luonnonvarojen kanssa paljon enemmän kuin monella muulla elinkeinoelämän alueella. Tämän vuoksi kestävä kehitys on noussut maataloudessa erityisen tarkastelun kohteeksi. YK:n asettaman Brundtlandin komission raportissa ”Yhteinen tulevaisuutemme” (1987) määritellään *kestäväksi kehitys, joka tyydyttää nykyhetken tarpeet viemättä tulevilta sukupolvilta mahdollisuutta tyydyttää omat tarpeensa.*

Biopolttoaineiden markkinaosuudet tulevat mitä todennäköisimmin kasvamaan tulevaisuudessa, kuten myös biomassalla ja biopolttoaineiden raaka-aineilla käytävä kansainvälinen kauppa. Siksi on olennaista luoda järjestelmiä, jotka takaavat koko toimintaketjun kestävyuden niin maankäytön, riittävän elintarviketarjonnan, tuotantotapojen, energiatehokkuuden, kasvihuonepäästöjen kuin muiden ympäristövaikutusten osalta. Sertifiointijärjestelmät ovat keskeisessä roolissa, jotta kehitystä voidaan ohjata tavoiteltuun suuntaan.

Haasteena on, että sertifiointijärjestelmiä ovat kehittäneet useat eri tahot palvelemaan erilaisia tavoitteita. Kerättävä data, niin kvantitatiivinen kuin kvalitatiivinen, ei ole kaikilta osin yhteensopivaa ja sen laatu vaihtelee. Uutena aloitteena on Global-Bio-

Pact, jonka tavoitteena on kehittää ja harmonisoida globaali kestävän tuotannon sertifiointijärjestelmä biomassan tuotantoa, konversiojärjestelmiä ja kaupankäyntiä varten. (Global-Bio-Pact 2010.)

ISCC System on kansainvälinen sertifiointijärjestelmä, joka kuvaa sertifiointin sääntöjä ja menettelyjä. Itse ICSS ei myönnä suoraan sertifikaatteja, vaan tämä tapahtuu sertifikaatteja myöntävän elimen kautta. Vuoden 2010 elokuuhun mennessä oli myönnetty 35 sertifikaattia ja tarkistettujen tuotantolaitosten tuotantokapasiteetti oli noin 6,3 miljoonaa tonnia. (European Biofuels 2012.)

Euroopan unionin uusiutuvan energian direktiivin sisältämät kestävyyskriteerit julkaistiin vuonna 2009. Direktiivi 2009/28/EY edellyttää, että biopolttoaineiden valmistajan on todennettava vastuullisuus komission hyväksymällä tavalla. Hyväksytyt menetelmät ovat sekä kansallisten lakien mukaiset tavat että komission erikseen tunnustamat vapaaehtoiset menettelyt, jotka ovat voimassa kaikissa jäsenvaltioissa. Biopolttoaineiden valmistajat voivat valita, osoittavatko ne näiden kestävyyskriteerien täyttymisen kansallisten järjestelmien kautta vai liittymällä johonkin komission heinäkuussa 2011 tunnustamista vapaaehtoisista järjestelmistä. Kestävyysjärjestelmien avulla varmennetaan, ettei biopolttoaineiden tuotannossa muuteta trooppisia metsiä ja hiilipitoisia suomaita öljypalmu- tai sokeriruokoviljelmiksi. Kestävyysvaatimuksia luonnehditaan komissiossa maailman tiukimmiksi. (TEM 2012.)

WTO:n jäsenmaiden tulee lähtökohtaisesti sovittaa asettamansa sertifiointiohjelman erityiset toimenpiteet ja tavoitteet WTO:n analyttisen kehikon mukaisiksi. Ehdotettu biopolttoainesertifiointiohjelma tulee arvioida ainakin GATT:n¹ I, III ja XX artiklan sekä TBT²- ja SPS³-sopimusten valossa. (ICTSD 2009.)

Sertifiointiohjelma voi vaatia todisteita siitä, että sosiaaliset tavoitteet ovat täyttyneet. Jos tuottaja ei pysty todistamaan vaatimusten mukaisuutta, voivat sen maan viranomaiset, johon hyödykkeitä viedään, kieltäytyä antamasta sertifiointia ja kieltää biopolttoaineiden tuonnin, asettaa korkeamman tariffin tai veron, rajoittaa jakelua tai vaatia kyseiselle hyödykkeelle erityistä merkintää. Oman haasteensa luo se, että

¹ General Agreement on Tariffs and Trade

² Technical Barriers to Trade

³ Agreement on the Application of Sanitary and Phytosanitary Measures

kansallisilla toimenpiteillä ja rajoitteilla voidaan kestävyyskriteereiden nimissä harjoittaa omaa tuotantoa suojaavaa politiikkaa, mikä estää globaalien biopolttoainemarkkinoiden kehittymistä. Markkinatoimijoille ongelmallisia ovat liian monet standardit ja niihin liittyvät sertifiointivaatimukset.

3.4 Globaali ruuantuotanto

Ruuan ja energian kysynnän kasvuun vaikuttavat eniten sosioekonomiset tekijät, kuten kasvava väestö ja kasvava tulotaso sekä lisääntyvä kaupungistuminen. Demografisiin muutoksiin kytköksissä oleva urbanisoituminen vaikuttaa myös kuluttajien preferensseihin ruuan ja energiatuotteiden kysyntää nostavasti. (Msangi & Rosegrant 2009.) Seuraavan kahden vuosikymmenen aikana väestön ennakoitaan kasvavan noin prosentin vuositasolla (Fischer 2009). Maailman väestön arvioidaan kasvavan 8,2 miljardiin vuoteen 2030 mennessä ja 9,1 miljardiin vuoteen 2050 mennessä. Väestönkasvu tulee käytännössä tapahtumaan kehitysmaissa. Itä-Aasian väkiluvun kasvun ennakoitaan kääntyvän 0,2 prosentin vuosittaiseen laskuun vuosina 2045–50, samaan aikaan kun Saharan eteläpuolisen Afrikan väkiluvun kasvun ennakoitaan olevan 1,2 prosenttia vuodessa. Vuonna 2050 maailman väestönkasvusta 69 prosenttia ennakoitaan tapahtuvan Saharan eteläpuolisessa Afrikassa. (FAO 2006, 16.)

Viljelyskelpoinen maa-ala on lisääntynyt 460 prosentilla ja laidunmaa-ala 560 prosentilla viimeisen 300 vuoden aikana (WBGU 2010, 48). Maailman nykyinen viljelyala on noin 1,6 miljardia hehtaaria ja korjuuala 1,37 miljardia hehtaaria. (FAOSTAT 2012). Ruuantuotantoon on estimoitu tarvittavan 120 miljoonaa hehtaaria lisää maa-alaa vuoteen 2030 mennessä, jotta kasvavan väestön ravitseminen voidaan taata. Ihmisten maankäytön muutoksista aiheutuvat suorat ja välilliset vaikutukset johtavat muutoksiin ravinnekierrossa ja usein eroosion syntyyn. Nämä vaikutukset tulee ottaa huomioon keskusteltaessa bioenergian käytöstä. Ekosysteemiin kohdistuvat epäsuorat vaikutukset nähdään usein biologisen diversiteetin katoamisena. (WBGU 2010, 47–49.)

Biopolttoaineiden raaka-aineiden käyttö on laajentunut nopeasti ja sen myötä on kasvanut huoli globaalista ruokahuollosta. Viljasta valmistetulla bioetanolilla on suora vaikutus useisiin keskeisiin viljatuotteisiin. Sokeriruokosta valmistetun bioetanolin tuotannon kasvu puolestaan vaikuttaa kilpailuun peltomaan käytöstä. Biodieselin tuotannon kasvulla on suoria ja voimakkaita seurauksia kasviöljyjen hintoihin ja niiden saatavuuteen. Viljaan ja öljysiemeniin perustuva biopolttoaineiden tuotannon kasvu nostaa ruuan hintoja, koska maataloushyödykkeiden kasvanut kysyntä nostaa maataloushyödykkeiden hintoja. Tämä vaikeuttaa köyhimpien ruuan saatavuutta. Kohonneet ruuanhinnat vaikuttavat eniten peruselintarvikkeiden, viljatuotteiden, kasviöljyjen, lihan ja meijerituotteiden hintoihin. (Van der Mensbrugghe ym. 2009.)

Kestävän biopolttoainetuotannon tulee rakentua raaka-ainepohjaan, joka ei kilpaile elintarviketuotannon kanssa, tai jopa tukee sitä esimerkiksi monipuolistamalla viljelykiertoja. Vaihtoehtoiset raaka-aineet, jotka soveltuvat toisen ja kolmannen sukupolven biopolttoaineiden raaka-aineeksi, saavuttavat ajan saatossa taloudellisen toimintakykynsä. Ne korvaavat ensimmäisen sukupolven biopolttoaineiden raaka-aineet käyttämällä hyväkseen maa-alaa, joka ei sovellu varsinaisille ruoka- ja rehuksveille vähentäen maatalousmaan käyttöä energian tuottamiseen. (Elbehri & Sarris 2009.)

3.5 Biopolttoaineiden tuotanto

IEA (International Energy Agency) on ennustanut biopolttoaineiden vuosittaisen kasvun olevan globaalilla tasolla seitsemän prosenttia. Tämä tarkoittaa biopolttoaineiden saavuttavan vuonna 2030 viiden prosentin osuuden kaikesta tieliikenteessä käytettävästä polttoaineesta. Tällä hetkellä osuus on noin kaksi prosenttia. Ennakoitu kasvukehitys vaatisi biopolttoaineiden raaka-aineisiin käytettävän viljelyalan nousevan kahteen ja puoleen prosenttiin käytettävissä olevasta maa-alasta vuoteen 2030 mennessä, nyt sen ollessa yksi prosentti. Maailman liikennekäyttöön tarkoitettujen polttoaineiden kysynnän oletetaan kasvavan merkittävästi seuraavien vuosikymmenten aikana, ja kasvavan 55 prosenttia vuosina 2004–2030. Kysynnän ennakoidaan kasvavan kaikkialla maailmassa, erityisesti

kehitysmaissa, väestönkasvun, bruttokansantuotteen kasvun ja urbanisoitumisen myötä. Yhdysvaltojen ja Euroopan oletetaan pysyvän biopolttoaineiden suurimpina kuluttajina. Suurin osa biopolttoaineista tullaan jatkossakin tuottamaan ja kuluttamaan paikallisesti. Kansainvälisen kaupan ennakoidaan kuitenkin kasvavan merkittävästi. (WEC 2010.)

WEC:n (2010) mukaan Afrikan ja Aasian maiden odotetaan kehittyvän suuriksi biopolttoaineiden tuottajiksi ja viejämaiksi. Näiden maiden menestykseen vaikuttaa kuitenkin merkittävästi globaalisti harjoitettu biopolttoainepolitiikka. Öljymarkkinoiden kehittyminen tulee jatkossakin vaikuttamaan kaikkein eniten biopolttoainetuotantoon.

Synteettisten biopolttoaineiden (toisen sukupolven biopolttoaineet: BTL) tuotantotekniikat ovat kehitysvaiheessa, joskin ensimmäiset kaupalliset sovellukset ovat jo markkinoilla. Näiden tuotannossa voidaan käyttää raaka-aineena syötäviä kasvinosia vaikeammin hyödynnettäviä kasvinosia, jolloin polttoainetta voidaan valmistaa myös sivutuotteista, kuten oljesta. Kasvihuonekaasupäästöjen odotetaan jäävän huomattavasti alhaisimmiksi ja vaikutukset pellon käyttöön sekä elintarvikemarkkinoihin nykyistä vähäisemmäksi. Kolmannen sukupolven biopolttoaineet ovat yhä tutkimusvaiheessa. (WBGU 2010, 38.)

4 Hinnan muodostuminen

Taloustieteessä markkinoilla tarkoitetaan järjestelyä, joka mahdollistaa kuluttajien ja tuottajien hyödykkeiden vaihtamisen. Markkinoilla osapuolet, eli kuluttajat ja tuottajat, voivat arvioida myynnissä olevia hyödykkeitä, mikä vaikuttaa hinnan muodostumiseen. (Mankiw & Taylor 2010, 63–64.) Markkinoilla jokainen osapuoli pyrkii saamaan itsellensä mahdollisimman suuren hyödyn. Kuluttaja pyrkii saamaan rahoillensa mahdollisimman paljon vastinetta ja tuottajat pyrkivät maksimoimaan voittojansa. Kysynnän ja tarjonnan lait tarkoittavat siten myös sitä, että markkinat määräävät hyödykkeiden ja palveluiden hinnat. Vapaissa markkinatalouksissa kuluttajien tarpeet määräävät viime kädessä tarjonnan ja hyödykkeiden hinnat, sillä kaikki hyödykkeiden ja palveluiden tarjoajat kilpailevat keskenään kuluttajien tuloista. Näin ollen, jos markkinoille tuodaan sellaisia hyödykkeitä, joita kuluttajat eivät halua ostaa tai jotka ovat liian kalliita, jää kyseisten hyödykkeiden markkinaosuus kotitalouksien kokonaiskulutuksesta hyvin alhaiseksi tai ne katoavat kokonaan markkinoilta.

Kansantaloustieteessä markkinat jaetaan täydellisen kilpailun ja epätäydellisen kilpailun markkinoihin. Maantieteellinen sijainti ja tuotemarkkinoiden rajaus vaikuttavat siihen, millaisiksi markkinat voidaan mieltää. Epätäydellinen kilpailu on markkinatilanne, jossa joku yksittäinen ostaja tai myyjä vaikuttaa hintaan suoraan tai suoraan asettaa sen. Täydellisen kilpailun markkinoilla yksittäiset ostajat tai myyjät eivät tee lainkaan hinnoittelupäätöksiä, eivätkä he siten voi vaikuttaa markkinahintaan. Keskeistä on selvittää, kuinka hyvin tai huonosti markkinat hoitavat tehtävänsä. (Varian 2006, 3–8, 289–290.)

4.1 Hinnan määräytyminen kilpailullisilla markkinoilla

Täydellinen kilpailu on teoreettinen taloustieteen malli. Malli kuvaa markkinamuotoa, jossa yhdelläkään kuluttajalla tai tuottajalla ei ole sellaista markkinavoimaa, joka pystyisi vaikuttamaan hyödykkeen hintaan. Jokainen

yksittäinen kuluttaja ja tuottaja vain havaitsee markkinahinnan ja voi ainoastaan reagoida siihen. (Varian 2006, 384–385.) Taloustieteellisen ajattelun mukaan täydellinen kilpailu johtaa tehokkaimpaan mahdolliseen taloudelliseen lopputulokseen. Täydellisen kilpailun markkinoilla hyödykkeen hinta on alin taloudellisesti kannattava hinta ja hyödykettä tuotetaan suurin mahdollinen määrä. (Mankiw & Taylor 2010, 274–280.) Kilpailulliset markkinat reagoivat epätäydellisen kilpailun markkinoita nopeammin uuteen tietoon nykyisestä ja odotetusta talouden tilasta. (Tomek & Robinson 2003, 111).

Täydellisen kilpailun markkinoilla on seuraavat neljä ominaispiirrettä (Tomek & Robinson 2003, 86–87):

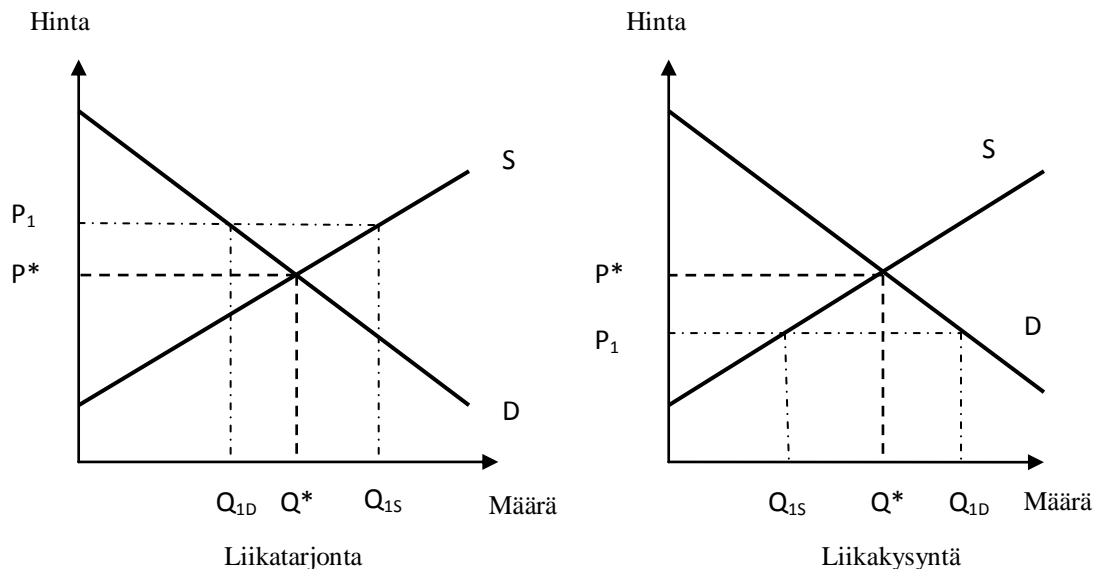
1. Markkinoilla on verrattain pieniä toimijoita (ostajia ja myyjiä), jotka eivät yksin pysty vaikuttamaan hyödykkeen hinnan määräytymiseen.
2. Tuotteet ovat homogeenisia keskenään.
3. Kaikki resurssit ovat täysin liikuteltavissa; niiden markkinoille tulosta ja sieltä poistumisesta ei synny kustannuksia.
4. Kuluttajat ja tuottajat ovat täysin tietoisia niistä relevanteista tekijöistä, mitkä määräävät hinnan.

Reaalimaailmassa tällaisia markkinoita ei esiinny lainkaan. Täydellinen kilpailu kuitenkin tarjoaa mittapuun, jota apuna käyttäen voidaan arvioida markkinoiden rakennetta. Jotkut markkinat muistuttavat hyvin paljon täydellisen kilpailun olosuhteita ja niitä kutsutaan puhtaasti kilpailullisiksi markkinoiksi (*purely competitive markets*). Tällaisilla markkinoilla pätevät seuraavat olosuhteet (Tomek & Robinson 2003, 86–87):

1. Toimijoiden määrä on riittävän suuri, jottei kukaan yksittäinen toimija voi vaikuttaa hinnan määräytymiseen; yksittäinen toimija on niin sanotusti hinnan ottaja.
2. Hyödykkeet ovat riittävän homogeenisia, jolloin eri tuottajien hyödykkeet ovat lähes toistensa substituuotteja.
3. Markkinoille tulo ja sieltä poistuminen aiheuttaa vain pieniä kustannuksia, resurssien ollessa suhteellisen helposti liikuteltavissa. Resurssien käyttöön ei kohdistu valtion tai muun tahon kautta rajoituksia.

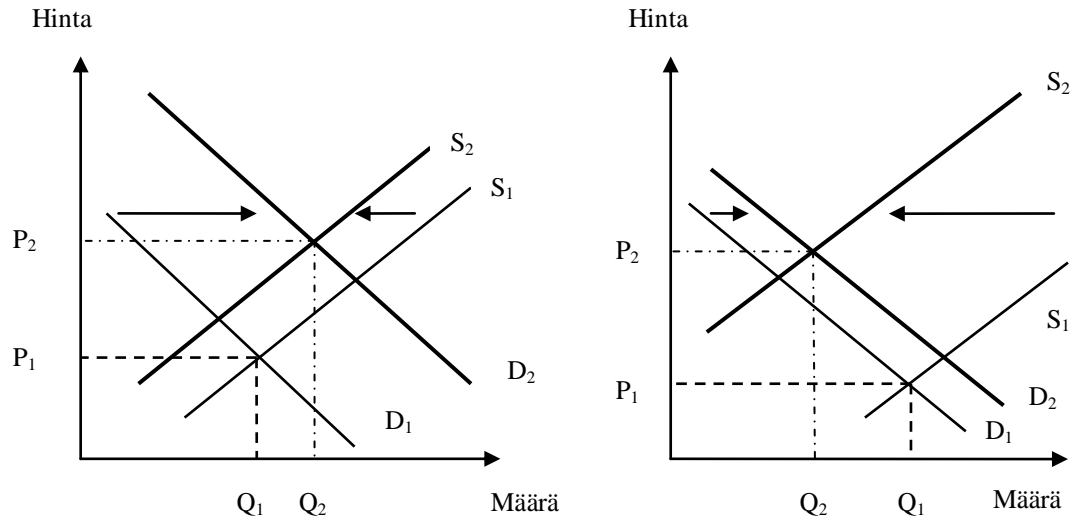
4. Tieto markkinaolosuhteista on helposti kaikkien toimijoiden saatavilla, vaikkei se olekaan maksutonta. Toimijat ovat hyvin tietoisia taloudellisista olosuhteista.

Hintateorian keskeisenä käsitteenä on markkinatasapaino. Vain markkinatasapainossa markkinaosapuolten aiemukset ovat toistensa kanssa sopusoinnussa. Siinä kysytty ja tarjottu määrä ovat keskenään yhtä suuria. Tasapaino saavutetaan markkinoilla hinnan sopeutuksen kautta. Jos vallitseva hinta on tasapainohintaa korkeampi, eivät kuluttajat ole halukkaita maksamaan kyseistä hintaa, jolloin kauppojen varastot alkavat täyttyä. Tämä pakottaa hinnan alenemaan, kunnes se saavuttaa tasapainohinnan (kuvio 4.1.). Jos vallitseva hinta on tasapainohintaa alhaisempi, vallitsee liikakysyntä, jolloin kauppojen varastot hupenevat ja tällöin hinta pyrkii nousemaan tasapainohinnan tasolle (kuvio 4.1.). Aina hinnan poiketessa markkinatasapainotasosta, vallitsee liikatarjontaa tai liikakysyntää, jotka pakottavat vapaasti määräytyvän hinnan muuttumaan. Hinnan muutos jatkuu, kunnes tasapaino on uudelleen saavutettu. Sellaista voimaa, joka pystyisi muuttamaan tätä hintaa, ei ole, sillä vallitseva tasapaino pyrkii säilymään. Ellei sitä ole, se pyrkii syntymään. Vapaasti toimiva hintamekanismi perustuu tähän olettamukseen. (Mankiw & Taylor 2010, 74–76; Ritson 1977, 82–83.)



KUVIO 4.1. Tasapainotasoa korkeampi hinta johtaa liikatarjontaan ja tasapainotasoa alhaisempi hinta johtaa liikakysyntään (Mankiw & Taylor 2010, 76.)

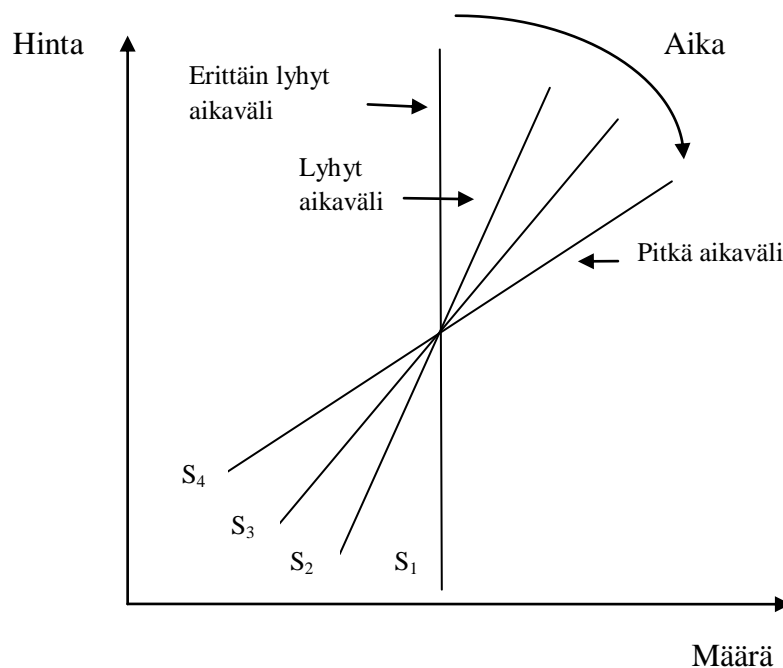
Tarjonta- ja kysyntäkäyrien sijainnit määräävät markkinatasapainon hinnan ja määrään. Jonkin tapahtuman siirtäessä näitä käyriä, markkinatasapaino muuttuu. Tällaisen muutoksen analysointia kutsutaan vertailevaksi tasapaino-opiksi (*comparative statics*), koska siinä verrataan kahta muuttumatonta tilannetta toisiinsa, alkuperäistä ja uutta markkinatasapainoa. (Mankiw & Taylor 2010, 76; Ritson 1977, 86.) Oletetaan esimerkiksi tilanne, jossa halutaan tarkastella bensiinin markkinatasapainossa tapahtuvia muutoksia, kun samaan aikaan julkisen liikenteen lakko on jo kestänyt pitkään ja Lähi-idän öljytuottajamaat asettavat vientirajoitteita raakaöljylle. Julkisen liikenteen pitkittynyt lakko aiheuttaa bensiinin kysyntäkäyrän siirtymisen oikealle, koska kuluttajat haluavat ostaa silloin enemmän bensiiniä, päästäkseen liikkumaan. Lähi-idän öljytuottajamaiden asettama öljyn vientikielto saa aikaan vähentyneen öljyn tarjonnan markkinoille, mikä puolestaan nostaa öljyn hintaa. Tuotantopanoksen kallistuessa muuttuu myös se määrä bensiiniä, mitä bensiinin tuottajat haluavat myydä millä tahansa hinnalla ja tarjontakäyrä siirtyy vasemmalle. Kuviossa 4.2. on esitetty kaksi mahdollista lopputulosta riippuen siitä, kuinka kysyntä- ja tarjontakäyrät siirtyvät suhteellisesti.



KUVIO 4.2. Tarjonta- ja kysyntäkäyrien yhtäaikainen siirtyminen ja niiden vaikutukset markkinatasapainon hintaan ja määrään (Mankiw & Taylor 2010, 81.)

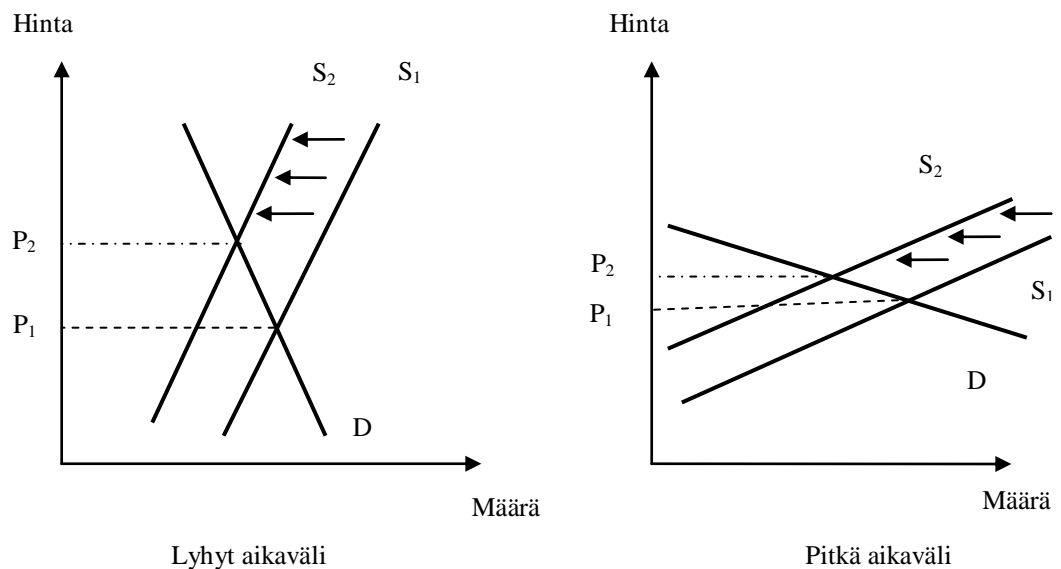
Molemmissa tapauksissa uuden markkinatasapainon hinta nousee. Kuvion 4.2. vasemmalla puolella on kuvattu tilanne missä kysyntä kasvaa suhteellisen paljon ja tarjonta pienenee suhteellisen vähän, jolloin uuden markkinatasapainon määrä myös kasvaa. Kuvion 4.2. oikealla puolella on kuvattu tilanne missä kysyntä kasvaa suhteellisen vähän ja tarjonta pienenee suhteellisen paljon, jolloin uuden markkinatasapainon määrä alenee. Näin ollen, nämä tapahtumat nostavat varmasti bensiinin hintaa, mutta vaikutukset myytyyn bensiinin määrään on epäselvä. (Mankiw & Taylor 2010, 78–81.)

Vallitsevan markkinatasapainon hintaan ja määrään vaikuttaa myös tarkasteluajanjakson pituus. Ajanjaksojen erottelu (kuviokuva 4.3.) viittaa toimijoiden kykyyn sopeutua muutoksiin toimintaympäristössään. Lyhyellä ajanjaksolla tuotannon sopeutuminen ei ole täydellistä, vaan olemassa oleva kiinteä tuotannontekijä rajoittaa yrityksen toimintamahdollisuuksia. Pitkän ajan sopeutumista koskevat päätökset määräävät ne rajat, joissa lyhyen ajan sopeutumisen on tapahduttava.



KUVIO 4.3. Tarjontakäyrän muuttuminen aikavälin muuttuessa (Tomek & Robinson 2003, 65.)

Tarjonnan hintajousto on sitä suurempi mitä pidempi on tarkasteluajanjakson pituus. Tuotantoprosessin luonne ja hyödykkeen varastointimahdollisuudet vaikuttavat myös tarjonnan hintajousto. Mitä vaikeampaa tuotannon tekijän siirtäminen muuhun tuotantoon on ja mitä helpommin pilaantuva tai muuten vaikeasti varastoitava hyödyke on, sitä joustamattomampaa on sen tarjonta. Kysynnän hintajouston suuruus on lyhyellä aikavälillä usein joustamattomampaa kuin pitkällä ajanjaksolla. (Ritson 1977, 82–88.) Kuviossa 4.4. on esitetty tilanne jossa tarjonta supistuu lyhyellä ja pitkällä aikavälillä. Lyhyellä aikavälillä, tarjonnan ja kysynnän ollessa suhteellisen joustamattomia, johtaa tarjonnan siirtyminen vasemmalle suurempaan hinnan nousuun kuin pitkällä aikavälillä, jolloin tarjonta ja kysyntä ovat suhteellisen joustavia.



KUVIO 4.4. Tarjonnan supistumisen vaikutukset markkinatasapainohintaan lyhyellä ja pitkällä aikavälillä (Mankiw & Taylor 2010, 103.)

4.2 Hinnan määräytyminen epätäydellisillä markkinoilla

Epätäydellinen kilpailu tarkoittaa talusteoriassa markkinatilannetta, jolloin kaikki täydellisen kilpailun oletukset eivät täyty. Epätäydellisen kilpailun tapauksessa

yrityksiä toimii markkinoilla rajallinen määrä ja niillä on hinnoitteluvoimaa. Tällöin yritysten kannattaa nostaa tarjoamansa hyödykkeen hintaa voittojensa maksimoimiseksi, jolloin kuluttajien hyöty vähenee. Epätäydellistä kilpailua voi esiintyä myös markkinoiden hitauden takia. Markkinoille saattaa syntyä epätäydellinen kilpailutilanne myös silloin, kun ostajilla tai myyjillä ei ole tarpeeksi informaatiota vaihdettavista hyödykkeistä. Epätäydellinen kilpailu eriaistaiseksi on reaali maailmassa vallitseva markkinamuoto.

Seuraavaksi perehdytään hinnan määräytymiseen monopolisen, monopolistisen ja oligopolisen kilpailun tilanteessa. Näiden lisäksi epätäydellistä kilpailua esiintyy monopsonisessa (vain yksi ostaja), oligopsonisessa (vain harvoja ostajia) ja kartellisessa markkinatilanteessa. (Mankiw & Taylor 2010, 295–331; Ritson 1977, 157–158.)

Taloustieteessä monopolilla tarkoitetaan tilannetta, jossa markkinoilla on vain yksi tietyn hyödykkeen tai palvelun tuottaja. Yritykselle on voinut muodostua monopoli useasta syystä. Laillinen monopoli syntyy silloin, kun valtio rajoittaa tarjontaa lainsäädännöllä, ja usein se on valtion itsensä harjoittamaa liiketoimintaa. Yrityksillä saattaa olla esimerkiksi patentin tai tekijänoikeuksien vuoksi laillinen yksinoikeus johonkin markkinaan. Luonnollinen monopoli muodostuu puolestaan tilanteesta, jossa yksi tuottaja pystyy toimimaan markkinoilla niin tehokkaasti, ettei muiden kannata tulla markkinoille. Tällöin yrityksellä on tavallisesti tuotannossaan skaalaetu tai vaihtoehtoisesti markkinoille tulon kustannus voi olla hyvin korkea. Luonnollisia monopoleja muodostuu monille sellaisille markkinoille, jotka liittyvät infrastruktuuriin ja yleishyödykkeisiin. (Mankiw & Taylor 2010, 297–299.) Puhdas monopoli on suhteellisen harvinainen ilmiö, mutta se auttaa ymmärtämään hinnan määräytymisen teoriaa vastapainona täydellisen kilpailun hinnan määräytymiselle (Tomek & Robinson 2003, 96).

Monopolistisella kilpailulla tarkoitetaan taloustieteessä tilannetta, jossa markkinoilla toimii monia hyödykkeen tai palvelun tuottajia, mutta heidän tarjoamansa hyödykkeet ovat heterogeenisiä. Hyödykkeet ovat kuitenkin toisilleen läheisiä substituuotteja. Näin ollen yritysten kohtaama kysyntäkäyrä on hyvin joustava. (Tomek & Robinson 2003, 110.) Jokainen monopolistisen kilpailun yritys muistuttaa monin tavoin monopolirytytystä. Se kohtaa alaspäin laskevan kysyntäkäyrän, koska

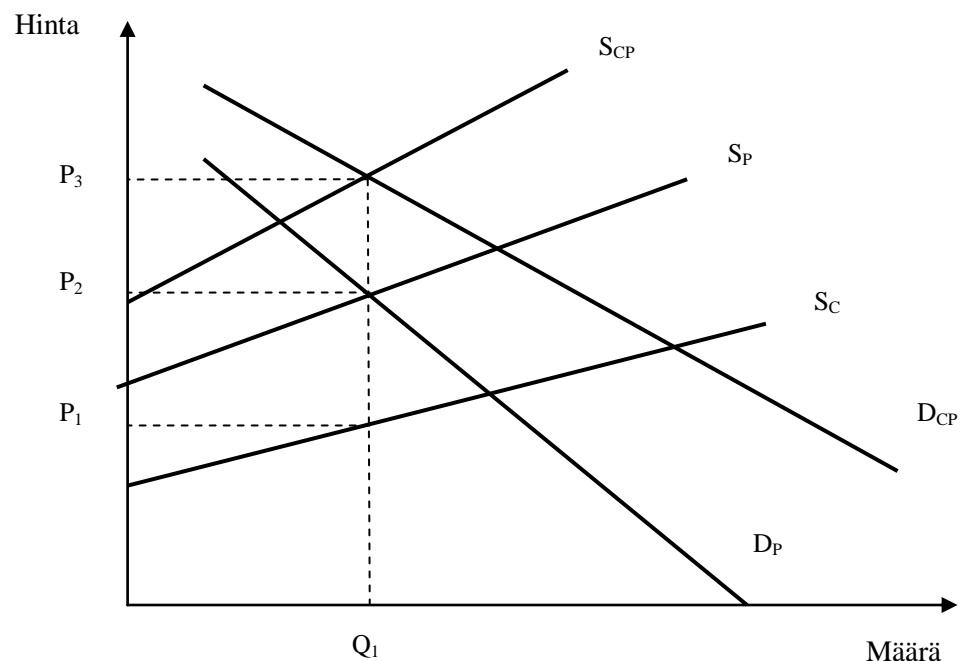
sen tuottamat hyödykkeet eroavat muiden tuottamista hyödykkeistä. Siksi monopolistisen kilpailun yritys kohtaa monopolisen yrityksen periaatteet voiton maksimoimisessa lyhyellä aikavälillä. (Mankiw & Taylor 2010, 356.)

Oligopolilla tarkoitetaan tilannetta, jossa markkinoilla on vain harvoja keskenään kilpailevia tietyn hyödykkeen tai palvelun tarjoajia, joista kukin voi vaikuttaa hinnan määräytymiseen. Kukin oligopoliyritys määrittää toimensa ottaen huomioon markkinoiden muiden yritysten suhtautumisen ja mahdolliset vastatoimet. Oligopoliyritysten tarjoamat hyödykkeet tai palvelut ovat heterogeenisiä tai homogeenisiä keskenään. Oligopolille on usein ominaista kilpailun vähäisyys. Yhtenä esimerkkinä voidaan mainita maailman raakaöljyn markkinat, missä muutama Lähi-idän maa kontrolloi suurinta osaa maailman öljyreserveistä. (Mankiw & Taylor 2010, 327–329.) Oligopoli on markkinamuodoltaan monimutkaisempi kuin täydellinen kilpailu ja monopoli, ja siinä toimivien yritysten hinnoittelukäyttäytymistä on vaikea mallintaa. Kilpailun määrästä riippuen oligopoliyritysten hinnoittelukäyttäytyminen voi olla lähellä niin kilpailullisia kuin monopolisia markkinoita. Oligopoliyritysten strategiavalinnat vaikuttavat niiden hinnoittelukäyttäytymiseen. Niiden välillä voi vallita erilaisia vuorovaikutussuhteita ja ne voivat olla joko suunnan näyttäjiä tai seuraajia niin hinnoittelun kuin tuotetun määränkin suhteen. Oligopoliyritykset saattavat tehdä salaa yhteistyötä, jolloin hinta asetetaan niin, että se maksimoi näiden yritysten nettotuloja. Tällainen tilanne voidaan saavuttaa rajoittamalla kokonaistuotannon määrää, jolloin hinta määräytyy sen pisteen mukaan missä oligopoliyrityksen rajatuotto on yhtä suuri kuin sen rajakustannus. Tilanne on vastaavanlainen kuin aiemmin kuvattu monopoliyrityksen hinnan määräytyminen. (Tomek & Robinson 2003, 104–106.)

Oligopolisen markkinarakenteen hinnan määräytymisen mallintamista hankaloittavat monet tekijät. Yritysten koko ja niiden monitaitoisuus saattavat aiheuttaa kustannusrakenteissa eroavaisuuksia, sillä suuret yritykset voivat saavuttaa sellaisia mittakaavaetuja, joita pienten toimijoiden on mahdotonta saavuttaa. Hyödykkeet voivat olla erilaistettuja, mikä antaa tilaisuuden jonkinasteiseen hintojen kontrollointiin, vaikka eri yritysten tuotemerkit olisivat läheisiä substituuotteja. Lisäksi muun muassa pakkaus-, mainos- ja myynninedistämiskustannukset ovat todennäköisesti suurempia kuin ne olisivat täydellisen kilpailun yrityksessä. (Tomek & Robinson 2003, 109–110.)

4.3 Hinnan määräytymiseen ja muodostumiseen vaikuttavat tekijät

Taloustieteen hintateoria asettaa pohjan maataloushyödykkeiden hintojen käyttäytymiselle ja määräytymiselle. Perinteiset taloustieteen mallit soveltuvat maataloushyödykkeen hinnan määräytymisen mallintamiseen, kun kuluttajalla ja tuottajalla on suora yhteys, toisin sanoen, kun kuluttaja hankkii maataloushyödykkeensä suoraan tuottajalta. Tämän tyyppiset markkinaolosuhteet vallitsevat monin paikoin. Teollisuusmaissa ne ovat asteittain vähentyneet, jolloin tuottajan rooliksi elintarvikeketjussa on tullut yksin tarjota raaka-aineita jalostajille ja vähittäiskaupalle. (Ritson 1977, 148–149.) Näin ollen jalostetun maataloushyödykkeen hinnan määräytyminen on paljon monimutkaisempaa kuin edellä on esitetty. Kuviossa 4.5. on esitetty yksinkertainen esimerkki jalostus- ja jakeluteollisuudenhaarojen vaikutuksista jalostetun maataloushyödykkeen hinnan määräytymiseen kilpailullisilla markkinoilla.



KUVIO 4.5. Jalostetun maataloushyödykkeen hinnan määräytyminen kilpailullisilla markkinoilla (Ritson 1977, 153.)

Kuviossa 4.5. on esitetty hypoteettinen esimerkki purkitetuista pavuista, ja markkinoilla oletetaan toimivan useita itsenäisiä pavuntuottajia ja -purkittajia. Esimerkissä oletetaan papujen ja purkkien olevan toistensa komplementteja, jolloin purkitettujen papujen kysyntäkäyrä D_{CP} , papujen tarjontakäyrä S_P ja purkittajien tarjontakäyrä S_C voidaan piirtää samaan kuvioon. Purkitettujen papujen tarjontakäyrä S_{CP} on johdettu papujen ja purkittajien tarjontakäyristä. Markkinoiden tasapainossa tuotetaan purkitettuja papuja määrä Q_1 hinnalla P_3 . Tällöin pavuntuottajat kohtaavat hinnan P_2 ja purkittajat hinnan P_1 . Purkitettujen papujen kysyntäkäyrästä on johdettu papujen kysyntäkäyrä D_P , jolloin papujen kysyntään vaikuttaa purkitettujen papujen tarjontatilanne. Näin ollen yksi maataloushyödykkeen tuottajan kohtaama hintaan vaikuttava tekijä on lopullisen jalostetun maataloushyödykkeen tarjottu määrä. Tämän lisäksi jalostettujen maataloushyödykkeiden eri toimijoiden väliset tarjontasuhteet vaikuttavat raaka-aineen tuottajahintojen epävakauteen. Edellä esitetty esimerkki legitimoii esittämään maataloushyödykkeiden markkinat yksinkertaisesti kysyntä- ja tarjontakäyrien vuorovaikutusten avulla, jopa silloin kun maataloushyödykettä on pitkälle jalostettu. Legitimointi on oikeutettu niin kauan kuin muistamme, että maataloushyödykkeen kysyntäkäyrä on johdettu lopullisen jalostetun maataloushyödykkeen kysyntäkäyrästä ja että johdetun kysyntäkäyrän muotoon vaikuttavat jalostuksen ja jakelun tarjonnan olosuhteet. (Ritson 1977, 152–157.)

Biopolttoainemarkkinat ovat osa biomassamarkkinoita. Biopolttoainemarkkinoita ohjaavat tekijät ovat yhteydessä koko tuotantoketjuun, biomassan tuottamisesta jalostetun hyödykkeen lopulliseen käyttöön asti. Taloudelliset avaintekijät, jotka vaikuttavat biopolttoainemarkkinoiden kehittymiseen, ovat Slingerlandin & van Geunsin (2005) mukaan biomassan hinta, raakaöljyn hinta ja teknologinen kehitys konversioteknologiassa. Harjoitetuilla politiikan keinoilla he näkevät olevan ratkaiseva merkitys biopolttoaineiden hinnan muodostumiseen tällä hetkellä, politiikan keinojen tehdessä biopolttoaineista kilpailukykyisiä fossiilisten polttoaineiden kanssa. Biopolttoaineiden hintoihin vaikuttaa lisäksi se, mistä lähteestä raaka-aineeksi käytettävä biomassa on saatu. Energian (raakaöljy, bensiini, diesel), raaka-aineen (ruoka, biomassa) ja biopolttoaineiden hintojen sekä politiikan keinojen vaikutuksia taloudellisista näkökohdista on käsitelty kirjallisuudessa kasvavassa määrin (esimerkiksi, Tokgoz & Elobeid 2007; Balcombe &

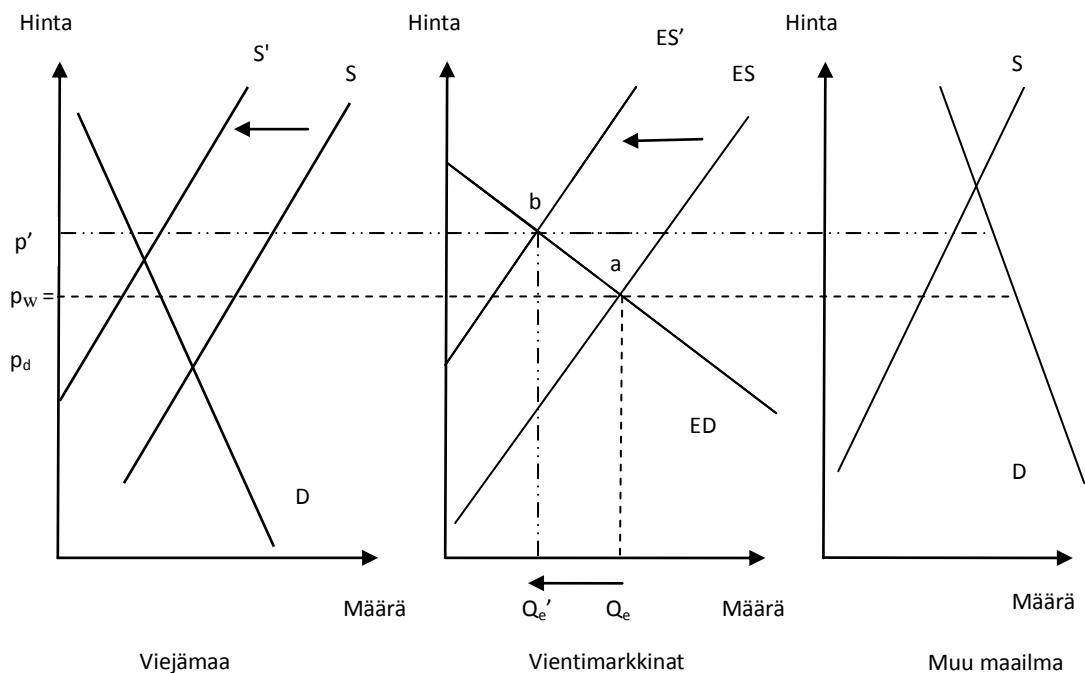
Rapsomanikis 2008; de Gorter & Just 2009; Du & Hayes 2009; Du, Hayes & Yu 2009; Zhang, Lohr, Escalante & Wetzstein 2009; de Gorter, Brabik & Just 2010; Wallace 2010; Pavel & d'Artis 2011a, 2011b; Rajcaniova, Drabik & Ciaian 2011a, 2011b; Tepe, Du & Hennessy, 2011).

4.3.1 Raaka-aine

Vallitsevat ensimmäisen sukupolven biopolttoaineet käyttävät raaka-aineenaan pääosin viljeltäviä maataloushyödykkeitä. Tällöin taloustieteen hintateoria asettaa pohjan raaka-aineiden hintojen käyttäytymiselle ja määräytymiselle. Maataloudessa tuotanto reagoi hitaasti kysynnän muutoksiin verrattuna tehdasteollisuuteen. Sen on myös vaikeampi sopeuttaa tuotantonsa muuttuviin olosuhteisiin eläinten fysiologian ja biologisen kierron vuoksi, mistä johtuvat maataloustuotannolle ominaiset eripituiset viiveet. Viiveistä johtuen tarjontakäyrä itse asiassa osoittaa, kuinka paljon maataloustuottaja suunnittelee tuottavansa tulevaisuudessa sen hetkisillä hinnoilla. Lopullinen tarjottu määrä voi erota huomattavasti suunnitellusta, ja voi olla jopa nolla.

Suunniteltuun ja lopulliseen tuotettuun määrään vaikuttavat tarjonnan determinantit ja satunnaiset tekijät, kuten kuivuus. Tuotannon suunnitteluun liittyy muun muassa hinta- ja satoriskejä ja tuotannon lopulliseen tuotantomäärään vaikuttavat muun muassa viljelyolosuhteet kuten sää, kasvitaudit ja -tuholaiset. Sääolosuhteet voivat vaikuttaa merkittävästi maataloushyödykkeiden hintoihin niin kansallisesti kuin kansainvälisestikin. Hyvä ja huono satovuosi heijastuvat myös varastojen suuruudessa. (Ritson 1977, 108–110.) Kuviossa 4.6. on esitetty suuren viejamaan kohtaaman huonon sään ja sitä kautta huonon sadon vaikutukset maailmanmarkkinoihin. Huonot sääolosuhteet alentavat suuren viejamaan tuotantoa ja tarjontakäyrä S siirtyy vasemmalle, jolloin uusi tarjontakäyrä S' ilmaisee uuden tarjonnan. Näin ollen, maailmanmarkkinoilla liikatarjontakäyrä ES siirtyy myös oikealle, jolloin uusi liikatarjontakäyrä on ES' . Vientimarkkinoiden hinnan ja määrän tasapaino siirtyy pisteestä a pisteeseen b , ja maailmanmarkkinahinta siirtyy tasosta $p_w = p_d$ tasolle p' . Myös muu maailma kohtaa, maailmanmarkkinahinnan nousun seurauksena, kohonneet hinnat. Maailmanmarkkinahinnan nousun seurauksena muun

maailman hyödykkeiden kysyty määrä laskee ja tarjottu määrä kasvaa. Suuren viejamaan kohtaaman hyvän sään ja sadon vaikutukset ovat puolestaan päinvastaiset. Tällöin viennin määrä lisääntyy ja siten myös maailmanmarkkinoiden tarjonta, joiden ansiosta maailmanmarkkinahinta laskee. Edullisemman hinnan vuoksi, muualla maailmassa hyödykkeen tarjottu määrä alenee ja kysyty määrää nousee. Pieni viejämää ei kykene vaikuttamaan yksinään maailmanmarkkinoihin kovinkaan paljon. (Houck 1986, 35–37, 125–128.)



KUVIO 4.6. Huonosta säästä johtuvan tarjonnan supistumisen vaikutukset maailmanmarkkinoihin (Houck 1986, 35–37, 128.)

Maataloushyödykkeiden varastoitavuus mahdollistaa tasaisemman hyödykkeiden tarjonnan, vähentäen samalla hintavaihteluita. Maataloushyödykkeen varastointikustannukset vaikuttavat hintaan, tosin eivät radikaalisti, ja se lisää hinnan määräytymisen monimutkaisuutta, sillä tarkkaa tietoa varastoista ei ole saatavilla. Mitä pidempi varastointiajanjakso on, sitä enemmän varastointi vakauttaa hyödykkeen hintaa. Varastoitavaan hyödykemäärään vaikuttavat etupäässä varastointikustannukset sekä ennakoitujen tulevaisuuden hinnat. (Ritson 1977, 169–171.) Maataloushyödykkeiden markkinoilla käydään kauppaa myös hintafutuureilla ja optioilla, jotka tuovat oman lisänsä hinnan määräytymisen mallintamiseen.

Futuuriin avulla suojaudutaan hinnanmuutoksilta ja/tai pyritään tekemään taloudellista voittoa markkinahintojen muutoksia ennustamalla. Futuuri on johdannaisopimus, jossa sitoudutaan ostamaan ja myymään tietty määrä tiettyä hyödykettä tiettyä päivänä sopimushetkellä sovittuun hintaan. Optio on puolestaan johdannaisopimus, jossa option myyjä antaa sitovan lupauksen kaupan tekemisestä sovittuna hetkenä tai ajanjaksona tulevaisuudessa tiettyyn hintaan. Option haltija voi vapaasti päättää toteutetaanko ehtojen mukainen transaktio. Toisin sanoen optio antaa oikeuden kauppaan ja futuuri velvoittaa kaupan tekemiseen ennalta sovituin ehdoin. (Ritson 1977, 171–172; Tomek & Robinson 2003, 295–297.)

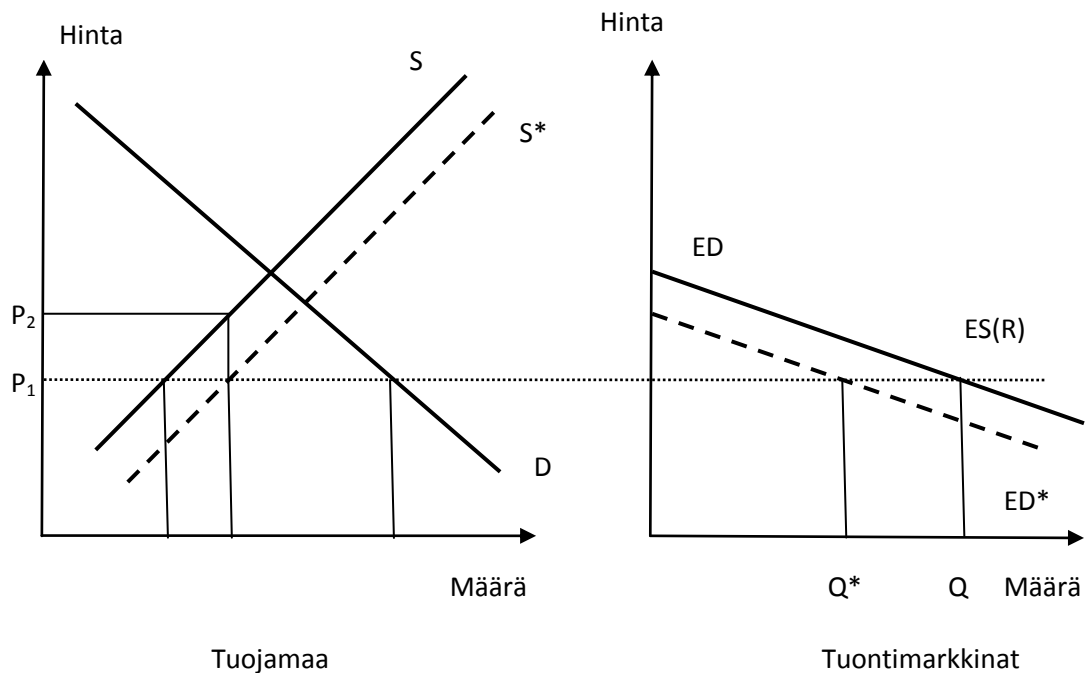
4.3.2 Maatalouspolitiikan keinot

Lähes jokaisessa maassa valtio on yrittänyt vaikuttaa ainakin joidenkin maataloushyödykkeiden hintavaihteluihin. Joskus päämääränä on laskea ruuan kuluttajahintoja, mutta usein tavoitteena on tukea maataloustuottajien hintoja ja tuloja. Varsin usein valtiot pyrkivät hintapolitiikkatoimenpiteillään saavuttamaan omavaraisuuden ruuantuotannossa, vähentämään tuontiriippuvuutta ja/tai säilyttämään pientilojen elinvoimaisuutta. Valtioilla on useita tapoja tukea maatalouttansa. Maataloustuottajan tuloja voidaan kohentaa esimerkiksi suorilla tuilla tai maksuilla. Tällaiset toimenpiteet vaikuttavat epäsuorasti hintoihin ja kannustavat siten maataloustuottajia tuottamaan enemmän. Poliitiikan toimenpiteillä voidaan vaikuttaa markkinahintoihin rajoittamalla tarjontaa tai lisäämällä kysyntää esimerkiksi tuontikiintiöiden tai vientitukien muodossa. (Tomek & Robinson 2003, 246–247.)

Erilaisten politiikan toimien avulla voidaan vaikuttaa joko suoraan tai välillisesti biopoltoaineiden tuotantoon tai kulutukseen. Nämä toimet voidaan jaotella kahteen ryhmään. Ensimmäinen ryhmä käsittää ”sekoittajien” verohyvitykset, verohelpotukset, mandaatit ja biopoltoainetuotannon tukipalkkiot. Toinen ryhmä käsittää politiikan toimia kuten tuontitariffit, biopoltoaineen raaka-aineen tukipalkkiot sekä tutkimukseen ja kehittämiseen suunnatut valtionavut. Sekoittajille maksettavien verohyvitysten tarkoituksena on tukea biopoltoaineiden kulutusta, ja se vähennetään yrityksen maksettaviksi määräytyistä veroista. Yhdysvallat käyttää tätä

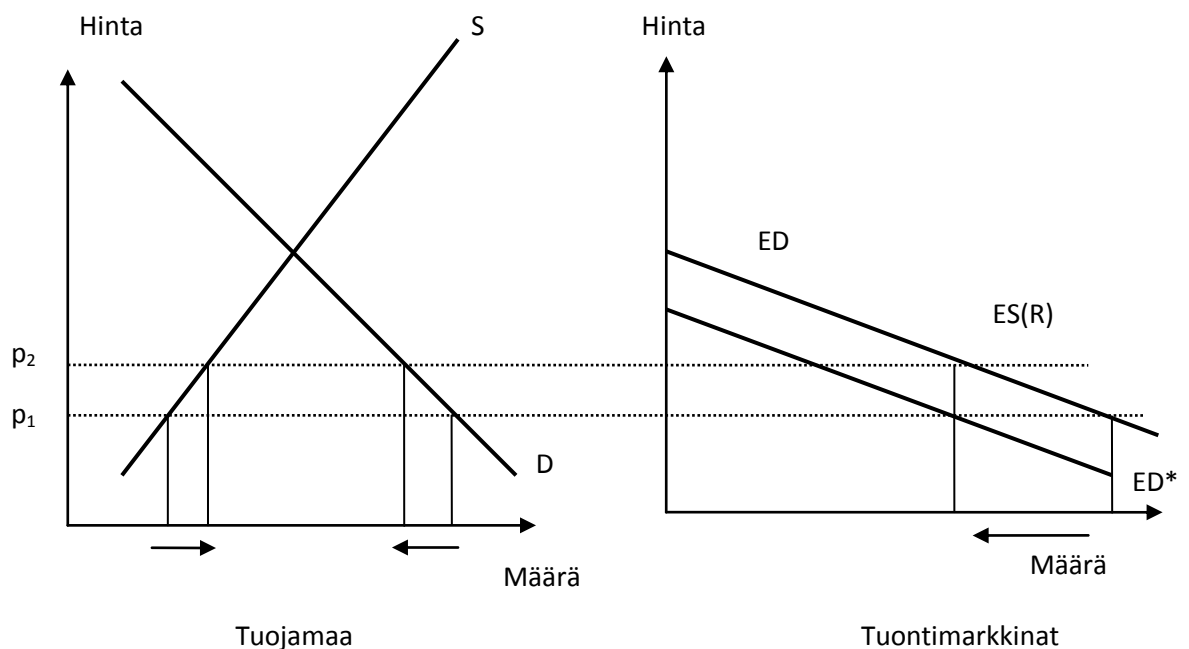
politiikan toimenpidettä. Verohyvitys ohjataan yrityksille, jotka tuottavat fossiilisen ja biopolttoaineiden sekoituksia polttoaineena käytettäväksi. Näiden yritysten tulee alentaa sekoitetun polttoaineen hintaa sillä suhteellisella summalla, jonka ne saavat verohyvityksinä. Sekoitetun polttoaineen lopullinen verohyvitys riippuu sen sisältämän biopolttoaineen osuudesta. Esimerkiksi, 100 gallonaa B99:ää sisältää 99,9 gallonaa biodieseliä ja siitä myönnetään 99,90 dollarin verohyvitys. (Europa 2009, Rajcaniova, Drabik & Ciaian 2011a.)

Suorilla valtiontuilla, joiksi verohelpotukset voidaan lukea, tarkoitetaan maksuja, jotka tuottajat saavat suoraan valtiolta esimerkiksi tuotettua hyödykettä kohden. Kuviossa 4.7. on esitetty tilanne, jossa pieni tuojamaa asettaa suoran valtion tuen tuottajille. Tämän seurauksena tarjontakäyrä siirtyy tuen suuruuden verran oikealle kohtaan S^* , ja uusi markkinatasapainopiste saa aikaan tuontikysynnän siirtymään kohtaan ED^* . Näin ollen tuonti vähenee määrästä Q määrään Q^* , maailmanmarkkinahinnalla P_1 . Tämä on sama määrä, minkä kotimaiset tuottajat tarjoavat kotimaisille markkinoille lisääntyneenä tuotantona, tuetulla hinnalla P_2 . Suora valtiontuki rasittaa veronmaksajia, hyödyttää tuottajia ja ohjaa lisäämään maa-alaa tuotannon tarpeisiin. Kuluttajia suora valtiontuki ei rasita suoralta kädeltä. (Houck 1986, 76 – 78.)



KUVIO 4.7. Suoran tuen vaikutus pienen tuojamaan tilanteessa (Houck 1986, 78.)

Tuontitariffit ja -kiintiöt ovat suojaavan kauppapolitiikan perustoimenpiteitä, ja niitä voidaan käyttää yksin tai yhdessä. Ne ovat perinteisiä mekanismeja, joilla tuontia harjoittavat valtiot pyrkivät suojaamaan kotimaista tuotantoa, joko verottamalla tuontihyödykkeitä ja/tai asettamalla tuontihyödykkeille määrällisen tuontikatontietyn ajan puitteissa. (Houck 1986, 45.) Kuviossa 4.8 on esitetty tilanne, jossa pieni tuojamaa asettaa tuontitariffin. Tariffin asettamisen seurauksena tuontikysyntä siirtyy kohtaan ED^* . Näin ollen tuonti ja kotimaan markkinat kohtaavat korkeamman hinnan $P_2 = P_1 + \text{tariffi}$. Tämän seurauksena kotimainen kysyntä laskee, kotimainen tuotanto nousee ja tuontikysyntä alenee. (Houck 1986, 46 – 47.) Tariffit ja kiintiöt rankaisevat kuluttajia, koska niiden toimeenpanon myötä hinnat nousevat niin kotimaisten kuin tuontihyödykkeiden osalta. Tariffien käyttöönotto nostaa kotimaisia hintoja ja sen seurauksena tuonti vähenee. Kiintiöt puolestaan vähentävät suoraan tuontia ja siten rajoittavat kotimaisten markkinoiden hyödykemäärää aiheuttaen kotimaisten hintojen nousua. (Houck 1986, 58.)

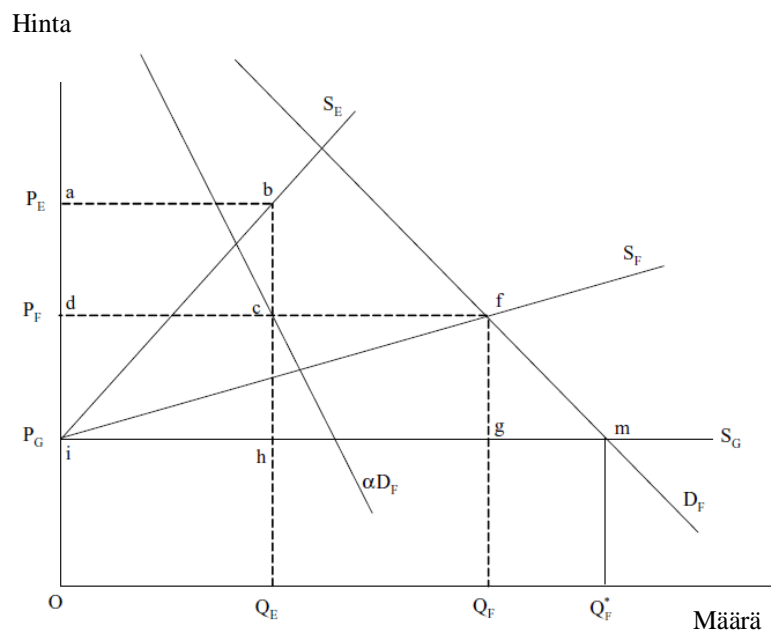


KUVIO 4.8. Tuontitariffin vaikutus pienen tuojamaan tilanteessa (Houck 1986, 47.)

4.3.3 Bioenergiapolitiikan keinot

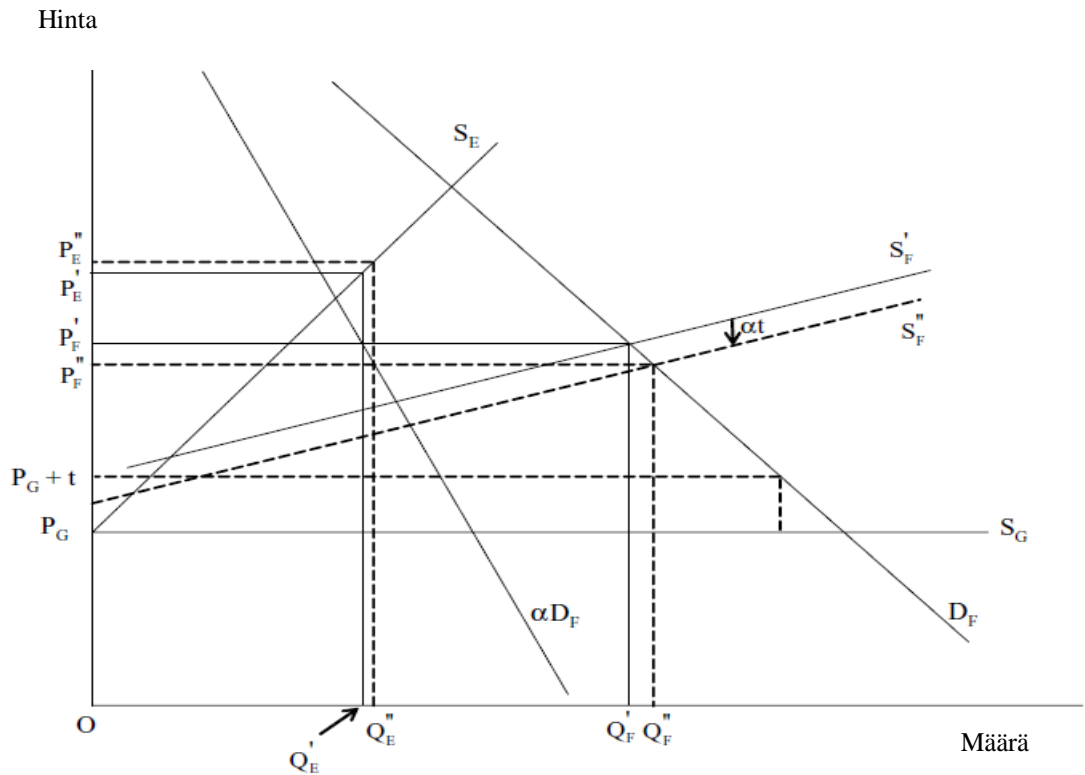
Biopolttoaineet kohtaavat eri maissa erilaisia politiikan keinoja. Seuraavaksi on käsitelty mandaatin sekä verohyvityksen asettamisen vaikutuksia polttoaineen kysyntään ja tarjontaan.

Kuviossa 4.9. on esitetty yksinkertaistettu malli biopolttoainemandaatin vaikutuksista. Siinä markkinoiden oletetaan olevan kilpailulliset, tuontia ei harjoiteta ja öljypohjaisen bensiinin hinta on eksogeeninen. Kuviossa on esitetty kotimaisen polttoaineen (bensiinin ja etanolin sekoite) kysyntäkäyrä D_F ja mandaatin α asettaminen. Kotimaisen etanolin tarjontakäyrästä S_E ja bensiinin tarjontakäyrästä S_G on johdettu polttoaineen (bensiinin ja etanolin sekoite) tarjontakäyrä S_F . Näin ollen, tarkasteltaessa αD_F -käyrää hinnalla P_F on etanolin tarjontamäärä Q_E . Etanolin tarjontakäyrä S_E kohtaa uudessa markkinatasapainossa hinnan P_E . Huolimatta α :n arvosta (sekoitussuhteesta), etanolintuottajien kokonaishyöty on alue $P_E * Q_E$, joka on johdettavissa kuluttajien kasvaneista menoista mandaatin vallitessa. Bensiinin tuottajat hyötyvät alueen $P_G * (Q_F - Q_E)$. Polttoaineen tuottajien hyödyksi muodostuvat näin alueet abQ_E0 ja hgQ_FQ_E . Polttoaineisiin kohdistuvat kokonaismenot ovat alue dfQ_F0 .



KUVIO 4.9. Mandaatin asettamisen ekonomia (de Gorter & Just 2009)

Kuviossa 4.10. on puolestaan esitetty tilanne, jossa on pakollinen sekoitussuhde α sekä polttoainevero t . Kuviossa αt kuvaa verohelpotuksen määrää, joka saa aikaan polttoaineen tarjontakäyrän S'_F siirtymisen S''_F . Uudessa markkinatasapainossa kuluttajien kohtaama polttoaineen hinta P'_F laskee P''_F ja polttoaineen kysyntä Q'_F kasvaa Q''_F . Polttoaineen kasvanut kysyntä ja mandaatin asettaminen pakottavat bioetanolin markkinahinnan nousemaan tasolle P''_E .



KUVIO 4.10. Mandaatin ja verohelpotuksen asettamisen vaikutukset (de Gorter & Just 2009)

5 Tutkimusmenetelmät ja aineisto

Tutkimusmenetelmänä tässä tutkimuksessa käytetään ekonometrista analyysia. Ekonometrisena analyysitekniikkana käytetään regressioanalyysiä, jonka avulla pyritään selvittämään yhden tai useamman selittävän muuttujan toiminnallinen vaikutus selitettävään. Selitettäviksi muuttujiksi on valittu tässä tutkimuksessa bioetanolin ja biodieselin hinnat. Selittäviksi muuttujiksi on valittu hintateorian ja aiempien tutkimusten perusteella niiden raaka-aineet, energian hinnat ja politiikan toimenpiteet. Tässä luvussa perehdytään regressioanalyysiin ja aikasarja-aineistojen erityispiirteisiin.

5.1 Ekonometrinen estimointi ja regressioanalyysi

Tilastotieteen matemaattisiin menetelmiin perustuva ekonometria mahdollistaa taloudellisten ilmiöiden tutkimisen. Sen avulla voidaan tutkia empiirisesti taloudellisia ilmiöitä ja riippuvuussuhteita, tilastollisia ja matemaattisia menetelmiä hyödyntäen. Ekonometristen menetelmien avulla voidaan todistaa talousteorian pohjalta asetettujen hypoteesien voimassaoloa tietyillä merkitsevyytasoilla. Ekonometriassa on tärkeää luoda matemaattisesti ja yksinkertaistetusti tosielämän prosesseja kuvaava malli. Tämä on monesti osoittautunut tutkimuksen haastavimmaksi vaiheeksi. Malleja kritisoidaan monesti liian yksinkertaistetuiksi ja niissä esiintyviä oletuksia epärealistisiksi, koska todellisuudessa asiat ovat paljon monimutkaisempia. (Gujarati 2004, 1–2.)

Regressiomallin ensimmäisessä vaiheessa määritellään talousteorian pohjalta hypoteesi, jota tutkimuksessa tullaan testaamaan. Tämän jälkeen muodostetaan tutkimusongelmasta ekonometrinen malli, jolla taloutta voidaan mallintaa ja estimoida. Mallin ollessa valmis, kerätään tarvittava aineisto, minkä jälkeen voidaan suorittaa varsinainen estimointi. Testien osoittaessa, että malli on oikein valittu, voidaan siirtyä asetettujen hypoteesien testaamiseen. Mallin ollessa virheellinen, palataan takaisin mallin valintaan. Aineistosta estimoidaan regressioyhtälön ja mallin

parametrit. Tämän jälkeen testataan asetetut hypoteesit. Testit kertovat ovatko tulokset samassa linjassa talousteorian kanssa. Ekonometrisia malleja voidaan käyttää esimerkiksi ennustamiseen ja näin rakentaa malleja tulevaisuuden skenaarioista. Poliitiikan toimenpiteiden muotoilussa käytetään tämänkaltaisia regressioanalyysijä. (Asteriou & Hall 2007, 2–3, Gujarati 2004, 3.) Klassinen yhden selittävän muuttujan regressiomalli voidaan kirjoittaa muotoon

$$(5.1) \quad Y_t = \alpha + \beta X_t + e_t$$

jossa Y_t on selitettävä muuttuja, α vakiokerroin, β regressiokerroin, X_t selittävä muuttuja, e_t virhetermi ja alaindeksi t aika. Regressioanalyysin avulla voidaan analysoida erityisesti kvantitatiivisten muuttujien välisiä riippuvuussuhteita. Regressiomalli voi olla lineaarinen tai ei-lineaarinen. Ekonometrisena menetelmänä pienimmän neliösumman menetelmä on yleisesti käytetty parametrien estimoimiseksi. (Gujarati 2004, 5.)

5.2 Pienimmän neliösumman menetelmä

Pienimmän neliösumman menetelmä (ordinary least squares, OLS) on hyvin yleisesti käytetty ekonometrian regressioanalyysin menetelmä. Menetelmässä estimoidaan parametreille estimaatit, jotka minimoivat residuaalien neliösummaa. Mitä pienempi residuaalien neliösumma on, sitä paremmin malli selittää analysoitavaa ilmiötä. Pienimmän neliösumman menetelmä pitää sisällään seuraavat kahdeksan oletusta, joiden tulisi täyttyä (Asteriou & Hall 2007, 30–31.):

1. Malli on lineaarinen parametrien suhteen
2. Selittävien muuttujien arvot ovat kiinteitä toistetuissa otoksissa
3. Virhetermin odotusarvo on nolla
4. Virhetermin varianssi on vakio, eli homoskedastinen
5. Virhetermi noudattaa normaalijakaumaa
6. Virhetermit eivät ole autokorreloituneita
7. Virhetermi ei ole korreloitunut selittävien muuttujien kanssa
8. Selittävät muuttujat eivät ole keskenään korreloituneita

Analysoinnissa käytetään aikasarja-analyysia, kun tutkitaan samasta muuttujasta perättäisinä aikoina tehtyjä havaintoja. Havaintojen ei voida sanoa tällöin olevan jatkuvia, sillä eri muuttujien hintoja tarkastellaan vain tiettyä ajankohtana. Itse muuttuja voi olla luonnostaan jatkuva. Toistojen puuttuminen ja perättäisten havaintojen riippuvuus ovat aikasarjojen erityispiirteitä ja niissä voi esiintyä kausivaihtelua. Havaintojen riippuvuus mahdollistaa aikasarja-analyysin avulla ennusteiden tekemisen. Samalla se tekee aikasarjojen analysoinnista vaikeampaa verrattuna poikkileikkausaineiston analysointiin. (Asteriou & Hall 2007, 8-9.)

Pienimmän neliösumman menetelmän oletuksiin kuuluu, että malli on lineaarinen parametrien suhteen. Mikäli näin ei ole, voidaan pienimmän neliösumman menetelmää käyttää muuntamalla malli log-lineaariseksi. Tällöin muuttamalla funktio

$$(5.2) Y_i = \beta_1 X_{2i}^{\beta_2} X_{3i}^{\beta_3} e^{u_i}$$

logaritmiseen muotoon

$$(5.3) \ln Y_i = \ln \beta_1 + \beta_2 \ln X_{2i} + \beta_3 \ln X_{3i} + u_i$$

muuttuu funktiomuoto lineaariseksi parametriensa suhteen ja sen regressiokerroin on selitettävän muuttujan jousto selitettävän muuttujan suhteen. (Gujarati 2004, 175–176, 223–224.)

5.3 Aineisto

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selittää Brasilian, Yhdysvaltojen ja Euroopan unionin bioetanolin ja biodieselin markkinoiden hintavaihtelua ja vaihteluun vaikuttavia tekijöitä. Tutkimuksen tutkimusaineisto koostuu useasta hinta-aikasarjasta. Selitettävänä muuttujina ovat bioetanolin ja biodieselin hinnat ja aineistona niiden osalta käytetään kyseisen talousalueen hintatilastoja.

Yhdysvaltojen bensiniin, dieselin ja raakaöljyn hintatilatot on kerätty Yhdysvaltojen energiaministeriön tietopalvelusta (Energy Information Administration; EIA). Muut Yhdysvaltojen hintasarjat on saatu maatalouden ja maaseudun kehittämiskeskuksesta

(Center for Agricultural and Rural Development; CARD). Yhdysvaltojen bioetanolin markkinoita tarkastellaan vuoden 2005 maaliskuusta vuoden 2012 toukokuuhun ulottuvilla päivittäisillä hintasarjoilla. Biodieselin markkinoiden tarkasteluajanjakso on vuoden 2007 huhtikuusta vuoden 2012 huhtikuuhun, ja käsittää viikoittaisista havainnoista koostuvat aikasarjat.

Brasilian bioetanolin ja sokerin hintasarjat on kerätty Brasilian bioenergiatuottajien liitosta (União dos produtores de bioenergia; UDOP 2012). Muut Brasilian hintasarjat on kerätty Brasilian öljyn, maakaasun ja biopolttoaineen kansallisesta toimistosta (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis; ANP 2011). Brasilian bioetanolin markkinoita tarkastellaan kuukausittaisten hintasarjojen avulla, tarkasteluajanjakso alkaa vuoden 2004 toukokuusta ja päättyy vuoden 2012 toukokuuhun.

Tutkimuksen tarkoituksena oli alun perin tutkia Brasilian, Yhdysvaltojen ja Euroopan unionin bioetanolin ja biodieselin markkinoiden hintavaihtelua kuukausittaisten hintasarjojen avulla, sekä tutkia onko näillä eri markkina-alueilla eri hintoihin vaikuttavia tekijöitä.

Bioetanolin ja biodieselin hintasarjat oli tarkoitus saada näiltä kolmelta talousalueelta Informa konsulttiyrityksen kautta. Usean kuukauden ja monen lupauksen jälkeen minulle ilmoitettiin, ettei kyseisen konsulttiyrityksen yhteistyökumppani halua jakaa tietojansa tätä yksittäistä tapausta varten. Tästä johtuen kerätty data on kerätty useammasta kohteesta. Euroopan unionin biodieselin ja bioetanolin hintasarjoja ei ollut saatavilla kohtuullista korvausta vastaan, jolloin näiden hyödykkeiden hintavaihtelua ja vaihteluun vaikuttavia tekijöitä ei tässä tutkimuksessa tutkita ekonometrisin menetelmin.

5.4 Malli

Taloustieteen empiiriset mallit voidaan jakaa deterministisiin ja stokastisiin. Deterministiset mallit olettavat, ettei muuttujilla ole sattumanvaraisia osatekijöitä. Stokastisessa mallissa on puolestaan mukana niin kutsuttu virhetermi. Stokastista mallia kutsutaan strukturaaliseksi, kun mallin systemaattinen osatekijä pyrkii

selittämään kausaalisen riippuvuussuhteen. Mallin ideana on helpottaa ja parantaa taloudellisten rakenteiden ymmärtämistä sekä löytää erilaisten taloudellisten parametrien estimaatteja. Strukturaalisessa mallinnuksessa käytetään usein lineaarisia tilastollisia malleja, kuten lineaarista regressiota. Käytetyin menetelmä on pienimmän neliösumman menetelmä. (Tomek & Robinson 2003, 330–333.)

Kilpailullisesta markkinatasapainosta voidaan rakentaa kahden yhtälön avulla malli seuraavasti:

$$(5.4) A_t = \alpha_0 + \alpha_1 P_t \text{ (tarjonta)}$$

$$(5.5) A_t = Q_t \text{ (tarjottu määrä = kysytty määrä)}$$

$$(5.6) P_t = \beta_0 + \beta_1 Q_t, \beta_1 < 0 \text{ (käänteinen kysyntäyhtälö)}$$

Alaindeksi t kertoo, että hinta (P) ja määrä (Q tai A) on havainnoitu tietyinä ajankohtana. Tarjontaan ja kysyntään vaikuttavat useat eri tekijät. Tarjontaan saattavat vaikuttaa tuotantopanosten hinnat ja niihin puolestaan sääolosuhteet. Tästä johtuen yhtälöön on lisättävä muuttuja R . Yhtälö sisältää yleensä myös virhetermin, sillä muuttujat eivät pysty yksinään selittämään kysynnän ja tarjonnan muutoksia. Näin ollen funktio (5.4) muuntuu muotoon:

$$(5.7) A_t = \alpha_0 + \alpha_1 P_t + \alpha_2 R_t + e_t$$

Hinta ja määrä muuttuvat R :n muuttuessa. Se vaikuttaa hintaan ja määriin, mutta toisaalta hinta ja määrä eivät vaikuta siihen. Muuttuja R on eksogeeninen, koska se määräytyy täysin ulkopuolisten olosuhteiden ja tekijöiden toimesta. Hinta ja määrä ovat puolestaan endogeenisiä. (Tomek & Robinson 2003, 337–339.)

Tässä tutkimuksessa on päädytty käyttämään aikasarjojen logaritmista transformaatiota ja log-lineaarista funktiomuotoa, jota myös Cobb-Douglas funktiomuodoksi kutsutaan.

Alustava log-lineaarinen malli Yhdysvaltojen bioetanolin hintavaihteluihin vaikuttavista tekijöistä lyhyellä aikavälillä näyttää seuraavanlaiselta:

$$\ln Y_i = \ln \alpha + \beta_1 \ln X_{1i} + \beta_2 \ln X_{2i} + \beta_3 \ln X_{3i} + \beta_4 \ln X_{4i} + \beta_5 \ln X_{5i} + D1 + D2 + u_i$$

$\ln Y_i$ = Bioetanolin hinta (US\$/gallona); LNEUP

$\ln \alpha$ = Vakiokerroin; C

$\ln X_{1i}$ = Maissin hinta (US\$/busheli); LNCUP

$\ln X_{2i}$ = Raakaöljyn hinta (US\$/barreli); LNCOP

$\ln X_{3i}$ = Bensiinin hinta (US\$/gallona); LNGUP

$\ln X_{4i}$ = Maakaasun hinta (US\$/mmBtu); LNNGUP

$\ln X_{5i}$ = Katetuotto (US\$/gallona); LNRCUP

D1 = RFS1-ohjelman implementointi = 1

D2 = RFS2-ohjelman implementointi = 1

Selittävät muuttujat tulevat tarkentumaan ekonometrisen testauksen aikana, kun mallin selitysaste ja muuttujien tilastolliset merkitsevyydet selviävät

Alustava log-lineaarinen malli Yhdysvaltojen biodieselin hintavaihteluihin vaikuttavista tekijöistä lyhyellä aikavälillä näyttää seuraavanlaiselta:

$$\ln Y_i = \ln \alpha + \beta_1 \ln X_{1i} + \beta_2 \ln X_{2i} + \beta_3 \ln X_{3i} + \beta_4 \ln X_{4i} + \beta_5 \ln X_{5i} + \beta_6 \ln X_{6i} + D1 + u_i$$

$\ln Y_i$ = Biodieselin hinta (US\$/gallona); LNBDUP

$\ln \alpha$ = Vakiokerroin; C

$\ln X_{1i}$ = Raakaöljyn hinta (US\$/barreli); LNCOP

$\ln X_{2i}$ = Dieselin hinta (US\$/gallona); LNDUP

$\ln X_{3i}$ = Metanolin hinta (US\$/tonni); LNMUP

$\ln X_{4i}$ = Soijaöljyn hinta (USsenttiä/pauna); LNSUP

$\ln X_{6i}$ = Soijaöljyn nettokustannukset (US\$/gallona); LNNCSUP

D1 = RFS2-ohjelman implementointi = 1, RFS1-ohjelmakausi = 0

Selittävät muuttujat tulevat tarkentumaan ekonometrisen testauksen aikana, kun mallin selitysaste ja muuttujien tilastolliset merkitsevyydet selviävät.

Alustava log-lineaarinen malli Brasilian bioetanolin hintavaihteluihin vaikuttavista tekijöistä lyhyellä aikavälillä näyttää seuraavanlaiselta:

$$\ln Y_i = \ln \alpha + \beta_1 \ln X_{1i} + \beta_2 \ln X_{2i} + \beta_3 \ln X_{3i} + \beta_4 \ln X_{4i} + D1 + u_i$$

$\ln Y_i$ = Bioetanolin hinta (R\$/litra); LNEBP

$\ln \alpha$ = Vakiokerroin; C

$\ln X_{1i}$ = Raakaöljyn hinta (US\$/barreli); LNCOP

$\ln X_{2i}$ = Bensiinin hinta (R\$/litra); LNGBP

$\ln X_{3i}$ = Nestekaasun hinta (R\$/13kg.); LNLGBP

$\ln X_{4i}$ = Sokerin hinta (R\$/50kg.); LNSBP

$D1$ = 25 prosentin pakollinen sekoitussuhde = 1, 20 prosentin pakollinen sekoitussuhde = 0

Selittävät muuttujat tulevat tarkentumaan ekonometrisen testauksen aikana, kun mallin selitysaste ja muuttujien tilastolliset merkitsevyydet selviävät.

5.5 Testaaminen

Regressiomallia ja sen ominaisuuksia voidaan testata usealla eri menetelmällä.

Vapausasteilla korjattu selitysaste R^2 mittaa sitä kuinka hyvin regressiosuoraan sopivaa aineisto on. Tarkemmin sanottuna se mittaa kuinka suurta osaa selittävän muuttujan kokonaisvaihtelusta malli selittää. Selitysasteen vaihteluväli on nollan ja yhden välillä. Tämä kertoo sen prosenttimäärän minkä malli selittää vaihtelusta. (Gujarati 2004, 81–84.) Selitysastetta ei voida käyttää, jos vertailtavissa yhtälöissä on eri määrä muuttujia. Se ei myöskään koskaan laske selittäviä muuttujia lisättäessä.

Vapausasteilla korjattu selitysaste ottaa huomioon selittävien muuttujien lukumäärän. (Asteriou & Hall 2007, 65.)

F-testi testaa selittävien muuttujien merkitsevyyttä yhtäaikaisesti. Nollahypoteesina tässä testissä on $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = 0$. Vaihtoehtohypoteesin mukaan parametrien kertoimet eroavat nolasta. Testin F-arvon ollessa suurempi kuin kriittinen F-arvo nollahypoteesi hylätään. Nollahypoteesin jäädessä voimaan, mallin parametrien kertoimet eivät ole tilastollisesti merkitseviä, eivätkä ne selitä selittävän muuttujan vaihtelua. (Gujarati 2004, 254–257.)

Studentin t-testi testaa yksittäisten regressiomallin tuottamien parametrien merkitsevyyttä. Nollahypoteesina tässä testissä on $H_0 : \beta_1 = 0$. Vaihtoehtohypoteesin mukaan regressiokertoimilla ja vakiokertoimella on vaikutusta selittävään muuttujaan. T-testin laskemia t-arvoja verrataan t-jakauman kriittisiin arvoihin. Kriittinen arvo määräytyy havaintojen lukumäärästä ja niistä muodostuvasta vapausasteesta sekä valitusta merkitsevyydestä. Yleisimmin käytettyjä merkitsevyydestasoa eli p-arvoja ovat 0,01, 0,05 ja 0,010. Ne kertovat millä suhteellisella riskillä nollahypoteesi hylätään vaikka se olisikin tosi. Esimerkiksi, jos valitaan merkitsevyydestasoksi 0,05 ja nollahypoteesi hylätään, otetaan viiden prosentin riski hylätä se väärin perustein. Nollahypoteesi hylätään testin t-arvon ollessa suurempi kuin kriittinen arvo. T-testin tuloksia käytetään apuna muuttujien lisäämiseen tai poistamiseen mallista. (Gujarati 2004, 125–133; Tomek & Robinson 2003, 375–377.)

Regressiomallia testataan t-testin, F-testin ja selitysasteen lisäksi pienimmän neliösumman oletusten mukaisesti. Oletusten testaamista varten on kehitetty useita eri testejä. Näillä testeillä voidaan havaita esiintyykö mallissa esimerkiksi autokorrelaatiota, heteroskedastisuutta tai multikollinearisuutta.

Yksi pienimmän neliösumman menetelmän oletuksista on, että selittävät muuttujat eivät ole korreloituneita keskenään. Selittävien muuttujien ollessa keskenään korreloituneita, sanotaan esiintyvän multikollinearisuutta. Multikollinearisuus voidaan havaita tarkastelemalla selittävien muuttujien korrelaatiomatriisia. Korrelaatio voimistuu arvojen lähentyessä yhtä. Muuttujien välisen korrelaation ollessa alle 0,8 voidaan kyseiset muuttujat sisällyttää malliin mukaan. (Asteriou & Hall 2007, 91–96.)

Pienimmän neliösumman menetelmän oletuksena on myös, että regressiomallin virhetermin varianssi on vakio. Kun virhetermin varianssi vaihtelee, esiintyy mallissa heteroskedastisuutta. Heteroskedastisuus on yleisempää poikkileikkausaineistossa kuin aikasarja-aineistossa. Parametrien estimaatit ovat harhattomia heteroskedastisuudesta huolimatta, mutta t-arvot näyttävät korkeammilta kuin todellisuudessa ovat. Tällöin regressiokertoimen estimaatteihin voidaan edelleen luottaa, mutta t- ja F-testien käyttäminen on epäluotettavaa, sillä ne ovat tehottomia ja hylkäävät nollahypoteesin liian herkästi. Tarkastelemalla residuaaleja graafisesti voidaan havaita mallissa esiintyvä heteroskedastisuus. Sen havaitsemiseksi on kehitetty myös useita testejä, joista mainittakoon Breusch-Pagan-, White-, Golfeld-Quandt ja Park-testit. (Asteriou & Hall 2007, 101–117.)

Virhetermien korreloitessa keskenään esiintyy aineistossa autokorrelaatiota. Tämä on melko yleistä aikasarja-aineistossa, jolloin virhetermit riippuvat systemaattisesti toisistaan ja aiheuttavat parametrien estimaattien tehottomuuden. Näin ollen niillä ei ole pienintä varianssia. Autokorrelaation voi havaita graafisella tarkastelulla tai sitä varten kehitetyillä testeillä. Autokorrelaatio on yleistä aikasarjan aineiston koostuessa lyhyeltä aikaväliltä. Durbin-Watson (DW) testi on tyypillisesti käytetty testi autokorrelaation havaitsemiseksi, mutta sillä on omat rajoituksensa. Testiä käytettäessä yhtälö ei voi sisältää selittäviä viivemuuttujia, siinä on oltava vakio eikä sen perusteella voida tehdä johtopäätöksiä korkeamman asteen sarjakorrelaatiosta. Testisuure vaihtelee nollan ja neljän välillä. Autokorrelaatiota ei esiinny lainkaan testisuureen ollessa kaksi. Testisuureen lähetessä nollaa vahvistuu positiivinen autokorrelaatio ja sen lähentyessä neljää vahvistuu negatiivinen autokorrelaatio. Negatiivinen autokorrelaatio on positiivista harvinaisempaa ja jos sitä esiintyy, johtuu se usein mallin spesifiointivirheestä. (Asteriou & Hall 2007, 134–143.) Breusch-Godfrey LM-testi on toinen autokorrelaatiota ilmentävä testi. Siinä nollahypoteesi on $\rho_1 = \rho_2 \dots = \rho_p = 0$. Autokorrelaatio voidaan havaita, kun ρ :den välillä on eroa. (Asteriou & Hall 2007, 143–144.) Autokorrelaatiota voidaan korjata Cochran-Orcuttin menetelmällä. Siinä estimoidaan autokorrelaatiokerroin ρ , joka kertoo virhetermin riippuvuussuhteen vahvuuden. (Asteriou & Hall 2007, 152–153.)

5.6 Aikasarja-analyysien ominaispiirteet

Aikasarja-aineisto koostuu säännöllisin aikavälein kerätyistä havaintoarvoista eri ajanjaksoina. Monesti se koostuu päivittäin, viikoittain, kuukausittain, kvartaaleittain tai vuosittain kerätyistä havaintoarvoista. Aikasarja-aineiston empiiriset tutkimukset perustuvat oletukselle, että käytettävät aikasarjat ovat stationaarisia. Tällöin aikasarjojen keskiarvo, keskihajonta ja varianssi eivät vaihtele ajan myötä. (Gujarati 2004, 26–27.) Monesti havaintojen keskinäinen riippuvuus johtaa aikasarjoissa autokorrelaation esiintymiseen. Kahden aikasarjan regressiossa selitysaste on usein hyvin korkea, vaikkei kahden muuttujan välillä olisikaan merkittävää suhdetta. Tällöin on kyseessä harhainen regressio. Joissakin taloudellisissa aikasarjoissa esiintyy ilmiö nimeltä satunnaiskulku. Se tarkoittaa sitä, että paras ennuste muuttujan arvolle huomenna, on muuttujan arvo tänään ynnä puhtaasti satunnainen shokki. Edellä mainitut aikasarjoille ominaiset piirteet tekevät aikasarja-aineiston estimoimisesta haastavaa. (Gujarati 2004, 792–793.)

Aikasarjaa kutsutaan stationaariseksi, kun sen odotusarvo ja varianssi ovat vakioita ajasta riippumatta. Aikasarjan kahden ajanjakson kovarianssin tulee myös riippua vain kyseisten ajanjaksojen välisestä etäisyydestä tai viipymästä eikä todellisesta ajankohdasta, jolloin kovarianssi on laskettu. Matemaattisessa muodossa esitettyinä:

$$(5.8) \quad \text{Odotusarvo:} \quad E(Y_t) = \mu$$

$$(5.9) \quad \text{Varianssi:} \quad \text{Var}(Y_t) = E(Y_t - \mu)^2 = \sigma^2$$

$$(5.10) \quad \text{Kovarianssi:} \quad \gamma_t = E[(Y_k - \mu)(Y_{t+k} - \mu)]$$

Jos näin ei ole, kutsutaan aikasarjaa epästationaariseksi. Epästationaarisen aikasarjan odotusarvo, varianssi ja autokovarianssi muuttuvat mittausajankohdan mukaan. Tällöin perinteinen regressioanalyysi tuottaa virheellisiä tuloksia. Epästationaarisuus aiheuttaa mallissa muun muassa näennäisregressiota (spurious regression), jossa regressioanalyysin osoittamat tilastollisesti merkittävät suhteet eivät välttämättä oikeasti ole olemassa. Mallin vapausasteilla korjattu selitysaste R^2 voi olla korkea, vaikkei analyysin muuttujien välillä olisi merkittävää suhdetta. Alhainen DW-testisuure kertoo myös näennäisregression mahdollisesta olemassaolosta. (Asteriou & Hall 2007, 231, 288.)

5.6.1 Yksikköjuuritestit

Yksikköjuuritesteistä on tullut aikasarjojen stationaarisuuden testausmenetelmänä yleisesti käytetty (Gujarati 2004, 814). Lähtökohtana on autoregressiivinen AR (1) malli

$$(5.11) \quad Y_t = \phi Y_{t-1} + e_t$$

jossa virhetermi on kohiseva, eli esiintyvät arvot eivät ole riippuvaisia toisistaan. Kertoimen ϕ arvosta voidaan havainnoida aikasarjan stationaarisuus. Kertoimen ϕ ollessa pienempi kuin yksi on aikasarja stationaarinen. Kertoimen ϕ ollessa puolestaan suurempi kuin yksi on aikasarja kasvava. Kertoimen ϕ ollessa tasan yksi esiintyy aikasarjassa yksikköjuuri. Kun aikasarjassa esiintyy yksikköjuuri ja yhtälön (5.11) molemmilta puolilta vähennetään Y_{t-1} , saadaan seuraavat yhtälöt:

$$(5.12) \quad Y_t - Y_{t-1} = Y_{t-1} - Y_{t-1} + e_t$$

$$(5.13) \quad \Delta Y_t = e_t$$

Koska virhetermi on kohiseva prosessi, on ΔY_t stationaarinen sarja. Tällä toimenpiteellä epästationaarisesta aikasarjasta saadaan stationaarista, ja sitä kutsutaan differoinniksi. Jotta epästationaarinen aikasarja saadaan stationaariseksi, tulee se differoida d kertaa, ja sarja merkitään $I(d)$. Epästationaarisen aikasarjan sanotaan olevan integroitunut asteella 1, kun se saadaan stationaariseksi differoimalla se yhden kerran. Tällaista sarjaa merkitään $I(1)$. (Asteriou & Hall 2007, 288–290.)

Dickeyn ja Fullerin testi

Dickeyn ja Fullerin (DF) testiä käytetään yksikköjuuren testaamiseen yleisesti. Testin oletuksena on, etteivät AR (1) mallin virhetermit ole korreloituneita keskenään. Päähuomio DF-testissä on siinä, että epästationaarisuuden testaaminen on itse asiassa täysin sama asia kuin yksikköjuurien testaaminen. Tällöin on perusteltua, että testi perustuu yksinkertaiseen AR (1) malliin

$$(5.14) \quad Y_t = \phi Y_{t-1} + e_t$$

AR(1) mallista selvitetään, onko $\phi = 1$. DF-testin nollahypoteesi on $H_0: \phi = 1$ ja vaihtoehdohypoteesit $H_1: \phi < 1$. (Gujarati 2004, 814.)

Yhtälöstä voidaan saada helpommin käsiteltävä versio vähentämällä yhtälön molemmilta puolilta Y_{t-1} , jolloin saadaan testiyhtälöksi

$$(5.15) \quad Y_t - Y_{t-1} = \varphi Y_{t-1} - Y_{t-1} + e_t$$

$$(5.16) \quad \Delta Y_t = (\varphi - 1)Y_{t-1} + e_t$$

$$(5.17) \quad \Delta Y_t = \gamma Y_{t-1} + e_t$$

jossa $\gamma = (\varphi - 1)$. Siten nollahypoteesi on $H_0: \gamma = 0$ ja vaihtoehtohypoteesit $H_1: \gamma < 0$. Jos $\gamma = 0$, on $\varphi = 1$, ja näin ollen yksikköjuuri esiintyy ja tutkittava aikasarja on epästationaarista. (Gujarati 2004, 814.)

DF-testissä käytetään myös kahta vaihtoehtoista regressioyhtälöä, joista toisessa on vakio sisällytetty satunnaiskulun malliin

$$(5.18) \quad \Delta Y_t = \beta_1 + \gamma Y_{t-1} + e_t$$

Tämä on tärkeä asia, sillä jos kyseisessä prosessissa $\gamma = 0$, sarjassa on havaittavissa selkeä trendi. Toinen vaihtoehtoinen malli pitää sisällään edellisen lisäksi epäsatunnaisen aikatrendin, jolloin malli on muotoa

$$(5.19) \quad \Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \gamma Y_{t-1} + e_t$$

Yksikköjuuria testataan DF-testissä seuraavassa järjestyksessä:

1. Estimoidaan yhtälö 5.17 tai 5.18 tai 5.19 pienimmän neliösumman menetelmällä
2. Muuttujan Y_{t-1} kertoimet jaetaan sen omalla keskivirheellä
3. Tästä saadaan τ -arvo, jota verrataan DF-taulukoihin

Nollahypoteesi $H_0 : \gamma = 0$ hylätään, jos laskettu absoluuttinen τ -arvo ylittää DF-taulukon kriittisen arvon. Tällöin aikasarja on stationaarinen. Nollahypoteesin jäädessä voimaan on aikasarja epästationaarista. (Gujarati 2004, 815–816.)

Laajennettu Dickeyn ja Fullerin testi

Dickeyn ja Fullerin ADF-testi on kehitetty poistamaan mallissa esiintyvää autokorrelaatiota. (Gujarati 2004, 817–818.) Tässä laajennetussa testissä on DF-testin

yhtälöihin lisätty muuttujan ΔY_t viivearvoja autokorrelaation poistamiseksi. Akaiken (AIC) tai Schwarzin informaatiokriteeriä (SIC) käytetään viipeiden pituuden ja määrän määrittämiseksi. Niitä voidaan määrittää myös Durbin-Wattson- tai LM-testeillä, jolloin näillä testeillä testataan ADF-regression residuaalien korrelaatiota jokaisen viipeen lisäyksen jälkeen. Kolme mahdollista ADF-testin muotoa on esitetty seuraavaksi.

$$(5.20) \quad \Delta Y_t = \gamma Y_{t-1} + \sum \beta_i \Delta Y_{t-1} + e_t$$

$$(5.21) \quad \Delta Y_t = \alpha_0 + \gamma Y_{t-1} + \sum \beta_i \Delta Y_{t-1} + e_t$$

$$(5.22) \quad \Delta Y_t = \alpha_0 + a_2 t + \gamma Y_{t-1} + \sum \beta_i \Delta Y_{t-1} + e_t$$

ADF-testien testaaminen tapahtuu samalla tavalla kuin perinteisen DF-testinkin. (Asteriou & Hall 2007, 297.)

Phillips-Perron (PP) testi on yleistetty ADF-testin prosessi, joka sallii lievät oletukset virhetermien suhteen. Lähtökohtana testissä on AR (1) malli

$$(5.23) \quad \Delta Y_{t-1} = \beta_1 + \gamma Y_{t-1} + e_t$$

Testi tekee korjauksen AR (1) mallin kertoimen γ t-tilastosuureeseen laskemalla virhetermin sarjakorrelaatiota. (Asteriou & Hall 2007, 297–299.)

5.6.2 Yhteisintegroituvuus

Epästationaaristen aikasarjojen regressiot voivat tuottaa näennäisregression. Kuitenkin kaksi epästationaarista aikasarjaa voivat olla yhteisintegroituneita. Ennen yhteisintegroituvuuden testaamista on selvítettävä yksikköjuurien määrä eli muuttujien integroituvuus asteet. Oletetaan kaksi aikasarjaa Y ja X, jotka molemmat ovat integroituneet asteella 1 ja sisältävät täten yksikköjuuren. Regressio suoritetaan seuraavasti:

$$(5.24) \quad Y_t = \beta_1 + \beta_2 X_t + e_t$$

joka voidaan kirjoittaa muotoon

$$(5.25) \quad e_t = Y_t - \beta_1 - \beta_2 X_t$$

Olettaessa, että virhetermin e_t yksikköjuuritestit osoittavat virhetermin olevan stationaarinen. Tällöin regressio on $I(0)$. Toisin sanoen, vaikka yksittäiset aikasarjat Y ja X ovatkin $I(1)$ ja niillä on sen johdosta satunnaisia trendejä, niiden lineaarinen kombinaatio on $I(0)$. Näin ollen kahden epästationaarisen aikasarjan lineaarinen kombinaatio kumoo satunnaisen trendin. Kahden muuttujan voidaan sanoa olevan taloustieteen termein yhteisintegroituja, kun niiden välillä on suhde pitkällä aikavälillä tai niiden välille on löydettävissä tasapainotila. Käytännössä, jos regression residuaalit ovat stationaarisia, perinteistä regressiometodia voidaan käyttää, vaikka muuttujat olisivatkin epästationaarisia. (Gujarati 2004, 822.)

Englen ja Grangerin menetelmä

Yhteisintegraation testaamiseksi on useita menetelmiä. Edellä esitettyjä DF- ja ADF-testejä voidaan käyttää residuaalisien yksikköjuurien testaamiseen estimoimalla regressio (5.24) ja samalla residuaalit (5.25), jotka testataan DF- ja ADF-testeillä. Estimoitu e_t perustuu estimoituun parametriin β_2 , jolloin kriittiset DF- ja ADF-arvot eivät ole enää tarkoituksenmukaisia. Yhteisintegroituvuutta testatessa DF- ja ADF-testeillä, kutsutaan niitä Engle-Granger (EG) testiksi ja laajennetuksi Engle-Granger (AEG) testiksi. Yksikköjuuritestillä saatuja τ -arvoja verrataan kriittisiin EG- ja AEG-arvoihin. (Gujarati, 2004, 822–824.)

EG- ja AEG menetelmät ovat helposti sovellettavissa, mutta pitävät sisällään rajoituksia. Pitkän aikavälin tasapainorelaation estimoinnissa edellytetään, että yksi muuttujista valitaan yhtälön vasemmalle puolelle ja muut muuttujat ovat yhtälön oikealla puolella selittävinä muuttujina. Tämä johtaa monesti käytännössä tilanteeseen, jossa yhden muuttujan ollessa selittävänä muuttujana, yhteisintegroituvuus todetaan, mutta muuttujien järjestystä muutettaessa, yhteisintegroituvuus hylätään. Rajoituksena on myös se, että ensimmäisessä asteessa tehdyt virheet periyvät toiseen asteeseen. (Asteriou & Hall 2007, 317–318.)

Johansenin menetelmää käytetään tutkittaessa useamman muuttujan yhteisintegraatiota. Menetelmässä on mahdollista olla useampia yhteisintegroituneita muuttujia ja niiden välisiä tasapainosuhteita. (Asteriou & Hall 2007, 319.)

5.6.3 Virheenkorjausmalli

Lyhyen aikavälin tarkastelussa voi esiintyä epätasapainoa, vaikka Y ja X olisivat yhteisintegroituneita pitkällä aikavälillä. Tästä syystä virhetermiä (5.25) voidaan pitää niin sanottuna tasapainovirheenä, ja sitä voidaan käyttää sitomaan muuttujan lyhyen aikavälin käyttäytyminen pitkän aikavälin arvoon. Virheenkorjausmalli (Error Correction Mechanism; ECM) korjaa epätasapainoa. Grangerin teoreeman mukaan mikäli muuttujat Y ja X ovat yhteisintegroituneita, niiden välinen suhde voidaan esittää virheenkorjausmallilla. (Gujarati 2004, 824–825.)

Käsitellään mallia

$$(5.26) \quad \Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 \Delta X_t - \pi \hat{u}_{t-1} + Y_t$$

joka sisältää sekä pitkän että lyhyen aikavälin informaation. Mallissa β_2 on lyhyen aikavälin vaikutuksen muutoskerroin, joka mittaa muuttujan X_t muutoksen vaikutusta muuttujaan Y_t . Mallissa π on palautevaikutus, joka kertoo kuinka suuri osa epätasapainosta on korjattu. Se kertoo myös muutoksen siirtymisen nopeuden. Virheenkorjausermi, \hat{u}_{t-1} , on yhtälöstä (5.25) säilytetyt residuaalit. Näin ollen lyhyen aikavälin epätasapainoa selitetään siis pitkän aikavälin estimoidun mallin residuaaleilla. Koska Y ja X ovat I(1), ovat ΔY ja ΔX I(0). Toisin sanoen, kaikki virheenkorjausmallin muuttujat ovat stationaarisia, ja pienimmän neliösumman menetelmä on käyttökelpoinen mallin estimointiin. (Asteriou & Hall 2007, 309–312.)

6 Biopolttoaineiden markkinahintoihin vaikuttavat tekijät ja mallin estimointi

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan aikasarja-aineistoa, jonka empiiriset tutkimukset perustuvat oletukselle, että käytettävät aikasarjat ovat stationaarisia.

Markkinahinnoissa on niin pitkällä kuin lyhyelläkin aikavälillä ollut havaittavissa voimakasta vaihtelua. Tätä vaihtelun suuruutta on pyritty vaimentamaan käyttämällä logaritmisiä muunnoksia kerätyistä hintasarjoista. Aluksi tarkasteltiin aikasarjojen tiheysjakaumia. Vertasin alkuperäisten hintasarjojen tunnuslukuja, kuten varianssia ja keskihajontaa, logaritmiseen muotoon muutettujen hintasarjojen tunnuslukuihin. Ne osoittivat, logaritmiseen muotoon muutettujen hintasarjojen käyttäytyvän paremmin, ja näin ollen oikeuttavan niiden käyttämisen alkuperäisten aikasarjojen sijaan.

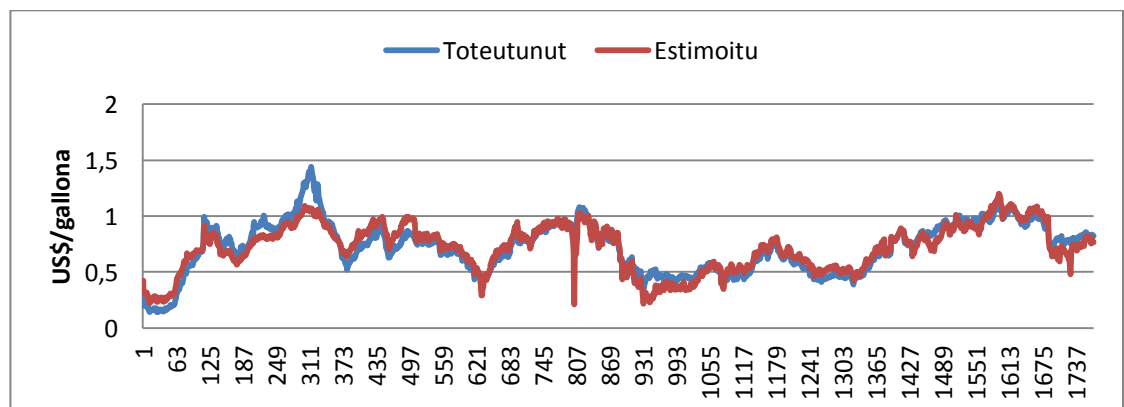
6.1 Yhdysvaltojen bioetanolin markkinahinnan estimointi

Tässä tutkimuksessa estimointiin aluksi Yhdysvaltojen etanolin markkinahintaa kuvaava log-lineaarinen malli pienimmän neliösumman menetelmällä. Mallin tulokset on esitetty taulukossa 6.1. Kuviossa 6.1 on esitetty etanolin markkinahinnan kehitys ajanjaksolta 21.3.2005 – 4.5.2012, sekä etanolin hintaa estimoiva malli. Malliin sisällytettyjen muuttujien avulla voidaan selittää noin 87 prosenttia Yhdysvaltojen etanolin markkinahinnasta. Viiden prosentin riskitasolla kaikki muuttujat ovat merkitseviä lukuun ottamatta vakiokerrointa ja raakaöljyn hinnan muuttujaa, joka ei ole merkitsevä edes kymmenen prosentin riskitasolla. Durbin-Watson-testisuure (0,06) viittaa merkittävään positiiviseen autokorrelaatioon. Autokorrelaatiota tarkasteltiin myös sijoittamalla residuaalit sirontakuvioon. Graafisessa tarkastelussa oli havaittavissa vahvaa virhetermien korreloituneisuutta. Näin ollen emme voi luottaa kertoimien merkitsevyyteen t-testillä testattuna tai koko regression merkitsevyyteen F-testillä testattuna. Autokorrelaatiota voidaan vähentää käyttämällä Cochrane-Orcutt menetelmää estimoinnissa. Multikollinearisuutta

tutkittiin korrelaatiomatriisin avulla. Selittävistä muuttujista kaikkein voimakkaimmin korreloivat bensiinin ja raakaöljyn hinta, joiden välinen korrelaatiokerroin sai arvoksi 0,9209. Muiden muuttujien väliset korrelaatiokertoimien arvot pysyivät alle 0,68. Näin ollen voidaan harkita joko bensiinin hinnan tai raakaöljyn hinnan muuttujan poistamista kokonaan mallista. Heteroskedastisuuden ilmenemistä mallissa testattiin White-, Breusch-Pagan- ja Glesjer testien avulla, jotka osoittivat mallin virhetermin olevan heteroskedastinen, ja näin ollen mallin keskivirheet ovat virheellisiä.

TAULUKKO 6.1. Yhdysvaltojen etanolin markkinahintaan vaikuttavia tekijöitä kuvaavan log-lineaarisen mallin arvot

Dependent Variable: LNEUP				
Included observations: 1770				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LNCUP	0,464514	0,009143	50,80572	0
LNCOP	0,026018	0,020984	1,2399	0,2152
LNGUP	0,163509	0,019725	8,289606	0
LNNGUP	0,036809	0,007502	4,906467	0
LNRCUP	0,267676	0,004254	62,92485	0
D1	-0,132499	0,007473	-17,73091	0
D2	-0,1211	0,011013	-10,99619	0
C	0,138869	0,07401	1,876354	0,0608
R-squared	0,867037	Mean dependent var		0,718482
Adjusted R-squared	0,866509	S,D, dependent var		0,224365
S,E, of regression	0,081975	Akaike info criterion		-2,160295
Sum squared resid	11,84047	Schwarz criterion		-2,135532
Log likelihood	1919,861	Hannan-Quinn criter,		-2,151146
F-statistic	1641,406	Durbin-Watson stat		0,060849



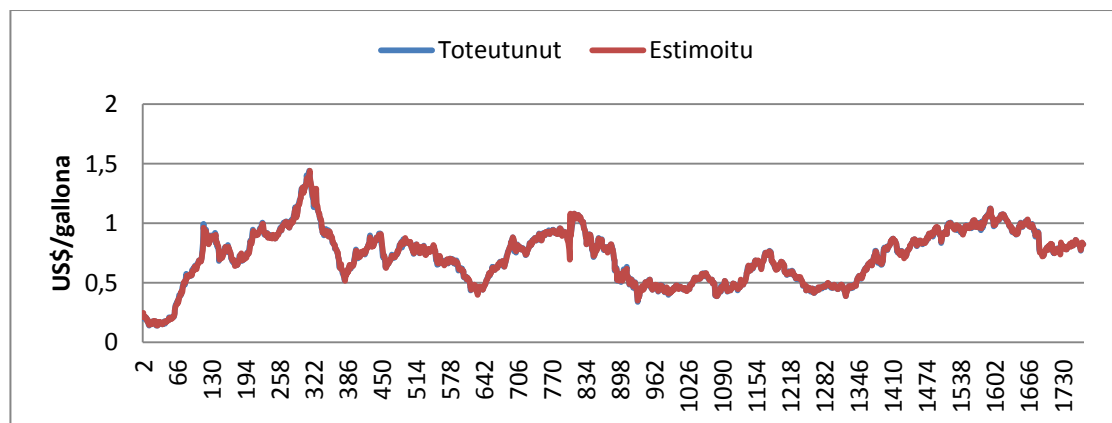
KUVIO 6.1. Etanolin markkinahinnan toteutunut ja estimoitu hintavaihtelu ajanjaksolla 21.3.2005 – 4.5.2012

Malli estimoitiin uudelleen jättäen pois raakaöljyn hinta selittävänä muuttujana, joka ei ollut tilastollisesti merkitsevä ja joka korreloituaessaan bensiinin hinnan kanssa aiheutti malliin multikollinearisuutta. Mallin kaikkien muuttujien väliset korrelaatiokertoimet jäivät alle 0,64, jolloin mallissa esiintynyt multikollinearisuus on poistettu. Tässä mallissa ainoastaan vakiokertoimen merkitsevyys parani. Selitysaste R^2 ja muiden selittävien muuttujien merkitsevyys ei muuttunut. DW-testisuure (0,06) viittaa edelleen autokorrelaation esiintymiseen.

Mallissa esiintyvää autokorrelaatiota yritettiin poistaa Cochran-Orcuttin menetelmää käyttämällä. Tätä menetelmää hyväksi käyttäen saimme DW-testisuureen arvoksi 2,04, joka merkitsee, ettei autokorrelaatiota esiinny enää lainkaan. Samalla selitysaste R^2 kohosi epäilyttävän korkealle tasolle (0,996) ja koko mallin tilastollista merkitsevyyttä kuvaava F-arvo nousi yli kolmekymmentäkertaiseksi. Vakiokertoimen sekä dummy-muuttujien merkitsevyys laski alle kymmenen prosentin merkitsevyystason. Mallissa esiintyvää heteroskedastisuutta pyrittiin poistamaan estimoimalla edellinen yhtälö käyttämällä apuna Whiten korjattuja keskivirhe-estimaatteja. Mallin tulokset lukuina on esitetty taulukossa 6.2. ja graafisesti kuviossa 6.2. Mallin selitysaste R^2 ja DW-testisuure eivät muuttuneet. Vakiokerroin menetti merkitsevyytensä ja dummy-muuttujat puolestaan tulivat jälleen merkitseviksi, mutta niiden etumerkki vaihtui verrattuna aiempaan tilanteeseen.

TAULUKKO 6.2. Yhdysvaltojen etanolin markkinahintaan vaikuttavia tekijöitä kuvaavan log-lineaarisen mallin arvot Cochrane-Orcuttin menetelmää ja Whiten korjattuja keskivirhe-estimaatteja hyväksi käyttäen

Dependent Variable: LNEUP				
Included observations: 1769 after adjustments				
Convergence achieved after 7 iterations				
White heteroskedasticity-consistent standard errors & covariance				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LNCUP	0.463648	0.027715	16.72902	0.0000
LNGUP	0.056589	0.014493	3.904559	0.0001
LNNGUP	0.054755	0.010528	5.201028	0.0000
LNRCUP	0.130735	0.023425	5.580932	0.0000
D1	0.012014	0.002185	5.497247	0.0000
D2	0.007557	0.002391	3.160995	0.0016
C	0.097182	0.088255	1.101148	0.2710
AR(1)	0.996132	0.003690	269.9488	0.0000
R-squared	0.996300	Mean dependent var		0.718715
Adjusted R-squared	0.996285	S.D. dependent var		0.224216
S.E. of regression	0.013666	Akaike info criterion		-5.743235
Sum squared resid	0.328905	Schwarz criterion		-5.718461
Log likelihood	5087.892	Hannan-Quinn criter.		-5.734082
F-statistic	67732.22	Durbin-Watson stat		2.041994



KUVIO 6.2. Etanolin markkinahinnan toteutunut ja estimoitu hintavaihtelu ajanjaksolla 21.3.2005 – 4.5.2012 Cochrane-Orcuttin menetelmää ja Whiten korjattuja keskivirhe-estimaatteja hyväksi käyttäen

Seuraavaksi alkuperäinen malli ilman raakaöljyn hinnan muuttujaa muutettiin autoregressiiviseksi, jolloin malliin lisättiin etanolin hinta viivästettynä (LNEUP(-1)) selittävien muuttujien joukkoon. Viivemuuttujan sisällyttämisen vuoksi mallin autokorrelaatio testattiin Durbinin h- ja Breusch-Godfrey LM-testeillä. Molemmat testit osoittavat mallissa esiintyvän autokorrelaatiota. Heteroskedastisuuden ilmenemistä mallissa testattiin White-, Breusch-Pagan- ja Glesjer testien avulla, jotka osoittivat mallin virhetermin olevan heteroskedastinen. Multikollinearisuutta mallissa esiintyi etanolin hinnan ja viivästetyn etanolin hinnan välillä. Viivemuuttujan sisällyttäminen malliin muutti dummy-muuttujien etumerkit negatiiviksi ja muiden selittävien tekijöiden arvot alenivat huomattavasti. Näin ollen malliin päätettiin käyttää Cochrane-Orcuttin menetelmää autokorrelaation poistamiseksi, ja samalla mallissa esiintyvää heteroskedastisuutta pyrittiin poistamaan estimoimalla yhtälö käyttämällä apuna Whiten korjattuja keskivirheestimaatteja. Durbinin h- ja Breusch-Godfrey LM-testit osoittivat, ettei mallissa esiinny autokorrelaatiota. Tässä mallissa vakiokerroin saa merkitsevyytensä takaisin, mutta maakaasun hinnan merkitsevyys muuttujana laskee alle viiden prosentin riskitason.

Verrattaessa viimeksi käsitellyn mallin tuloksia taulukon 6.2. tuloksiin on jälkimmäisen mallin selitysaste R^2 hieman alhaisempi ja F-arvo yli puolet pienempi kuin mallin, joka on esitetty taulukossa 6.2. Jälkimmäisen mallin selittävien muuttujien arvot ovat myös huomattavasti alhaisemmat kuin taulukon 6.2 mallissa. de Gorter & Just:n (2007, 2009) tutkimuksen mukaan mandaatin käyttöönotto johtaa etanolin hinnan nousuun, jolloin on perusteltua hyväksyä malliksi taulukon 6.2 mukainen malli, jossa dummy-muuttujien etumerkkien arvo on positiivinen.

6.2 Yhdysvaltojen biodieselin markkinahinnan estimointi

Yhdysvaltojen biodieselin markkinahintaa kuvaava log-lineaarinen malli estimoitiin pienimmän neliösumman menetelmällä. EViews-ohjelmisto ei hyväksynyt alkuperäisen mallin estimointia ensimmäisellä kerralla, vaan herjasi täydellisen kollinearisuuden esiintymistä. Tästä johtuen Yhdysvaltojen biodieselin ja muiden muuttujien aikasarjoja tarkasteltiin korrelaatiomatriisin avulla (taulukko 6.3.). Kuten

taulukosta 6.3. on nähtävissä, soijaöljyn hinta (LNSUP) ja soijaöljyn käytöstä aiheutuvat nettokustannukset (LNNCSUP) ovat korreloituneet täysin (1), minkä vuoksi nettokustannuksia kuvaava hintasarja päätettiin jättää mallin ulkopuolelle.

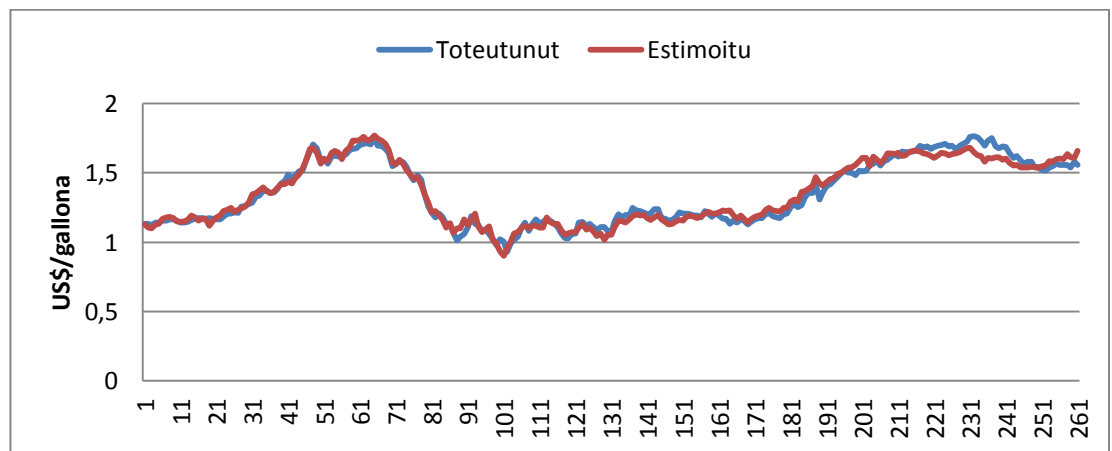
TAULUKKO 6.3. Yhdysvaltojen biodieselin markkinahinnan ja muiden muuttujien korrelaatiomatriisi

	LNBDUP	LNCOP	LNDUP	LNMUP	LNNCSUP	LNSUP
LNBDUP	1	0,805059	0,922387	0,681130	0,9598482	0,959848
LNCOP	0,805059	1	0,921074	0,719707	0,8507323	0,850732
LNDUP	0,922387	0,921074	1	0,752035	0,9003077	0,900307
LNMUP	0,681130	0,719707	0,752035	1	0,6901972	0,690197
LNNCSUP	0,959848	0,850732	0,900307	0,690197	1	1
LNSUP	0,959848	0,850732	0,900307	0,690197	1	1

Malli ajettiin uudestaan. Mallin tulokset on esitetty taulukossa 6.4. Kuviossa 6.3. on esitetty biodieselin markkinahinnan kehitys ajanjaksolla 13.4.2007 – 6.4.2012, sekä biodieselin hintaa estimoiva malli. Mallin selitysaste R^2 on erittäin hyvä ja malliin sisällytettyjen muuttujien avulla voidaan selittää noin 96 prosenttia Yhdysvaltojen biodieselin markkinahinnasta. Viiden prosentin riskitasolla kaikki muuttujat ovat merkitseviä lukuun ottamatta metanolin hintaa ja dummy-muuttujaa, joka ei ole merkitsevä edes kymmenen prosentin riskitasolla. Durbin-Watson-testisuure (0,45) viittaa vahvaan positiiviseen autokorrelaatioon. Multikollineaarisuutta tarkasteltiin korrelaatiomatriisin avulla (taulukko 6.3). Selittävästä muuttujista kaikkein voimakkaimmin korreloituivat dieselin (LNDUP) ja soijaöljyn hinta (LNSUP). Näin ollen voidaan harkita jommankumman tai molempien muuttujien poistamista mallista. Heteroskedastisuuden ilmenemistä mallissa testattiin White-, Breusch-Pagan- ja Glesjer testien avulla, jotka osoittivat mallin virhetermin olevan heteroskedastinen, ja näin ollen mallin keskivirheet ovat virheellisiä.

TAULUKKO 6.4. Yhdysvaltojen biodieselin markkinahintaan vaikuttavia tekijöitä kuvaavan log-lineaarisen mallin arvot

Dependent Variable: LNBDUP				
Sample: 1 261				
Included observations: 261				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LNCOP	-0.340778	0.026986	-12.62787	0.0000
LNDUP	0.744462	0.044628	16.68164	0.0000
LNMUP	-0.023024	0.013436	-1.713657	0.0878
LNSUP	0.717877	0.027888	25.74173	0.0000
D1	0.008402	0.006353	1.322597	0.1872
C	-0.563456	0.110627	-5.093304	0.0000
R-squared	0.963253	Mean dependent var	1.356530	
Adjusted R-squared	0.962532	S.D. dependent var	0.231291	
S.E. of regression	0.044770	Akaike info criterion	-3.351841	
Sum squared resid	0.511108	Schwarz criterion	-3.269898	
Log likelihood	443.4153	Hannan-Quinn criter.	-3.318903	
F-statistic	1336.868	Durbin-Watson stat	0.452918	



KUVIO 6.3. Biodieselin markkinahinnan toteutunut ja estimoitu hintavaihtelu ajanjaksolla 13.4.2007 – 6.4.2012

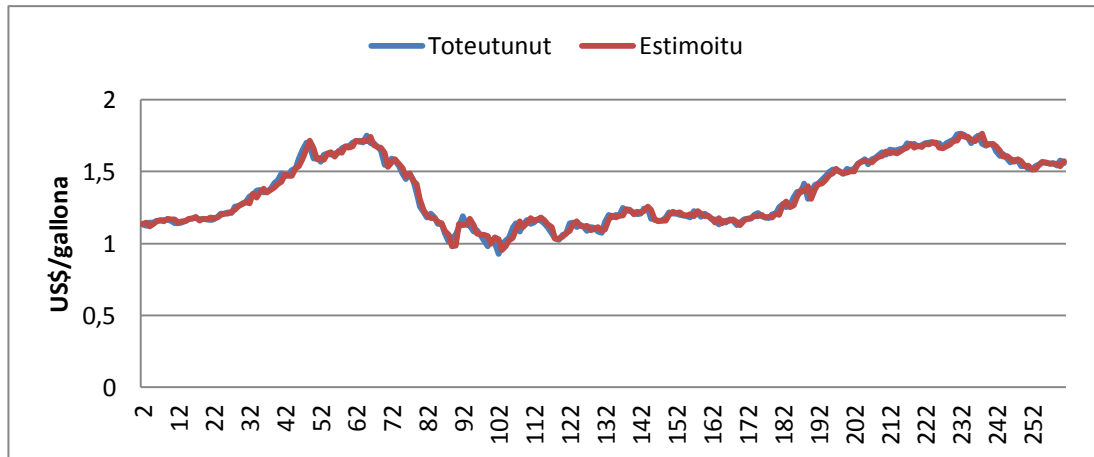
Mallia päätettiin testata jättämällä pois molemmat kyseiset muuttujat. Siinä kaikkien muuttujien väliset korrelaatiokertoimet ovat alle 0,81, jolloin mallissa aiemmin esiintynyt vahva multikollinearisuus on saatu poistettua. Tässä mallissa kaikki muuttujat ovat merkitseviä. Selitysaste R^2 ja Durbin-Watson-testisuure alenivat.

Cochrane-Orcuttin menetelmää käyttämällä poistettiin mallissa esiintyvää autokorrelaatiota. Mallissa esiintyvää heteroskedastisuutta pyrittiin poistamaan estimoimalla yhtälö käyttämällä apuna Whiten korjattuja keskivirhe-estimaatteja. Mallin selitysaste R^2 kohosi erittäin korkealle tasolle (0,985) ja koko mallin tilastollista merkitsevyyttä kuvaava F-arvo nousi yli kaksikymmenkertaisesti aiempaan malliin verrattuna. DW-testisuure sai arvoksi 1,98, joka merkitsee, ettei autokorrelaatiota esiinny lainkaan. Metanolin hinta, vakiotermin ja dummy-muuttuja menettivät merkitsevyytensä. Näin ollen vain raakaöljyn hinnalla olisi merkitystä biodieselin hintaan.

Seuraavaksi ajettiin malli, jossa oli vain raakaöljyn hinta muuttujana, Whiten korjattuja keskivirhe-estimaatteja ja Cochrane-Orcuttin menetelmää apuna käyttäen. Mallin tulokset lukuina on esitetty taulukossa 6.5. ja graafisesti kuviossa 6.4. Mallin selitysaste R^2 ei juuri muuttunut. DW-testisuure parani hieman. Raakaöljyn hinnan merkitsevyys parani myös hieman.

TAULUKKO 6.5. Yhdysvaltojen biodieselin markkinahintaan vaikuttavia tekijöitä kuvaavan log-lineaarisen mallin arvot Cochrane-Orcuttin menetelmää ja Whiten korjattuja keskivirhe-estimaatteja hyväksi käyttäen

Dependent Variable: LNBDUP				
Sample (adjusted): 2 261				
Included observations: 260 after adjustments				
Convergence achieved after 12 iterations				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LNCOP	0,301538	0,025637	11,76202	0
AR(1)	0,987561	0,009775	101,0325	0
R-squared	0,984911	Mean dependent var		1,357396
Adjusted R-squared	0,984852	S,D, dependent var		0,231313
S,E, of regression	0,028469	Akaike info criterion		-4,272323
Sum squared resid	0,209108	Schwarz criterion		-4,244933
Log likelihood	557,402	Hannan-Quinn criter,		-4,261312
F-statistic	8437,538	Durbin-Watson stat		2,00519



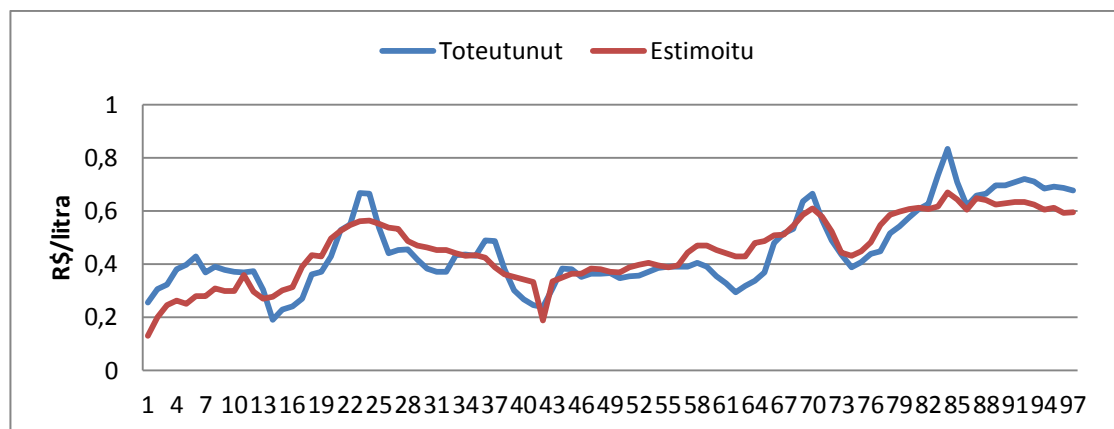
KUVIO 6.4. Yhdysvaltojen biodieselin markkinahinnan toteutunut ja estimoitu hintavaihtelu ajanjaksolla 13.4.2007–6.4.2012 Cochrane-Orcuttin menetelmää hyödyntäen ja Whiten korjattuja keskivirhe-estimaatteja hyväksi käyttäen

6.3 Brasilian bioetanolin markkinahinnan estimointi

Brasilian etanolin markkinahintaa kuvaava log-lineaarinen malli estimoitiin pienimmän neliösumman menetelmällä. Mallin tulokset on esitetty taulukossa 6.6. Kuviossa 6.5. on esitetty etanolin markkinahinnan kehitys vuoden 2004 toukokuusta vuoden 2012 toukokuuhun, sekä etanolin hintaa estimoiva malli. Mallin avulla voidaan selittää noin 75 prosenttia Brasilian etanolin markkinahinnasta. Kaikki muuttujat ovat merkitseviä, lukuun ottamatta raakaöljyn ja nestekaasun hinnan muuttujia. DW-testisuure (0,37) viittaa positiiviseen autokorrelaatioon. Multikollinearisuutta tutkittiin korrelaatiomatriisin avulla. Bensiinin hintasarja (0,77) ja sokerin hintasarja (0,79) korreloituivat bioetanolin hintasarjan kanssa, mutta olivat silti alle 0,8. Muiden muuttujien väliset korrelaatiokertoimien arvot olivat alhaisemmat. Heteroskedastisuuden ilmenemistä mallissa testattiin White-, Breusch-Pagan- ja Glesjer testien avulla, jotka osoittivat mallin virhetermin olevan heteroskedastinen, ja näin ollen mallin keskivirheet ovat virheellisiä.

TAULUKKO 6.6. Brasilian etanolin markkinahintaan vaikuttavia tekijöitä kuvaavan log-lineaarisen mallin arvot

Dependent Variable: LNEBP				
Sample: 1 97				
Included observations: 97				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LNCOP	0.030281	0.038082	0.795163	0.4286
LNGBP	1.183758	0.237945	4.974916	0.0000
LNLGBP	-0.229407	0.157288	-1.458521	0.1481
LNSBP	0.217717	0.037365	5.826767	0.0000
D1	-0.013818	0.007164	-1.928630	0.0569
C	-0.753549	0.387905	-1.942611	0.0552
R-squared	0.745457	Mean dependent var	0.452684	
Adjusted R-squared	0.731471	S.D. dependent var	0.144230	
S.E. of regression	0.074739	Akaike info criterion	-2.289759	
Sum squared resid	0.508324	Schwarz criterion	-2.130498	
Log likelihood	117.0533	Hannan-Quinn criter.	-2.225361	
F-statistic	53.30075	Durbin-Watson stat	0.370588	



KUVIO 6.5. Brasilian bioetanolin markkinahinnan toteutunut ja estimoitu hintavaihtelu vuoden 2004 toukokuusta vuoden 2012 toukokuuhun

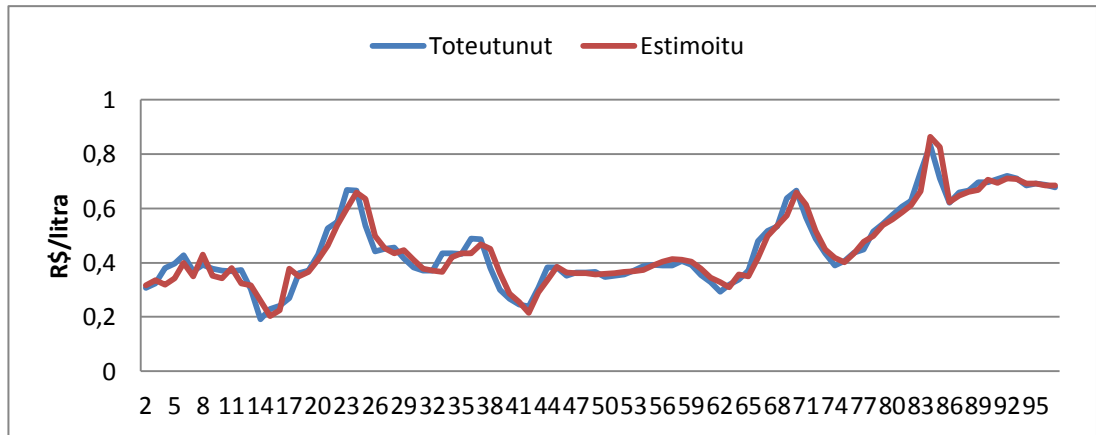
Malli estimoitiin uudelleen jättäen pois raakaöljyn ja nestekaasun hintamuuttujat, jotka eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Tässä mallissa ainoastaan F-testisuureen arvo parani. Selitysaste R^2 ja muiden selittävien muuttujien merkitsevyys ei muuttunut. DW-testisuure (0,37) viittaa edelleen autokorrelaation esiintymiseen.

Mallissa esiintyvää autokorrelaatiota yritettiin poistaa Cochrane-Orcuttin menetelmää käyttämällä. Tätä menetelmää hyväksi käyttäen saimme DW-testisuureen arvoksi (1,61) huomattavasti paremman. Samalla selitysaste R^2 kohosi erittäin korkealle tasolle (0,94) ja koko mallin tilastollista merkitsevyyttä kuvaava F-arvo nousi nelinkertaiseksi. Dummy-muuttujan merkitsevyys laski alle kymmenen prosentin merkitsevyystason.

Mallissa esiintyvää heteroskedastisuutta pyrittiin poistamaan estimoimalla edellinen yhtälö käyttämällä apuna Whiten korjattuja keskivirhe-estimaatteja. Mallin tulokset lukuina on esitetty taulukossa 6.7. ja graafisesti kuviossa 6.6. Mallin selitysaste R^2 , F-testisuure eikä DW-testisuure muuttuneet. Dummy-muuttujasta tuli jälleen merkitsevä.

TAULUKKO 6.7. Brasilian etanolin markkinahintaan vaikuttavia tekijöitä kuvaavan log-lineaarisen mallin arvot Cochrane-Orcuttin menetelmää ja Whiten korjattuja keskivirhe-estimaatteja hyväksi käyttäen

Dependent Variable: LNEBP				
Sample (adjusted): 2 97				
Included observations: 96 after adjustments				
Convergence achieved after 9 iterations				
White heteroskedasticity-consistent standard errors & covariance				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LNGBP	2.622821	0.466304	5.624704	0.0000
LNSBP	0.113931	0.033646	3.386158	0.0010
D1	-0.003751	0.001512	-2.480757	0.0149
C	-2.416368	0.431024	-5.606115	0.0000
AR(1)	0.889016	0.032989	26.94920	0.0000
R-squared	0.940376	Mean dependent var		0.454755
Adjusted R-squared	0.937755	S.D. dependent var		0.143530
S.E. of regression	0.035809	Akaike info criterion		-3.770549
Sum squared resid	0.116689	Schwarz criterion		-3.636989
Log likelihood	185.9863	Hannan-Quinn criter.		-3.716562
F-statistic	358.8058	Durbin-Watson stat		1.609862



KUVIO 6.6. Brasilian bioetanolin markkinahinnan toteutunut ja estimoitu hintavaihtelu vuoden 2004 toukokuusta vuoden 2012 toukokuuhun, Cochrane-Orcuttin menetelmää ja Whiten korjattuja keskivirhe-estimaatteja hyväksi käyttäen

6.4 Stationaarisuus- ja yksikköjuuritestit

Estimoitujen mallien selitysasteiden ja F-testisuureiden erittäin korkeat arvot saivat epäilemään tulosten luotettavuutta, ja sitä ovatko tässä tutkimuksessa käytetyt aikasarjat stationaarisia, kuten oletettiin. Tästä johtuen päätettiin testata hintasarjojen stationaarisuutta stationaarisuus- ja yksikköjuuritesteillä.

6.4.1 Etanoli, Yhdysvallat

Aikasarjojen stationaarisuutta testattiin laajennetulla Dickeyn ja Fullerin (ADF) testillä sekä Kwiatkowski-Phillips-Schidt-Shin (KPSS) testillä. ADF-testin nollahypoteesina on epästationaarisuus, jolloin ADF-testissä estimoidun τ -arvon ollessa pienempi kuin kriittinen arvo, nollahypoteesi voidaan hylätä. KPSS-testin nollahypoteesina on stationaarisuus, jolloin KPSS-testissä nollahypoteesin hylkäämiseksi tulee estimoidun arvon olla suurempi kuin kriittinen arvo.

ADF-testin viipeiden pituuksien määrittämiseksi on käytetty Schwarzin informaatio kriteeriä (SIC). ADF-testin tulokset on esitetty liitteessä 1. Testin tulosten perusteella kaikkien hintasarjojen nollahypoteesi jää voimaan viiden prosentin riskitasolla. KPSS-testin tulosten perusteella nollahypoteesi voidaan hylätä kaikkien hintasarjojen

osalta viiden prosentin riskitasolla, paitsi etanolin hintasarja vakion vallitessa (liite 1.). Näin ollen ADF- ja KPSS-testien tulokset ovat ristiriidassa keskenään bioetanolin hintasarjan suhteen. Tästä syystä päätin testata kyseistä aineistoa vielä yhdellä yksikköjuuritestillä. Testiksi valitsin Philip-Perron (PP) testin, jonka nollahypoteesi on samanlainen kuin ADF-testillä. PP-testin tulosten mukaan etanolin hintasarja on epästationaarinen vakion tai vakio ja trendin vallitessa viiden prosentin riskitasolla. Näin ollen voidaan suurella varmuudella todeta kaikkien muuttujien hintasarjojen olevan epästationaarisia vakion ja trendin vallitessa.

Yksikköjuurien lukumäärän selvittämiseksi muuttujien aikasarjat testattiin ensimmäisessä differenssissä ADF- ja KPSS-testeillä. Testitulokset on esitetty liitteessä 2. Molempien testitulosten mukaan, kaikkien muuttujien aikasarjat ovat stationaarisia, eivätkä sisällä yksikköjuuria ensimmäisessä differenssissä viiden prosentin riskitasolla. Näin ollen kaikkien muuttujien aikasarjat ovat epästationaarisia, sisältävät yksikköjuuren ja ovat integroituneita asteella yksi, jolloin yhteisintegraatioanalyysin kaikki edellytykset täyttyvät.

Muuttujien yhteisintegroituvuutta testattiin Johansenin menetelmän avulla. Yhteisintegroituvuutta oli havaittavissa vain kolmella tasolla. Jotta kaikki muuttujat olisivat yhteisintegroituneita keskenään, ja siten sopivia käytettäväksi epästationaarisuudestaan huolimatta, tulisi hintasarjat pilkkoa lyhemmiksi aikajaksoiksi, kunnes löydetään sellaiset aikajaksot, joissa kaikki muuttujat ovat yhteisintegroituneita keskenään. Tämä on se vaihe, jossa aikasarjaekonometrian tekemisestä tulee haastavaa ja professionaalista. Näin ollen, päädyin jättämään väliin stationaarisuuden korjaamisen sen haasteellisuuden ja aikavieyvyyden takia. Tästä johtuen testisuureet voivat saada parempia tai ristiriitaisia suureita, eivätkä tutkimustulokset ole enää luotettavia.

6.4.2 Biodiesel, Yhdysvallat

Yhdysvaltojen biodieselin aikasarjojen stationaarisuutta testattiin samalla tavalla kuin Yhdysvaltojen bioetanolin aikasarjojen: ADF- ja KPSS-testeillä.

ADF-testin viipeiden pituuksien määrittämiseksi on käytetty Schwarzin informaatio kriteeriä (SIC). ADF-testin tulokset on esitetty liitteessä 3. Testin tulosten perusteella kaikkien hintasarjojen nollassa nollahypoteesi jää voimaan viiden prosentin riskitasolla. KPSS-testin tulosten perusteella nollassa nollahypoteesi voidaan hylätä biodieselin ja soijaöljyn hintasarjojen osalta viiden prosentin riskitasolla, vakion vallitessa (liite 3.). Nollahypoteesi voidaan hylätä kaikkien muuttujien osalta vakion ja trendin vallitessa. Näin ollen ADF- ja KPSS-testien tulokset ovat ristiriidassa keskenään biodieselin hintasarjan suhteen. Tästä syystä päätin testata kyseistä aineistoa vielä yhdellä yksikköjuuritestillä. Testiksi valitsin Philip-Perron (PP) testin, jonka nollassa nollahypoteesi on samanlainen kuin ADF-testillä. PP-testin tulosten mukaan kaikki hintasarjat ovat epästationaarisia vakion, vakio ja trendin tai ei kummankaan näistä vallitessa, viiden prosentin riskitasolla.

Yksikköjuurien lukumäärän selvittämiseksi muuttujien aikasarjat testattiin ensimmäisessä differenssissä ADF- ja KPSS-testeillä. Testitulokset on esitetty liitteessä 4. Molempien testitulosten mukaan, kaikkien muuttujien aikasarjat ovat stationaarisia, eivätkä sisällä yksikköjuuria ensimmäisessä differenssissä viiden prosentin riskitasolla. Näin ollen kaikkien muuttujien aikasarjat ovat epästationaarisia, sisältävät yksikköjuuren ja ovat integroituneita asteella yksi, jolloin yhteisintegraatioanalyysin edellytykset täyttyvät.

Muuttujien yhteisintegroituvuutta testattiin Johansenin menetelmän avulla. Yhteisintegroituvuutta oli havaittavissa vain kahdella tasolla. Näin ollen, päädyin jättämään väliin stationaarisuuden korjaamisen.

6.4.3 Bioetanoli, Brasilia

Brasilian bioetanolin aikasarjojen stationaarisuutta testattiin samalla tavalla kuin Yhdysvaltojen bioetanolin aikasarjojen; ADF- ja KPSS-testeillä.

ADF-testin viipeiden pituuksien määrittämiseksi on käytetty Schwarzin informaatiokriteeriä (SIC). ADF-testin tulokset on esitetty liitteessä 5. Testin tulosten perusteella kaikki hintasarjat ovat epästationaarisia lukuun ottamatta raakaöljyn hintasarjaa, vain vakion vallitessa. Trendin ja vakion vallitessa, ovat sokerin,

nestekaasun ja bensiinin hintasarjat epästationaarisia, viiden prosentin riskitasolla. KPSS-testin tulosten perusteella (liite 5.) nollahypoteesi voidaan hylätä kaikkien muuttujien hintasarjojen osalta vain vakion vallitessa, viiden prosentin riskitasolla. Nollahypoteesi voidaan hylätä vain bioetanolin hintasarjan osalta vakion ja trendin vallitessa. Näin ollen ADF- ja KPSS-testien tulokset ovat ristiriidassa keskenään etanolin hintasarjan suhteen. Tästä syystä päätin testata kyseistä aineistoa vielä yhdellä yksikköjuuritestillä. Testiksi valitsin Philip-Perron (PP) testin, jonka nollahypoteesi on samanlainen kuin ADF-testillä. PP-testin tulosten mukaan kaikki hintasarjat ovat epästationaarisia vakion, vakio ja trendin tai ei kummankaan näistä vallitessa, viiden prosentin riskitasolla. Näin ollen voidaan suurella varmuudella todeta kaikkien muuttujien hintasarjojen olevan epästationaarisia.

Yksikköjuurien lukumäärän selvittämiseksi muuttujien aikasarjat testattiin ensimmäisessä differenssissä ADF- ja KPSS-testeillä. Testitulokset on esitetty liitteessä 6. Molempien testitulosten mukaan kaikkien muuttujien aikasarjat ovat stationaarisia, eivätkä ne sisällä yksikköjuuria ensimmäisessä differenssissä viiden prosentin riskitasolla. Näin ollen kaikkien muuttujien aikasarjat ovat epästationaarisia, sisältävät yksikköjuuren ja ovat integroituneita asteella yksi, jolloin yhteisintegraatioanalyysin edellytykset täyttyvät.

Muuttujien yhteisintegroituvuutta testattiin Johansenin menetelmän avulla. Yhteisintegroituvuutta oli havaittavissa vain kahdella tasolla. Jotta kaikki muuttujat olisivat yhteisintegroituneita keskenään, ja siten sopivia käytettäväksi epästationaarisuudestaan huolimatta, tulisi hintasarjat pilkkoa lyhemmiksi aikajaksoiksi, kunnes löydetään sellaiset aikajaksot jossa kaikki muuttujat ovat yhteisintegroituneita keskenään. Tämä on se vaihe, jossa aikasarjaekonometrian tekemisestä tulee niin sanotusti ”taidetta”. Näin ollen, päädyin jättämään väliin stationaarisuuden korjaaminen sen haasteellisuuden ja aikavieyvyyden takia. Tästä johtuen testisuureet voivat saada parempia tai ristiriitaisia suureita, eivätkä tutkimustulokset ole enää luotettavia.

7 Johtopäätökset

Tutkimuksen tavoitteena oli tutkia mitkä tekijät vaikuttavat bioetanolin ja biodieselin markkinahintoihin Yhdysvalloissa, Brasiliassa ja Euroopan unionissa.

Tutkimuksen teoreettinen viitekehys perustui hintateoriaan. Selittävät muuttujat valittiin aihetta käsittelevän kirjallisuuden ja hintateorian avulla. Tutkimusmenetelmänä käytettiin ekonometrista estimointia ja aineisto estimoitiin klassisen pienimmän neliösumman menetelmällä.

Tulokset antoivat empiirisiä viitteitä, että edellä mainitut tekijät ovat vaikuttaneet biopolttoaineiden hintoihin. Yksinkertaisen pienimmän neliösumman menetelmän käyttö näin laajan ongelman tutkimisessa ei ole täysin ongelmatonta, sillä esimerkiksi pienimmän neliösumman menetelmän oletukset eivät täytyneet täysin ja malleissa oli havaittavissa heteroskedastisuutta ja autokorrelaatiota. Erityisesti hintasarjojen epästationaarisuus aiheuttaa ongelmia tutkimuksessa. Biopolttoaineiden hintoihin vaikuttavat varmasti myös monet muut tekijät, joita ei ole tutkimuksessa voitu huomioida. Tutkimuksen empiiriset tulokset ovat kuitenkin pääosin linjassa aikaisempien tutkimusten ja teorian kanssa. Ne viittaavat siihen, että biopolttoaineiden hintaan vaikuttavat niin raaka-aineen kuin energian hinnat sekä jalostuksen katetuotto ja vallitseva biopolttoaineiden käyttömääriä ohjaava politiikka.

7.1 Tärkeimmät markkinahintaan vaikuttavat tekijät

Yhdysvaltojen bioetanolin markkinahintaan vaikuttavia tekijöitä estimoitiin log-lineaarisen mallin avulla. de Gorter & Justin (2007, 2009) tutkimuksien mukaan pakollisen sekoitussuhteen eli mandaatin käyttöönotto johtaa etanolin hinnan nousuun. Tällöin on perusteltua hyväksyä estimoinnin pohjaksi malli⁴, jossa Yhdysvaltojen bioetanolin markkinahintaa selittävät maissin, bensiinin ja maakaasun hinta, jalostuksen käyttökatte sekä harjoitettu politiikka. Raakaöljyn hinta ei ollut

⁴ katso sivu 65

mallissa tilastollisesti merkitsevä, mutta se vaikuttaa kuitenkin välillisesti muihin selittäviin muuttujiin, esimerkiksi maissin hintaan sen tuotantoon tarvittavan panoskäytön kautta.

Yhdysvaltojen bioetanoliin vaikuttavien tekijöiden tutkimustulokset ovat loogisia ja vastaavat teoriaa ja muita tutkimuksia siltä osin, että raaka-aineen korkeampi hinta, kasvaneet jalostuskustannukset ja energian korkeampi hinta nostavat bioetanolin hintaa. Käytetty log-lineaarinen malli antoi tulokset suoraan joustokertoimina. Suurimmat joustojen arvot olivat maissin hinnalla (0,46) ja jalostuksen käyttökatteella (0,13). Muiden muuttujien joustot jäivät pieniksi. Poliittikkamuuttujien joustot olivat lähellä nollaa. Tutkimuksessa saadut joustokertoimet olivat pieniä, mikä kertoo bioetanolin hinnan vaihteluiden olevan melko joustamattomia markkinoilla ja politiikassa tapahtuviin muutoksiin nähden. Näin ollen markkinoilla tapahtuvat hinnan muutokset vaikuttavat suhteessa vähemmän bioetanolin hintaan.

Yhdysvaltojen biodieselin markkinahintaan vaikuttavia tekijöitä estimoitiin log-lineaarisen mallin avulla. Tämän mallin mukaan Yhdysvaltojen biodieselin markkinahintaa selittää ainoastaan raakaöljyn hinta. Soijaöljyn, dieselin ja metanolin hinnoilla sekä harjoitetulla politiikalla ei havaittu olevan tilastollista merkitsevyyttä Yhdysvaltojen biodieselin hinnan muodostumiseen. Raakaöljyn hinta sai jouston arvoksi 0,3.

Saadut tulokset Yhdysvaltojen biodieselin hintaan vaikuttavista tekijöistä ovat ristiriidassa teorian ja aiempien tutkimustulosten kanssa siltä osin, että vain raakaöljyn hinta vaikuttaisi Yhdysvaltojen biodieselin hintaan. On kuitenkin huomattava, että Yhdysvaltojen biodieselin tuotannossa on ollut ylikapasiteettia vuodesta 2006 lähtien. Biodieselin kulutus ei ole kasvanut samassa tahdissa kotimaisilla markkinoilla, jolloin biodieselin vienti on kasvanut. Vientiä ovat kasvattaneet Yhdysvaltojen alhainen raaka-aineen hinta ja ylijäämäinen tuotanto sekä suotuisat valuuttakurssit ja Euroopan unionin biodieselin kysynnän kasvu.

Brasilian bioetanolin markkinahintaan vaikuttavia tekijöitä estimoitiin log-lineaarisen mallin avulla. Tämän mallin mukaan Brasilian bioetanolin markkinahintaa selittävät bensinin ja sokerin hinnat sekä harjoitettu politiikka. Raakaöljyn ja nestekaasun hinnoilla ei ollut mallissa tilastollista merkitsevyyttä.

Raakaöljyn hinta vaikuttaa kuitenkin välillisesti muihin selittäviin muuttujiin, kuten sokerin hintaan sen tuotantoon tarvittavan panoskäytön kautta. Suurimmat joustojen arvot olivat bensiinin hinnalla (2,62) ja sokerin hinnalla (0,11). Poliitiikan sekoitussuhdemandaatin muutoksen jousto oli lähellä nollaa.

Brasilian bioetanoliin vaikuttavien tekijöiden tutkimustulokset ovat loogisia ja vastaavat teoriaa ja muita tutkimuksia siltä osin, että raaka-aineen korkeampi hinta nostaa bioetanolin hintaa ja että kilpailevan hyödykkeen hinta vaikuttaa tuotantoon ja tarjontaan substituutiovaikutuksen kautta. Bensiinin hinta sai joustokertoimensa arvoksi 2,62, mikä kertoo bioetanolin hinnan vaihteluiden olevan melko joustavia bensiinin hinnassa tapahtuviin muutoksiin. Tämä tulos on yhteneväinen reaali maailmaan, sillä brasilialaiset käyttävät kasvavassa määrin flexifuel-autoja. Näihin autoihin voi tankata joko bensiiniä tai bioetanolia missä tahansa sekoitussuhteessa, jolloin kuluttajat voivat joustavammin valita kumpaa polttoainetta autojensa tankkeihin tankkaavat.

Sekä julkinen että tieteellinen keskustelu biopolttoaineiden hintoihin vaikuttavista tekijöistä ja niiden vaikutuksista maataloushyödykkeiden hintoihin on lisääntynyt merkittävästi vuosina 2007–2008 tapahtuneen ruokakriisin johdosta. Biopolttoaineiden hintakehityksen on havaittu noudattavan samankaltaista trendiä kuin raakaöljyn ja fossiilisten polttoaineiden hinnat. Energian kallistuminen ei välttämättä tee biopolttoaineista kilpailukykyisempiä, sillä energian hinnan kohoamisen on nähty vaikuttavan biopolttoaineiden raaka-ainekasvien tuottomarginaaliin ja siten biopolttoaineiden tuotantokustannuksiin. Biopolttoainemarkkinat ovat osa biomassamarkkinoita, jolloin biopolttoainemarkkinoita ohjaavat tekijät ovat yhteydessä koko tuotantoketjuun, biomassan tuottamisesta jalostetun hyödykkeen lopulliseen käyttöön asti. Taloudellisiksi avaintekijöiksi, jotka vaikuttavat biopolttoainemarkkinoiden kehittymiseen, on nähty biomassan hinta, raakaöljyn hinta ja teknologinen kehitys konversioteknologiassa. Harjoitetuilla politiikan keinoilla (esim. verohelpotukset) nähdään olevan ratkaiseva merkitys biopolttoaineiden hinnan muodostumiseen tällä hetkellä, politiikan keinojen tehdessä biopolttoaineista kilpailukykyisiä fossiilisten polttoaineiden kanssa. Harjoitetun politiikan keinojen kohdistuessa voimakkaammin toisen ja kolmannen sukupolven biopolttoaineiden kehitykseen voitaisiin maankäyttöpaineita ja tuotantokustannuksia vähentää.

7.2 Tutkimuksen rajoitteet ja jatkotutkimustarpeet

Tutkimuksen aineiston keruu oli erittäin työläs prosessi, sillä useimpien muuttujien kohdalla aineisto täytyi koota eri asiakirjoista käsin. Joidenkin muuttujien kohdalla aineistoa löytyi päivittäisenä datana, mutta se jouduttiin myöhemmin kirjaamaan viikkokohtaiseksi tai kuukausittaiseksi, jonkin toisen muuttajan aikasarjan ollessa suppeampi. Hankalinta oli löytää ilmaisia biopolttoaineiden hintasarjoja useammalta vuodelta, sillä lähes kaikki saatavilla oleva aineisto oli maksullista ja erittäin kallista. Suurin työ oli löytää Brasilian bioetanolin ja bensiniin hintasarjat.

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää voidaanko yksinkertaisella ekonometrisella mallilla kuvata bioetanolin ja biodieselin hintoihin vaikuttavia tekijöitä, minkä vuoksi aineiston estimoinneissa pysyttiin hyvin yksinkertaisella tasolla, eikä sofistikoituneempia ekonometrisia malleja käytetty. Syvällisempi ja tarkempi tutkimus vaatisi sofistikoituneemman mallin spesifioinnin.

Tärkeä aikasarjoihin liittyvä ominaisuus on stationaarisuus, jolloin aikasarjojen keskiarvo, keskihajonta ja varianssi eivät vaihtele ajan myötä. Jos näin ei ole, kutsutaan aikasarjaa epästationaariseksi. Tämä on yleinen ongelma aikasarjaekonometriassa, ja se aiheuttaa mallissa muun muassa näennäisregressiota. Tällöin regressioanalyysistä saatavat tulokset saattavat ilmaista kahden muuttujan välille tilastollisesti merkitsevää suhdetta, jota ei oikeasti ole. Tutkimuksessa saatujen tulosten alhaiset DW-testisuureet ja korkeat selitysasteet kertovat mahdollisesta näennäisregression olemassaolosta, ja viittaavat aineiston epästationaarisuuteen. Kaikki aikasarjat osoittautuivat epästationaariksi ja sisältävän yhden yksikköjuuren ja olevan integroituneita asteella yksi. Mallien muuttujien yhteisintegroituvuutta testattiin Johansenin menetelmän avulla. Missään mallissa ei havaittu yhteisintegroituvuutta kaikilla mallin muuttujien määrän tasoilla. Jotta kaikki muuttujat olisivat yhteisintegroituneita keskenään, ja siten sopivia käytettäväksi epästationaarisuudestaan huolimatta, tulisi hintasarjat pilkkoa lyhemmiksi aikajaksoiksi, kunnes löydetään sellaiset aikajaksot, joissa kaikki muuttujat ovat yhteisintegroituneita keskenään. Tämä on se vaihe, jossa aikasarjaekonometrian tekemisestä tulee haastavaa ja vaatii siten syvempää

perehtyneisyyttä. Näin ollen, päädyin jättämään väliin stationaarisuuden korjaamisen haasteellisuuden ja aikavievyyden takia.

Aikasarjojen epästationaarisuudesta johtuen testisuureet voivat saada parempia tai ristiriitaisia suureita vaikuttaen tutkimustuloksien päätelmiin niitä vääristäen. Tämä merkitsee sitä, että tämän tutkimuksen tulokset eivät ole luotettavia, ja niistä tehtäviin tuloksiin on suhtauduttava varauksella.

Laadukkaamman datan löytäminen tai sen ostaminen on tärkeää jatkotutkimustarpeita mietittäessä. Koska biopolttoaineita on valmistettu vasta vuosikymmenen ajan laajempaan kaupalliseen käyttöön, on niitä koskeva data rajallista, eikä vuosikohtaisiin arvoihin perustuvaa ekonometrista tutkimusta ole mahdollista toteuttaa. Näin ollen datan tulisi jatkossakin olla kuukausikohtaista, viikkokohtaista tai päivittäistä, ja mahdollisimman pitkältä ajalta, jotta eri muuttujien vaikutusta voisi mielekkäämmin testata. Markkinahintoihin vaikuttavat useat eri tekijät ja niiden väliset suhteet eivät ole aina yksiselitteisiä. Mielenkiintoista olisi tutkia useampien muuttujien vaikutusta malliin ja tarkastella lähemmin muuttujien välisiä suhteita. Mielenkiintoista olisi tutkia muun muassa kuinka flexifuel-autojen markkinoille tulo vuoden 2003 maaliskuussa on vaikuttanut Brasilian bioetanolin hintaan. Poliitiikan keinojen kirjoja ja ulkomaankaupan vaikutuksia olisi myös kiinnostavaa tutkia laajemmin. Hintateorian ehdottamien muuttujien, kuten BKT ja tulot, sisällyttäminen malliin vaatisi vähintään kuukausikohtaiset aikasarjat BKT:n ja tulojen kehittymisestä vuoden sisällä. Aineiston saantiongelmista johtuen tässä tutkimuksessa ei tutkittu Euroopan unionin bioetanolin ja biodieselin markkinahintaan vaikuttavia tekijöitä. Tästä johtuen se on jatkotutkimuskohteena kiinnostava.

Tämän tutkimuksen missään mallissa ei havaittu yhteisintegroituvuutta kaikilla mallin muuttujien määrän tasolla. Näin ollen jatkotutkimustarpeita ajatellen olisi erittäin mielenkiintoista jatkaa tämän tutkimuksen aineiston mallintamista sofistikoituneempia ekonometrisia menetelmiä apuna käyttäen. Mahdolliset rakennemuutokset olisi myös mielenkiintoista ottaa jatkotutkimuksissa tarkastelun kohteeksi.

Lähdeluettelo

- ANP 2011. Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – 2011. Tulostettu 25.03.2012 <http://www.anp.gov.br/?dw=57887>
- Asteriou, D. & Hall, S. 2007. Applied Econometrics – A Model Approach – Revised Edition. China: Palgrave Macmillan.
- Babcock, B., Barr, K. & Carriquiry, M. 2010. Costs and Benefits to Taxpayers, Consumers, and Producers from U.S. Ethanol Policies. Staff Report 10-SR 106, July 2010, Center for Agricultural and Rural Development, Iowa State University.
- Balcombe, K & Rapsomanikis, G. 2008. Bayesian Estimation and Selection of Nonlinear Vector Error Correction Models: The Case of the Sugar-Ethanol-Oil Nexus in Brazil. American Journal of Agricultural Economics, 90, 3, 658–668.
- Berg, C. 2004. World fuel ethanol analysis and outlook. Tulostettu 13.03.2012 <http://www.meti.go.jp/report/downloadfiles/g30819b40j.pdf>
- Biofuels Platform. 2012a. Production of biodiesel in the EU. Viitattu 20.01.2012 <http://www.biofuels-platform.ch/en/infos/eu-biodiesel.php>
- Biofuels Platform. 2012b. Production of bioethanol in the UE. Viitattu 20.01.2012 <http://www.biofuels-platform.ch/en/infos/eu-bioethanol.php>
- BP Statistical Review 2011a. BP Energy Outlook 2030 summary tables. Tulostettu 24.08.2011 <http://www.bp.com/sectiongenericarticle800.do?categoryId=9037134&contentId=7068677>
- BP Statistical Review 2011b. BP Energy Outlook 2030. Tulostettu 24.08.2011 http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2011/STAGING/local_assets/pdf/2030_energy_outlook_booklet.pdf
- de Gorter, H. & Just, D. 2007. The Law of Unintended Consequences: How the U.S. Biofuel Tax Credit with a Mandate Subsidizes Oil Consumption and Has No Impact on Ethanol Consumption. Working Paper 2007-20, September 2007, Department of Applied Economics and Management Cornell University, Ithaca, New York 14853-7801 USA.
- de Gorter, H., Just, D. & Kliauga, E. 2008. Measuring the “Subsidy” Component of Biofuel Tax Credits and Exemptions. Paper to be presented at the International Agricultural Trade Research Consortium (IATRC) annual meetings, Scottsdale Arizona, 7-9 December 2008. Tulostettu 15.04.2012 http://www.ilr.uni-bonn.de/iatrc/IATRC_Scottsdale_degorter_just_kliauga.pdf
- de Gorter, H. & Just, D. 2009. The Economics of a Blend Mandate for Biofuels. American Journal of Agricultural Economics, 91, 738–750.

de Gorter, H., Brabik, D. Just, D. 2010. On the EU–U.S. Biodiesel ‘Splash & Dash’ Controversy: Causes, Consequences and Policy Recommendations. Paper presented at the Agricultural & Applied Economics Association’s 2010 AAEA, CAES & WAEA Joint Annual Meeting. 25.–27.7.2010. Denver, Colorado.

Du, X. & Hayes, D. 2009. The Impact of ethanol production on US and regional gasoline markets. *Energy Policy*, 37, 3227–3234.

Du, X., Hayes, D & Yu, C. 2009. Dynamics of Biofuel Stock Prices: A Bayesian Approach. Working Paper 09-WP 498, September 2009, Center for Agricultural and Rural Development, Iowa State University.

EERE 2011a. Federal & State Incentives & Laws: Renewable Fuel Standard (RFS) Program. Tulostettu 10.3.2012 <http://www.afdc.energy.gov/afdc/laws/law/US/390>

EERE 2011b. Alternative Fuels & Advanced Vehicles Data Center: Alternative & Advanced Fuels: Biodiesel Statistics. Tulostettu 10.3.2012 http://www.afdc.energy.gov/afdc/fuels/biodiesel_statistics.html

EERE 2011c. Alternative Fuels & Advanced Vehicles Data Center: Alternative & Advanced Fuels: Biodiesel Production. Tulostettu 10.3.2012 http://www.afdc.energy.gov/afdc/fuels/biodiesel_production.html

EERE 2011d. Alternative Fuels & Advanced Vehicles Data Center: Federal & State Incentives & Laws. Tulostettu 10.3.2012 <http://www.afdc.energy.gov/afdc/laws/law/US/399>

Elbehri, A. & Sarris, A. 2009. Farm support policies that minimize global distortionary effects. In proceedings FAO Expert Meeting on How to Feed the World in 2050. Tulostettu 27.08.2011 <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/012/ak542e/ak542e00.pdf>

ePURE. 2012a. Renewable ethanol uses. Viitattu 23.01.2012 http://epure.org/theindustry/theproduct_renewable

ePURE. 2012b. The EU market. Viitattu 23.01.2012 <http://epure.org/theindustry/eumarket>

EUBIA. 2012a. [About Biomass / Biofuels for transport / Bioethanol /](#). Viitattu 20.01.2012

EUBIA. 2012b. [About Biomass / Biofuels for transport / Biodiesel /](#). Viitattu 20.01.2012

EurObser’ER. 2011. Biofuels barometer. Viitattu 23.02.2012 http://www.euroobserver.org/pdf/biofuels_2011.pdf

Europa 2007. Vihreä kirja energiahuollosta. Viitattu 23.02.2012 http://europa.eu/legislation_summaries/energy/external_dimension_enlargement/127037_fi.htm

Europa 2009. Komission asetus (EY) N:o 194/2009, annettu 11 päivänä maaliskuuta 2009, väliaikaisen tasoitustullin käyttöön otosta Amerikan Yhdysvalloista peräisin olevan biodieselin tuonnissa. Tulostettu 05.01.2012 <http://eur-lex.europa.eu/Notice.do?val=490739:cs&lang=fi&list=572133:cs,570094:cs,497987:>

[cs,497959:cs,496600:cs,502991:cs,490739:cs,&pos=7&page=1&nbl=7&pgs=10&h words=%28EY%29%20N:o%20194%20/%202009~&checktexte=checkbox&visu=#texte](#)

European Biofuels 2012. Biofuels Certification. Tulostettu 20.03.2012
<http://www.biofuelstp.eu/certification.html>

FAO 2006. World agriculture: towards 2030/2050. Tulostettu 25.08.2011
http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/esag/docs/Interim_report_AT2050web.pdf

FAO 2008. THE STATE OF FOOD AND AGRICULTURE. Tulostettu 10.03.2012
<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0100e/i0100e.pdf>

FAOSTAT 2012. Resources: Recources: Land. Tulostettu 16.03.2012
<http://faostat.fao.org/site/377/DesktopDefault.aspx?PageID=377#ancor>

Fischer, G. 2009. World Food and Agriculture to 2030/50: How do climate change and bioenergy alter the long-term outlook for food, agriculture and resource availability? In proceedings FAO Expert Meeting on How to Feed the World in 2050. Tulostettu 27.08.2011 <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/012/ak542e/ak542e00.pdf>

Global-Bio-Pact 2010. Project background. Tulostettu 20.03.2012
http://www.globalbiopact.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=57&Itemid=56

Gujarati, D. 2004. Basic Econometrics – fourth edition. Tulostettu 12.01.2012
<http://www.scribd.com/doc/6327400/Basic-Econometrics-by-Gujarati-4th-Edition>

Houck, J. P. 1986. Elements of Agricultural Trade policies. New York: Macmillian Publishing Company.

ICTSD 2009. Biofuels Certification and the Law of the World Trade Organization. Issue Paper No. 19. Tulostettu 20.03.2012
<http://ictsd.org/downloads/2012/02/biofuels-certification-and-the-law-of-the-wto.pdf>

Index Mundi 2011. Commodities Data: Historical commodity prices. Tulostettu 10.08.2011 <http://www.indexmundi.com/>

Kovarik, B. 1998. Henry Ford, Charles Kettering and the "Fuel of the Future". Automotive History Review, spring, 7–27. Tulostettu 13.03.2012
<http://radford.edu/~wkovarik/papers/fuel.html>

Krewitt, W., Simon, S., Graus, W., Teske, S., Zervos, A. & Schäfer, O. 2007. The 2°C scenario—A sustainable world energy perspective. Energy Policy, 35, 4969–4980.

Mallory, M., Hayes, D. & Irwin, S. 2010. How Market Efficiency and the Theory of Storage Link Corn and Ethanol Markets. Working Paper 10-WP 517, December 2010, Center for Agricultural and Rural Development, Iowa State University.

Mankiw, N. & Taylor, M. 2010. Economics .Special edition. United Kingdom: Cengage Learning EMEA.

- Msangi, S. & Rosegrant, M. 2009. World agriculture in a dynamically-changing environment: IFPRI's long-term outlook for food and agriculture under additional demand and constraints. In proceedings FAO Expert Meeting on How to Feed the World in 2050. Tulostettu 27.08.2011 <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/012/ak542e/ak542e00.pdf>
- OECD/FAO 2010. OECD-FAO Agricultural Outlook 2010–2019. Paris: OECD PUBLISHING
- OECD.Stat 2011. OECD-FAO Agricultural Outlook 2011–2020. Tulostettu 05.08.2011 <http://stats.oecd.org/index.aspx?r=378570>
- Pavel, C. & d'Artis, K. 2011a. Interdependencies in the energy-bioenergy-food price systems: A cointegration analysis. *Resources and Energy Economics*, 33, 326–348.
- Pavel, C. & d'Artis, K. 2011b. Food, energy and environment: Is bioenergy the missing link? *Food Policy*, 36, 571–580.
- Rajcaniova, M., Drabik, D. & Ciaian, P. 2011a. International Interlinkage of Biofuel Prices: The Role of Biofuel Policies. Paper presented at the Agricultural & Applied Economics Association's 2011 AAEA & NAREA Joint Annual Meeting. 24.–26.7.2011. Pittsburgh, Pennsylvania.
- Rajcaniova, M., Drabik, D. & Ciaian, P. 2011b. How Policies Affect International Biofuel Price Linkages. An updated and extended version of the paper entitled "International Interlinkage of Biofuel Prices: The Role of Biofuel Policies" that was presented at the Agricultural & Applied Economics Association's 2011 AAEA & NAREA Joint Annual Meeting. 24.–26.7.2011. Pittsburgh, Pennsylvania. Tulostettu 27.01.2012 <http://ssrn.com/abstract=1945022>
- RFA 2012. ACCELERATING INDUSTRY INNOVATION: 2012 ETHANOL INDUSTRY OUTLOOK. Tulostettu 10.3.2012 http://ethanolrfa.3cdn.net/d4ad995ffb7ae8fbfe_1vm62ypzd.pdf
- Ritson, C. 1977. *Agricultural Economics, Principles and Policy*. Student Edition. London: Granada Publishing.
- Saghaian, S. 2010. The Impact of the Oil Sector on Commodity Prices: Correlation or Causation? *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 42,3, 477 – 485.
- Schnepf, R. & Yacobucci, B. 2012. Renewable Fuel Standard (RFS): Overview and Issues. (CRS Report for Congress R40155) Tulostettu 3.05.2012 <http://www.fas.org/sgp/crs/misc/R40155.pdf>
- Slingerland, S. & van Geuns, L. 2005. Drivers for an International Biofuels Market. Discussion Paper presented December 9, 2005 at the CIEP Future Fuel Seminar. Tulostettu 10.01.2012 http://www.clingendael.nl/publications/2005/20051209_ciep_misc_biofuelsmarket.pdf
- Socol, C., Vandenberghe, L., Costa, B., Woiciechowski, A., de Carvalho, J., Medeiros, A., Francisco, A. & Bonomi, L. 2005. Brazilian biofuel program: An overview. *Journal of Scientific & Industrial Research*, Vol. 64, 897–904.

Statistical Pocketbook. 2010. EU energy and transport in figures. Tulostettu 24.08.2011

http://ec.europa.eu/transport/publications/statistics/doc/pocketbook2010_contractor.pdf

TEM 2012. Biopolttoaineiden ja bionesteiden kestävyys. Tulostettu 20.03.2013 <http://www.tem.fi/index.phtml?s=4577>

Tepe, F. Du, X. & Hennessy, D. 2011. The Impact of Biofuels Policy on Agribusiness Stock Prices. *Agribusiness*, 27, 179–192.

Tokgoz, S. & Elobeid, A. 2007. Understanding the Underlying Fundamentals of Ethanol Markets: Linkage between Energy and Agriculture. Paper presented at the American Agricultural Economics Association Annual Meeting. 29.7.–1.8.2007. Portland, OR.

Tomek, W. & Robinson, K. 1990. *Agricultural product prices*. 3rd Edition. USA: Cornell University Press.

Tomek, W. & Robinson, K. 2003. *Agricultural product prices*. 4th Edition. USA: Cornell University Press.

UDOP 2012. *Estatísticas*. Tulostettu 25.03.2012 <http://www.udop.com.br>

UNICA 2008. *The Industry Background: 6 – Sugarcane today*. Tulostettu 12.2.2012 <http://english.unica.com.br/content/show.asp?cntCode=D0B9E7BA-04AB-4637-9B69-7B2FECB82647>

USDA Foreign Agricultural Service. 2010. *GAIN Report Number BR10006*. Brazil, *Biofuels Annual*. Sao Paulo ATO.

Van der Mensbrugge, D., Osorio-Rodarte, I., Burns, A. & Baffes, J. 2009. Macroeconomic environment, commodity markets: A longer term outlook. In *proceedings FAO Expert Meeting on How to Feed the World in 2050*. Tulostettu 27.08.2011 <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/012/ak542e/ak542e00.pdf>

Varian, H. R. 2006. *Intermediate Microeconomics, a modern approach*. 7th Edition. New York: W. W. Norton & Company.

Wallace, E. 2010. The integration of energy and agricultural markets. *Agricultural Economics*, 41, 193–201.

WBGU 2010. *Future Bioenergy and Sustainable Land Use*. London : Earthscan

WEC 2010. *Biofuels: Policies, Standards and Technologies*. Tulostettu 24.08.2011 <http://www.worldenergy.org/documents/biofuelsformattedmaster.pdf>.

Zhang, Z., Lohr, L., Escalante, C. & Wetzstein, M. 2009. Ethanol, Corn and Soybean Price Relations in a Volatile Vehicle-Fuels Market. *Energies*, 2, 320–339.

2003/30/EY. 2003. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2003/30/EY liikenteen biopolttoaineiden ja muiden uusiutuvien polttoaineiden käytön edistämisestä. Virallinen lehti nro L 123, 17/05/2003 s. 0042 – 0046. Tulostettu 21.02.2012. <http://eur-lex.europa.eu/>

Liitteet

Liite 1. Yhdysvaltojen bioetanolimallin muuttujien ADF- ja KPSS-testien tulokset

	ADF -testi				KPSS -testi	
	Ei trendiä	Ei trendiä	Trendi	Viive-	Ei trendiä	Trendi
	Ei vakiota	Vakio	Vakio	pituus	Vakio	Vakio
Etanolin hinta	-0.08195	-2.41706	-2.38067	0	0.337693	0.345134
Maissin hinta	0.51691	-1.21306	-2.09101	0	3.207802	0.324252
Öljyn hinta	0.08015	-1.89016	-2.19393	0	1.234550	0.210925
Bensiinin hinta	-0.04754	-2.36720	-2.84398	3	1.280415	0.266129
Maakaasun hinta	-1.09465	-1.54798	-2.74857	0	2.925535	0.153259
Katetuotto	-1.26394	-1.83412	-2.54564	0	2.051258	0.326907
Maissin nettokustannukset	0.45697	-1.22324	-2.11379	0	3.207681	0.324204
Kriittinen arvo 5%	-1.94100	-2.86297	-3.41235		0.463000	0.146000

Liite 2. Yhdysvaltojen bioetanolimallin muuttujien ADF- ja KPSS-testien tulokset 1. differenssissä

	ADF -testi				KPSS -testi	
	Ei trendiä	Ei trendiä	Trendi	Viive-	Ei trendiä	Trendi
	Ei vakiota	Vakio	Vakio	pituus	Vakio	Vakio
Etanolin hinta	-40.0161	-40.0108	-40.0074	0	0.065841	0.058448
Maissin hinta	-40.1225	-40.1358	-40.1246	0	0.056840	0.055746
Öljyn hinta	-43.8615	-43.8605	-43.8480	0	0.062104	0.061562
Bensiinin hinta	-28.8319	-28.8322	-28.8263	2	0.047202	0.037364
Maakaasun hinta	-42.1935	-42.1881	-42.1840	0	0.055884	0.035331
Katetuotto	-39.9649	-39.9536	-39.9514	0	0.064426	0.055340
Maissin nettokustannukset	-40.5798	-40.5931	-40.5819	0	0.056575	0.055374
Kriittinen arvo 5%	-1.94100	-2.86297	-3.41235		0.463000	0.146000

Liite 3. Yhdysvaltojen biodieselmallin muuttujien ADF- ja KPSS-testien tulokset

	ADF -testi				KPSS -testi	
	Ei trendiä	Ei trendiä	Trendi	Viivepituus	Ei trendiä	Trendi
	EI vakiota	Vakio	Vakio		Vakio	Vakio
Biodieselin hinta	0.52581	-1.13803	-1.19069	0	0.527198	0.273590
Soijaöljyn hinta	0.51949	-1.46570	-1.54705	0	0.461439	0.236802
Öljyn hinta	0.12446	-1.73920	-1.75075	1	0.214781	0.172324
Dieselin hinta	0.29209	-1.52689	-1.65997	1	0.356870	0.246488
Metanolin hinta	-0.65524	-2.66401	-2.71071	5	0.256816	0.210213
Soijaöljyn nettokustannukset	0.51949	-1.46570	-1.54705	0	0.461439	0.236802
Kriittinen arvo 5%	-1.94205	-2.87245	-3.42720		0.463000	0.146000

Liite 4. Yhdysvaltojen biodieselmallin muuttujien ADF- ja KPSS-testien tulokset 1. differenssissä

	ADF -testi				KPSS -testi	
	Ei trendiä	Ei trendiä	Trendi	Viivepituus	Ei trendiä	Trendi
	Ei vakiota	Vakio	Vakio		Vakio	Vakio
Biodieselin hinta	-14.59609	-14.60109	-14.57314	0	0.139648	0.143235
Soijaöljyn hinta	-15.38002	-15.39697	-15.36681	0	0.119850	0.121296
Öljyn hinta	-13.42783	-13.42148	-13.39541	0	0.090168	0.091040
Dieselin hinta	-7.124866	-7.141575	-7.134654	0	0.116397	0.092372
Metanolin hinta	-4.500505	-4.494426	-4.487065	4	0.079061	0.081232
Soijaöljyn nettokustannukset	-15.38002	-15.39697	-15.36681	0	0.119850	0.121296
Kriittinen arvo 5%	-1.942050	-2.872455	-3.427203		0.463000	0.146000

Liite 5. Brasilian bioetanolimallin muuttujien ADF- ja KPSS-testien tulokset

	ADF -testi				KPSS -testi	
	Ei trendiä	Ei trendiä	Trendi	Viivepituus	Ei trendiä	Trendi
	EI vakiota	Vakio	Vakio		Vakio	Vakio
Bioetanolin hinta	0.134040	-1.695311	-3.514071	3	0.745445	0.205557
Sokerin hinta	0.314212	-1.919367	-2.667301	1	0.793130	0.144962
Öljyn hinta	0.509142	-3.178609	-3.885543	2	0.688666	0.088269
Bensiinin hinta	1.503437	-1.958601	-2.732655	2	0.960227	0.142994
Nestekaasun hinta	1.991402	-0.418443	-2.298218	1	1.222075	0.077828
Kriittinen arvo 5%	-1.944248	-2.892536	-3.458326		0.463000	0.146000

Liite 6. Brasilian bioetanolimallin muuttujien ADF- ja KPSS-testien tulokset 1. differenssissä

	ADF -testi				KPSS -testi	
	Ei trendiä	Ei trendiä	Trendi	Viivepituus	Ei trendiä	Trendi
	EI vakiota	Vakio	Vakio		Vakio	Vakio
Bioetanolin hinta	-5.370273	-5.384274	-5.377401	3	0.037403	0.035263
Sokerin hinta	-6.774626	-6.773889	-6.733062	1	0.062032	0.059416
Öljyn hinta	-6.865950	-6.882192	-6.876054	0	0.049193	0.034734
Bensiinin hinta	-6.775697	-7.022073	-7.031095	1	0.246433	0.122926
Nestekaasun hinta	-5.065705	-5.522948	-5.499719	0	0.090193	0.082037
Kriittinen arvo 5%	-1.944248	-2.892200	-3.457808		0.463000	0.146000