

# **RAHOITUSMARKKINOIDEN ROOLI RAAKAÖLJYN FUTUURIKÄYRIEN MUUTOKSESSA**

**Jyväskylän yliopisto  
Kauppakorkeakoulu**

**Pro gradu -tutkielma**

**2019**

**Tekijä: Juuso Sillanpää  
Oppiaine: Taloustiede  
Ohjaaja: Juhani Raatikainen**



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO

## TIIVISTELMÄ

Tekijä Juuso Sillanpää	
Työn nimi Rahoitusmarkkinoiden rooli raakaöljyn futuurikäyrien muutoksessa	
Oppiaine Taloustiede	Työn laji Pro gradu -tutkielma
Aika (pvm.) 20.11.2019	Sivumäärä 58+4
Tiivistelmä – Abstract	
<p>Tässä tutkimuksessa selvitetään raakaöljyn futuurimarkkinoiden tuottoerojen käyttäytymistä vuosien 1992-2019 välillä. Öljymarkkinoilla on havaittu futuurien tuottoerojen olevan historiallisesti useammin negatiivisia, mutta 2000-luvulla finanssikriisin jälkeen on havaittu useammin pitkäkestoisia vahvoja positiivisia tuottoeroja. Pitkittyneet positiiviset tuottoerot ovat osittain ristiriitaisia varastoitaville hyödykkeille esitettyjen teorioiden kanssa ja teoriat tukevat negatiivisten tuottoerojen markkinaa. Futuurien aikarakenteeseen vaikuttavia tekijöitä, niiden muutosta ajassa sekä hyödykemarkkinoiden arvopaperistumisen mahdollisesti tuomaa markkinadynamiikan muutosta tutkitaan hyödyntämällä vektoriautoregressiivistä ja tasaisen rakennemuutoksen menetelmiä. Erityisesti pyritään tarkastelemaan hyödykemarkkinoiden arvopaperistumisen sekä finanssikriisin mahdollisesti synnyttämiä markkinadynamiikan muutoksia ja siten rahoitusmarkkinoiden yhdentymisen aikaansaamaa riskin välittymistä markkinoiden välillä. Tulokset osoittavat futuurien tuottoerojen sisältävän epälinearisuutta ja muuttujien vaikutuksien muuttuvan ajassa. Erityisesti VAR-mallien tulokset osoittavat öljymarkkina fundamenttien menettäneen merkitystä tuottoerojen selittävänä tekijöinä finanssikriisin jälkeen. Toinen merkittävä havainto on VIX-indeksin vaikutus tuottoerojen tekijänä, joka osoittaa siten tukea markkinoiden yhdentymiselle ja riskin välittymiselle markkinoiden välillä. STAR-mallien tulokset osoittavat regiimiriippuvuutta ja kertoimien muutosta futuurien tuottoerojen painuessa vahvasti negatiiviseksi.</p>	
Asiasanat: raakaöljy, Brent-viitelaatu, futuuri, futuurimarkkinat, futuurisopimusten tuottoerot, yksikköjuuritestit, VAR-malli, Granger-kausalisuus, STAR-malli,	
Säilytyspaikka	Jyväskylän yliopiston kirjasto

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	4
1.1	Motivointi .....	4
1.2	Tutkielman rakenne .....	7
2	ÖLJYMARKKINAT.....	9
2.1	Raakaöljyn rooli ja merkitys.....	9
2.2	Tuotanto ja kulutus.....	10
2.3	Raakaöljyalaadut.....	11
2.4	Raakaöljyn hintatekijät ja kaupankäynti .....	13
3	FUTUURIMARKKINAT .....	17
3.1	Futuurihinnan määräytyminen .....	18
3.2	Futuuriikäyrä.....	19
4	AIKAISEMMAT EMPIIRISET TUTKIMUKSET .....	21
4.1	Makromuuttujien vaikutus .....	21
4.2	Rahoitusmarkkinamuuttujien vaikutus .....	23
4.3	Korrelaatiot ja rakenteellinen muutos .....	25
5	MENETELMÄT JA AINEISTO .....	28
5.1	Menetelmät .....	28
5.1.1	Yksikköjuuri- ja stationaarisuustestit .....	28
5.1.2	Vektoriautoregressiivinen (VAR) malli .....	30
5.1.3	Tasaisen rakennemuutoksen autoregressiivinen (STAR) malli .....	31
5.2	Aineisto .....	33
5.2.1	Tutkimuksen rajaus ja muuttujien statistiikka.....	33
5.2.2	Brent tuottokäyrät .....	33
5.2.3	Varastot.....	36
5.2.4	Historiallinen volatilitteetti .....	36
5.2.5	VIX-indeksi.....	37
5.2.6	MPU-indeksi .....	39
5.2.7	Yksikköjuuritestien tulokset .....	40
6	TUTKIMUKSEN TULOKSET .....	42
6.1	Tutkimuksen asetelma .....	42
6.2	Vektoriautoregressiivisten mallien tulokset .....	43
6.3	Epälineaaristen mallien tulokset .....	48
7	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	52
	LÄHTEET.....	55
	LIITE .....	59

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Motivointi

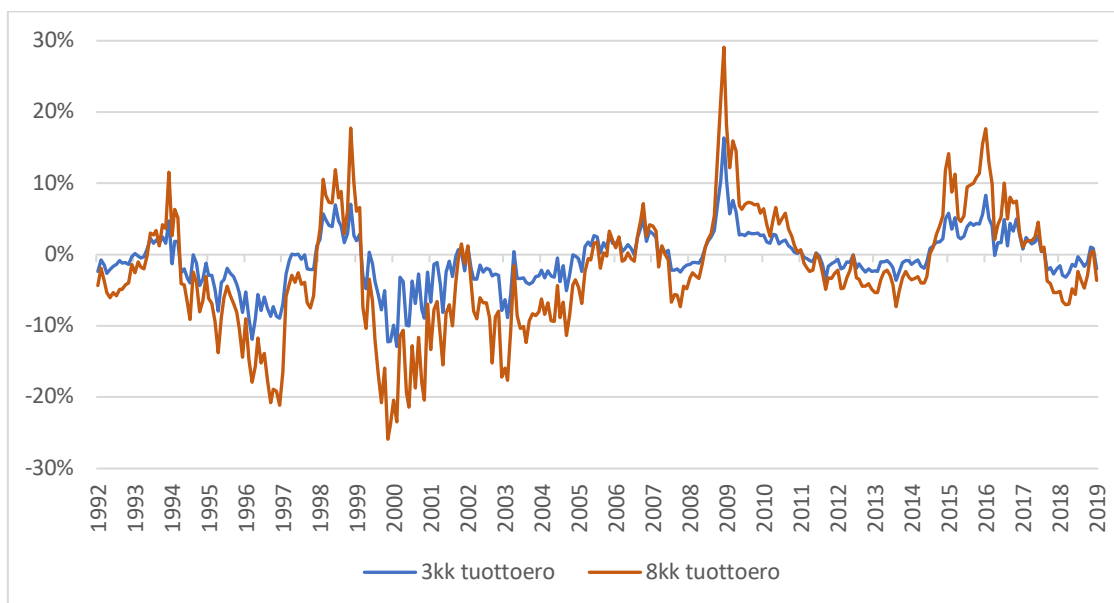
Raakaöljy on maapallon käytetyin primäärienergian lähde ja sen hinnalla on vaikutusta yksityisiin kuluttajiin, yrityksiin ja valtioiden talouksiin. Öljyn merkitys maailmantalouteen nousi vahvasti esille 70-luvun öljykriisien aikana, jolloin raakaöljyn nimelliset- ja reaali hinnat moninkertaistuivat lyhyessä ajassa. Näiden kriisien nähtiin vaikuttavan talouden kasvun heikentymiseen Yhdysvalloissa (Hamilton, 2008). Maailman riippuvuus öljystä tuohon aikaan oli huomattavan suuri ja tapahtuman jälkeen öljyn vaikutus makrotalouteen nousi merkittäväksi tutkimuskohteeksi. Maailman öljyintensiteetti on laskenut, mutta öljyn käyttö on yhä kasvavaa koko maailman mittakaavassa. Spekulaatiot öljyn hinnasta ja riittävydestä ovat edelleen vahvasti esillä erityisesti kriisiaikoina, jotka voivat vaikuttaa öljyn tarjontaan.

Raakaöljyn markkina ja kaupankäynti on kuitenkin kokenut suuria muutoksia 80-luvulta lähtien, jolloin futuurikaupankäynti alkoi. Futuurikaupankäynti mahdollisti hyödykkeiden ostamisen tulevaisuuteen sijoittuvalla toimintuksella ja futuurihinnalla. Kehitys mahdollisti erityisesti fyysisellä markkinalla toimivien tuottajien sekä kuluttajien suojautumisen ennakoimattomilta hinnan muutoksilta, joilla voisi olla merkittäviä haitallisia vaikutuksia yritysten tuottoihin. Hyödykkeiden futuurikaupankäynti koki toisen merkittävän muutoksen tultaessa 2000-luvulle, kun suuret sijoittajat astuivat hyödykemarkkinoille. Vuosituhannen alku ja sitä seuranneet tapahtumat öljynkaupankäynnissä ovat aiheuttaneet huomattavasti spekulaatioita sekä futuurikaupankäynnin roolista öljyn hintatekijänä, että markkinan tehokkuuden muutoksista. 2000-luvulla öljyn futuurimarkkina on kasvanut moninkertaiseksi, ja markkinoilla olevien sijoittajien toiminta on muuttunut. Tarjolle on tullut suuri valikoima erilaisia sijoitus tuotteita, joilla käytävä kauppa on määrällisesti räjähtänyt 2000-luvun alkupuolelta eteenpäin. Yhdistettynä valtavaan määrään eri markkinatoimijoita, on öljyn kaupankäynnistä kasvanut useita eri tasoja yhdistävä kompleksi markkinarakenne. (Fattouh, 2011)

Öljyn futuurimarkkinat voidaan jakaa kahteen tilaan perustuen spot- ja futuurihintojen keskinäiseen suhteeseen; backwardationiin ja contangoon. Ensiksi mainittu viittaa laskevaan futuurikäyrään, jolloin spot-hinnat ovat futuurihintoja korkeammalla ja contango-markkina viittaa päinvastaiseen tilaan. Ennen 2000-lukua öljyn futuurimarkkinoilla havaittiin useammin laskeva futuurikäyrä kuin nouseva (Kolodziej, Kaufmann, Kulatilaka, Bicchetti & Maystre, 2014). Normaali backwardation teoria esittää, että hyödykkeiden futuurimarkkinoilla suojautujat ottavat useammin lyhyen position (myynti) ja spekuloidijat ottavat pitkän position (osto) futuureissa. Jotta pitkän position ottajia saadaan markkinoille, joutuvat suojautujat tarjoamaan vastineeksi preemion kattamaan spekuloidijien riski. (Cheng & Xiong, 2014; Hull, 2014) Tämä tarkoittaa matalampia futuuri- kuin spot-hintoja. Ennen 2000-lukua öljyn futuurimarkkinalla tämä backwardationina tunnettu futuurimarkkinoiden tila havaittiin yli 94% ajasta välillä 2/1984-4/1992 (Litzenberg & Rabinowitz, 1995). Edellä mainittu markkinatilanne voidaan havaita myös kuviosta 1, jossa on esitetty futuurikäyrät jatkuvana aikasarjana. Kuviossa negatiiviset arvot tarkoittavat backwardation-markkinaa ja positiiviset contango-markkinaa. Kuviosta voidaan havaita, että futuurikäyrä saa usein negatiivisia arvoja aina 2000-luvun alkuun asti ja contango-markkina on yleistynyt vasta viimeisen kymmenen vuoden aikana.

Spekulatiivisten institutionaalisten sijoittajien osallistuminen öljyn kaupan käyntiin futuurimarkkinoilla ja sen aikaansaama markkinakoon räjähdysmäinen kasvu 2000-luvun alkupuolella nosti esiin uuden ilmiön; hyödykemarkkinoiden arvopaperistumisen. Ilmiön seurauksena hyödykkeitä alettiin pitää yhä vahvemmin yhtenä omaisuusluokkana, kuten osakkeita ja joukkovelkakirjoja. Valtavien rahavirtojen ja transaktioiden määrän on nähty vaikuttavan suoraan öljyn hintaan sekä öljyn hinnan volatilitiitin kasvuun. (Cheng & Xiong, 2014) Spekuloidijien määrän kasvaminen on saattanut aikaansaada hyödykemarkkinoilla muutoksia, jolloin pelkästään hyödykemarkkinafundamentit eivät enää ole hintojen ja futuurien aikarakenteen tekijöitä. Öljyn käyttäminen yhtenä omaisuusluokkana on saattanut altistaa sen muiden omaisuusluokkien markkinasykleille. Erityisesti markkinaromahdukset muissa omaisuusluokissa saattavat pakottaa institutionaaliset sijoittajat vähentämään myös öljyfutuuri-positioita, mikä välittää siten riskiä muiden omaisuusluokkien tapahtumista öljymarkkinalle.

Ajallisesti arvopaperistumisen kanssa samaan aikaan on öljyn futuurimarkkinoilla havaittu aiempaa useammin ja vahvempia nousevia futuurikäyriä, jotka voidaan havaita kuviosta 1 käyrän positiivisina arvoina. Pitkät positiiviset contango-markkinat ovat myös osittain teorioiden vastaisia. Varastoitaville hyödykkeille voidaan osoittaa yksinkertaistettuna, että mikäli futuurihinnat olisivat korkeammalla kuin spot-hinnat, tuottajat eivät tuottaisi mitään vaan jättäisivät öljyn maahan myöhempää tuotantoa varten. Siten öljyntuotannon välttämätön ehto olisi heikko laskeva futuurikäyrä. (Litzenberg & Rabinowitz, 1995) Tuotannon lopettamisesta koituu myös merkittäviä kuluja ja malli on siten vahvasti yksinkertaistettu, mutta futuurikäyrän muutos ja vahvat positiiviset arvot ovat kuitenkin epäjohdonmukaisia teorian kanssa.



KUVIO 1 Brent-raakaöljyalaadun kolmen - ja kahdeksan kuukauden tuottoero

Toinen tämän tutkimuksen kannalta mielenkiintoinen talouden tapahtuma on nollakorkoaika. Korkojen painuttua lähelle nolaa ja pankkien välisten korkojen painuminen negatiivisiksi ovat aiheuttaneet spekulatioita carry trade-mahdollisuudesta. Kolodziej ym. (2014) mukaan öljyn mukavuustuotto on ollut suurempi ennen finanssikriisiä kuin sen jälkeen, jolloin öljyn futuurikäyrät ovat olleet myös useimmin contangossa. Nollakorko on siten voinut synnyttää arbitraasimahdollisuuteen öljyn futuurimarkkinoille. Samaan aikaan erityisesti liuskeöljyn tulo markkinoille, on synnyttänyt ajoittaista liikatarjontaa Yhdysvaltojen markkinoille ja öljymarkkinoilla on voitu havaita alueiden polarisoitumista.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tarkastella raakaöljyn futuurikäyrän muotoa ja erityisesti sen käyttäytymisen muutosta vuosien 1992 ja 2019 välisenä aikana. Historiallisesti raakaöljyn futuurisopimusten tuottoerot<sup>1</sup> ovat olleet negatiivisia, mutta finanssikriisin jälkeen on ollut pitkiä kausia, jolloin markkinoilla on ollut vallassa positiivinen tuottoero. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan rahoitusmarkkinoiden tapahtumien vaikutusta ilmiöön. Erityisesti kiinnitetään huomiota hyödykemarkkinoiden arvopaperistumiseen ja sen mahdolliseen rooliin futuurikäyrän käyttäytymisessä. Tutkimusongelmana on siten; onko arvopaperistuminen muuttanut futuurikäyrien aikarakennetta. Ongelmaa tarkastellaan riskin välittymisen kannalta ja sen kannalta voidaanko rahoitusmarkkinoilta löytää muuttujia, jotka vaikuttavat futuurikäyrän muotoon sekä nollakorkokauden mahdollisesti tuomaa carry trade mahdollisuutta. Toiseksi tutkitaan futuurisopimusten tuottoerojen epälineaarisuutta. Tässä nollahypoteesina on ei epälineaarisuutta.

<sup>1</sup> Negatiivinen tuottoero kertoo futuurihinnan matalammasta hinnasta suhteessa korko korjattuun spot-hintaan. Tässä tutkimuksessa puhutaan futuurien tuottoerosta, futuurispredistä ja futuurihintojen aikarakenteesta samaa tarkoittavina termeinä.

Tutkimuksella on merkitystä useille markkinoilla toimiville osapuolille niin sijoitus- kuin suojausaspektien valossa. Sijoittajille futuurituottoerojen muuttuminen negatiivisesta positiiviseksi voi aiheuttaa suuria tappioita. Pitkän position haltijoille nouseva futuurikäyrä on haasteellinen, mikäli futuurisopimuksia joudutaan rullaamaan eteenpäin fyysisen toimituksen lykkäämiseksi. Tällöin uusia sopimuksia joudutaan ostamaan edellistä kalliimmalla. Ongelma tulee myös sijoittajille, jotka käyttävät öljylaatujen hintoja seuraavia ETF (eng. Exchange traded fund) sijoitusinstrumentteja. Pienten sijoittajien on käytännössä mahdotonta osallistua öljyn fyysiselle markkinalle tai edes futuurimarkkinalle suoraan. Tällöin pienet sijoittajat voivat spekuloida öljyn hintakehityksellä esimerkiksi hyödyntämällä ETF-tuotteita, jotka seuraavat öljyn hintakehitystä. Nämä rahastot käyttävät usein öljyn futuurisopimuksia, joita joudutaan kuitenkin uusimaan aina ennen erääntymistä. Mikäli markkinoilla tulevaisuuden toimituksella olevat öljyn futuurisopimukset ovat hinnoiteltu kalliimmiksi, joutuu myös rahasto käyttämään sopimusten rullaamiseen aina lisää rahaa. Tämä rullauskustannuksena tunnettu ilmiö syntyy, vaikka öljyn spot-hinta olisi pysynyt muuttumattomana. Erityisesti aihe on tullut tärkeäksi futuurimarkkinoiden päivittäisen kaupankäynnin kasvaessa merkittävästi 2000-luvun alussa, ja on yhdistetty futuurien riskipreemioiden muuttumiseen (Hamilton & Wu, 2014).

Toinen merkittävä kontribuutio tällä tutkimuksella on salkunhallinnan kannalta. Hyödykemarkkinoiden arvopaperistumisen myötä öljymarkkinoiden tuottojen korrelaatio muihin rahoitustuotteisiin on noussut merkittäväksi tekijäksi. Salkun riski nousee suureksi, mikäli hyödykemarkkinoiden beta suhteessa muihin markkinoihin on suuri tai muuttuu ajassa ja riskisyys on siten regiimiriippuvaista. Siten on erittäin mielenkiintoista tutkia tarkemmin, onko muiden markkinainstrumenttien kehityksellä merkitystä suoraan tai välillisesti öljymarkkinoiden hintarakenteen käyttäytymiseen ja voidaanko muuttujien väliltä havaita epälineaarista kausaliteettia.

## 1.2 Tutkielman rakenne

Tämä tutkielma rakentuu teoriaosiosta sekä empiirisestä osiosta, joista ensimmäinen luo kattavan kokonaiskuvan öljystä raaka-aineena, sen markkinoista ominaispiirteineen sekä futuurimarkkinoista. Empiirinen osio kattaa tutkimuksen, jossa tarkastellaan tutkimukselle asetettua hypoteesia ja vertaillaan saatuja tuloksia aiempaan kirjallisuuteen ja teoriapohjaan. Yhteensä tutkimuksessa on seitsemän päälukua, joista neljä ensimmäistä sisältyy teoriaosioon ja kolme viimeistä empiiriseen osioon. Johdannon jälkeen toisessa luvussa tarkastellaan raakaöljyä ja sen markkinoita sekä erityispiirteitä aina tuotannosta kaupankäyntiin asti. Tarkoituksena on antaa riittävä kuva öljystä ja sen markkinoista, jotta myöhemmin tutkimuksessa tehtävät valinnat, tulokset ja johtopäätökset ovat perusteltavissa näiden fundamenttien ja erityispiirteiden kautta. Ottaen kuitenkin huomioon koko markkinan monimutkaisuus sekä laajuus tästä luvusta on rajattu turhan tarkka tarkastelu pois ja keskitytty tutkimuksen kannalta olennaiseen sisältöön ja yleiskuvaan.

Kolmannessa pääluvussa siirrytään futuurimarkkinoihin, joista käydään lyhyesti läpi niiden rakenne ja toiminta. Lisäksi futuurituotteiden hintojen teoreettinen määräytyminen käydään läpi. Tämä tehdään siksi, jotta näihin voidaan tarvittaessa viitata myöhemmässä käsittelyssä ja erityisesti arvioida tutkimuksen tuloksia näiden valossa.

Neljännessä luvussa käsitellään tarkemmin aiempaa tutkimusta aiheesta. Luku on jaettu kolmeen osaan, joista ensimmäisessä pohditaan fundamenttimuuttujien merkitystä, toisessa rahoitusmarkkinoiden vaikutusta ja kolmannessa lisäksi korrelaatiotutkimuksia ja niiden merkitystä tämän tutkimuksen kannalta.

Viidennessä luvussa esitetään tutkimuksessa käytetyt menetelmät yksityiskohtaisesti kaavojen tukemana. Myös käytetty valittu aineisto ja perustelut siihen kuuluvien muuttujien valinnalle sekä aineiston diagnostiikkaa käydään läpi. Aineiston yksikköjuuritulokset ja niiden perusteella tehtävät tarvittavat muutokset muuttujiin arvioidaan ja esitetään. Kuudes luku aloitetaan tutkimusasetelman pohjustamisella ennen tuloksia. Tulosten tarkastelu aloitetaan vektoriautoregressiivisen menetelmän avulla saaduista tuloksista. Lineaaristen menetelmien jälkeen siirrytään tutkimaan muuttujien epälineaarista luonnetta ja tasaisen rakennemuutoksen autoregressiivisellä menetelmällä saatuja tuloksia ennen johtopäätöksiä, joka on tutkielman viimeinen luku.



## 2 ÖLJYMARKKINAT

### 2.1 Raakaöljyn rooli ja merkitys

Raakaöljy on maailman yksi merkittävimmistä hyödykkeistä ja sitä kulutetaan maailmanlaajuisesti yhä kasvavassa määrin. Kuitenkin sen tuotanto on alueellisesti hyvin keskittynyttä, erot eri alueilla tuotetuissa öljyissä merkittäviä sekä kaupankäynti monimutkaista. Jokainen edellä mainittu ominaispiirre on omiaan tekemään raakaöljystä ja sen markkinoista kiinnostavan ja samalla haastavan tutkimuskohteen.

Öljyn merkitys maailman taloudelle on ollut huomattavan suuri ja öljymarkkinoiden ja makrotalouden yhteyttä on tutkittu paljon. Öljyn hinnalla on nähty olevan vahva yhteys maailmantalouden tilaan, mikä nousi pinnalle etenkin öljykriisien aikaan 70-luvulla. Äkilliset öljyn hinnan kasvut nostivat Yhdysvalloissa inflaatiota, työttömyyttä ja heikensivät talouden kasvua merkittävästi (Hamilton, 1983). Hamilton (1983) yhdistikin useat maailmansotien jälkeiset Yhdysvaltojen talouden taantumata juuri öljyn hinnan merkittävään nousuun, joka vaikuttaa talouteen viiveellä. Edellistä seuraten myös Hamilton (2008) esittää öljyn hintashokkien edeltäneen yhdeksää kymmenestä talouden taantumasta toisen maailmansodan jälkeen. Erityisesti öljyn tarjonnan äkillinen vähentyminen on yhdistetty vahvasti maailmantalouden heikentymiseen mutta merkitystä on saatettu liioitella aikaisemmassa kirjallisuudessa (Barsky & Kilian, 2004). Merkittävää on myös huomata öljyn hinnan reagointi maailmantalouden muutoksiin ja muuttujien välillä oleva kaksisuuntainen kausaliteetti (Lippi & Nibili, 2012). Vuosien 2003-2008 välinen öljyn hinnan merkittävä kasvu on taas yhdistetty kysyntälähtöiseen shokkiin, joka kumpusi talouden vahvasta nousukaudesta (Kilian, 2009). Kilian (2009) esittääkin öljyn hintashokkien jakamista kolmeen kategoriaan, perustuen eri kysyntä ja tarjontatekijöihin, joiden vaikutukset maailman talouteen voivat erota merkittävästi toisistaan.

Raakaöljyn hinta on yhdistetty myös suoraan yritysten voittoihin, kun raakaöljy toimii tuotantopanoksena. Tuotantopanosten hintojen kasvaessa yritys voi siirtää kuluja lopputuotteiden hintoihin, tai voittomarginaalit pienenevät, mikäli hinnan muutoksilta ei ole suojauduttu riittävästi. Useissa tutkimuksissa yritysten tuottojen on nähty siten reagoivan negatiivisesti öljyn hintashokkeihin, näkyen lopulta pörssi-indeksien tuotoissa (Jones & Kaul, 1996; Sadorsky, 1999; Basher, Haug & Sadorsky, 2012). Tuon suhteen on kuitenkin havaittu heikentyneen 2000-luvulla ja negatiivisen riippuvuuden kääntyneen ajoittain jopa positiiviseksi (Miller & Ratti, 2009). Huomio on siten ristiriidassa hypoteesin kanssa, että öljyn hinnan kasvu lisää kuluja ja alentaa voittoja. Osakemarkkinakohtaisissa analyyseissä on kuitenkin merkittävää ottaa huomioon kyseiseen pörssi-indeksiin kuuluvien yritysten suhde öljyn käyttöön lopputuotteena tai tuotantopanoksena, joka on omiaan vaikuttamaan lopputulokseen (Arouri, 2011; Sadorsky, 2001). Edellisestä seuraten koko maan asema öljyn nettotuojana tai viejänä saattaa vaikuttaa tuloksiin (Park & Ratti, 2008; Hammoudeh & Aleisa, 2004).

## 2.2 Tuotanto ja kulutus

Maailman öljyvarannot ovat jakaantuneet maantieteellisesti hyvin epätasaisesti ja keskittyneet erityisesti Lähi-Idän alueelle. Lähi-Idässä oli vuoden 2018 lopussa lähes puolet koko maailman todistetuista öljyvarannoista<sup>2</sup> (48,3%). Venezuelalla on kuitenkin suurimmat todistetut varannot (17,9%) vertailtaessa yksittäisiä maita. Lisäksi huomionarvoista on myös Venezuelan korkein R/P<sup>3</sup> luku, joka on yli 500 tällä hetkellä johtuen suureksi osaksi kuitenkin maan poliittisesta tilanteesta ja sen heijastumisesta tuotantoon. Maantieteellisen jakautumisen lisäksi varannoista suurin osa on OPEC-maiden hallussa. Järjestön maat pitävät hallussaan noin 72% kaikista maailman todistetuista varannoista. Öljyn tuotanto on siten luonnollisesti myös vahvasti keskittynyt ja Lähi-idän alue vastasi 34,1 prosentilla koko maailman tuotannosta vuonna 2018. Yksittäinen suurin tuottajamaa oli kuitenkin Yhdysvallat ja seuraavina Saudi-Arabi sekä Venäjä. (BP Statistical review of world energy, 2019)

Yhdysvallat on ylivoimaisesti myös suurin öljyn kuluttaja noin 20 prosentin osuudella ja yli 20 miljoonan tynnyrin päivittäisellä kulutuksella. Öljyn kulutuksen kasvua ajavat nykyään kuitenkin kehittyvät kansantaloudet. Erityisesti Kiina, joka on kymmenen vuoden aika kasvattanut kulutustaan keskimäärin noin 5 prosenttia vuodessa ja vastaa 13 prosenttia koko maailman kulutuksesta. Yhdessä Intian kanssa valtiot vastaavat noin yhdestä kolmasosasta koko maailman öljyn käytön lisäyksestä ja määrän odotetaan vain kasvavan tulevaisuudessa. Määrällisesti suurin kasvu tulikin Kiinasta sekä Yhdysvalloista, jossa vuonna 2018 öljyn kulutuksen lisäys oli selvästi suurin viimeiseen kymmeneen vuoteen. (BP Statistical review of world energy, 2019)

Tuotanto on siten keskittynyt vahvasti ei-OECD-maille, mutta kulutus on kuitenkin vahvasti OECD-maiden puolella suhteessa näiden väkimäärään toistaiseksi. OECD-jäsenvaltioiden osuus on koko maailman kulutuksesta melkein puolet, vaikkakin OECD-maiden kulutustrendi on ollut selvästi laskeva kuluneen vuosikymmenen aikana. Lisäksi OECD-maiden öljyintensiteetti on laskenut huomattavasti ja myös tässä trendin odotetaan olevan laskeva tulevaisuudessa ja lisääntyvän energian käytön painottuvan uusiutuviin lähteisiin.

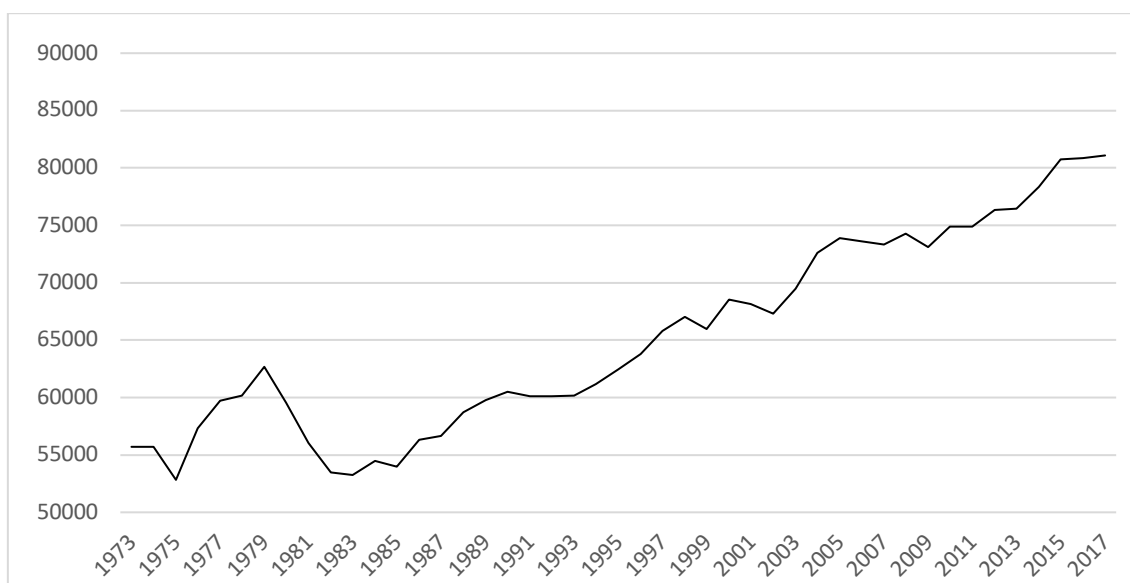
Öljyn asema maailman tärkeimpänä energian primäärilähteenä on kuitenkin yhä kiistaton ja tulee myös olemaan sitä lyhyellä aikavälillä tulevaisuudessa. Vuonna 2018 maailman primäärienergian kulutuksesta öljy vastasi 34 prosenttia, hiilen ollessa toiseksi suurin lähde ja maakaasun kasvattaessa osuuttaan eniten. Koko maailman öljyn kulutus oli vuonna 2018 yli 99 miljoonaa tynnyriä päivässä ja kasvua edellisvuodesta 1,5 prosenttia. Kasvuaste oli siten korkeampi kuin edellisen kymmenen vuoden keskiarvo 1,2 prosenttia, mihin kuitenkin sisältyi

---

<sup>2</sup>Todistetut öljyvarannot kertovat öljy varantojen määrän, joka on voitu osoittaa geologisilla ja teknisillä menetelmillä ja varannot ovat käytettävissä tulevina vuosina vallitsevilla olosuhteilla. (BP statistical review of world energy. 2019)

<sup>3</sup> R/P suhdeluku esittää öljyvarantojen määrän suhteessa saman vuoden tuotantoon. Tulos kertoo, kuinka monta vuotta nykyiset reservit kestäisivät, mikäli tuotantovauhti pysyisi samana. (BP statistical review of world energy. 2019)

maailmanlaajuisen finanssikriisin aikainen öljyn kulutuksen hetkellinen väheneminen. (BP Statistical review of world energy, 2019)



KUVIO 2 Maailman öljyn tuotanto päivässä (tuhatta tynnyriä)

## 2.3 Raakaöljyalaadut

Tässä tutkimuksessa käytetään raakaöljy tai pelkästään öljy nimitystä kuin puhuttaisiin yhdestä homogeenisestä aineesta. Raakaöljyä on kuitenkin useita eri laatuja, jotka poikkeavat niin ominaisuuksiltaan kuin alkuperältään merkittävästi toisistaan. Raakaöljyalaatujen erottelussa käytetään kahta eri tekijää; viskositeettiä (tiheyttä) sekä rikkipitoisuutta. Viskositeettiä mitataan API<sup>4</sup> asteikolla, jossa kevyet laadut saavat korkeamman pisteytyksen. Kevyet ja vähärikkiset raakaöljyalaadut vaativat vähemmän käsittelyä lopputuotteiksi ja ovat siitä johtuen kalliimpia kuin raskaammat ja rikkipitoisemmat laadut. (Fattouh, 2011.)

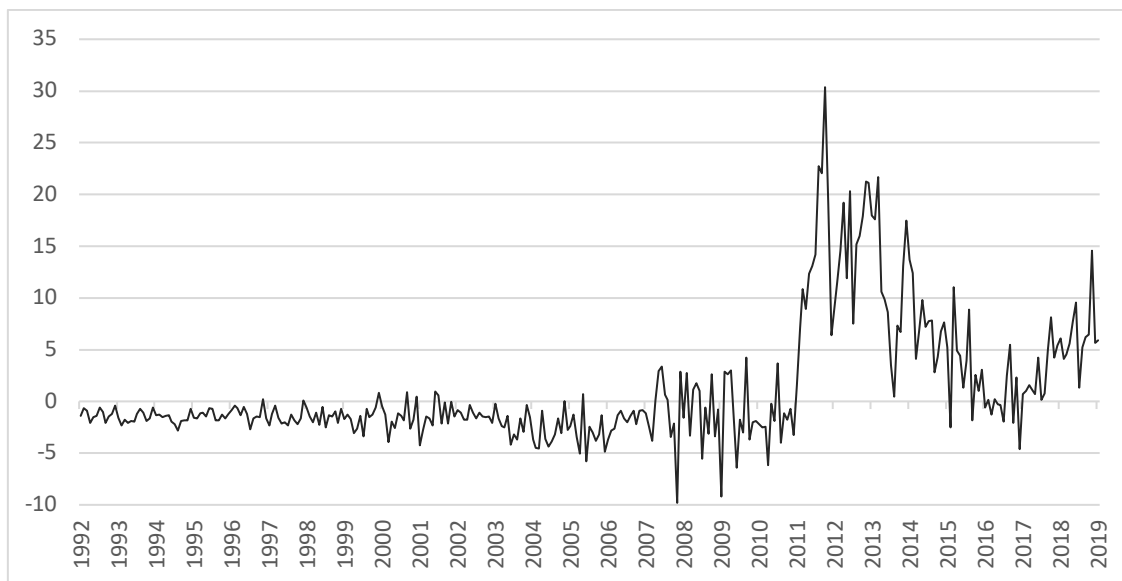
Raaka-ainemarkkinoilla hinnoittelussa käytetään useita viitelaatuja, joiden hinnat noteerataan pörssissä, ja jotka toimivat kaikkien eri laatuja hinnoittelun keskiössä. Näistä merkittävimmät viitelaadut ovat Brent, West Texas Intermediate (WTI) ja Dubai raakaöljyalaadut. Öljyn viejamaat hinnoittelevat raakaöljynsä hyödyntäen edellä mainittuja viitelaatuja, mutta markkinasta riippuen hinnoitteluperuste voi vaihdella. Raakaöljyalaatu voidaan siten hinnoitella joko negatiivisella tai positiivisella preemiolla suhteessa markkinan viitelaatuuihin. Yksinkertainen hinnoitteluperuste öljykaupalle voidaan siten esittää seuraavasti,

<sup>4</sup> American Petroleum Instituutin määrittämä asteikko öljyn raskauden määrittämiseksi. Korkeammat arvot tarkoittavat kevyempää laatua. (Levine, Taylor, Arthur ja Tolleth, 2014)

$$P_x = P_y \pm D \quad (1)$$

jossa  $P_x$  on raakaöljylaadun x hinta,  $P_R$  on viiteöljyn y hinta ja hintaero D määräytyy kaupantekotilanteesta. (Fattouh, 2011.)

Brent on pohjanmerestä pumpattava raakaöljylaatu, jonka API-luku on 38 ja on ominaisuuksiltaan kevyt ja vähärikkinen. Toinen merkittävä ja noteerattu raakaöljylaatu on WTI, jonka API-luku on 40. WTI on siten vähärikkisempänä ja kevyempänä laadukkaampi raakaöljylaatu kuin Brent. Kuitenkin hinnoittelussa Brent on dominoiva ja suurin osa, noin 70% maailman raakaöljystä hinnoitellaan sen mukaan. (Fattouh, 2011)



KUVIO 3 Brent- ja WTI-raakaöljylaatuojen spot-hintojen erotus dollarimääräisenä

Pelkästään laadun käyttäminen kriteerinä johtaisi laadukkaamman WTI-viitelaadun positiiviseen hintaeroon suhteessa Brent-viitelaatuun. Kuviosta 3 voidaan havaita WTI-laadun olleenkin arvokkaampi ja myyneen positiivisella preemiolla suhteessa Brent-raakaöljylaatuun ennen Finanssikriisiä. Vuoden 2007 jälkeen viitelaatuojen hintaero on kuitenkin ollut aiempaa volatiilisempi ja kääntynyt ajoittain voimakkaasti Brent-viitelaadun positiiviseen preemioon suhteessa WTI-laatuun. Brent Blend ja WTI muodostavat osaltaan omat kysyntänsä ja tarjontansa laatuojen sopiessa eri käyttöön. (Fattouh, 2010). Öljyn korkeat maailmanmarkkinahinnat ajoivat ennen liian kalliin liuskeöljyn tuottamista, mikä kasvatti korkealaatuisen öljyn tarjontaa markkinoilla. Tarjonnan kasvu keskittyi tuotantopaikan johdosta juuri Yhdysvaltojen markkinoille, jolloin kysynnän ja tarjonnan mukaan hinta siellä laski. Tilanne voidaan havaita Brent- ja WTI-raakaöljylaatuojen nimellishintojen erotuksessa tapahtuvana muutoksena kyseisellä ajanjaksolla. Brent-viitelaadulla oli suurimmillaan kolmenkymmenen dollarin preemio suhteessa WTI-viitelaatuun. Eri laatuojen markkinahintoihin voidaankin löytää syytä laatuojen ulkopuolelta myös tuotantopaikoista ja niiden erityispiirteistä. Brentin ollessa meren pohjasta pumpattava öljylaatu, on se siten huomattavasti

tavasti mukautuvampi vallitseviin markkinatilanteisiin, kuin WTI, joka on huomattavan altis logistisille ongelmille kysynnän heilahdellessa. WTI:n kaupan-ikäntikeskus sijaitsee Cushingissa, Oklahomassa, jossa varastointikapasiteetin on nähty vaikuttavan merkittävästi WTI-laadun hinnoitteluun, johtaen suoraan Brent-WTI erotuksen muutoksiin. Vaikka WTI-laadun hintamuutokset saattavat reagoida tehokkaasti paikalliseen kysynnän ja tarjonnan tilaan, ei se välttämättä heijasta riittävällä tarkkuudella koko maailman tilannetta. Viime vuosien kehitys öljyn kysynnän kasvussa juuri idässä on suosinut Brent-laatua, joka on helpommin kuljetettavissa. Brent-laatua voidaan siten pitää parempana globaalina hintaindikaattorina, joka ei ole WTI:n tavoin yhtä riippuvainen yhden markkina-alueen tilanteesta. (Levine ym. 2014)

Brentillä on suurempi rooli spot-hintojen määrittämisessä, mutta WTI-laadulla on kuitenkin huomattavasti suurempi rooli futuurimarkkinoilla. On hyvä huomioida, että WTI-futuuriin fyysinen toimitus tapahtuu juuri Cushingissa. (Fattouh, 2011) Viitelaatujen hinnat heijastavatkin eroja laadussa sekä eri laatujen kysynnässä ja tarjonnassa sekä paikallisissa tekijöissä eivätkä viitelaatujen hintaerot ole siten vakiot. Merkittävät poikkeamat Brent- ja WTI-viitelaatujen erotuksessa ovat siten mahdollisia (Fattouh, 2011), (Fattouh 2010).

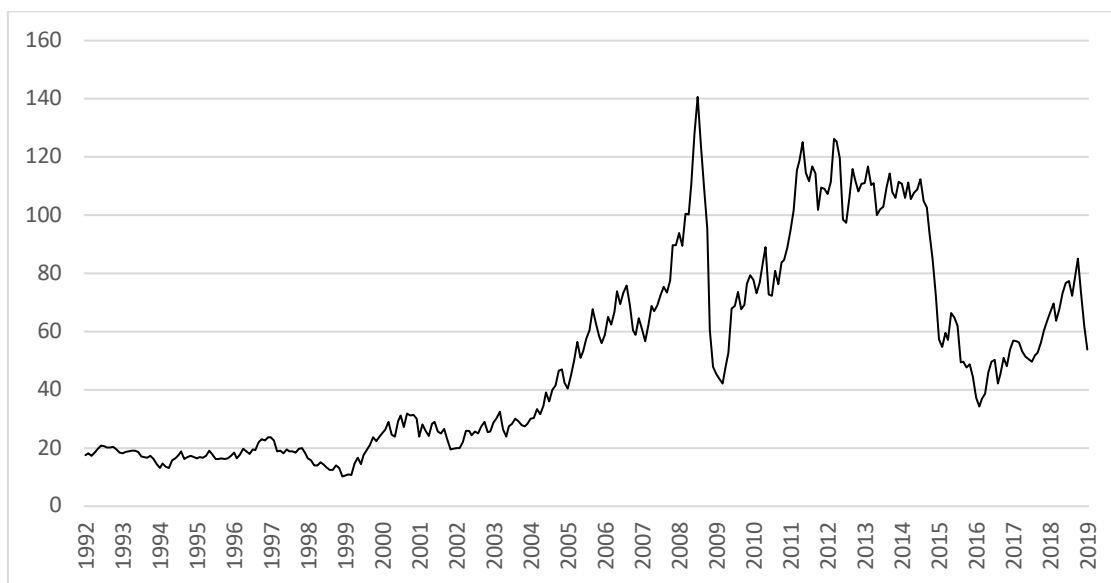
Tutkimuksessa käytettävällä raakaöljyalaadulla on syytä olettaa olevan merkitystä lopputuloksiin, koska öljy on heterogeeninen raaka-aine ja raakaöljyalaatujen hinnat eivät ole vakiot. Yhdellä öljyalaadulla ja markkinalla toteutettu tutkimus voi siten olla huonosti yleistettävissä koko öljymarkkinan tilannetta kuvaavaksi. Eri öljyalaatujen käyttö voi aiheuttaa merkittäviä eroja myös aiempien tutkimusten tulosten välille.

## 2.4 Raakaöljyn hintatekijät ja kaupankäynti

Öljyn, kuten muidenkin hyödykkeiden, hinnanmuodostuksessa tekijöinä ovat kysyntä ja tarjonta. Raakaöljyn tapauksessa pelkkä pelkistetty kysyntä- ja tarjonta kehikko antaisi kuitenkin liian suppean kuvan. Spot-hinnan muodostuksessa on siksi syytä tarkastella erityispiirteitä, jotka vaikuttavat merkittävästi juuri raakaöljyn kysyntään ja tarjontaan. Näillä erityispiirteillä voi lopulta olla merkitystä, kun arvioidaan tämän tutkimuksen tuloksia ja ne on syytä ottaa huomioon. EIA (2019) jaottelee omassa katsauksessaan öljyn hintatekijät seitsemän kategorian alle, joissa kysyntätekijät jaetaan OECD- ja ei-OECD-maiden kysyntään liittyviin tekijöihin ja tarjonnan tekijöitä ovat OPEC-maiden ja ei-OPEC-maihin liittyvät erityispiirteet. Muut merkittävät tekijät ovat kysynnän ja tarjonnan erojen synnyttämä varastojen määrä ja sen vaihtelut sekä rahoitusmarkkinoiden tila ja erityisesti futuurikaupankäynti öljyllä. Lisäksi voidaan löytää tekijöitä, jotka voivat hetkellisesti aiheuttaa epävarmuutta lähitulevaisuuden öljyn tarjonasta, kuten geopolittiset tai luonnontapahtumat.

Tarjonnalla on ollut ainakin ajoittain merkittävä rooli hinnan määräytymisessä, koska tuottajamaita on rajoitetusti ja maailman riippuvuus öljystä on voimakas. Öljyn tuotannon keskittyminen pienelle osalle luo oligopolistisen aseman

markkinoille ja tuottajamaille määräysvaltaa hinnan asettamiseen. Lisäksi raakaöljyn hintaan vaikuttaa ostajien ja myyjien toimet niin fyysisellä markkinalla kuin myös futuurimarkkinoilla. Tarjontaan liittyy useita ominaispiirteitä ja tekijöitä, jotka vaikuttavat öljyn hintaan merkittävästi. Näitä on esimerkiksi geopolitiikka, OPECin toimet ja luonnonilmiöt. Kysyntäpuolella merkittävin tekijä on talouden tila. Aasian kriisi ennen vuosituhannen vaihdetta sai aikaan öljynkysynnän hetkellisen vähentymisen ja hinnan laskun. Kriisiä seurannut 2000-luvun alun voimakas talouden nousukausi nosti hinnan taas historiallisen korkealle. Tällöin etenkin idässä ja Kiinassa voimakkaasti kasvanut kysyntä nähtiin isoimpana syynä öljyn hintojen voimakkaaseen kasvuun. (Levine ym. 2014) Kuvio 4 voidaan havaita 2000-luvun alun Brent-viitelaadun hinnan moninkertaistuminen ja nousun pysähtyminen vasta finanssikriisiin.



KUVIO 4 Brent blend-raakaöljyalaadun hintakehitys (dollaria/tynnyri)

Useat maailman merkittävimmät öljyntuottajamaat sijoittuvat alueille, jotka ovat olleet historiallisesti hyvin epävakaita, kuten Lähi-Itä. Poliittiset epävakaudet näillä alueilla heijastuvat vahvasti raakaöljyn markkinahintoihin, joihin epävarmasta tuotannosta ja mahdollisista öljynkuljetuksiin liittyvistä ajoittaisista ongelmista. Historiasta voidaan ottaa useita esimerkkejä edellä mainitun kaltaisista tapahtumista, kuten Iranin ja Irakin välinen sota 80-luvun taitteessa tai Irakin hyökkäys Kuwaitiin 1990. Poliittiset epävakaudet eivät rajoitu pelkästään Lähi-itään, vaan myös maita kuten Venezuelaa ja Nigeriä kohdanneet poliittiset vaikeudet ovat omiaan vaikuttamaan raakaöljyn hintaan. (EIA, 2017.) Venezuelan poliittinen ja taloudellinen kriisi on käytännössä tyrehtyttänyt yhden suurimmat öljyvarannot omistavan valtion tuotannon.

Pelkkä markkinoiden epäily tarjonnan tulevasta häiriöstä riittää nostamaan öljyn hintaa kuten kävi kesäkuussa 2019 Yhdysvaltojen ja Iranin jännitteiden kasvettua ja markkinoiden hinnoittelussa jo osittain sotilaallisen yhteenoton mah-

dollisuutta. Vastaavasti lennokki-iskut Saudi Arabian öljykentille 14.9.2019 lamaannuttivat noin viisi prosenttia koko maailman öljyn tuotannosta ja futuurit reagoivat voimakkaasti. Barsky ja Kilian (2004) esittävätkin, että nykyään sodan uhkan aiheuttama varovaisuuskysynnän kasvun olevan merkittävämpi tekijä, kuin tuotannon väheneminen, öljyn tarjonnan ollessa joustamaton lyhyellä aikavälillä. Siten sota vain siirtäisi öljyn kysyntää, eikä vaikutus tulisi siten tarjonnan puolelta.

Vuonna 1960 perustettu OPEC on nykyisin neljästätoista öljynviejämaasta koostuva järjestö, jonka tarkoituksena on kontrolloida ja vakauttaa öljymarkkinoita ja yhtenäistää jäsenmaiden toimintatapoja<sup>5</sup>. Näiden tavoitteiden avulla pyritään takaamaan vakaat tulot ja tasainen tuotanto jäsenmaille. (OPEC, 2019.) Varhaisina vuosina järjestö pystyi määrittämään käytännössä yksin öljyn hinnan kuten vuoden 1973 öljykriisin aikaan, jolloin OPEC nosti raakaöljyn hinnan moninkertaiseksi. OPECin asema entisenä markkinavaltiaana on ollut kuitenkin laskussa 80-luvulta lähtien eikä se pysty enää yhtä vahvasti vaikuttamaan öljyn hintaan. Kuitenkin tänäkin päivänä järjestön maiden osuus koko maailman öljyn tuotannosta on yli neljäkymmentä prosenttia sekä osuus maailman todistetuista varannoista yli 70 prosenttia (BP Statistical review of world energy, 2019). OPECilla on, siten yhä edelleen huomattavan vahva asema öljymarkkinoilla ja pystyy rajoitetusti vaikuttamaan raakaöljyn markkinahintaan halutessaan. (Carollo, 2011 30-35.) Hamiltonin (2009) katsaus aiempiin tutkimuksiin OPECin käyttäytymisestä markkinoilla ja erityisesti monopolistisen aseman käytöstä kuitenkin paljastaa, ettei OPEC ole käyttäytynyt kartellin oletusten mukaisesti, vaan kartellin sisällä on huomattavasti erimielisyyksiä, jotka heikentävät sen vaikutusta verrattuna aiempiin vuosikymmeniin.

OPEC-jäsenmaiden tuotantokustannukset ovat matalat niiden hyödyntäessä pääsääntöisesti konventionaalaisia<sup>6</sup> öljylähteitä. Öljyn hinnan romahduksen ja sitä seuranneen pitkän matalien hintojen periodin syyksi onkin nähty OPEC strategia, jossa se painoi öljyn hintaa alas. Kallis öljyn hinta helpotti aiemmin hyödyntämättömien öljylähteiden, kuten liuskeöljyn sekä öljyhiekkan hyödyntämisen, mikä alkoi viedä OPEC-maiden markkinaosuutta. Vastatoimena OPEC luopui hintatavoitteistaan, mikä vaikeutti kalliin liuskeöljyn tuottamista. OPECin toimia voidaan pitää yhtenä raakaöljyn hinnan laskuun johtaneista syistä. (Baffes ym, 2015.)

Yhdysvaltojen dollari on kansainvälisen raakaöljy markkinan ja kaupankäynnin keskiössä ja dollarin vaihtokurssi on siten esitetty vaikuttavan öljyn hintaan. Useissa tutkimuksissa tästä ei ole kuitenkaan saatu täysin pitävää näyttöä ja öljyn hinnan on osaltaan nähty vaikuttavan vain dollarin reaaliseseen valuuttakurssiin eikä toisinpäin (Amano & Norden, 1998). Samanlaisiin lopputuloksiin ovat myös päätyneet Basher ym., (2012) ja Sari, Hammoudeh & Soytas, (2010), joista jälkimmäiset eivät löytäneet yhteyttä eurusd-valuuttakurssin muutoksilla öljyn hintatuottoihin lyhyeltä eivätkä pitkältä aikajaksolta.

Lisäksi merkityksen hinnan muodostukselle tuo myös öljyn kaupankäynnin jako välittömään ja viivästettyyn käyttöön. Näillä viitataan; spot-markkinaan

---

<sup>5</sup> OPEC Statute artikla 2

<sup>6</sup> Kuvaa öljyä, joka on pumpattu käyttäen tavallista porausmenetelmää (Levine ym., 2014)

(myös eng. cash market) ja varastojen markkina. (Pindyck, 2001) Spot-markkinalla yleisesti kohde-etuudella kaupankäynti tapahtuu sen hetkellä markkinahinnalla ja toimitus on välittömästi, kuten osakekaupankäynnissä. Hyödyke-markkinoilla spot-kaupankäynnissä kohde-etuuden toimitus olisi siten teoreettisesti heti, mutta ottaen huomioon logistiset vaatimukset se ei käytännössä ole mahdollista. Raakaöljyn spot-markkinalla viitataan siten normaalisti lähitulevaisuuteen sijoittuvalla toimituksella, joka öljyn tapauksessa on yleensä seuraava kalenterikuukausi. Spot-kaupankäynti on, siten terminä tässä tapauksessa jokseenkin harhaanjohtava. (Levine ym., 2014) Varastojen määrän voidaan olettaa olevan riippuvainen useista tekijöistä; odotuksista hinnan kehityksessä, odotuksista tulevaisuuden kulutuksesta ja tuotannosta, spot-hinnasta ja volatiliteetistä. Markkinatilanteessa, jossa varastot ovat suuret seuraa, että varaston kasvattamisen hyöty yhdellä lisäyksiköllä on tässä tilanteessa hyvin pieni eli varaston marginaaliarvo on pieni. Varastot toimivat kuitenkin puskurina kysynnän ylittäessä tarjonnan, jolloin varastot vähentävät hintojen reagoitua. (Pindyck, 2001) Tilanne, jossa varastot olisivat hyvin vähäiset, saattaisi taas aikaansaada varallisuuskysynnän kasvua ja aiheuttaa hintojen nousua.

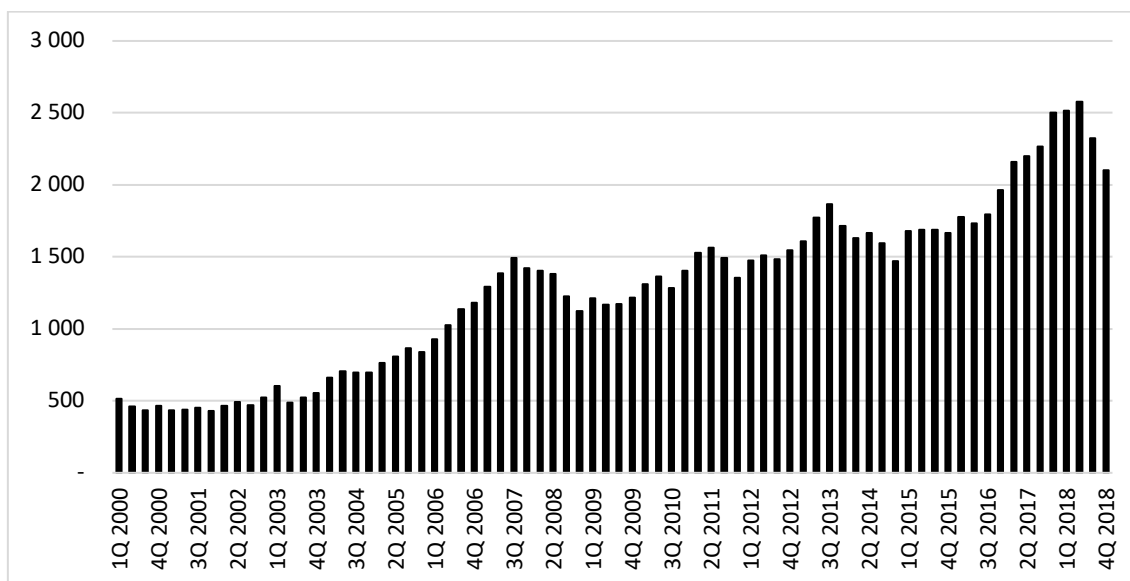
Öljyn hintariskiltä voi suojautua siten pitämällä öljyn fyysisiä varastoja tai käymällä kauppaa öljyn futuurimarkkinoilla. Öljyvarastojen ylläpitämiseksi voidaan löytää useita syitä niin tuottajien kuin kuluttajienkin puolelta. Tuottajat kuin kuluttajatkin voivat tasata varastoillaan kustannuksia, joita syntyisi tuotannon/kulutuksen mukauttamisesta eri periodeilla (Alquis & Kilian, 2010). Korkean kysynnän aiheuttama tuotannon kasvattaminen aiheuttaisi kuluja, joilta voidaan välttyä myymällä varastoja. Öljyn kaupankäynti koki muutoksia 80-luvulla, kun öljyjohdannaisten kaupankäynti futuurimarkkinoilla yleistyi. Kehitys mahdollisti myös isojen markkinatoimijoiden, kuten pankkien ja sijoittajien, spekuloinnin öljyn hinnalla ja voiton tavoittelun ilman fyysistä kaupankäyntiä öljyllä. Raakaöljyn futuurimarkkinoiden päivittäinen kaupankäynti ylittää koko maailman öljyntuotannon arvon moninkertaisesti nykyään ja sen katsotaan olevan merkittävä tekijä raakaöljyn hinnan muodostuksessa. (Carollo, 2011, 12-18)



### 3 FUTUURIMARKKINAT

Futuuri on johdannaissopimus, jossa sitoudutaan tietyn kohde-etuuden ostamiseen tai myymiseen sopimuksessa ennalta sovitulla hinnalla sekä määritellyllä ajankohdalla. Futuuri poikkeaa siten spot-kaupankäynnistä, jossa kohde-etuuden omistus vaihtuu välittömästi sen hetken markkinahinnalla. Futuurisopimukset ovat standardoituja ja julkisen kaupankäynnin kohteena pörssissä, jossa niillä voivat käydä kauppaa toisilleen tuntemattomat osapuolet. Futuurisopimusten julkinen noteeraus ja standardointi ovat isoimmat erottavat tekijät verrattaessa niitä myös yleisiin termiinisopimuksiin, jotka ovat lähinnä instituutioiden ja isojen toimijoiden välisiä ei-standardoituja sopimuksia. (Hull, 2014)

Suurin markkinapaikka futuurisopimuksille on Chicago Merchandise Exchange (CME Group), jossa WTI-futuuriin päivän sisäinen vaihdanta on kasvanut rajusti 2000-luvun alusta alkaen, sisältäen nykyään yli miljoona sopimusta päivässä. (CME Group, 2018)



KUVIO 5 WTI futuurimarkkinan avoimet positiot (tuhatta)

Futuurimarkkinoille osallistuvat osapuolet voidaan perinteisen teorian mukaan jakaa kolmeen ryhmään; suojautujiin, arbitraattoreihin ja spekuloijiin. Suojautajat pyrkivät futuurisopimuksilla suojautumaan kohde-etuuden hinnan haitallisilta muutoksilta. Arbitraattorit sen sijaan pyrkivät löytämään markkinoilta väärin hinnoiteltuja tuotteita, joita hyödyntämällä voidaan ansaita riskittömiä tuottoja. Käytännössä arbitraasin rikkovia ehtoja on vaikea hyödyntää ja onnistuu lähinnä vain hetkellisesti isoilta instituutioilta, jotka pystyvät käymään kauppaa tarpeeksi isoilla summilla, jolloin kaupankäynnin kustannukset eivät syö voittoja. Viimeisin ryhmä eli spekuloidijat pyrkivät ottamaan kantaa markkinan

tulevaan kehitykseen ja tekevät voittoa, mikäli markkina liikkuu ennustettuun suuntaan. (Hull, 2014)

### 3.1 Futuurihinnan määräytyminen

Hyödykkeitä tarkasteltaessa ne voidaan jakaa ensin kahteen ryhmään perustuen niiden hyödyntämiseen pelkästään sijoitustuotteena tai kulutustuotteena. Raakaöljy kuuluu näistä jälkimmäiseen ja sitä omistetaan pääosin sen fyysisen käytön vuoksi. Kulutustuotteet eroavat ominaisuuksiltaan verrattaessa sijoitustuotteisiin, kuten osakkeisiin, joita taas omistetaan puhtaasti sijoitustarkoitusta varten. Eri luokkien futuurisopimusten hinnoittelut eroavat siten myös toisistaan. Puh-taiden sijoitustuotteiden arbitraasihinnoittelu voidaan johtaa suoraan spot-hin-nan ja markkinalla vallitseman riskittömän koron funktiona,

$$F_0 = S_0 e^{rT} \quad (2)$$

jossa  $F_0$  on futuurihinta,  $S_0$  on spot-hinta,  $r$  on korko ja  $T$  merkitsee maturiteettia.

Edellinen yhtälö ei kuitenkaan ole riittävä kuvaus hinnoiteltaessa kulutus-tuotteita, joita joudutaan varastoimaan. Varastoinnista aiheutuu kustannuksia fyysisen tuotteen haltijalle, joiden täytyy heijastua myös futuurihintaan tehok-kailla markkinoilla. Varastoitavan kulutushyödykkeen futuurihinnan muodos-tuksessa keskeisenä tekijänä on siten myös varastoinnin kustannukset (Working, 1949). Ottaen vielä huomioon tuotot ja käsitellään varastointikustannukset nega-tiivisinä tuottoina, saadaan edellinen yhtälö seuraavaan muotoon,

$$F_0 = (S_0 + U) e^{rT} \quad (3)$$

jossa  $U$  on hyödykkeen tuotot omistajille ja varastointikustannukset diskontat-tuna nykyarvoon. Raakaöljy ei kuitenkaan tarjoa omistajilleen tuottoa, mutta sen käyttö fyysisenä hyödykkeenä tarjoaa etuja, jotka eivät ole mahdollisia puhtaalla sijoitustuotteella, kuten käyttö tuotantopanoksena tai välituotteena. Raakaöljyn omistajalle ei ole sama omistaako raakaöljyä fyysisenä tuotteena vai futuurisopi-muksella, joista jälkimmäistä ei voi hyödyntää tuotannossa ja ensimmäinen on ongelmallinen pelkkänä sijoituskohteena. (Hull, 2014)

Nyt kaavan 2 arbitraasi hinnoittelussa tapahtuvat poikkeamat eivät korjau-tuisivat markkinoilla, mikäli sijoittavat eivät vaihda omistusta fyysisen tuotteen hallussapidon ja futuurisopimisten välillä. Fyysisen tuotteen hallussapidosta saatuja hyötyjä kulutushyödykkeillä nimitetään mukavuustuotoksi (eng. con-venience yield). Spot-hintojen ollessa futuurihintoja korkeammalla markkinalla, se viittaa silloin fyysisen tuotteen tuovan hyötyä eli tässä mukavuustuottoa, joka ei ole saavutettavissa lykätyllä omistuksella eli futuurisopimuksella (Routledge, Seppi & Spatt, 2000). Mukavuustuotto on siten preemio, joka yhdistyy fyysisen tuotteen hallussapitoon. Mikäli varastoinnin kustannukset tiedetään, voidaan mukavuustuotto  $y$  lisätä edelliseen funktioon.

$$F_0 e^{yT} = (S_0 + U) e^{rT} \quad (4)$$

Saatu funktio voidaan yksinkertaistaa, jos oletetaan varastoinnin kustannusten olevan vakioinen osa spot-hinnasta.

$$F_0 = S_0 e^{(r+u-y)T} \quad (5)$$

(Hull, 2014) Mukavuustuotto  $y$  on siten teorian mukaan negatiivisessa yhteydessä varastojen kokoon: mukavuustuotto on korkea, kun varastot ovat vähäiset ja päinvastoin. Futuurikaupankäynnillä ei voida tällöin paikata nykyisiä varastoja, joita tarvitaan tuotannossa (Kaldor, 1939). Varastot toimivat siten puskurina tuottajille, ja niillä voidaan luoda joustavuutta tuotantoon suhteessa kustannuksiin (Considine & Larson, 2001).

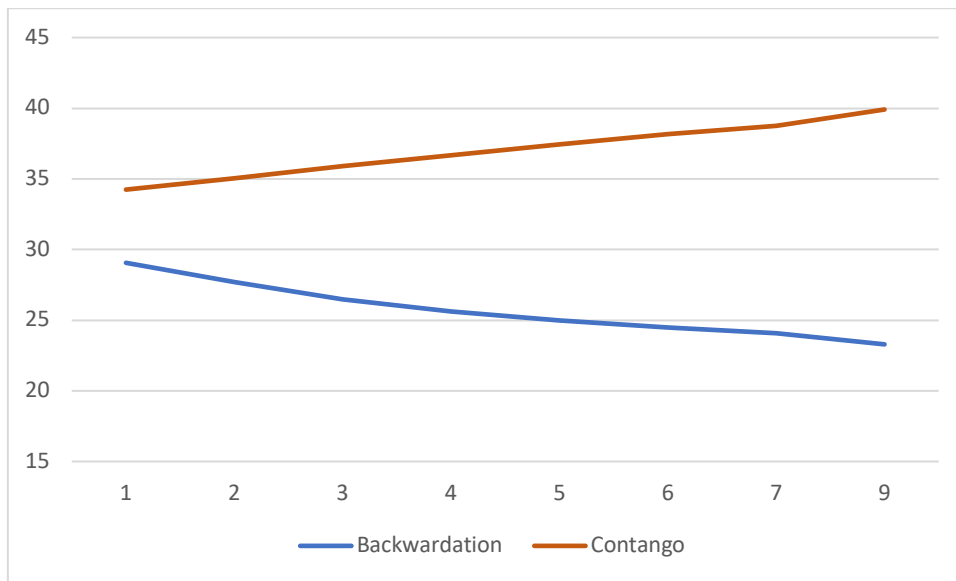
Kaava 5 voidaan esittää myös omistuskustannus (cost of carry) -termin avulla, jolloin futuurisopimuksen hintayhtälö saadaan vielä yksinkertaistetumpaan muotoon,

$$F_0 = S_0 e^{(c-y)T} \quad (6)$$

jossa  $c$  esittää nyt korkotason ja varastoinnin yhteisvaikutuksen, eli formaalisti esitettynä  $c=r+u$ . (Hull, 2014) Mikäli edellä mainituista joustettaisiin ja omistuskustannus sekä riskipreemiot jätettäisiin huomiotta, seuraisi futuurihinta vain spot-hintaa. Futuurihinnan teoreettista määräytymistä ei kuitenkaan pidä ajatella harhattomana estimaattina öljyn tulevasta hintakehityksestä. Useissa tutkimuksissa on havaittu, että spot-hinta  $S_0$  saattaa olla yhtä hyvä tai jopa parempi indikaattori tulevaisuuden hetkellä  $t$  havaitusta hinnasta kuin  $F_0$ . (Hamilton, 2009) Vastaavaan päätelmään ovat päätyneet myös Alquist & Kilian (2010), jotka havaitsivat ei-muutosta olevan parempi ennuste tulevaisuuden öljyn hinnasta kuin futuurihintojen. Vaikkakin ei-muutosta-ennustekaan ei osoita tilastollista merkitsevyyttä edellä mainitussa tutkimuksessa.

## 3.2 Futuurikäyrä

Ftuurikäyrällä tarkoitetaan saman kohde-etuuden omaavia eri maturiteetin futuurisopimusten hintoja samalla ajanhetkellä eli aikarakennetta. Futuurikäyrä ilmaisee siten hinnan, jolla kohde-etuutta voidaan sitoutua ostamaan tänään eri hetkille tulevaisuudessa. Normaali futuurikäyrä on ylöspäin nouseva, jolloin mitä pidemmälle tulevaisuuteen kohde-etuuden toimitus on, sitä suurempi on myös kohde-etuuden hinta. Käänteisestä futuurikäyrästä puhutaan, kun kohde-etuuden hinta on matalammalla maturiteetin kasvaessa. (Hull, 2014) Edellisiin markkinatilanteisiin viitataan yleisesti termeillä contango ja backwardation. Edelliset voidaan havaita kuvioista 4 yhdellä ajanhetkellä ja kuviossa 1 futuurien aikarakenne on esitetty jatkuvana sarjana.



KUVIO 6 Brent raakaöljyfutuuri- aikarakenne

Olettaessa futuurimarkkinoiden olevan tehokkaat futuurisopimuksen hinnan täytyy lähestyä spot-hintaa sopimuksen lähestyessä umpeutumista ja olla samat futuurin erääntyessä. Mikäli edellinen ei toteutuisi olisi markkinoilla arbitraasimahdollisuus, jolloin sijoittajat voivat ansaita riskitöntä tuottoa. Edellinen tilanne kuitenkin katoaisi tehokkailta markkinoilta hetkessä. Tehokkailla futuurimarkkinoilla vallitessa backwardation-tila on futuurien hintojen noustava ajan kuluessa. Päinvastainen ilmiö havaitaan vastaavasti contango-markkinalla. (Hull, 2014)

## 4 AIKAISEMMAT EMPIIRISET TUTKIMUKSET

### 4.1 Makromuuttujien vaikutus

Aikaisempi kirjallisuus voidaan jaotella rahoitusmarkkinamuuttujien ja makromuuttujien kautta. Jaottelu tehdään tässä siten, koska myös itse tutkimus tulee vahvasti keskittymään muuttujien suhteissa mahdollisesti tapahtuneisiin muutoksiin ja hyödykemarkkinoiden arvopaperistumisen merkitykseen futuurikäyrän käyttäytymisen muutoksessa. Viime vuosina on väitelty paljon öljyn hinnan irtaantumisesta fundamenttimuuttujista kuten fyysisen tuotteen kysynnästä ja tarjonnasta. Futuurikäyrään tämä on heijastunut erityisesti varastojen kautta, joiden on nähty reagoivan kysynnän ja tarjonnan eroihin ja varautumiskysyntään. Vanhemmat tutkimukset ja teorit pohjautuvat hyvin vahvasti näihin fundamenttimuuttujiin ja rahoitusmarkkinoiden rooliin on alettu kiinnittää huomiota vasta myöhemmin 2000-luvulla. Makromuuttujien tarkastelussa keskiössä ovat erityisesti olleet raakaöljyn varastoarvojen merkitys futuurikäyrään. Tutkimukset ovat keskittyneet siten 1930-luvulla kehitettyjen teorioiden ja tutkimusten ympärille, jotka heijastavat siten sen aikaista markkinatilannetta ja kaupankäyntiä. Nämä teorit pohjautuvat Hotellingin, (1939), Kaldorin, (1933) ja Working, (1949) varhaisiin tutkimuksiin. Tässä luvussa tarkastellaan ensiksi makromuuttujiin keskittyntä tutkimusta sekä tuloksia. Osa varsinkin uudemmissa tutkimuksista ottavat huomioon molempia tekijöitä, joita tullaan siten käymään läpi molemmissa luvuissa.

Hotelling, (1933) esitteli teorian, jonka mukaan uusiutumattoman luonnonvaran hinnan täytyy kasvaa riskittömän koron tahdilla tai muuten sen tuottamista kannattaisi lykätä. Tällöin öljyn tuottajat olisivat indifferenttejä tuottamisen ja lykkäämisen välillä, mikäli nettohinta kasvais riskittömän koron verran ajassa. Hinnan kasvaminen riskittömän koron tahdilla implikoisi siten myös ajassa nousevia futuurihintoja.

Varastojen teoria (eng. theory of storage) ennustaa futuurikäyrän käyttäytymisen linkittyvän vahvasti varastojen määrään. Teorian mukaan, kun varastot ovat vähäiset, aiheuttaa se mukavuustuoton kasvun, mikä johtaa spot-hintojen nousuun futuurihintoja korkeammalle. Tästä syntyy markkinoilla backwardation tilanne. Toisessa markkinatilanteessa, kun varastot ovat isot on markkinoilla usein havaittu contango-tilanne, johtuen pienestä mukavuustuotosta. Edellä mainitut tilanteet voidaan johtaa kaavasta kuusi, jossa mukavuustuoton kerroin  $y$  on negatiivinen. Backwardation- markkinatilanteessa mukavuustuotto on korkea, koska tulevaisuuden öljyn tarjonnan riittävydestä on epäily, jolloin vaadittu hinta kasvaa. Contango-markkinassa varastoja on jo paljon, jolloin yksi yksikkö lisää varastoitavaa öljyä ei tarjoa enää suurta hyötyä.

Kaldorin (1949) teoria varastoinnin kustannuksista olettaa monotonisen yhteyden spot - ja futuurihintojen erotuksen sekä volatilitetin välille, joka ei kuitenkaan saa tukea markkinoilta, joilta on yleisesti havaittu kestävä vahva backwardation (Litzenberg & Rabinowitz, 1995). Litzenberg & Rabinowitz, (1995) kehittivät optioperusteisen mallin, hyväksikäyttäen öljyn tuotantokustannusta ja

riskitöntä korkoa, jonka mukaan markkinoilla öljyn tuotannon välttämätön ehto on heikko backwardation. Mallissa öljykenttien haltijaa kuvataan osto-option haltijaksi, jonka täytyy tehdä päätös option toteuttamisesta (tuottaa öljyä) tai jättää toteuttamatta (olla tuottamatta öljyä). Malli esittää option haltijan rationaalisen päätöksentekoketjun eri öljyn spot-hinnan ja futuurihintojen kombinaatioille. Mikäli diskontatut futuurihinnat olisivat korkeammalla kuin spot-hinta, sekä öljyn tuotannon kustannukset olisivat kasvaneet vähemmän kuin korkotasoa, silloin jokainen rationaalinen tuottaja lykkäisi tuotantoa. Lisäksi heidän mallinsa johtaa tilanteeseen, jossa markkinoilla on vahva backwardation, mikäli öljyn futuurihinnoista on suuri epävarmuus. Siten johtuen öljyn volatiilisesta luonteesta, markkinoilla vallitseekin tavallisesti vahva backwardation.

Vahva tai edes heikko backwardation ei ole kuitenkaan vallinnut markkinoilla yhtä jatkuvasti enää 2008 jälkeen, vaan futuurihinnat ovat ylittäneet spot-hinnat huomattavan usein. Tilanteen voi havaita kuviosta 1, jossa erityisen vahva contango-markkina on ollut vallalla pitkiä ajanjaksoja. Finanssikriisin jälkeen havaitaan kaksi pitkää contango-markkinan jaksoa, joista ensimmäisellä kahdeksan kuukauden tuottoero oli suurimmillaan liki kolmekymmentä prosenttia. Nikitopoulos ym., (2017) tutkivat raakaöljyn varastojen muutoksen vaikutusta WTI-öljyfutuuriin käyrän muotoon ja erityisesti pystyvätkö pelkät varastomäärät selittämään markkinoilla pitkään vallinnutta contangoa. Tutkimuksessa käytettiin vektoriautoregressiivistä mallia, jossa tuottoeron muuttujina olivat WTI-futuuriin 3-, 6- ja 12 kuukauden tuottoerot. Varastojen muutoksen lisäksi, kulutus ja implisiittinen ja historiallinen volatilitteetti sisällytettiin malleihin. Tuloksista havaitaan kaksisuuntainen yhteys varastojen muutoksen sekä futuurisopimusten tuottoerojen välille sekä havaitaan myös, että muutokset kulutuksessa vaikuttavat tuottoeroon vain välillisesti varastojen kautta. Impulssivasteista nähdään myös, että polttoainevarastojen runsas määrä johtaa matalampiin spot-hintoihin suhteessa futuurihintoihin. Finanssikriisin aikana muuttujien välisissä suhteissa havaitaan muutosta. Tutkimalla positiivisen ja negatiivisen hajonnan granger-vaikutuksia erikseen havaittiin, että positiivisella hajonnalla ei ole ollut merkitystä varastojen arvoon enää aikavälillä 2008-2015.

Useat tutkijat ovat myös tarkastelleet spot-hintojen volatilitteettia suhteessa varastoihin. Geman & Ohana, (2009) ovat todenneet, että spot-hintojen volatilitteetti kasvaa merkittävästi tilanteissa, joissa varastoja ei ole tarpeeksi tarjoamaan suojaa kysynnän äkillisiä muutoksia vastaan. Geman & Ohana, (2009) tutkivat viidentoista vuoden aineistolla termiiniikäyrän, varastojen ja hintavolatilitteetin yhteyttä raakaöljy- ja kaasumarkkinoilla. He raportoivat tuloksia, jonka mukaan varastojen tilalla on vahva yhteys tuottoeroihin sekä spot-hinnan volatilitteettiin. Erityisesti spot-hinnat ja tuottoeron volatilitteetit kasvavat, kun varastot pienenevät ja lisäksi negatiivinen vaikutus havaitaan niin lyhyen kuin pitkän maturiteetin futuureissa. Vastaavasti myös Sévi, (2015) esittää tuloksia, joiden mukaan ehdollinen volatilitteetti ja varastojen arvot ovat tärkeitä tekijöitä määriteltäessä raakaöljyn mukavuustuottoa. Heidän tutkimuksensa on myös vastaavalta ajalta vuosilta 2001-2010.

## 4.2 Rahoitusmarkkinamuuttujien vaikutus

Hyödykemarkkinoille 2000-luvun alussa alkanut huomattava pääomien virta ja samanaikainen hyödykkeiden hintojen ja volatilitiitin voimakas kasvu on kasvattanut kiinnostusta arvopaperistumisen merkitystä hyödykemarkkinoiden tapahtumiin. Kun hyödykemarkkinoilla tuottajat ovat historiallisesti pyrkinet suojaamaan tuotantonsa futuureilla, nyt uudenlainen sijoittajakäyttäytyminen saattaa muuttaa koko markkinan dynamiikkaa. (Cheng & Xiong, 2014) Keskustelussa onkin ollut vahvasti esillä spekuloinnin merkitys futuurimarkkinoilla hyödykkeiden hintojen ajajana. Tässä on ollut eniten esillä vuoden 2008 hintojen kasvu juuri finanssikriisin kynnyksellä, jolloin maailmanlaajuinen kysynnän kasvu ei olisi yksin voinut enää ajaa hintoja korkeammalle (Cheng & Xiong, 2014). Rahoitusmarkkinoilta lähtevät shokit saattavat siten vaikuttaa merkittävästi ja jopa hallita hinnanmuodostusta hyödykemarkkinoilla (Silvennoinen & Thorp, 2013). Hyödykemarkkinoiden arvopaperistuminen ja sen mahdollisesti aiheuttama lähentyminen muihin markkinoihin, nostaa siten esiin kysymyksen rahoitusmarkkinatekijöiden vaikutuksen öljyn futuuri- ja spot-hintoihin. Erityisesti voidaanko hyödykemarkkinan hintafundamenttien ulkopuolelta löytää tekijöitä, jotka vaikuttavat aiempaa enemmän futuurikäyrän käyttäytymiseen.

Pelkkä hyödykemarkkinoiden arvopaperistumisen mahdollinen vaikutus öljyn spot- ja futuurihintoihin ei myöskään tarkoita suoraan vaikutuksia futuurikäyrään tai siirtymistä backwardation-markkinasta contangoon. Edellinen tilanne vaatisi odotetun spot-hinnan sekä futuurihintojen erilaista muutosta arvopaperistumisen seurauksena, jolloin futuurikäyrässä ei tapahdu ainoastaan vertikaalista siirtymää läpi käyrän. Lisäksi arvopaperistumisen alkuaikoina etenkin lyhyen maturiteetin futuurimarkkina kasvoi huomattavasti enemmän kuin kaupankäynti pitkän maturiteetin markkinalla (Alquist & Kilian, 2010). Näin ollen kaupankäynti määrä eri maturiteetin futuureissa voi aiheuttaa muiden tekijöiden lisäksi eroja tuloksiin. Kaupankäyntimäärillä on lopulta vaikutusta markkinan likviditeettiin ja sijoittajakäyttäytymiseen.

Hamilton & Wu, (2014) tutkivat raakaöljyn futuurimarkkinoiden riskipremioita ja niiden muutoksia aikavälillä 1/1990- 6/2011. He esittävät tuloksia, joiden mukaan futuuri riskipremiot ovat olleet säännöllisesti positiivisia pitkän position haltijalle lyhyen maturiteetin sopimuksissa ennen vuotta 2005. Volyyymien kasvettua futuurimarkkinoilla nuo riskipremiot ovat kuitenkin pienentyneet ja olleet ajoittain negatiivisia. Heidän mukaansa tulokset ennen 2005 osoittavat myös tukea siten Keynesin teorialle normaalista backwardationista. Vastaavasti myös Litzenberger ja Rabinowitz, (1995) esittivät öljyfutuuriin olleen vahvassa backwardation-tilassa 77 prosenttia ja vähintään heikossa 94 prosentti ajasta välillä 2/1984-4/1992. Kuvioista 1 voidaan havaita vastaavanlaisia pitkiä käänteisen futuurikäyrän markkinoita myös ennen finanssikriisiä ja 1999-2005 väliltä, jolloin tuottoerot saivat lähes poikkeuksetta vain negatiivisia arvoja.

Kolodziej ym., (2014) esittävät, että öljyn mukavuustuotot markkinoilla ovat olleet suurempia ennen vuotta 2008, johon syynä nähdään korkojen lasku. Matalammat korot aiheuttavat mukavuustuoton laskun ja kääntää markkinan

contangoon. Sijoittajat saattavat tässä markkinatilanteessa saada voittoja ostamalla öljyä spot-markkinalla ja myymällä sitä futuurimarkkinalla.

Öljymarkkinoiden arvopaperistuminen ja sen mahdollisesti aikaansaama riskinvälittyminen on voinut aikaansaada myös varastojen nousun. Useat tutkijat ovat esittäneet, että institutionaalisten sijoittajien mukaantulo markkinoille on nostanut raakaöljyjen hintavolatiliteettiä. Pindyck, (2001) teoreettisen katsauksen mukaan volatiliteetin pitkäaikainen nousu nostaa myös öljyn kysyntää, hintoja ja varasto määriä ja mukavuustuoton noustessa jokaisella varastomäärän tasolla. Hintavolatiliteetin nousu selittäisi siten varastojen nousun, mikäli arvopaperistuminen on vaikuttanut positiivisesti korkeampaan riskiin markkinalla. Mukavuustuoton nousu ei kuitenkaan selitä samanaikaista contango-markkinoiden yleistymistä, vaan päinvastainen markkinatilanne pitäisi tapahtua. Contango-markkinoiden pitäisi olla yleisiä, kun mukavuustuotto on vähäinen.

Basaki & Pavlova, (2016) loivat teoreettisen mallin, joka esittää hyödykemarkkinoiden olevan contango-tilassa institutionaalisten sijoittajien osallistuessa hyödykemarkkinoille. He käyttivät teoreettisessa mallissa mikroekonometristä pohjaa tasapainolle, jonka avulla he tarkastelevat institutionaalisten sijoittajien vaikutuksia yleisesti kaikkien hyödykkeiden hintoihin. Mallissa sijoittajat on jaettu kahteen ryhmään; ei-institutionaalisiin- ja institutionaalisiin sijoittajiin. Näille on määritetty logaritmiset hyötyfunktiot ja institutionaalisten sijoittajien suorituskyvyn oletetaan olevan vahvasti positiivisesti sidoksissa vertailuindeksin tasoon. Tutkimuksessa he osoittavat yhteyden institutionaalisten sijoittajien markkinoille tulon ja varastoitavien hyödykkeiden futuurihintojen kasvun välille ja yhteyden ollessa vahvin indeksihyödykkeillä. Varastoitavilla hyödykkeillä myös spot-hinta sekä varastot kasvavat. Malli esittää yhteyden institutionaalisten sijoittajien markkinoilla olon ja contango-markkinan välille varastoitavilla hyödykkeillä.

Nikitopoulos ym., (2017) nostavat myös esiin useiden tutkijoiden esittämän väitteen, jonka mukaan öljyn futuurimarkkinoiden volatiliteetti olisi kasvanut markkinan arvopaperistumisen seurauksena. He argumentoivat, että kasvanut indeksisijoittaminen saattaa toimia väylänä rahoitusmarkkinashokkien välittymiseen ja nostaa hyödykemarkkinan volatiliteettiä. Tuloksista ilmeneekin vahvaa näyttöä implisiittisen volatiliteetin yhteydestä futuurisopimusten tuottoeroon. Tuo vaikutus on ollut merkittävämpi positiivisiin tuottoeroihin eli contango-markkinaan ja etenkin vuoden 2008 jälkeen. Vaikutuksen havaittiin olevan vahvempi pidemmän maturiteetin hintoihin suhteessa spot-hintoihin. Heidän tulkintansa mukaan positiivinen yhteys on looginen, kun volatiliteetin kasvu aiheuttaa epävarmuutta tulevaisuudesta, nostaen pidemmälle ulottuvien sopimusten hintoja enemmän kuin spot-hintoja. Edellistä perustellaan huomioilla, jonka mukaan kaupankäynti ja rahoitusmarkkinamuuttujat vaikuttavat enemmän keskipitkällä tai pitkällä aikavälillä ja fundamentti tekijät kuten kysyntä lyhyellä aikavälillä.

Ready & Ready, (2012) tutkimus liittyy läheisesti arvopaperistumisen kirjallisuuteen, ja heidän tutkimuksensa lähestyy ongelmaa päivänsisäisten kauppajien epätasapainon kautta. Epätasapainolla viitataan tutkimuksessa osto- ja myyntimäärien tasapainoon. Tarkastelun kohteena on myös mahdollisesti vä-



hemmän informoitujen sijoittajien tekemät kaupat USO-ETF- rahastoon sekä valistuneempien sijoittajien kaupat futuureissa juuri varastojen julkistusten hetkellä. Tuloksista käy ilmi, että WTI-futuuriin päivänsisäinen kauppajen epätasapaino on positiivisessa yhteydessä WTI-futuuriin tuottoon. Hämmäntävänä tuloksena havaitaan, että USO-rahaston kaupankäynnin volyymin tasapainolla näyttäisi olevan vaikutusta futuuriin tuottoihin. Erityisesti myynnit (ostot) USO-ETF rahastossa yhdistyvät negatiiviseen (positiiviseen tuottoon futuureissa. Varastojen julkistuksen yhteydessä, jolloin oletuksena on hyvin informoitujen sijoittajien aktivoituminen, havaitaan matalien (korkeiden) varastojen yhdistyvän futuuriin hinnan kasvuun (laskuun).

Täyttä konsensusta arvopaperistumisen vaikutuksista hyödykkeiden hintoihin ei kuitenkaan ole. Fattouh ym., (2012) ottivat kriittisen kannan kirjallisuuskatsauksessaan arvopaperistumisen todellisiin vaikutuksiin raakaöljymarkkinoilla ja erityisesti useissa tutkimuksissa esitettyjen johtopäätösten tulkintaa. Lisäksi he esittävät, että nykyinen tutkimus ei ole pystynyt aukottomasti vahvistamaan arvopaperistumisen merkitystä hyödykemarkkinoiden korrelaatioiden kasvussa tai hintakäyttäytymisessä, vaan ne voidaan yhdistää talouden fundamentteihin. Kuitenkin he korostavat ajassa muuttuvista riskipreemioista ja aikarakenteen epävakaisuudesta olevan näyttöä ja aiheen vaativan lisää tutkimusta.

### 4.3 Korrelaatiot ja rakenteellinen muutos

Arvopaperistuminen on myös yhdistetty vahvasti hyödykemarkkinoiden ennen segmentoituneiden markkinoiden yhdentymiseen rahoitusmarkkinoiden kanssa. Toinen lähestymistapa on siten tutkia markkinoiden keskinäistä korrelaatiota ja sen muutosta ajassa. Useissa tutkimuksissa on havaittu ajassa muuttuvien korrelaatioiden kasvaneen, niin eri varallisuusluokkien, kuin myös hyödykemarkkinoiden sisällä eri tuotteiden välillä (Tang & Xiong, 2012). Raakaöljyn ja osake-markkinoiden tuottojen korrelaatiot ovat näyttäneet lisäksi noudattelevan öljyn futuurikäyrän käyttäytymisen muutosta viimeisen kuluneen kymmenen vuoden aikana. Vahvat positiiviset korrelaatiot ovat kulkeneet yhdessä contango-markkinan kanssa ja korrelaatioiden heikentyminen on yhdistynyt backwardation-markkinaan. (Junttila ym., 2018)

Silvennoinen & Thorp, (2013) tutkivat DSTCC-GARCH-menetelmällä hyödykemarkkinoiden tuottojen integraatiota perinteisten varallisuusluokkien tuottoihin ja osoittivat useiden hyödykemarkkinatuotteiden tuottojen ja Yhdysvaltojen osakeindeksien tuottojen korrelaatioiden kasvaneen 2000-luvulla. Öljytuotteiden osalta suurin korrelaatioiden kasvu on ajoittunut juuri finanssikriisin aikaan ja VIX-indeksiin<sup>7</sup> kasvu näyttäisi toimivan hyvänä indikaattorina korkeampien korrelaatioiden kausiin. Lisäksi tulokset pätevät myös muilla isoilla markkinoilla kuten DAX, CAC, FTSE100 ja TOPX, joten markkinaintegraatio näyttäisi

<sup>7</sup> VIX-indeksi esittää markkinoiden käsityksen S&P 500 osakkeiden tulevaisuuden volatiliiteetistä kolmenkymmenen päivän päähän ja toimii ns. pelkokertoimena.

ylittävän maarajat. Tulos näyttäisi siten heijastavan globaalia osakemarkkinoiden vahvaa integraatiota, jolloin osakemarkkinoiden vahvat volatiliteetin kaudet leviävät markkinoiden välillä. Täten Euroopan talousalueen talouden taantuma heijastuu myös Yhdysvaltojen markkinoille ja VIX-indeksiin.

Büyüksahin & Robe, (2014) käyttivät DCC-GARCH-menetelmää ja havaitsivat eri varallisuusluokkien korrelaatioiden kasvaneen 2008 syksyllä. Tutkimuksessa käytettiin myös TED-indeksiä<sup>8</sup> rahoitusmarkkinan tilan indikaattorina, joka oli merkittävä tekijä pääoma- ja hyödykemarkkinoiden yhteisvaihtelussa. Yhden prosentin kasvu TED-indeksissä kasvatti yhteisvaihtelua 0,2-0,3 prosenttia, mutta oli merkittävä vain 2000-luvulla. Tähän nähtiin syynä juuri kaupankäyntiaktiivisuus. Heidän mukaansa kaupankäyntiaktiivisuus ennustaa varallisuusluokkien yhteisvaihtelua ja merkittävää on spekuloiden ja tässä yhteydessä juuri Hedge-rahastojen<sup>9</sup> rooli. Hedge-rahastojen toimiessa aktiivisina niin pääoma- kuin hyödykemarkkinoillakin niiden rooli nähtiin merkittävämpänä tekijänä, kuin yleisesti esitetyn indeksisijoittamisen (CIT<sup>10</sup>) rooli eri varallisuusluokkien integraatiossa. Tulos poikkeaa siten viimeksi esitetyn havainnon osalta useista muista, joissa erityisesti hyödykkeen kuulumisen indeksiin on ollut merkittävä tai pidetty merkittävänä.

Korrelaatioiden kasvu saa myös teoreettista tukea Basaki & Pavlova, (2016) tutkimuksesta, jossa he esittävät, että arvopaperistumisen seurauksena hyödykepääomamarkkinoiden korrelaatiot kasvavat. Lisäksi he esittävät myös eri hyödykkeiden tuottojen keskinäisen korrelaatioiden kasvavan.

Edellisessä luvussa nostettiin esiin myös alhaisten korkojen vaikutus cointango-markkinan muodostumiseen. Tähän liittyy myös Juntila ym., (2018) esittämä väite, jonka mukaan nollakorkokausi saattaa aiheuttaa mukavuustuoton laskun ja korkeammat korrelaatiot osakemarkkinoiden ja raakaöljyn tuottojen välille. Edellinen tekisi futuurituotteista houkuttelevampia sijoittajille kuin fyysisestä tuotteesta. Casassus ja Collin-Dufresne, (2005) esittivätkin varastojen teorian pohjalta, että korkotasolla ja varastojen määrän välillä on negatiivinen korrelaatio, johtuen varastojen kustannusten kasvamisesta koron mukana. Heidän kolmen faktorin Gaussin mallissa he havaitsivat siten myös positiivisen korrelaation korkojen ja mukavuustuoton välille. Läheisesti näihin liittyy siten Basak & Pavlova, (2016) teoreettisen mallin tulos, jossa institutionaalisten sijoittajien osallistuminen hyödykemarkkinoille, nostaa varastoja. Varastoja kasvattaisi institutionaalisten sijoittajien sijoittaminen hyödykevarastoihin, joiden hinta on korkeammalla tulevaisuudessa. Edelliset tutkimukset tukevat siten oletusta, että korkojen ollessa lähellä nollaa on mukavuustuotto myös hyvin matalalla. Mielenkiintoiseksi kysymykseksi nousee siten, mikäli hyödykemarkkinoiden arvopaperistuminen on altistanut hyödykkeet enemmän korkojen muutoksille.

Chen, Lee & Zeng, (2014) havaitsivat myös rakenteellisen muutoksen vuoden 2004 kesällä tutkiessaan WTI-raakaöljyn spot- ja futuurihintojen suhdetta.

<sup>8</sup> TED-indeksi on kolmen kuukauden treasury billin ja LIBOR korkojen erotus. Käytetään luottoriskin mittarina.

<sup>9</sup> Rahastoja jotka pyrkivät tuottoon markkinoista riippumatta sijoitusstrategiallaan.

<sup>10</sup> Commodity-index-trading

Useiden edellä esitettyjen tutkimusten valossa on perusteltua esittää, että hyödykemarkkinoiden ja rahoitus- ja pääomamarkkinoiden välillä on tapahtunut merkittävää integraatiota ja markkinadynamiikan muutosta. Tähän voidaan löytää kirjallisuuden pohjalta kaksi merkittävää ajankohtaa. Ensimmäinen merkittävä ajankohta on futuurimarkkinoiden koon vahvan kasvun alkamisajankohta 2004. Tuolloin on havaittu hyödyke- ja osakemarkkinoiden välisten korrelaatioiden muuttuneen aiempaa positiivisemmiksi (Junttila ym., 2018; Silvennoinen & Thorp, 2013). Toisena merkittävänä tapahtumana voidaan pitää finanssikriisiä. Kuviossa 1 havaittu vahva contango-jakso alkaa syksyllä 2008 ja useat tutkijat ovat havainnet markkinadynamiikassa selviä muutoksia tuolloin (Büyüksahin & Robe, 2014). Kuitenkin on syytä tarkastella finanssikriisin aikaista vahvaa contango jaksoa oikeassa kontekstissa. Ajanjakson vahva turbulenssi yli markkinarajojen ja voi olla eri fundamenttien ajama tila kuin myöhemmin havaittu contangon pitkittyneet jaksot. Myös Nikitopoulos ym., (2017) päätyivät tarkastelemaan aineistoaan ennen syyskuuta 2008 ja sen jälkeen.

## 5 MENETELMÄT JA AINEISTO

### 5.1 Menetelmät

#### 5.1.1 Yksikköjuuri- ja stationaarisuustestit

Yksikköjuuritesteillä aikasarja-analyysissä tutkitaan muuttujien stationaarisuutta, joka on edellytys oikeiden tulkintojen tekemiseksi muuttujien suhteista. Stationaarisuudella tarkoitetaan havaintoaineiston tilastollisten ominaisuuksien; keskiarvon, varianssin, ja autokovarianssin pysymistä muuttumattomina ajassa. (Enders, 2004) Aikasarjan sanotaan olevan heikosti stationaarinen, jos se täyttää seuraavat ehdot.

$$E(y_t) = \mu \quad (7)$$

$$E(y_t - \mu)(y_t - \mu) = \sigma^2 < \infty \quad (8)$$

$$E(y_{t_1} - \mu)(y_{t_2} - \mu) = \gamma_{t_2-t_1} \quad \forall t_1, t_2 \quad (9)$$

(Brooks, 2008, s. 208)

Epästationaaristen aikasarjojen käyttäminen tilastollisessa analyysissä saattaa aiheuttaa virheellisten tulkintojen tekemisen muuttujien välisistä suhteista. Epästationaarisia prosesseja voidaan jaotella eri luokkiin niiden saamien ominaisuuksien perusteella. Varsinaisen yksikköjuuren sisältävä eli stokastisen prosessin (random walk model with drift) I (1) ongelma on shokkien aiheuttaman muutoksen pysyvyys ajassa. Tällöin yksittäisen shokin vaikutus ei häviä pitkälläkään aikavälillä aikasarjasta vaan säilyy ja vaikuttaa aikasarjan käyttäytymiseen ja ominaisuuksiin. Sarja on seuraavaa muotoa,

$$y_t = \mu + \phi y_{t-1} + u_t \quad (10)$$

jossa  $\phi=1$  on yleisin havaittava muoto ja kuvaa epästationaarista yksikköjuuren sisältävää aikasarjaa. Tapauksessa, jossa  $\phi > 1$  sarja on räjähtävä, jolloin yksittäisen shokin vaikutus kasvaa ajassa. Stationarisessa sarjassa yksittäisen shokin vaikutus vähenee ajassa ja kuolee lopulta pois. Tätä ominaisuutta kutsutaan paluuksi keskiarvoon (eng. mean reversion) (Kocenda, Evzen, Cerny & Alexandr, 2015). Trendistationaarinen prosessi voidaan kuvata seuraavasti.

$$y_t = \alpha + \beta t + u_t \quad (11)$$

Jos aikasarjoilla on yhteinen trendi, niiden regressointi johtaa suuriin  $R^2$  arvoihin ja muuttujien välisten suhteiden tulkinta voi siten olla virheellistä. (Brooks, 2008, s. 318–322)

Epästationaarisen aikasarjan muuntaminen stationaariseksi voidaan suorittaa differoimalla eli tarkastelemalla sen muutoksia tai poistamalla sarjasta trendi. Varsinaisen yksikköjuuren sisältävä sarjan tapauksessa käytetään differenssin ottoa ja trendi stationaarisen sarjan tapauksessa poistetaan aikasarjasta lineaarinen trendi. Epästationaarisuuden tyyppin tunnistaminen aikasarjasta on tärkeää, jotta

oikeat toimet aikasarjan muuttamiseksi stationaariseksi voidaan toteuttaa. Väärän tavan valinta voi johtaa haitalliseen lopputulokseen kummassakin tapauksessa, eikä välttämättä poista alkuperäistä ongelmaa. (Enders, 2004.) Varsinkin taloudellisia muuttujia kuvaavat aikasarjat sisältävät usein yksikköjuuren, aiheuttaen virheellisesti toimittaessa harhaa tuloksiin (Brooks, 2008, s. 326).

Laajennettu Dickey-Fuller (ADF)<sup>11</sup> on yleisesti käytetty yksikköjuuritesti, joka pystyy käsittelemään myös tapauksen, jossa selitettävän muuttujan virhetermi  $u$  on autokorreloitunut. ADF-testissä estimoidaan lineaarinen yhtälö, joka on muotoa,

$$\Delta y_t = \psi y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \alpha_i \Delta y_{t-i} + u_t \quad (12)$$

jossa  $p$  on viiveiden määrä,  $\Delta$  merkitsee ensimmäistä differenssiä. Malli ottaa huomioon myös  $\Delta y_t$  viiveet. Testin nollahypoteesina on, että sarja sisältää yksikköjuuren  $\phi = 1$  ja vastaavasti vastahypoteesina  $\phi < 1$ , että sarja on stationaarinen. Testissä  $\phi - 1 = 0$ , jolloin yksikköjuuren generoivan prosessin tapauksessa on  $\psi = 0$ . ADF testi vaatii optimaalisen viiveiden määrän selvittämistä tehokkuusominaisuuksia varten. Tämän valitsemiseen on kaksi mahdollisuutta: joko käytetään datan frekvenssiä tai informaatio kriteereitä Akaike (AIC) tai (BIC). (Brooks, 2008, s. 318–329)

Perinteisten yksikköjuuritestien heikkoutena on huono ennustekyky, kun sarja on lähellä  $I(1)$  prosessia, eli kun kerroin  $\phi$  on lähellä arvoa 1. Tällöin testi voi jättää nollahypoteesin hylkäämättä ja sarja voidaan siten tulkita virheellisesti epästationaariseksi. Ongelma voidaan yrittää välttää tutkimalla sarjoja myös suoraan stationaarisuustesteillä. Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin-testi (KPSS<sup>12</sup>) on stationaarisuustesti, jossa hypoteesit ovat vastakkaiset yksikköjuuritesteille. (Brooks 2008, 330-331) KPSS-testi perustuu seuraavaksi esitettävään lineaariseen regressioon,

$$y_t = \beta t + r_t + \varepsilon_t \quad (13)$$

jossa  $\beta t$  on deterministinen termi,  $r_t = r_{t-1} + u_t$  on satunnaiskulku ja  $\varepsilon_t$  on stationaarinen virhetermi. (Kwiatkowski ym., 1992)

Näiden testien ongelmaksi voi myös muodostua virheelliset tulokset aikasarjoissa, joissa on suhteellisen vähän havaintoja ja sarjassa on rakenteellinen muutos. Yksikköjuuren hylkääminen todennäköisyys pienenee, mikäli rakenteellista muutosta ei oteta huomioon aikasarjassa. (Lee & Strazicich, 2003) Vahvasti ADF-testiin liitetty heikkous on kykyä määrittää aikasarja stationaariseksi prosessiksi, mikäli sarjassa on rakenteellinen muutos tai useita muutoksia (Brooks, 2008, s. 466, ja Perron, 2006). Aikasarjan sisältäessä tasomuutoksen ADF-testi on järjestelmällisesti harhainen. Testien ongelma tuottaa luotettavia tuloksia rakenteellisten muutosten sisältyessä aikasarjaan ei rajoitu pelkästään ADF-tyy-

<sup>11</sup> Augmented Dickey-Fuller. Lyhennettä käytetään myöhemmin taulukoissa.

<sup>12</sup> Lyhennettä käytetään myöhemmin taulukoissa.

pin testeihin. Testit, joissa nollahypoteesi on stationaarisuus, on osoitettu tuottovan nollahypoteesin hylkäävän tuloksen liian usein. Täten myös KPPS-testien luotettavuutta joudutaan arvioimaan, mikäli rakenteellisen muutoksen mahdollisuus sarjassa on olemassa. (Perron, 2006) Aikasarjojen stationaarisuutta voidaan tutkia edellä mainituissa tapauksissa tarkemmin yksikköjuuritesteillä, jotka sallivat rakenteelliset muutokset tutkittavassa aineistossa. Yksi tämän tyyppinen testi on Leen ja Strazicichin kehittämä Lagrangen multiplier (LM) -testi, joka sallii rakenteellisen muutoksen mahdollisuuden aineistossa. Testi myös määrittää endogeenisesti mahdollisen rakenteellisen muutoksen ajankohdan sarjassa. (Lee & Strazicich, 2004)

### 5.1.2 Vektoriautoregressiivinen (VAR) malli

VAR-mallissa voidaan tutkia useiden muuttujien välisiä lineaarisia suhteita aikasarjoista. Mallissa jokainen muuttuja on lähtökohtaisesti selitettävä muuttuja, jota selitetään muuttujan omilla sekä muiden muuttujien viiveillä. (Enders, 2004.) Brooks, (2008) mukaan kahden muuttujan malli, jossa on  $k$  määrä viiveitä, voidaan esittää seuraavasti,

$$y_{1t} = \beta_{10} + \beta_{11}y_{1t-1} + \dots + \beta_{1k}y_{1t-k} + \alpha_{11}y_{2t-1} + \dots + \alpha_{1k}y_{2t-k} + u_{1t} \quad (14)$$

$$y_{2t} = \beta_{20} + \beta_{21}y_{2t-1} + \dots + \beta_{2k}y_{2t-k} + \alpha_{21}y_{1t-1} + \dots + \alpha_{2k}y_{1t-k} + u_{2t} \quad (15)$$

missä  $u$  kuvaa virhetermiä.

Yleisesti estimoitavia malleja muodostuu muuttujien lukumäärää vastaava määrä, jossa viiverakenne määrää selittävien muuttujien määrän yksittäisessä estimoitavassa mallissa. Ongelmaksi VAR-mallien estimoinnissa voi siten muodostua parametrien määrä. Jos yhtälöitä ja muuttujia on  $g$  määrä ja viivepituus on  $k$ , niin estimoitavien parametrien lukumääräksi saadaan  $g+gk^2$ .

Viiverakenteen määrittämiseksi on kaksi tapaa, joko tutkimalla havaintoaineistoa tai käyttämällä informaatiokriteereitä. Tutkimalla havaintoaineiston viiveiden auto- sekä osittaiskorrelaatioita voidaan tehdä arvioita optimaalisesta viiverakenteesta, joista rakennettuja VAR-malleja voidaan verrata keskenään. Näin muodostettuja malleja eri viiverakenteella voidaan verrata keskenään käyttämällä uskottavuusosamäärätestiä (LR<sup>13</sup>). LR-testi perustuu seuraavaan yhtälöön,

$$LR = T[\log|\widehat{\Sigma}_r| - \log|\widehat{\Sigma}_u|] \quad (16)$$

missä  $|\widehat{\Sigma}_r|$  on rajoitetun mallin residuaalien varianssikovarianssi matriisi,  $|\widehat{\Sigma}_u|$  on vastaava rajoittamattomalle mallille ja  $T$  on otoksen koko. (Brooks, 2008, s. 293–294)

Toinen tapa on käyttää informaatiokriteereitä, jotka antavat optimaalisen viiverakenteen eri yhtälöiden perusteella. Informaatiokriteerien arvot saadaan laskettua seuraavista kaavoista, joista ensin esitetty Akaike (AIC) ja Schwarzin-Bayesiläinen tai Bayesiläinen (BIC) kaavassa 18.

---

<sup>13</sup> Likelihood ratio test

$$MAIC = \log|\hat{\Sigma}| + 2k'/T \quad (17)$$

$$MSBIC = \log|\hat{\Sigma}| + \frac{k'}{T} \log T \quad (18)$$

Kaavoissa 17 ja 18  $\hat{\Sigma}$  on residuaalien varianssikovarianssi matriisi,  $T$  on havaintojen lukumäärä ja  $k'$  on selittävien muuttujien määrä. Käytettäessä informaatiokriteereitä ongelmana voi olla eri menetelmien erot arvioissa optimaalisesta viiveiden määrästä. Yleisesti AIC kriteerillä saadaan normaalisti pitempi viiverakenne kuin BIC kriteerillä.

Useamman muuttujan mallia tarkasteltaessa informaatio kriteerit antavat yhden optimaalisen viiverakenteen kokomallille. Näin saatu viiverakenne ei siten ole välttämättä optimaalinen kahden yksittäisen muuttujan välille. (Brooks, 2008, s. 294–295)

VAR- mallien parametrien ja määrän ollessa suuri voidaan tulosten tulkitusta helpottaa tutkimalla viiveiden yhteistä selitysvoimaa selitettävään muuttuajaan. Yhden muuttujan viiveiden merkitys voidaan rajoittaa nollaan ja  $F$  testillä voidaan tutkia miten kyseisen mallin yhteen laskettujen neliöidyt residuaalit käyttäytyvät. Mikäli summa kasvaa merkittävästi rajoituksen jälkeen, osoittaa  $F$ -testi suuria arvoja ja hylkää nollahypoteesin, että rajoitetut kertoimet eivät olisi merkitseviä. (Brooks, 2008, s. 93-94) Yleisemmin menetelmää kutsutaan kausaalisuustestiksi ja sanotaan että muuttuja  $y_1$  Granger-aiheuttaa muuttujaan  $y_2$ , jos muuttujan  $y_1$  viiveet ovat merkittäviä  $y_2$  yhtälössä. Granger-kausalisuus on tulkittavissa jokaisen muuttujan kohdalla vain yhteen suuntaan. Granger kausalisuus ei myöskään kerro mitään muuttujien vaikutuksen suunnasta eli onko yhteys positiivinen vai negatiivinen. Vaikutuksen suunnan selvittämiseksi voidaan tutkia viiveiden kertoimia tai estimoimalla impulssivastefunktiot. (Brooks, 2008, s. 297-298)

### 5.1.3 Tasaisen rakennemuutoksen autoregressiivinen (STAR) malli

Aikasarjan käyttäytymisessä saattaa tapahtua muutosta ajassa, joka voidaan havaita keskiarvon, keskihajonnan tai aikasarjan eri arvojen riippuvuussuhteissa tapahtuvissa muutoksista. Tällöin havaintoaineistosta voidaan havaita eri regiemejä, joiden mallintamiseen lineaariset mallit eivät ole riittäviä. Muutoksia voi aiheuttaa isot taustatekijät ja erityisesti rahoitusmarkkinoiden aineistoissa esiin nousee isot tapahtumat kuten poliittiset muutokset, sodat ja kriisit. Aikasarjassa tapahtuvia rakenteellisia muutoksia voidaan mallintaa useilla regiemimuuttujamalleilla. Tässä tutkimuksessa hyödynnetään STAR-mallia (eng. Smooth Transition Autoregressive model), joka on laajennus yleisistä kynnyksellisistä TAR-malleista (eng. Threshold Autoregressive). (Brooks, 2008, s. 451-453)

Kynnyksellisissä TAR-malleissa endogeeninen tai eksogeeninen tekijä määrää kummassa regiemissä ollaan. Yhtälöiden parametrit muuttuvat siten kynnyksimuuttujalle määrätyn tason ympärillä. STAR-regiemimuuttujamalli sallii vastaavasti kaksi eri regiemeä, jotka yhdistyvät muutosvektorin ääriarvoihin nolla ja yksi. Muutos näiden ääriarvojen välillä tapahtuu kuitenkin tasaisesti ja ajanhetkellä  $t$  havaittu regieme määräytyy havaittavan muuttujan  $s_t$  ja muutosfunktion

$G(s_t; y, c)$  saaman arvon mukaan. STAR-mallissa siirtyminen regiimien välillä tapahtuu portaattomasti, joka voi olla useassa tilanteessa kynnyksellistä mallia parempi kuvaamaan aineistoa. Siirtymä funktion on siten jatkuva funktion ääriarvojen 0 ja 1 välillä. (Dijk, Teräsvirta & Franses, 2002)

Yhden muuttujan tasaisen rakennemuutoksen kynnyksellinen autoregressiivinen malli voidaan esittää,

$$y_t = \phi'_1 x_t (1 - G(s_y; \gamma, c)) + \phi'_2 x_t G(s_y; \gamma, c) + \epsilon_t \quad (19)$$

jossa  $x_t$  on muuttujan  $y$  kaikki viiveet sisältävä sarja.  $G$  on muutosfunktio, jossa  $s$  on muutos muuttuja,  $\gamma$  kertoo muutoksen nopeuden ja  $c$  on kynnyksiarvo eri regiimien välillä. Muutosfunktio voidaan esittää matemaattisesti,

$$G(s_y; \gamma, c) = (1 + \exp(-\gamma(s_t - c)))^{-1} \quad (20)$$

jossa  $\gamma$  on suurempi kuin nolla. Kyseinen funktio on logistinen STAR-malli ja toinen yleinen muutosfunktio on eksponentiaalinen STAR, joka voidaan esittää seuraavasti.

$$G(s_y; \gamma, c) = 1 - \exp(-\gamma(s_t - c)^2) \quad (21)$$

Ennen mallin spesifioimista täytyy testata epälineaarisen mallin kelpoisuutta lineaarista vastaan. Luukkonen, Saikkonen & Teräsvirta, (1988) esittävät Lagrangen-kerroin menetelmä (LM, eng Lagrange Multiplier) tyyppisen testin, joka testaa lineaarisuutta STAR-mallia vastaan. Lineaarisuustestin tulosten perusteella tehdään myös päätös muutosfunktion valinnasta ennen lopullista STAR-mallin spesifiointia. LM-testissä muutosfunktion korvataan Taylorin kolmannen asteen aproksimaatiolla, joka kiertää normaalin muutosfunktion aiheuttaman identifioitumisongelman. Testissä nollahypoteesina on, että Taylorin sarjakehitelmän kaikki parametrit saavat arvon nolla. Testissä lasketaan ensin lineaarisen mallin residuaalien neliöidyt summat ( $SSE_0$ ) sekä Taylorin sarjakehitelmän avulla tuotetun apufunktion residuaalien summat ( $SSE_1$ ). Varsinainen testi suure perustuu näiden keskinäiseen vertailuun,

$$S = T(SSE_0 - SSE_1)/SSE_0 \quad (22)$$

jossa testisuure noudattaa  $\chi^2$  asteikkoa ja suuret arvot merkitsevät epälineaarisuutta. (Luukkonen ym. 1988)

Epälineaarisisissa autoregressiivisissä malleissa yksinkertainen viiverakenteen määrittäminen voidaan tehdä hyödyntämällä lineaarisen mallin spesifioimiseen käytettyä rakennetta. Tällöin yksinkertaisesti oletetaan viiverakenteen pysyvyys ja validius myös epälineaarisisissa malleissa ja mallin eri regiimeissä. (Brooks, 2008, s. 475)



## 5.2 Aineisto

### 5.2.1 Tutkimuksen rajaus ja muuttujien statistiikka

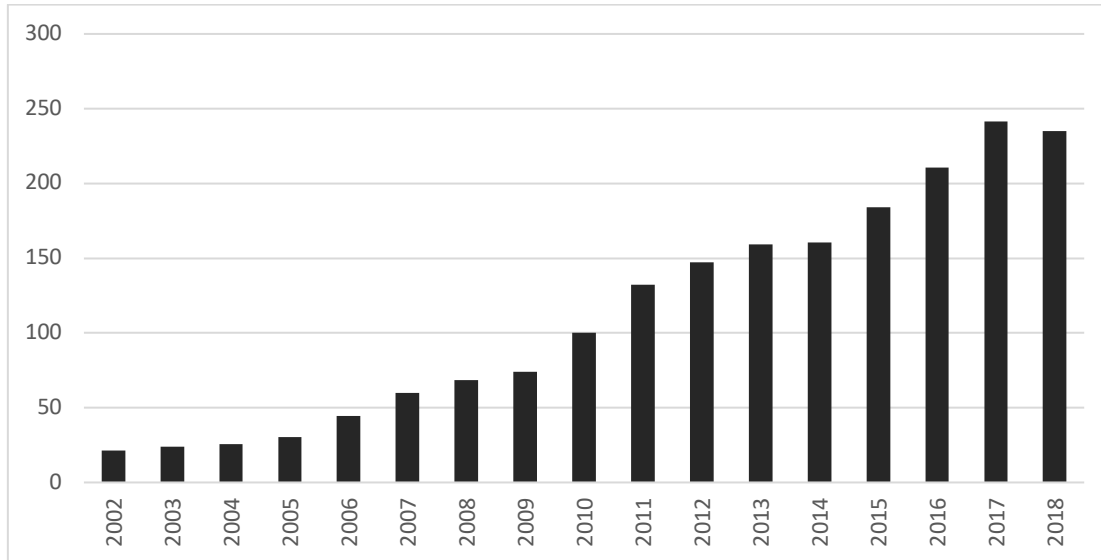
Tutkimus on rajattu aineiston saatavuuden perusteella niin ajallisesti kuin käytettyjen muuttujien osalta. Useissa aiemmissä tutkimuksissa raakaöljyn viitelaa-  
duista on käytetty WTI-laatua, jonka futuurimarkkinat ovat likvideimmät ja laatu on hinnoittelussa keskiössä etenkin Yhdysvalloissa. WTI-futuurisarjoja ei kuitenkaan ole saatavilla ennen syksyä 2006, jolloin havaintoaineiston koko jäisi riittämättömäksi kuukausiaineistolla, eikä ole siten soveltuva tähän tutkimukseen. Brent-futuurisarjat ovat saatavilla vuoden 1992 alusta alkaen, jolloin niistä saadaan riittävän paljon havaintoja tämän tutkimuksen tarkoitukseen. Myös varastojen määrästä, VIX-indeksistä, historiallisesta volatilitetistä sekä MPU-indeksistä aineistoa on saatavilla vuodesta 1992 alkaen. Tutkimus aineisto on jouduttu rajaamaan myös loppupäästä rahapolitiikan epävarmuutta kuvaavan MPU indeksin johdosta, jota ei ole saatavilla kuin vuoden 2017 syyskuun loppuun asti. Muiden muuttujien osalta havaintoaineisto on ajanjaksolta tammikuu 1992-tammikuu 2019. Aineistossa on siten yhteensä 309 kuukautta MPU-indeksissä ja 325 kuukautta muissa muuttujissa, joka vastaa havaintojen lukumäärää tasomuuttujilla. Määrää voidaan pitää riittävänä vektoriautoregressiivisessä mallinnuksessa oikeiden päätelmien tekemiseksi. Tutkimuksessa hyödynnetty aineisto on kerätty useasta eri lähteestä. Thomson Reuters Eikon datastreamistä on hankittu kaikki muut pois lukien öljyn varastojen määrä aineisto, joka on hankittu EIA-verkkosivulta ja MPU-aineisto, joka on hankittu policy uncertainty-sivulta ([www.policyuncertainty.com](http://www.policyuncertainty.com)).

Toinen kysymys rajauksesta koskee siten viitelaa-  
duin valintaa ja Brent Blend-laadun soveltuvuudesta tämän tutkimuksen tarkoitukseen. Kuten aiemmin esiteltiin öljymarkkinat luvussa viitelaa-  
tuja käsittelevässä osiossa, Brent blend on hinnoittelun keskiössä kahdessa kolmasosassa maailman öljyn kaupankäynnistä ja sen futuurimarkkinat myös erittäin likvidit ja valinta on siten relevantti. Useiden aiempien tutkimusten pohjautuessa WTI-laadun futuurien tuottoeroihin, on mahdollista, että tässä tutkimuksessa havaitaan osittain erilaisia tuloksia. Brent-futuurien tuottoerossakin merkittäviä muuttujia ovat samat fundamentit, kuten varastojen määrä, kysyntä ja tarjonta, mutta globaalimpana hintaindikaattorina voidaan löytää myös eroavaisuuksia. Rahoitusmarkkinatekijät saattavat vaikuttaa Brentin tuottoeroon eroavissa määrin tai ajallisesti, joko hitaammin tai nopeammin. Pois ei voi myöskään sulkea mahdollisuutta, jossa jokin muuttuja vaikuttaa WTI-laadun tuottoeroon, mutta ei Brentin tuottoeroon tai toisin päin.

### 5.2.2 Brent tuottokäyrät

Brent-futuurien kaupankäyntipaikkana on ICE-markkinapaikka Lontoossa. Futuurisopimusten hinnat on noteerattu Yhdysvaltojen dollareissa ja yhden sopimuksen määrä on tuhat tynnyriä öljyä. Lähimmän futuurin kaupankäynti sulkeutuu sopimuskuukautta edellistä edeltävän kuukauden viimeisenä ICE:n

määrittämänä kaupankäyntipäivänä. Aineisto on kuun viimeiseltä päivältä, jolloin lähin kuukausi on vaihtunut jo kahden kuukauden päähän. Esimerkiksi huhtikuun viimeisenä päivänä lähimmän futuurisopimuksen hinta on noteerattu kesäkuulle ja on viimeinen kyseisen sopimuksen kaupankäyntipäivä. (ICE, 2019)



KUVIO 7 ICE Brent futuurien kaupankäyntivolyymi 2002-2018 (miljoonaa tynnyriä)

Kuviossa 3 oli esitettyä maailman suurimman johdannaispörssin CME Groupin NYMEX WTI öljyfutuuriavointien positioiden määrät vuosituhannen alusta, ja siitä voitiin havaita tuon markkinan merkittävä kasvu. Vastaava ilmiö voidaan havaita myös ICE Brent-futuuriavointien kaupankäynnissä kuviossa 5. Kun vuonna 2004 Brent-futuuriavointien kaupankäyntivolyymi oli noin 25 miljoonaa niin vuonna 2018 se on ollut melkein kymmenkertainen noin 235 miljoonan volyyymilla. Pelkästään vuonna 2017 huhti- ja toukokuun kaupankäyntivolyymit olivat molemmat yli 24 miljoonaa, mitkä ylittävät vuosituhannen alun ensimmäisten vuosien vuosittaiset kaupankäyntimäärät selvästi.

Korkokorjatut tuottokäyrät muodostetaan vastaavasti kuten Nikitopoulos ym., (2014) ja Geman & Ohana, (2009) tutkimuksissaan, mutta tehden muutoksia käytettävän koron suhteen. Riskittömänä korkona käytetään LIBOR:in sijasta Yhdysvaltojen treasury bill-korkoja. LIBOR-koron käyttämiseen ja etenkin sen pitämisenä riskittömänä korkona liittyy vähintäänkin kaksi ongelmaa. Ensimmäinen liittyy itse korkoon; LIBOR-korko on Lontoon pankkien yönyli korko, jolla pankit lainaavat toisilleen varoja, heijastellen siten pankkien välistä luottamusta ja luottoriskiä. Tämä tuo mukanaan myös uuden ongelman; LIBOR-korkoon liittyy niin manipulaatio syytöksiä (Duffie & Stein, 2015) kuin myös vahva käyttäytymisen muutos finanssikriisin jälkeen. Ennen finanssikriisiä LIBOR heijasti vahvasti pankkien välistä luottamusta toisiinsa, mutta kriisin jälkeen keskuspankkien julkilausumat taloudellisen vakaamisen turvaamiseksi ovat käytännössä poistaneet tuon riskin. Tämä on voinut johtaa tilanteeseen, jossa myöskään LIBOR-viitekorko ei heijasta todellista markkinatilannetta luotettavasti, jos pankkien ei tarvitse huolehtia vastapuoliriskistä. Tämä voidaan nähdä TED-indeksistä, kun ennen finanssikriisiä tuo kehitys oli volatiilia heijastellen markkinoiden luottoriskiä

ja siten turvasatamakysyntää, on indeksin muutokset olleet lähes olemattomia kriisin jälkeen. Toinen ongelma liittyy vastapuoliriskiin, joka on ollut LIBOR-korossa vahvasti mukana ainakin ennen 2008 kriisiä, mutta ei jälkeen. Öljyfutuurit ovat pörssijohdannaisia, joissa ei ole vastapuoliriskiä, jolloin LIBOR-korko toisi tuon riskin myös mukaan. Formaalisti esitettyä tuottoerot on rakennettu seuraavasti,

$$(n-1)kk \text{ Futuurispredi} = \frac{F(t,n) - F(t,1) \left(1 + \frac{r(t,n-1)(n-1)}{12}\right)}{F(t,1)} \quad (23)$$

jossa  $F(t, n)$  on hetkellä  $t$  kuukauden  $n$  futuurihinta,  $r(t, n)$  on LIBOR-korko hetkellä  $t$  ja ajanjaksolle  $n$ . Muuttuja  $n$  on siten 3 kuukauden tuottoerossa neljänneksi lähin kuukausi ja 8 kuukauden tuottoerossa yhdeksänneksi lähin. Mallissa spot-hinnan indikaattorina käytetään lähimmän futuurisopimuksen hintaa. Tämä on tehty useissa edellisissäkin tutkimuksissa ja suurin syy on varsinaisen spot-hintasarjan ongelmallisuus. Kuten aikaisemmin tarkasteltiin öljyn kaupan käyntiä, niin välitön toteutus ei ole käytännössä mahdollista öljymarkkinoilla. Siitä johtuen spot-hintasarjat eivät suurelta osin ole välittömän toimituksen hintoja vaan usein keskiarvostettuja sarjoja (Pindyck, 2001).

Tuottokäyrät muodostetaan kolmen- ja kahdeksan kuukauden maturiteetin futuureille ja oletuksena on, että eri maturiteetin tuottokäyrät saattavat reagoi eri tekijöihin. Rahoitusmarkkina- ja öljynhintamuuttuja fundamentit saattavat siten vaikuttaa tuottokäyrään eri maturiteetilla tai vaikutuksen voimakkuudessa saattaa olla eroja.

Yhdysvaltojen t-bill-korkoja ei ole saatavilla kahdeksan kuukauden maturiteetille, joten kyseinen korko on interpoloitu. Lineaarinen interpolointi on suoritettu kuuden ja kahdentoista kuukauden korkojen väliltä. Menettelyssä on käytetty seuraavaa kaavaa,

$$r_t = (r_1 - r_0) \left(\frac{t}{d}\right) + r_0 \quad (24)$$

jossa  $r_t$  on interpoloitu korko  $r_0$  ja  $r_1$  väliltä ja  $t$  kuvaa kuukausia eteenpäin  $r_0$ -korosta ja  $d$  on välin  $(r_1 - r_0)$  pituus kuukausissa. Kaavassa oletuksena on korkoteikijän määrittely 30/360.

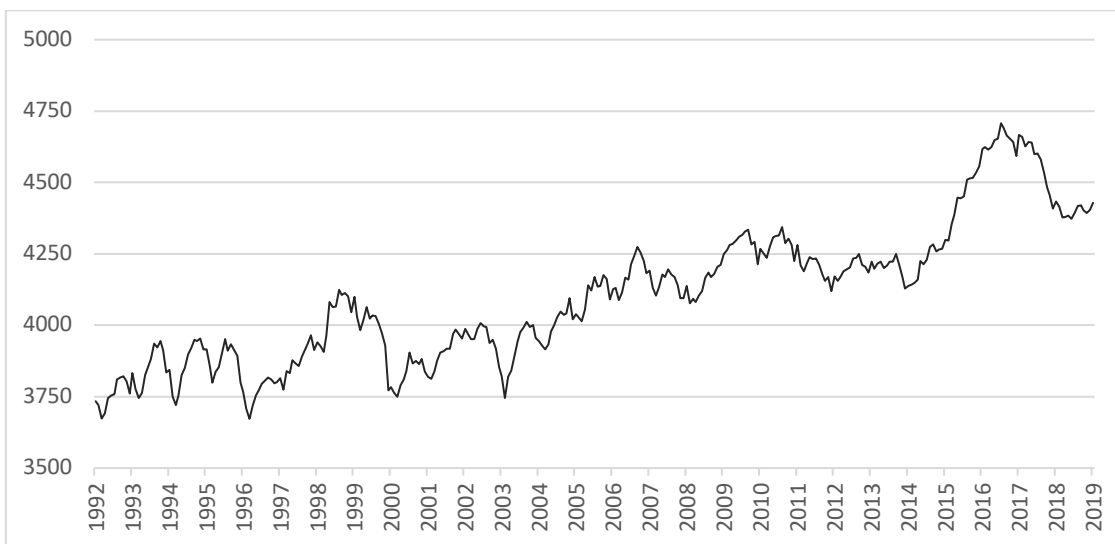
Muodostetut tuottokäyrät on esitetty aikaisemmin kuviossa yksi, josta voidaan havaita niiden käyttäytymisen muutos erityisesti finanssikriisin aikana, josta esitettiin tuloksia kirjallisuuskatsauksessa. Havaintojen perusteella tuottokäyriä tutkitaan koko havaintoaineiston jaksolla, mutta myös erikseen edellä mainittujen havaintojen pohjalta ennen finanssikriisiä ja sen jälkeen. Tarkemmin rajaus tehdään syksyllä 2008, jolloin tuottokäyrät kääntyivät contango-markkinnaan. Samaan aikaan Yhdysvalloissa ja Euroopassa korot laskivat rajusti ja lyhyen maturiteetin korot painuivat lähelle nolaa, joka saattaa olla merkittävä tekijä myös tuottokäyrien käyttäytymiselle (Junttila ym., 2018). Vuoden 2008 jälkeen contango-markkina kesti aina 2011 alkuun asti ja vaihtui uudelleen contangoon 2014 syksyllä. Molemmille jaksoille poikkeavana, aiempaan havaintohistoriaan verrattuna, voidaan pitää niiden huomattavan pitkää kestoja. Toiseksi poik-

keavana voidaan pitää contangon vahvuutta, joka on ollut kahdeksan kuukauden tuottokäyrässä ajoittain yli kaksikymmentä prosenttia ja finanssikriisin aikaan liki kolmekymmentä prosenttia. Edes vahvimmat backwardation-markkinat eivät saavuta yhtä vahvoja arvoja tämän tutkimuksen havaintojakson aikana.

### 5.2.3 Varastot

Varastojen määrää kuvaavaksi muuttujaksi on valittu OECD-maiden (EIA) varastot, joka on siten vastaava, kuin Nikitopoulos ym., (2014) tutkimuksessa toinen käytetyistä varastosarjoista. OECD-maiden varastot valittiin, koska niiden katsotaan kuvaavan paremmin globaalia kehitystä ja toimivan siten paremmin yhdessä Brent-viitelaadun kanssa, jota voidaan pitää globaalina viitelaatuna.

Sarjojen valinnoilla pyritään havainnollistamaan paremmin globaalin öljymarkkinan tilannetta. Sarjavalinnat saattavatkin aiheuttaa eroja tuloksissa verrattuna tutkimuksiin, jotka on toteutettu Yhdysvaltojen markkinatilannetta kuvaavilla aineistoilla. Edellä mainittu sisältäisi WTI-laadun käyttämisen sekä Yhdysvaltojen varastosarjan.



KUVIO 8 Öljyvarastojen kehitys

Varastosarjassa on havaittavissa selvä positiivinen trendi ja öljyn varastomäärät ovat kasvaneet merkittävästi vuodesta 2004 lähtien OECD-maissa. Varastojen määrät ovat olleet korkeimmat vuoden 2016 aikana ja ovat sen jälkeen laskeneet huomattavasti. Kuitenkin varastot ovat yhä merkittävästi historiallisia tasoja korkeammalla. Huomattava varastojen määrän kasvu voisi indikoida varautumiskysynnän kasvua, mikäli hintavolatiliteetti on kasvanut samanaikaisesti.

### 5.2.4 Historiallinen volatiliteetti

Historiallinen volatiliteetti määritettiin Brent-viitelaadulle päivittäisellä aineistolla joka kuukaudelle. Muodostuksessa hyödynnettiin McAleerin &

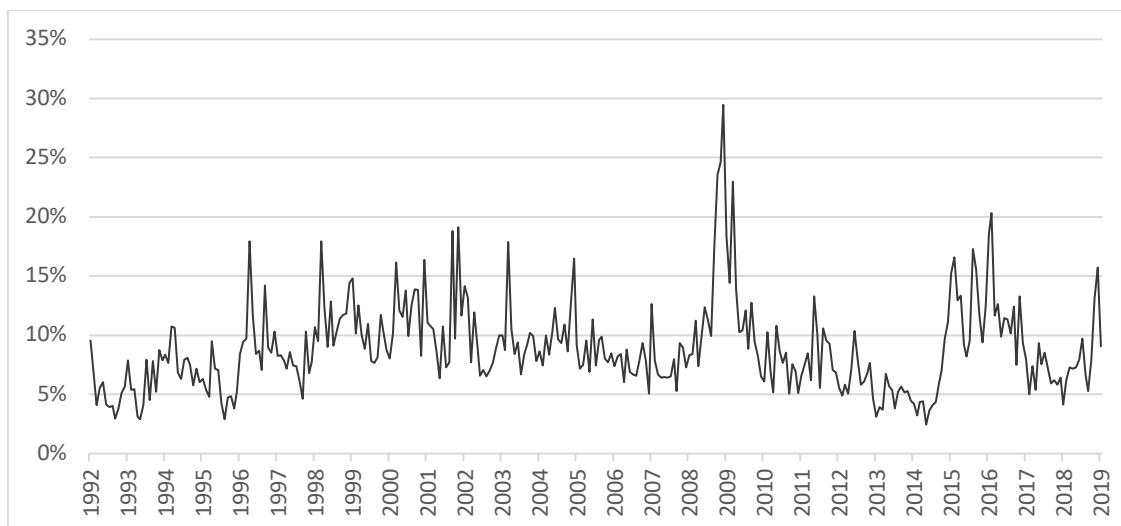
Medeirosksen, (2008) artikkelia, jossa päivänsisäisistä korkeafrekvenssisistä neliöidyistä tuotoista rakennetaan päivittäinen historiallinen volatilitteettisarja. Vastaavaa metodia on tässä käytetty rakentamaan kuukausittainen sarja päivittäisistä tuotoista. Historiallisen varianssi rakennettiin ensin seuraavalla kaavalla,

$$RV_t = \sum_{i=0}^{n_t} r_{t,i}^2 \quad (25)$$

jossa on esitelty historiallisen varianssin RV laskenta päivittäisistä tuotoista. Jokaisen kuukauden jokaisen päivän neliöidyt tuotot  $r^2$  summattiin yhteen ja saaduista kuukausittaisista variansseista otettiin neliöjuuri.

Hintavolatilitteetin kasvu voi johtua tekijöistä nettokysynnässä tai muista tekijöistä kuten spekulatiivisesta kaupankäynnistä. Kuitenkin alkuperäisestä lähteestä riippumatta se korreloi tuotannon ja kysynnän kanssa, joka nostaa öljyvarastojen loppumisen todennäköisyyttä ja johtaa spot-hinnan kasvuun markkinoilla. Siten kuluttajat ja tuottajat varautuvat suuremmilla varastoilla volatilitteetin noustessa. (Pindyck, 2001)

Kuviossa 9 on esitelty tutkimusajanjaksolle määritelty historiallisen volatilitteetin sarja, josta voidaan havaita selvästi finanssikriisin aikana selvä piikki. Toinen selvästi havaittavissa oleva korkean volatilitteetin ajanjakso sijoittuu 2014 vuoden alkupuolelta aina 2016 vuoden loppuun. Jaksoon on yhdistettävissä öljyn hinnan voimakas lasku, joka ajoi lopulta hinnat historiallisen alas 2000-luvulla.

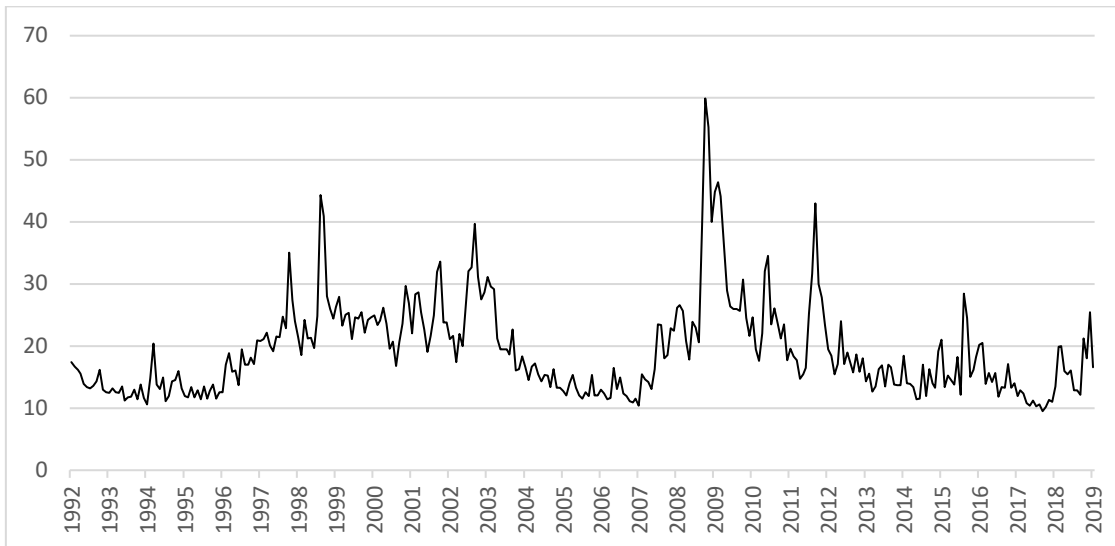


KUVIO 9 Historiallinen volatilitteetti

### 5.2.5 VIX-indeksi

VIX-indeksi on implisiittinen volatilitteetti, joka kuvaa nykyhetken odotuksia seuraavan 30 päivän aikana tapahtuvasta keskihajonnasta S&P 500 indeksissä.

Indeksi lasketaan S&P 500 indeksin osto -ja myyntioptioiden keskihinnasta reaaliaikaisesti ja indeksi määräytyy sen johdosta markkinaperusteisesti. Indeksi heijastaa etenkin odotuksia negatiivisesta markkinakehityksestä hyvin vahvasti ja indeksi saa suuria arvoja talouskriisien aikana. (CBOE, 2019) Optioiden hinnat ja tässä myynti optioiden hinnat nousevat merkittävästi, kun epävarmuus tulevaisuudesta nousee, jolloin ihmiset haluavat suojautua suurilta tappioilta. Indeksiä on pidetty siten myös sijoittajien pelkokertoimena.

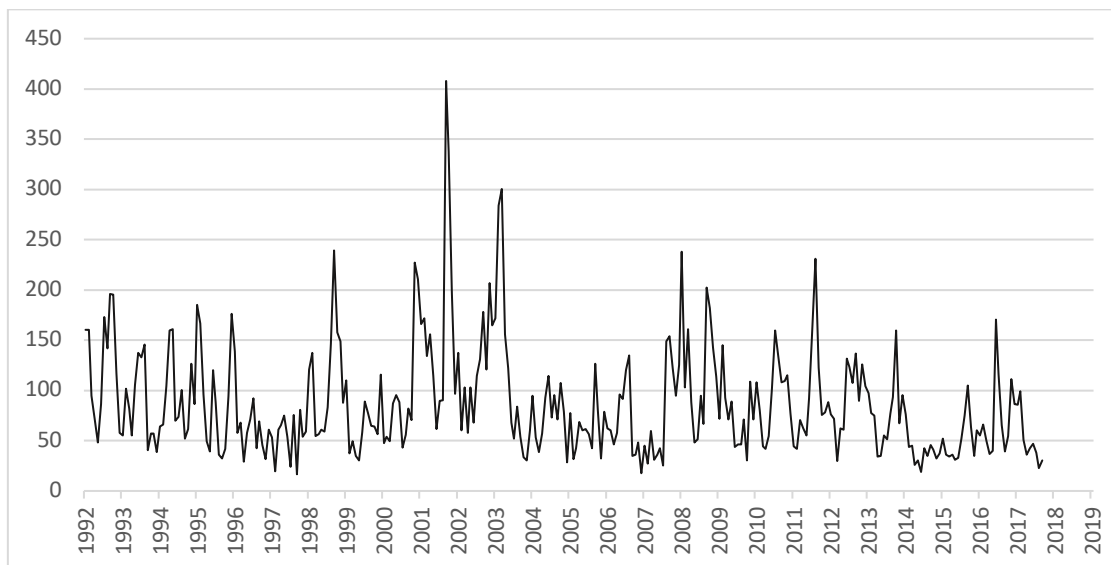


KUVIO 10 VIX-indeksi

Kuviosta 10 voidaan havaita VIX-indeksin vahva reagoiminen finanssikriisiin vuodesta 2007 eteenpäin ja uusi nousu Euroopan talouskriisin aikana. Myös pienemmät osakemarkkinoiden laskut aiheuttavat indeksin nousun kuten tapahtui 2018 syksyllä ja tilanne havaitaan selvästi myös VIX-indeksissä.

VIX-indeksillä halutaan tässä tutkimuksessa testata aiheuttaako osakemarkkinoiden turbulenssin muutosta öljyn futuurimarkkinoille. Cheng & Xiong, (2014) esittelivät kirjallisuuskatsauksessaan hypoteesin riskin välittymisestä markkinoilta toiselle ja Silvennoinen & Thorp, (2013) esittivät VIX-indeksin heijastavan hyvin osakemarkkinoiden ja hyödykemarkkinoiden korrelaatioiden kasvua. Riskin välittyminen osakemarkkinoilta öljymarkkinoille olisi siten perusteltua ajoittua korkean epävarmuuden aikaan.

## 5.2.6 MPU-indeksi



KUVIO 11 MPU-indeksi

MPU-indeksi (eng. Monetary Policy Uncertainty) pyrkii mittaamaan rahapolitiikan ja talouden epävarmuutta, johon vaikuttaa niin isot makropoliittiset tapahtumat kuin sisäpolitiikan ongelmat. MPU-indeksi on siten laajennus Baker, Bloom ja Davisin (2016) esittelemästä EPU (eng. Economic Policy Uncertainty) indeksistä, joka pyrkii mittaamaan pelkästään talouden epävarmuutta perustuen sanomalehti uutisointiin aiheesta. Muuttuja mitataan ottamalla huomioon ennalta valituissa sanomalehdissä esiintyvät rahapolitiikan ja talouden epävarmuuteen liittyvät artikkelit. (Economic Policy Uncertainty, 2012) Kun VIX-indeksi reagoi vahvasti finanssi- ja osakemarkkinoihin kohtaisiin tekijöihin, niin MPU-indeksi taas reagoi laajemmin poliittisiin tekijöihin kuten sisäpoliittisiin riitoihin budjetista, vaaleihin sekä sotiin ja erityisesti keskuspankkien toimiin. (Baker, Bloom & Davis, 2016) MPU-indeksin mukaan ottaminen laajentaa analyysiä ottaen puhtaiden rahoitusmarkkinatekijöiden lisäksi poliittista epävakautta kuvaavan mittarin mukaan. Poliittinen epävakaus saattaa vaikuttaa öljyn hintaan kysyntä kuin tarjonta puolelta. Yhdysvaltojen sisäpoliittiset ristiriidat ja ovat omiaan vaikuttamaan kysyntään ja sodat Lähi-Idässä öljyn tarjontaan.

Kysyntälähtöiset tekijät ovat taas vahvasti yhdistettävissä talouden tilaan, erityisesti vahva talouden tila voi johtaa kulutushyödykkeiden kuten öljyn kysynnän kasvuun (Kilian, 2009). Vuosien 2003-2008 välinen öljyn hinnan vahva nousukausi ja koettu huippu ennen finanssikriisin alkua onkin yhdistetty talouden vahvaan nousuun ja positiiviseen kysyntäshokkiin (Kilian & Hicks, 2013; Kilian, 2009). Antonakakis, Chatziantoniou ja Filis, (2014) tutkivat EPU-muuttujan ja öljyn hinnan välistä yhteyttä ja havaitsivat kaksisuuntaisen yhteyden. Poliittisen epävakausmuuttujan havaittiin vaikuttavan öljyn hintaan negatiivisesti, eli poliittisen epävakauden noustessa öljyn hinta laski. Vaikutuksen nähtiin siten vaikuttavan erityisesti kysyntälähtöisesti.

## 5.2.7 Yksikköjuuritestien tulokset

Kaikille muuttujille suoritettiin yksikköjuuritestit, jotta voitiin varmistua muuttujien stationaarisuudesta, joka on välttämätöntä oikeiden tulkintojen tekemiseksi. Testejä suoritettiin kaksi jokaiselle tasomuuttujan aikasarjalle; ADF sekä KPSS-testi, jotka on esitelty menetelmät osiossa. Taulukossa 1 on esitetty ensin tasomuuttujille tehtyjen testien tulokset, joista VIX-indeksin, sekä MPU että historiallisen volatiliiteetin muuttujien havaitaan olevan stationaarisia koko havaintojaksolla ja siten  $I(0)$  prosesseja. Edellä mainituista muuttujista ADF-testi hylkää yksikköjuuren 1% riskitasolla ja KPSS-testien tuloksissa havaitaan nollahypoteesin säilyvän eli aikasarjat ovat stationaarisia prosesseja. VIX-indeksin tulos KPSS-testissä on 10% tasolla epästationaarinen, mutta erittäin vahvan ADF-testin tuloksen kanssa 10% tasoa ei pidetä riittävänä. VIX-indeksi sisällytetään tutkimukseen tasomuuttujana. Varasto ja kulutus muuttujien osalta ADF-testi ei hylkää yksikköjuurta ja varastojen osalta myös KPSS-testi hylkää stationaarisuus oletuksen. Kulutus osoittaa yksikköjuuren sisältävää prosessia ADF-testissä ja varastomuuttuja myös epästationaarisuutta KPSS-testissä. Stationaaristen prosessien varmistamiseksi varasto- sekä kulutusmuuttujasta muodostetaan logaritmiset tuottosarjat, jolla pyritään poistamaan yksikköjuuri. Uudet aikasarjat testataan uudelleen molemmilla testeillä, joiden tulokset käyvät ilmi taulukon 1 alaosasta. Tuloksista havaitaan ADF-testin hylkäävän käsitellyistä muuttujista yksikköjuuren olemassa olon 1% riskitasolla ja KPSS-testissä stationaarisuus oletus säilyy.  $I(1)$  prosessin stationaariset aikasarjat sisällytetään tutkimukseen logaritmisina tuottosarjoina. Logaritmiset tuottosarjat on määritelty,

$$r_t = 100x(\ln P_t - \ln P_{t-1}) \quad (26)$$

jossa  $r$  on tuotto ajanhetkellä  $t$  ja  $P$  kuvaa hintaa.

Taulukko 1 Yksikköjuuritestien tulokset

MUUTTUJA	ADF	KPSS
3-KK TUOTTOERO	-3,46***	1,24***
8-KK TUOTTOERO	-4,07***	1,35***
VARASTOT	-1,84	5,43***
VIX	-5,17***	0,43*
MPU	-8,64***	0,48
$R_{VOL}$	-5,78***	0,26
KULUTUS	-2,31	1,31*
DIFFEROITU KULUTUS	-4,13***	0,02
DIFFEROITU VARASTOT	-3,42**	0,02

\*, \*\*, \*\*\* Indikoivat tilastollista merkitsevyyttä 10, 5, ja 1 prosentin riskitasoilla.

Futuurisopimusten tuottoeromuuttujien osalta yksikköjuuritestien tulokset ovat keskenään ristiriidassa. ADF-testin perusteella niin kahdeksan kuin kolmenkaan kuukauden tuottoeroissa ei havaita yksikköjuurta, mutta KPSS-testi ei



pysty hylkäämään epästationaarisuus oletusta. Tässä päädyttiin käyttämään kolmatta testiä, erityisesti LS-testiä, joka ottaa rakenteellisen muutoksen mahdollisuuden huomioon aikasarjassa. Tässä sallittiin maksimissaan yksi rakenteellinen muutos, joka oli mahdollista laskennallisten kapasiteetin puolesta. LS-testi hylkää yksikköjuuren molemmissa aikasarjoissa 1% riskitasolla. Testi ajoittaa myös rakenteellisen muutoksen molemmissa sarjoissa vuoden 2004 loppupuolelle, mutta muutos ei ole tilastollisesti merkitsevä. Vaikka testi jättää nollahypoteesin eikä rakenteellisia muutoksia voida pitää tilastollisesti merkitsevinä, niin läheläkin tilastollista merkitsevyyttä olevat muutokset voivat vääristä ensin suoritettujen testien tuloksia. Lisäksi voidaan spekuloida kuukausittaisen aineiston riittävydestä rakenteellisen muutoksen havaitsemiseen riittävällä tarkkuudella ajanjaksolta. Molemmat tuottoeromuuttujat sisällytetään tutkimukset tasomuuttujina LS-testin tuloksen perusteella.

## 6 TUTKIMUKSEN TULOKSET

### 6.1 Tutkimuksen asetelma

Tutkimuksessa rakennettiin kolme VAR-mallia, joissa testataan eri muuttujia ja niiden vaikutuksia tuottoerojen käyttäytymiseen. Ensimmäisessä mallissa tuottoeromuuttujien lisäksi on öljyvarastot, öljyn kulutus OECD-maissa, historiallinen volatilitteetti sekä VIX-indeksi. Toisessa mallissa VIX-indeksi vaihdetaan MPU-indeksiin, jota ei ole aiemmin testattu vastaavassa asetelmassa. MPU-indeksi kuvaa vahvasti rauhoitusmarkkinoiden riskiä ja sen korrelaatio on korkea VIX-indeksin kanssa, joten niitä päädytään testaamaan eri malleissa. Kolmas malli sisältää pelkästään fundamenttimuuttujia ja ei sisällä ollenkaan MPU tai VIX-indeksi muuttujaa.

Taulukko 2 Tasomuuttujien korrelaatiomatriisi

	3kk tuottoero	8kk tuottoero	Varastot	Kulutus	VIX	MPU	R <sub>vol</sub>
3kk tuottoero	1	0,968	-0,131	-0,167	-0,104	-0,178	-0,034
8kk tuottoero		1	-0,230	-0,269	-0,202	-0,263	-0,127
Varastot			1	0,998	0,928	0,841	0,923
Kulutus				1	0,931	0,848	0,923
VIX					1	0,866	0,930
MPU						1	0,814
R <sub>vol</sub>							1

Kirjallisuuskatsauksessa esitettiin, että muuttujien välisissä suhteissa on havaittu muutoksia, kun verrataan pitkä ja lyhyen ajan tuottoeroa. Siten myös tässä tutkimuksessa päädyttiin tutkimaan muuttujien välisissä suhteissa mahdollisesti tapahtuvia muutoksia, kun tuottoeron pituutta kasvatetaan. Jotta voidaan tutkia mahdollisia eroja pitkän ja lyhyen tuottoerojen käytöksessä edellä mainitut mallit ajetaan niin 3kk kuin myös 8kk-tuottoeroille erikseen. Yhdessä mallissa on siten aina vain yksi tuottoeron muuttuja; lyhyt tai pitkä tuottoero sekä muut muuttujat.

Jokainen malli tutkitaan erikseen koko ajanjaksolla sekä myös alaperiodeilla erikseen. Alaperiodit rakennettiin finanssikriisin ympärille, joka on yhdistetty useissa aiemmissakin tutkimuksissa vahvasti hyödykemarkkinoiden käyttäytymisen muutokseen. Futuurikäyrien keskiarvot ovat myös tilastollisesti merkittävästi toisistaan eroavat eri periodien välillä. Futuurien tuottoerojen kuviosta 1 voidaan myös havaita selkeä muutos verrattuna aiempaan. Lisäksi vastaavaa jaottelua on käytetty useissa aiemmissa tutkimuksissa ja tässä noudatetaan Nikitopolous ym. (2017) jaottelua ajallisesti. Rajaus kahteen ajanjaksoon toteutettiin siten syyskuusta 2008, jolloin edellä mainittu kuukausi on ensimmäinen, joka sisältyy jälkimmäiseen jaksoon.

VAR-mallin rakentaminen antaa myös mahdollisuuden tutkia kaikkien muuttujien vaikutuksia yhdessä. Aiemman kirjallisuuden pohjalta mielenkiintoiseksi kysymyksiksi nousee rahoitusmarkkinoiden vaikutus suoraan ja epäsuorasti Brentin tuottokäyrään. Muuttujista VIX ja MPU voivat vaikuttaa tuottokäyrien fundamenttitekijöihin ja vaikuttaa epäsuorasti futuurihintojen rakentamiseen. Useissa aiemmissa tutkimuksissa on myös nähty kriisiaikojen rahoitusmarkkinoiden turbulenssin siirtyminen myös hyödykemarkkinoille. Silvennoinen & Thorp, (2013) esittivät pelkokerroinmuuttuja VIX-indeksin voimakkaan kasvun yhdistyvän segmentoituneina pidettyjen markkinoiden tuottojen korrelaatioiden kasvuun.

Mallien optimaalisen viiverakenteen löytämiseksi hyödynnettiin AIC- ja BIC-informaatiokriteereitä. Kriteereistä AIC-kriteerin on todettu antavan usein liian suuren viiverakenteen ja tutkimuksessa hyödynnettiin BIC-kriteerin antamaa arvoa. Optimaalinen viiverakenne rajattiin yhteen kuukauteen ja samaa viiverakennetta käytettiin jokaisessa mallissa läpi eri periodien.

## 6.2 Vektoriautoregressiivisten mallien tulokset

Kaikki vektoriautoregressiivisten mallien tulokset on esitetty taulukoissa 3-8, joista käy ilmi niin eri periodien, kuin lyhyen ja pitkän tuottokäyrän tulokset. Taulukoissa on esitetty VAR(1)-mallien tulokset, joissa muuttujina on käytetty tuottoeroja, varastojen muutosta, kulutuksen muutosta, historiallista volatiliiteettia sekä VIX-indeksiä. Muilla muuttujilla määritetyt VAR-mallien tulokset löytyvät liitteistä. Taulukoissa on esitetty muuttujien viiveiden Granger-kausalisuuksien p-testin tulokset, joissa alle 0,05 tulos merkitsee nollahypoteesin, ei vaikutusta, hylkäämistä viiden prosentin riskitasolla. Tilastollisesti merkitsevä p-testin arvo osoittaa siten, että kyseessä olevan muuttujan viiveillä on merkitystä selitettävään muuttujaan osoitetulla riskitasolla. Tällä tarkoitetaan, että muuttujan x viiveet Granger-aiheuttavat muuttujan y muutosta.

Taulukko 3 Granger-kausalisuuksien p-arvot 1992-2019

	3kk tuottoero	Varastot	Kulutus	R <sub>vol</sub>	VIX
3kk tuottoero	0,0000***	0,0114**	0,2670	0,7839	0,3389
varastot	0,3449	0,7225	0,6820	0,0945	0,2610
kulutus	0,7402	0,0000***	0,0578*	0,0351**	0,3735
R <sub>vol</sub>	0,3856	0,8208	0,3351	0,0000***	0,0000***
VIX	0,7130	0,6962	0,8740	0,3486	0,0000***

\*, \*\*, \*\*\* Indikoivat tilastollista merkitsevyyttä 10, 5, ja 1 prosentin riskitasoilla.

Taulukko 4 Granger-kausalisuuksien p-arvot 1992-2019

	8kk tuottoero	Varastot	Kulutus	R <sub>vol</sub>	VIX
8kk tuottoero	0,0000***	0,0378**	0,4611	0,7192	0,1638
varastot	0,4690	0,6672	0,7126	0,0868*	0,2649
kulutus	0,6580	0,0000***	0,0573*	0,0391	0,3789
R <sub>vol</sub>	0,1580	0,8415	0,3449	0,0000***	0,0000***
VIX	0,8428	0,7614	0,8294	0,2766	0,0000***

\*, \*\*, \*\*\* Indikoivat tilastollista merkitsevyyttä 10, 5, ja 1 prosentin riskitasoilla.

VAR(1)-mallien tulokset koko havaintoajalle osoittavat fundamenttimuuttujista varastoarvojen merkitsevyyttä suoraan niin lyhyeen kuin pitkään tuottoeroon. Varastoarvojen merkitsevyys on vahvasti teorioiden ja aiemman kirjallisuuden tukema. Molemmissa varastoarvot ovat viiden prosentin riskitasolla merkitseviä. Lisäksi havaitaan, että tuottoero muuttujan omilla arvoilla on tilastollisesti merkitsevyyttä yhden prosentin riskitasolla. VIX-indeksin arvot näyttävät yhdistyvän myös vahvasti öljyn hintavolatiliteettiin ja VIX-indeksin viiveet ovat yhden prosentin riskitasolla merkitseviä. Havaintoa indikoi jo muuttujien hyvin vahva keskinäinen korrelaatio, joka nähdään taulukossa 2. Tulosten valossa osakemarkkinoiden epävarmuuden kasvu voi siirtyä myös öljymarkkinoille ja kasvattaa öljyn hinnan volatiliteettia. Historiallinen volatiliteetti saattaa myös yhdistyä varastojen muutoksiin. R<sub>vol</sub> Granger-aiheuttaa kymmenen prosentin riskitasolla varastojen muutosta, mutta implisiittinen volatiliteetti mahdollistaisi markkinoiden reaalisen hinnoittelun ja odotuksien vaikutuksen tutkimisen varastojen määrään. Kuitenkin tulos on kirjallisuuden kanssa osittain johdonmukainen. Useissa aiemmissa tutkimuksissa on todettu, että hintavolatiliteetin vaikutukset yhdistyvät vahvemmin Yhdysvaltojen varastoihin kuin OECD-maiden vastaaviin (Geman & Ohana, 2009 ja Nikitopoulos ym., 2017). Siten tässä tutkimuksessa jokseenkin heikko yhteys on myös todettu myös aikaisemmassa kirjallisuudessa. Pindyck, (2001) esittää teoreettisesti varastojen määrän kasvavan hintavolatiliteetin kasvaessa, kun varastojen loppumisen todennäköisyys nousee.

Taulukko 5 Granger-kausalisuuksien p-arvot 1/1992-8/2008

	3kk tuottoero	Varastot	Kulutus	R <sub>vol</sub>	VIX
3kk tuottoero	0,0000***	0,0096***	0,4048	0,9842	0,5613
varastot	0,5890	0,4803	0,6404	0,2651	0,3885
kulutus	0,5534	0,0000***	0,4948	0,0674*	0,4676
R <sub>vol</sub>	0,4255	0,7796	0,2384	0,0000***	0,0003***
VIX	0,8481	0,5932	0,7138	0,6238	0,0000***

\*, \*\*, \*\*\* Indikoivat tilastollista merkitsevyyttä 10, 5, ja 1 prosentin riskitasoilla.

Taulukko 6 Granger-kausalisuuksien p-arvot 1/1992-8/2008

	8kk tuottoero	Varastot	Kulutus	R <sub>vol</sub>	VIX
8kk tuottoero	0,0000***	0,0408**	0,6983	0,8575	0,9040
varastot	0,7121	0,4443	0,6619	0,2678	0,3894
kulutus	0,4634	0,0000***	0,4859	0,0704	0,5023
R <sub>vol</sub>	0,7784	0,6969	0,2640	0,0000***	0,0003***
VIX	0,8914	0,6238	0,6911	0,6176	0,0000***

\*, \*\*, \*\*\* Indikoivat tilastollista merkitsevyyttä 10, 5, ja 1 prosentin riskitasoilla.

Merkittävimmät erot tuloksissa havaitaan alajaksojen välillä ja tuloksista voidaan päätellä muuttujien suhteissa tapahtuneen muutosta eri periodien aikana. Molemmissa tuottoeroissa, niin lyhyessä kuin pitkässä, varastot ovat olleet merkitsevä tekijä ennen kriisiä ja Granger-aiheuttaneet yhden prosentin riskitasolla lyhyen kolmen kuukauden tuottoeron muutosta ja viiden prosentin riskitasolla pitkän kahdeksan kuukauden tuottoeron muutosta. Ensimmäisellä periodilla laskevat futuurikäyrä on ollut usein hallitseva markkinatilanne, mikä indikoi korkeaa mukavuustuottoa markkinoilla yhdistyen vähäisiin varastoihin kaavan 6 mukaan. Siirryttäessä tarkastelemaan myöhäisempää alajaksoa 08-19 havaitaan, että varastot eivät Granger-aiheuta lyhyen eivätkä pitkän tuottoeron muutosta. Vahvasti teoriaan siten sidoksissa olleet fyysiset varastot ovat menettäneet merkitystä tuottoerojen selittävänä tekijänä tämän tutkimuksen tulosten perusteella. Tulos voi selittyä osin Kolodziej ym., (2014) havainnoilla, että matalat korot ovat saattaneet aiheuttaneet mukavuustuoton laskun, joka on mahdollisesti yhteydessä futuurien aikarakenteeseen ja saattaa yhdistyä contango-markkinaan.

Taulukko 7 Granger-kausalisuuksien p-arvot 9/2008-1/2019

	3kk tuottoero	Varastot	Kulutus	R <sub>vol</sub>	VIX
3kk tuottoero	0,0000***	0,7263	0,3133	0,3039	0,0376**
varastot	0,0950*	0,2352	0,8341	0,8864	0,4503
kulutus	0,8249	0,0001***	0,0017***	0,5933	0,8670
R <sub>vol</sub>	0,0152**	0,5565	0,6070	0,0000***	0,0086***
VIX	0,4164	0,9913	0,7786	0,9452	0,0000***

\*, \*\*, \*\*\* Indikoivat tilastollista merkitsevyyttä 10, 5, ja 1 prosentin riskitasoilla.

Taulukko 8 Granger-kausalisuuksien p-arvot 9/2008-1/2019

	8kk tuottoero	Varastot	Kulutus	R <sub>vol</sub>	VIX
8kk tuottoero	0,0000***	0,6772	0,2547	0,9710	0,0243**
varastot	0,1147	0,2355	0,8507	0,8233	0,4351
kulutus	0,8750	0,0001***	0,0017***	0,5586	0,8645
R <sub>vol</sub>	0,0036***	0,6324	0,5669	0,0000***	0,0090***
VIX	0,9718	0,8946	0,7937	0,4935	0,0000***

\*, \*\*, \*\*\* Indikoivat tilastollista merkitsevyyttä 10, 5, ja 1 prosentin riskitasoilla.

Toinen merkittävä havainto on, että tuottoero ei vaikutta varastojen arvoon ennen finanssikriisiä periodilla 92-08 ja kriisin jälkeenkin vain kymmenen prosentin riskitasolla. Havainto poikkeaa siten merkittävästi Nikitopoulos ym., (2017) tuloksista, joissa kaksisuuntainen kausalisuus havaittiin alaperiodilla 92-08. Heidän tutkimuksessaan jälkimmäisellä jaksolla positiiviset tuottokäyrät eivät kuitenkaan enää vaikuttaneet varastoihin. Huomioitavaa on tuottoeroissa tapahtunut käänne positiiviseen juuri vuoden 2008 jälkeen. Tämän tutkimuksen tulokset puoltavatkin siten heikosti cash and carry-havaintoa, jossa positiiviset tuottoerot ovat lisänneet varastoja, joita voidaan myydä korkeammalla hinnalla tulevaisuudessa. Tulos on siten yhdessä Casassus ja Collin-Dufresne, (2005) väitteiden pohjalta mielenkiintoinen jatkotutkimusaihe.

Lisäksi tässä tutkimuksessa on otettava huomioon Brent- ja WTI-öljyalaatu- ja kysynnän ja tarjonnan alueelliset erot. WTI-öljyalaatu on merkittävämpi viitelaa- tu Pohjois-Amerikassa, mutta Brent on globaalimpi viitelaa- tu. Öljyn korkea hinta johti aiemmin kannattamattomien öljylähteiden, kuten liuskeöljyn tuotta- misen, jonka määrän kasvu markkinoilla osui erityisesti Pohjois-Amerikkaan, jossa varastot täyttyivät ylitarjonnan seurauksena. Kuviosta (2) voidaan havaita, että samanaikaisesti Brent- ja WTI-viitelaa- tujen hintaeron muuttui ja huonolaa- tuisempi Brent hinnoiteltiin kalliimmaksi. Markkinatilanteen vaikutukset voivat siten olla merkittävästi erilaiset viitelaa- tujen välillä. Tässä tutkimuksessa on myös käytetty OECD-maiden varastomääriä, jotka eivät ole välttämättä herkkiä Yhdysvaltojen markkinoilla tapahtuville muutoksille. Nikitopoulos ym., (2017) jakoivat omassa tutkimuksessaan tuottoerot negatiiviseen ja positiiviseen sarjaan ja havainnoivat vain negatiivisten futuurisopimusten tuottoerojen vaikuttavan varastojen määrään.

Eroavaisuuksia tuloksissa havaitaan myös lyhyen ja pitkän tuottokäyrän väliltä. Mielenkiintoinen havainto on varastojen vahvempi Granger-kausali- suus lyhyeen tuottoeroon erityisesti aikavälillä 92-08. Varastot Granger-aiheutta- vat kolmen kuukauden tuottoeron muutosta yhden prosentin riskitasolla ja pit- kän tuottoeron muutosta viiden prosentin riskitasolla.

Alajaksolta 08-19 merkittävämpänä tekijänä havaitaan VIX-indeksi, joka Granger-aiheuttaa lyhyen ja pitkän tuottoeron muutosta viiden prosentin riski- tasolla. VIX-indeksin vaikutusta ei havaita ollenkaan ennen kriisiä eikä koko tar- kastelujakson tuloksissa. VIX-indeksi merkitys tuottoeron muutokseen on aiem- man kirjallisuuden pohjalta johdonmukainen. Useissa tutkimuksissa on havaittu osakemarkkinoiden ja hyödykemarkkinoiden korrelaatioiden kasvaneen vah-

vasti erityisesti korkean volatilitiitin aikoina. DCC-GARCH-malleilla aihetta tutkineet Büyüksahin & Robe, (2014) päätyivät tuloksiin, joiden mukaan markkinoiden väliset korrelaatiot kasvoivat etenkin vuonna 2008, joka tukee tämän tutkimuksen havaintoa VIX-indeksin merkityksestä. Aiemmissä tutkimuksissa on kuitenkin eroja ajankohdissa, jolloin korrelaatioiden nähdään kasvaneen. Osa tutkimuksista tukeekin väitettä, että korrelaatiot olisivat kasvaneet jo aikaisemmin 2000-luvulla (Silvennoinen & Thorp, 2013). Täten tässä tutkimuksessa käytetty jako finanssikriisin kohdalta saattaisi olla perusteltua tehdä myös aikaisemmin VIX-indeksin merkitsevyyden kannalta. VIX-indeksin vaikutusta tukee myös argumentti, jonka mukaan korkeampi volatilitiitin kausi nostaa epävarmuutta tulevista ja lisää varastojen varautumiskysyntää. VIX-indeksin tilastollinen merkitsevyys tämän tutkimuksen aikana ajoittuu vain jälkimmäiselle otantajaksolle, mikä on kaikista mielenkiintoisinta tutkimuksen oletusten pohjalta. Havainto voi selittyä siten arvopaperistumisen aikaansaaman riskin välittymisellä markkinoiden välillä.

Koska VIX indeksi mittaa S&P 500 indeksin odotettua volatilitiittia, voidaan siten todeta osakemarkkinoiden turbulenssin siirtyvän ainakin osittain myös öljymarkkinoille. Lisäksi ajallista yhteyttä öljyn futuurimarkkinan koon kasvun ja VIX-indeksin merkitsevyyden välillä voidaan pitää vähintäänkin mielenkiintoisena. Lisäksi viiveiden kertoimista päätellen VIX-indeksin vaikutus on hieman vahvempi pitkään tuottoeroon 08-19 jaksolla. Varastot taas vaikuttavat vahvemmin teorian mukaan spot-hintoihin. Tällöin tuotannon häiriöt kuluttavat varastoja, mikä aiheuttaa öljyn mukavuustuoton kasvun ja hintojen nousun spot-markkinalla. Fyysisen kaupankäynnin merkitys tuotteen loppukäyttäjille kasvaa ja spot-hinnat nousevat yli futuurihintojen, jolloin markkinoille vallitsee backwardation-tila.

MPU-indeksillä ei havaita tilastollisesti merkitseviä vaikutuksia tuottoeroon yhdelläkään ajanjaksolla. Vaikka VIX-indeksin ja MPU-indeksin keskinäinen korrelaatio on vahva, mittaavat molemmat osaltaan eri asioita. VIX-indeksin ja MPU-indeksin merkittävin ero on niiden määräytymisessä; VIX-indeksi määräytyy täysin markkinaperusteisesti, kun taas MPU ei. MPU ei myöskään kuvasta pelkästään osakemarkkinoiden riskiä, eikä se kuvasta sitä reaaliaikaisesti. VIX-indeksi heijastaa todennäköisemmin realistisemmin riskin välittymistä osakemarkkinoilta hyödykemarkkinoille kuin MPU-indeksi. MPU-indeksi Granger-aiheuttaa kuitenkin öljyn kulutuksen muutosta, vaikka VIX ei. Tämä ero voisi mahdollisesti muuttua, mikäli tutkimuksessa olisi käytetty pidempiä viiverakenteita. VIX-indeksi reagoi pieniinkin epävarmuustekijöihin markkinoilla välittömästi, kun taas MPU-indeksin reagointi on hitaampaa. Yhden kuukauden viive VIX-indeksissä ei siten ole vielä välttämättä riittävä aiheuttamaan tai indikoimaan muutoksia reaalisessa öljyn kulutuksessa.

Ainakin osa öljyn hintavolatilitiitin vaikutuksesta tuottokäyrään tulee VIX-indeksin kautta. Malli, jossa VIX-indeksi ei ole mukana osoittaa  $R_{vol}$  muuttujan olevan merkittävä tuottokäyrän tekijä. Lisättäessä VIX-indeksin muuttuja malliin Granger-aiheuttaa se viiden prosentin riskitasolla niin suoraan volatilitiitin muutosta kuin myös suoraan tuottokäyrän muutosta. Samalla volatilitiite-

tin merkitys tuottokäyrän Granger-aiheuttajana katoaa. VIX-indeksi on johdonmukaisesti merkitsevä tekijä Brent-raakaöljyalaadun historiallisen hintavolatiliiteetin VAR-mallissa.

### 6.3 Epälineaaristen mallien tulokset

Vektoriautoregressiivisen mallinnuksen jälkeen siirrytään tarkastelemaan epälineaarista mallia ja tasaisen rakennemuutoksen sopivuutta aineistoon. Muuttujien välisissä suhteissa havaittiin eroja eri periodeilla sekä futuurikäyrän käyttäytymisessä havaitut muutokset antavat aiheutta tutkia aineiston epälineaarisuutta.

Ennen kuin tasaisen rakennemuutoksen malleja lähdetään spesifioimaan, tulee tarkastella mallien epälineaarisuus oletusta. Jokaiselle mallille toteutettiin LM-testit, joissa testattiin nollahypoteesina olevaa lineaarisuutta ja vastahypoteesina tasaista rakennemuutos tietylle kynnysmuuttujalle (indikaattorimuuttuja). Tuloksista havaitaan, että epälineaarisuutta löytyy usean muuttujan suhteen, ja indikaattorimuuttujaksi valitaan Dijk ym., (2002) mukaan pienimmän parvon tuottava muuttuja. Indikaattorimuuttujana tuottoeron itsensä käyttäminen tuottaa lineaarisuuden hylkäävän tuloksen yhden prosentin riskitasolla ja hylkää lineaarisuuden vahvimmin. Toinen merkittävä kynnysmuuttuja on VIX-indeksi, joka hylkää lineaarisuuden vastaavasti yhden prosentin riskitasolla. Vektoriautoregressiivisten mallien tulosten sekä aiemman kirjallisuuden pohjalta mielenkiintoiseksi muuttujaksi osoittautunut VIX-indeksi asetetaan myös siksi indikaattorimuuttujaksi tuottoeron malliin. Tämä tehdään myös robustiuden takia. Molempien indikaattorimuuttujien lineaarisuustestien tulokset osoittavat tukea LSTAR-mallille, jotka valikoituvat siten tuottoeron malliksi. Koska tuottoeron oman viiveen käyttäminen hylkää lineaarisuuden tällöin  $s_t = y_{t-1}$ , niin yhtälön 20 mukaan malli on STAR-mallin erikoistapaus eli SETAR (eng. self-exciting threshold autoregressive model) (Dijk ym., 2002). SETAR-mallin todennäköisyysfunktion määrittäminen on kuitenkin yhä logistinen yhtälön 20 mukaan. Tasaisen rakennemuutoksen malli esitettiin teoreettisesti aikaisemmin ja tässä esitöissä malli voidaan esittää formaalisti,

$$y_t = \beta_{1,1} + \beta_{1,2}3kk\ tuottoero + \beta_{1,3}Varastot + \beta_{1,4}kulutus + \beta_{1,5}VIX + \beta_{1,6}MPU + (\beta_{1,7} + \beta_{1,8}3kk\ tuottoero + \beta_{1,9}Varastot + \beta_{1,10}kulutus + \beta_{1,11}VIX + \beta_{1,12}MPU)/(1.0 + \exp(-\gamma_1 * (S_{t-k} - c_1)) + \epsilon_t \quad (27)$$

jossa  $S_{t-k}$  on indikaattorimuuttujan yhdellä kuukaudella viivästetty arvo.

Tutkimuksessa oleville muille muuttujille, öljyvarastojen muutokselle, kulutukselle ja VIX-indeksille rakennetaan LSTAR-mallit, pois lukien öljyvarastojen muutokselle, joille LM-testit osoittivat ESTAR-mallia. Näiden ollessa tämän tutkimuksen kannalta kuitenkin vähemmän mielenkiintoisia esitetään niiden tulokset ainoastaan liitteissä. Taulukossa 9 on esitetty logistisen STAR-mallin tulokset yhdellä viiveellä käyttäen indikaattorimuuttujana 3 kuukauden tuottoeron omaa



yhdellä kuukaudella viivästettyä arvoa kaavan 27 mukaisesti. Taulukossa on lisäksi esitetty jokaisen parametrin keskivirhe.

Taulukko 9 LSTAR-mallin tulokset 3kk tuottoerolle

LSTAR		
3kk tuottoero		
$\beta_{1,1}$	-0,06***	0.002745
$\beta_{1,2}$	2,51***	0.039724
$\beta_{1,3}$	-0,20***	0.000539
$\beta_{1,4}$	0,05***	0.001112
$\beta_{1,5}$	0,00***	0.000113
$\beta_{1,6}$	0,00***	0.000011
$\beta_{1,7}$	0,05***	0.002254
$\beta_{1,8}$	-1,66***	0.070254
$\beta_{1,9}$	0,20***	0.000850
$\beta_{1,10}$	-0,05***	0.001199
$\beta_{1,11}$	0,00***	0.000154
$\beta_{1,12}$	0,00***	0.000013
$\gamma_1$	5409,72***	7.619034
$C_1$	-0,12***	0.000056
$VAR_1$	0,00***	0.000042

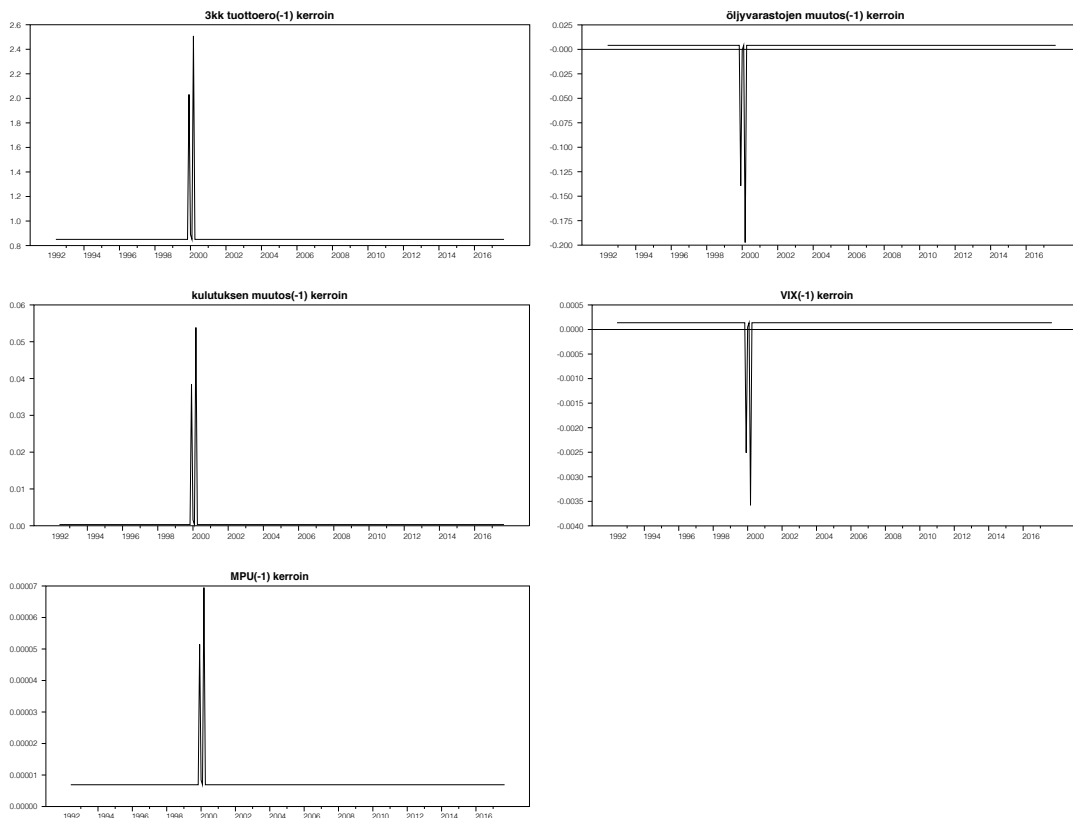
Taulukossa on esitetty STAR mallin tulokset 3kk tuottoerolle ja jokaisen parametrin sama arvo ja keskivirhe. \*, \*\*, \*\*\* Indikoivat tilastollista merkitsevyyttä 10, 5, ja 1 prosentin riskitasoilla.

Tuloksissa gamma kuvaa rakennemuutoksen nopeutta ja tässä huomattavan suuri gamman arvo tarkoittaa käytännössä suoraa hyppyä regiimien välillä. LSTAR-mallissa täyttyy siten toinen erityispiirre indikaattorifunktion  $G(s_t; y, c)$  arvon muuttuessa nollan ja ykkösen välillä lähes välittömästi, kun  $s_t=c$ . Malli on siten hyvin lähellä kahden regiimin kynnyksellistä autoregressiivistä mallia (TAR). (Dijk ym., 2002) Toinen merkittävä huomio kiinnittyy tasoon, jossa rakennemuutos tapahtuu. Tuottoero sarja ei saa koko tarkastelujakson aikana montaa  $c_1$  edellyttämää arvoa, ja arvon perusteella regiimimuutos ei siten yhdisty finanssikriisiin aikaan tai positiivisiin arvoihin.

VIX-indeksin käyttäminen indikaattorimuuttujana ei tuota luotettavia tuloksia. Yhtälö iteroituu yhdellä kerralla, mitä ei voida pitää luotettavana estimaattien estimoinnin kannalta, eikä yhtälön parametrien tulkitseminen ole siten mielekäästä. Tuloksia ei siten myöskään käydä tarkemmin läpi tässä tutkimuksessa.

STAR-mallin pelkistyminen SETAR-malliksi tarkoittaa, että tuottoeron käyrä voidaan jakaa kahteen osaan arvon -0,12 kohdalta ja havaita mallin käyttäytymän eriävästi tuon tason ala- ja yläpuolella. Loogisesti jaon voisi asettaa nol-

latasolle, joka ei tämän tutkimuksen tulosten valossa ole paras mahdollinen epälineaarisen käyttäytymisen tutkimiseen. Seuraavissa kuvioissa on esitetty kolmen kuukauden tuottoeron STAR-mallin muuttujien ajallista muutosta. Kuvioista, kuten jo parametri c:stä voidaan havaita, että nopea muutos regiimistä toiseen havaitaan 2000-luvun kynnyksellä. Tutkimalla kuukausittaista aikasarjaa c-parametrin tuottama arvo voidaan täsmentää 1999 vuoden viimeisille kuukausille. Määritetyn ajankohdan jälkeen yhtä vahvoja negatiivisia arvoja ei ole enää havaittu. Öljymarkkina ei ole ollut tuon jälkeen yhtä vahvassa backwardation-tilassa.



KUVIO 12 STAR-mallin kertoimien ajallinen vaihtelu

Kaikki LSTAR-mallin parametreista ovat tilastollisesti merkitseviä yhden prosentin riskitasolla. Kertoimista merkkiä vaihtavat öljyvarastojen muutos ja VIX-indeksi, jotka ovat ennen regiimimuutosta koko tutkimuksen aikana positiivisia, mutta saavat negatiiviset kertoimet regiimimuutoksen aikana. Ajallisesti kertoimien muutos ja mallissa tapahtuva regiimimuutos ajoittuvat makropoliittisten tapahtumien kannalta Aasian kriisin jälkeiseen aikaan ja IT-kuplan puhkeamiseen. Aasian kriisin synnyttämä öljyn kysynnän lasku näkyy myös öljyn hinnan samanaikaisena laskuna kuviossa 4 ja varastojen kasaantumisena kuviossa 8. Kriisin yhteydessä Brent-futuuriin tuottoerot nousivat positiiviseksi ja markkinoilla oli vallassa normaalit futuurikäyrät. Maailman talouden ja erityisesti Aasian talouden elpyminen ajoittuu vuoteen 1999. Aasian elpyvä talous synnytti lisää öljyn kysyntää ja OECD-maiden varastomäärät laskivat jyrkästi ja kuvioista

1 voidaan havaita samanaikainen futuurimarkkinoiden kääntyminen contangoista backwardationiin. Varastomäärien voimakas lasku nosti mahdollisesti öljyn mukavuustuottoa ja tuottoerot painuivat c1 tason alle, jossa voidaan havaita muuttujien käyttäytymisen nopea muutos regiimisiirtymässä.

Tulos on kuitenkin mielenkiintoinen aiemman kirjallisuuden valossa ja mahdollinen regiimisiirtymä on voinut aiheuttaa harhaa johtopäätöksiin. Nikitopoulos ym., (2017) havaitsivat omassa tutkimuksessaan useita epälineaarisia vaikutuksia ja erityisesti siten, että ennen ja jälkeen finanssikriisin, osa muuttujien vaikutuksista on muuttunut. Näitä havaintoja on OECD-maiden kululutussarjan granger-kausalisuus negatiiviseen tuottoeroon ennen kriisiä, mutta ei jälkeen ja kaksisuuntainen kausalisuus negatiivisentuottoeron ja varastosarjojen välillä vastaavasti vain ennen kriisiä. Tämän tutkimuksen havainto mahdollisesta regiimisiirtymästä Aasian kriisin elpymisen kynnyksellä on voinut aiheuttaa harhaa edellä mainittuihin tuloksiin. Regiimisiirtymän aikaansaama vaikutus voi siten olla ennen finanssikriisiä ainoa ajankohta, jolloin muuttujien välillä on ollut vahva vaikutus ja siten näkyä koko ajanjaksolla. Siten Nikitopoulos ym., (2017) tuottoeron jakaminen nollatasolta kahteen ryhmään, negatiiviseen ja positiiviseen, on voinut synnyttää harhaisia tuloksia ryhmien välillä ennen finanssikriisiä ja aiheuttaa virheellisiä päätelmiä. Mahdollinen regiimisiirtymä on siten mielenkiintoinen lisätutkimuksen aihe.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä tutkimuksessa tutkittiin Brent-raakaöljylaadun futuurikäyrien käyttäytymisen muutosta aikavälillä tammikuu 1992 ja tammikuu 2019. Tuottoerojen käyttäytyminen on historiallisesti liitetty vahvasti fundamenttimuuttujiin ja erityisesti varastojen määrään. Futuurisopimusten tuottoerojen käyttäytyminen on kuitenkin muuttunut ja hyödykkeiden hinnan muodostusta selittäneet teoriat eivät selitä täysin nykyistä kehitystä. Erityisesti raakaöljyn pitkittyneet contango-markkinat ovat ristiriidassa varastoitavien hyödykkeiden teorioiden kanssa. Hyödykemarkkinoiden kasvanut rooli ei-fyysisten markkinatoimijoiden intresseissä ja spekulointi hyödykefutuureilla on nostanut esiin hyödykemarkkinan lähentymisen rahoitusmarkkinoiden kanssa (Domanski & Heath, 2007).

Tässä tutkimuksessa tutkittiin mahdollisia muutoksia muuttujissa, jotka vaikuttavat futuurien tuottoerojen rakentumiseen, rahoitusmarkkinoiden roolia hyödykemarkkinoiden arvopaperistumisen jälkeen ja muuttujien välisten riippuvuussuhteiden ajallista muutosta. Aikasarja-analyysissä käytettiin sekä lineaarista vektoriautoregressiivistä menetelmää, että epälineaarista tasaisen rakennemuutoksen menetelmää. Viime vuosina epälineaarisia menetelmiä hyödykemarkkinoiden tutkimuksessa on käytetty yhä kasvavissa määrin. Useat tutkijat ovatkin osoittaneet markkinoiden välisten korrelaatioiden muuttuvan ajassa ja olevan regiimiriippuvaisia. Hyödykemarkkinoiden ja osakemarkkinoiden korrelaatioiden on havaittu olevan suurempia osakemarkkinoiden korkean volatiliteetin aikoina. Myös futuurien aikarakenteiden on havaittu olevan luonteeltaan epälineaarisia ja spot- ja futuurihintojen välinen kausaalisuus<sup>14</sup> on ajassa muuttuvaa. Lineaarilla menetelmällä ajallisia muutoksia pyrittiin havainnoimaan jakamalla havaintoaineisto kahteen osaan ja tutkimaan periodien kertoimia erikseen ja havaitsemaan muuttujien suhteissa tapahtuvia muutoksia. Arvopaperistumisen vaikutusta havainnoitiin testaamalla rahoitusmarkkinoiden tilaa kuvaavia muuttujia malleissa. Viimeiseksi ajallista muutosta havainnollistettiin epälineaarisilla menetelmällä kolmenkuukauden tuottoeroon.

Tuloksista havaitaan selkeitä muutoksia muuttujien välisissä suhteissa vektoriautoregressiivisiä malleissa. Tuloksista merkittävin on VIX-indeksin vaikutus tuottoeroon finanssikriisin jälkeisellä havaintojaksolla ja varastojen merkittävyyden häviäminen samalla ajanjaksolla. Tulos saattaa merkitä arvopaperistumisen synnyttämää markkinoiden yhdentymistä ja siten riskin välittymistä markkinoiden välillä. Tämä on myös yksi hypoteesi, jota Cheng & Xiong, (2014) esittivät yhdeksi mahdolliseksi seuraukseksi hyödykemarkkinoiden arvopaperistumisen johdosta. Osakemarkkinoilla syntyvä epävarmuus ja volatiliteetin kasvu saattaa siten levitä öljymarkkinoille isojen sijoittajien vähentäessä positiotaan myös raaka-ainesijoituksissaan. Myös Nikitopoulos ym., (2017) esittivät saman hypoteesin ja havaitsivat implisiittisen volatiliteetin olevan merkittävä tekijä tuottoeroissa. Tässä tutkimuksessa havaittiin lisäksi, että VIX-indeksi Gran-

---

<sup>14</sup> Lead-lag-relationship

ger-aiheuttaa Brent-raakaöljyalaadun historialliseen volatilitteettin muutosta. Öljyn hintavolatiliteetti kasvu saattaa siten olla osakemarkkinoiden volatilitteetin aikaansaamaa ajoittain. Hypoteesi saa tämän tutkimuksen lisäksi tukea aiemmasta kirjallisuudesta, joissa on havaittu markkinoiden välisten korrelaatioiden vahva kasvu osakemarkkinoiden korkean volatilitteetin kausina. Ei-kaupalliset sijoittajat ovat voineet, siten muuttaa markkinoiden dynamiikkaa merkittävästi. Tuloksella on vaikutusta erityisesti salkunhallinnan näkökulmasta, koska markkinoiden välinen beta saattaa kasvaa merkittävästi osakemarkkinoiden kriisien aikoihin ja aiheuttaa huomattavia tappioita myös öljymarkkinoiden futuureihin sijoittaneille. Lisäksi Pindyckin, (2001) esittämä teoria hintavolatilitteetin vaikutamisesta myös kysyntään ja tarjontaan ja siten varastojen kysynnän kasvuun on tämän tutkimuksen valossa mielenkiintoinen. Spekulatiivisen kaupankäynnin on esitetty nostaneen hintavolatilitteettiä markkinoilla, joka voi olla seurausta markkinoiden välisestä lähentymisestä. Tässä tapauksessa ei ole merkitystä, mistä volatilitteetin muutos syntyy. Lopputulos on kuitenkin varastojen kysynnän kasvu, joka voisi selittää yhdessä liikatuotannon kanssa kasvaneita varastomääriä 2000-luvulla. VIX-indeksi voi toimia tässä hyvänä indikaattorina ja osakemarkkinoiden volatilitteetin viivästetyt arvot yhdistyvät positiivisesti ja ovat merkittävä tekijä Brent-raakaöljyalaadun hintavolatilitteetissa. Aihe kaipaa kuitenkin lisää tutkimusta ja tässä tutkimuksessa ei voida osoittaa suoraa yhteyttä volatilitteetin ja varastojen muutoksen välille.

Tasaisen rakennemuutoksen testit osoittivat aiempaan kirjallisuuteen verrattuna uusia tuloksia. Tuottoerossa havaitaan epälinearisuutta suhteessa sen omaan viiveeseen. Tulosten mukaan mallin käytös muuttuu, kun tuottoero saa huomattavan vahvoja negatiivisia arvoja. Tällöin malli siirtyy regimistä toiseen ja mallin parametrit muuttuvat. Mielenkiintoinen havainto on tuottoeron omien viiveiden huomattava muutos. Toinen merkittävä havainto on öljyvarastojen muutoksen ja VIX-indeksi muuttujien kertoimien vaihtuminen negatiiviseksi. Tuottoeron käyttäytyminen on tulosten perusteella riippuvainen tuottoeron omasta tasosta, mutta havaitaessa vain yksi regimimuutos koko tutkimusjaksolla on yleistävien päätelmien tekeminen haastavaa. Yhtä vahvoja negatiivisia tuottoeroja ei havaita koko havaintojaksolla enää Aasian kriisin jälkeen. Ajanjaksoa edelsi Alquist & Kilian, (2010) mukaan öljyn varautumiskysynnän huomattava kasvu Aasian kriisin aikana ja vähentyminen 1999. Osittain kehitystä tukee siten fundamenttimuuttujissa tapahtuneet muutokset, eikä selitä siten täysin STAR-mallin havaintoja. Tällä on kuitenkin merkitystä arvioitaessa aiempia tutkimustuloksia ajanjaksolta, joihin regimimuutos on voinut vaikuttaa.

Korkomuuttujan havaittiin tuottavan lineaarisuuden hylkäävä tulos tutkittaessa indikaattorimuuttujia tasaisen rakennemuutoksen malliin. Aiemman kirjallisuuden pohjalta erityisesti nollakorkojen yhteys cash and carry-hypoteesiin ja tuottoeroihin on siten aiheellinen jatkotutkimus. Ajallisesti nollakorkojen ja matalan inflaation aika kehittyneissä talouksissa on yhtenevä positiivisten ja lähellä nolaa olevien tuottoerojen kanssa. Koska tässä tutkimuksessa käytettiin korkokorjattuja tuottoeron muuttujia, olisi koron käyttäminen kynnyksimuuttujana tasaisen rakennemuutoksen mallissa tai muuttujana vektoriautoregressiivisessä mallissa saattanut aiheuttaa kuitenkin osittain harhaisia tuloksia.

Markkinadynamiikan muutos voi kuitenkin olla aiemman kirjallisuuden ja tämän tutkimuksen tulosten perusteella usean tekijän aiheuttamaa. Tämän tutkimuksen tulosten ulkopuolelta voidaan löytää huomattavasti muuttuneita tekijöitä niin öljymarkkinoiden sisäisestä muutoksesta uusien öljylähteiden ja kysynnän ja tarjonnan epätasapainonkin muodossa. Hyödykemarkkinoiden ja osakemarkkinoiden lähentyminen on voinut synnyttää riskin välittymistä markkinoilta toiselle. Finanssikriisin jälkeen mittavat elvytystoimet niin Euroopassa kuin Yhdysvalloissakin ja sitä seurannut nollakorkojen aika on voinut aikaansaada hyötymismahdollisuuden carry tradea hyödyntämällä ja on ehdottomasti lisätutkimuksia vaativa aihe. Pois ei voi kuitenkaan sulkea öljymarkkinoiden sisäisiä muutoksia, jotka ovat voineet vaikuttaa osaltaan markkinadynamiikkaan. Uusien öljylähteiden hyödyntäminen, OPECin roolin merkityksen vähentyminen ja kysynnän ja tarjonnan epätasapaino markkinoiden muutoksessa on voinut aikaansaada myös futuurimarkkinoiden dynamiikan muutosta.

## LÄHTEET

- Alquist, R., & Kilian, L. (2010). What do we learn from the price of crude oil futures? *Journal of Applied Econometrics*, 25(4), 539-573.
- Amano, R. A., & Van Norden, S. (1998). Oil prices and the rise and fall of the US real exchange rate. *Journal of International Money and Finance*, 17(2), 299-316.
- Antonakakis, N., Chatziantoniou, I., & Filis, G. (2014). Dynamic spillovers of oil price shocks and economic policy uncertainty. *Energy Economics*, 44, 433-447.
- Arouri, M. E. H. (2011). Does crude oil move stock markets in Europe? A sector investigation. *Economic Modelling*, 28(4), 1716-1725.
- Baffes, J., Kose, M. A., Ohnsorge, F., & Stocker, M. (2015). The great plunge in oil prices: Causes, consequences, and policy responses. *Consequences, and Policy Responses (June 2015)*,
- Baker, S. R., Bloom, N., & Davis, S. J. (2016). Measuring economic policy uncertainty. *The Quarterly Journal of Economics*, 131(4), 1593-1636.
- Barsky, R. B., & Kilian, L. (2004). Oil and the macroeconomy since the 1970s. *Journal of Economic Perspectives*, 18(4), 115-134.
- Basak, S., & Pavlova, A. (2016). A model of financialization of commodities. *The Journal of Finance*, 71(4), 1511-1556.
- Basher, S. A., Haug, A. A., & Sadorsky, P. (2012). Oil prices, exchange rates and emerging stock markets. *Energy Economics*, 34(1), 227-240.
- BP statistical review of world energy. (2019). (). London: Haettu osoitteesta: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>
- Brent crude futures. (2019). Haettu osoitteesta: <https://www.theice.com/products/219/Brent-Crude-Futures/specs>
- Brooks, C. (2008). *Introductory econometrics for finance* (2nd ed ed.). Cambridge England ; New York: Cambridge University Press.
- Büyüksahin, B., & Robe, M. A. (2014). Speculators, commodities and cross-market linkages. *Journal of International Money and Finance*, 42, 38-70.
- Carollo, S. (2012). *Understanding oil prices: A guide to what drives the price of oil in today's markets* John Wiley & Sons.
- Casassus, J., & Collin-Dufresne, P. (2005). Stochastic convenience yield implied from commodity futures and interest rates. *The Journal of Finance*, 60(5), 2283-2331.
- Cboe. (2019). Haettu osoitteesta: <http://www.cboe.com/products/vix-index-volatility>
- Cheng, I., & Xiong, W. (2014). Financialization of commodity markets. *Annu.Rev.Financ.Econ.*, 6(1), 419-441.
- CME group (2018). Haettu osoitteesta: <https://www.cmegroup.com/trading/why-futures/welcome-to-nymex-wti-light-sweet-crude-oil-futures.html>
- Considine, T. J., & Larson, D. F. (2001). Uncertainty and the convenience yield in crude oil price backwardations. *Energy Economics*, 23(5), 533-548.

- Dijk, D. v., Teräsvirta, T., & Franses, P. H. (2002). Smooth transition autoregressive models—a survey of recent developments. *Econometric Reviews*, 21(1), 1-47.
- Domanski, D., & Heath, A. (2007). Financial investors and commodity markets.
- Duffie, D., & Stein, J. C. (2015). Reforming LIBOR and other financial market benchmarks. *Journal of Economic Perspectives*, 29(2), 191-212.
- Economic policy uncertainty (2012). Haettu osoitteesta: [http://www.policyuncertainty.com/bbd\\_monetary.html](http://www.policyuncertainty.com/bbd_monetary.html)
- EIA. (2019). What drives crude oil prices? Haettu osoitteesta: [https://www.eia.gov/finance/markets/crudeoil/financial\\_markets.php](https://www.eia.gov/finance/markets/crudeoil/financial_markets.php)
- Enders, W. (2004). *Applied econometric time series* (2nd ed ed.). Hoboken (NJ): Wiley.
- Fattouh, B. (2010). The dynamics of crude oil price differentials. *Energy Economics*, 32(2), 334-342.
- Fattouh, B. (2011). An anatomy of the crude oil pricing system Oxford Institute for Energy Studies.
- Fattouh, B., Kilian, L., & Mahadeva, L. (2013). The role of speculation in oil markets: What have we learned so far? *The Energy Journal*, , 7-33.
- Geman, H., & Ohana, S. (2009). Forward curves, scarcity and price volatility in oil and natural gas markets. *Energy Economics*, 31(4), 576-585.
- Hamilton, J. D. (1983). Oil and the macroeconomy since world war II. *Journal of Political Economy*, 91(2), 228-248.
- Hamilton, J. D. (2008). Oil and the macroeconomy. *The New Palgrave Dictionary of Economics*, 2
- Hamilton, J. D. (2009). Understanding crude oil prices . *The Energy Journal, International Association for Energy Economics*, 30(2), 179-206.
- Hamilton, J. D., & Wu, J. C. (2014). Risk premia in crude oil futures prices. *Journal of International Money and Finance*, 42, 9-37.
- Hammoudeh, S., & Aleisa, E. (2004). Dynamic relationships among GCC stock markets and NYMEX oil futures. *Contemporary Economic Policy*, 22(2), 250-269.
- Hotelling, H. (1931). The economics of exhaustible resources. *Journal of Political Economy*, 39(2), 137-175. Haettu osoitteesta: <https://www.jstor.org/stable/1822328>
- Hull, J., C. (2014). *Options, futures and other derivatives* (8th ed.). Boston: Pearson.
- Jones, C. M., & Kaul, G. (1996). Oil and the stock markets. *The Journal of Finance*, 51(2), 463-491.
- Junttila, J., Pesonen, J., & Raatikainen, J. (2018). Commodity market based hedging against stock market risk in times of financial crisis: The case of crude oil and gold. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 56, 255-280.
- Kaldor, N. (1939). Speculation and economic stability. *The Review of Economic Studies*, 7(1), 1-27. doi:10.2307/2967593
- Kilian, L. (2009). Not all oil price shocks are alike: Disentangling demand and supply shocks in the crude oil market. *American Economic Review*, 99(3), 1053-1069.



- Kilian, L., & Hicks, B. (2013). Did unexpectedly strong economic growth cause the oil price shock of 2003–2008? *Journal of Forecasting*, 32(5), 385-394.
- Kočenda, E., & Černý, A. (2015). *Elements of time series econometrics: An applied approach* Charles University in Prague, Karolinum Press.
- Kolodziej, M., Kaufmann, R. K., Kulatilaka, N., Bicchetti, D., & Maystre, N. (2014). Crude oil: Commodity or financial asset? *Energy Economics*, 46, 216-223.
- Lee, J., & Strazicich, M. C. (2003). Minimum lagrange multiplier unit root test with two structural breaks. *Review of Economics and Statistics*, 85(4), 1082-1089.
- Levine, S., Taylor, G., Arthur, D., Tolleth, & Michael. (2014). *Understanding crude oil and product markets*. (). Haettu osoitteesta: <https://www.api.org/~media/Files/Oil-and-Natural-Gas/Crude-Oil-Product-Markets/Crude-Oil-Primer/Understanding-Crude-Oil-and-Product-Markets-Primer-High.pdf>
- Lippi, F., & Nobili, A. (2012). Oil and the macroeconomy: A quantitative structural analysis. *Journal of the European Economic Association*, 10(5), 1059-1083.
- Litzenberger, R. H., & Rabinowitz, N. (1995). Backwardation in oil futures markets: Theory and empirical evidence. *The Journal of Finance*, 50(5), 1517-1545. doi:10.2307/2329325
- Luukkonen, R., Saikkonen, P., & Teräsvirta, T. (1988). Testing linearity against smooth transition autoregressive models. *Biometrika*, 75(3), 491-499.
- McAleer, M., & Medeiros, M. C. (2008). Realized volatility: A review. *Econometric Reviews*, 27(1-3), 10-45.
- Miller, J. I., & Ratti, R. A. (2009). Crude oil and stock markets: Stability, instability, and bubbles. *Energy Economics*, 31(4), 559-568.
- Nikitopoulos, C. S., Squires, M., Thorp, S., & Yeung, D. (2017). Determinants of the crude oil futures curve: Inventory, consumption and volatility. *Journal of Banking & Finance*, 84, 53-67.
- OPEC  
 . (2019). Haettu osoitteesta: [https://www.opec.org/opec\\_web/en/about\\_us/25.htm](https://www.opec.org/opec_web/en/about_us/25.htm)
- OPEC statute (2012). OPEC. Haettu osoitteesta: [https://www.opec.org/opec\\_web/static\\_files\\_project/media/downloads/publications/OPEC\\_Statute.pdf](https://www.opec.org/opec_web/static_files_project/media/downloads/publications/OPEC_Statute.pdf)
- Park, J., & Ratti, R. A. (2008). Oil price shocks and stock markets in the US and 13 european countries. *Energy Economics*, 30(5), 2587-2608.
- Perron, P. (2006). Dealing with structural breaks. *Palgrave Handbook of Econometrics*, 1(2), 278-352.
- Pindyck, R. S. (2001). The dynamics of commodity spot and futures markets: A primer. *The Energy Journal*, , 1-29.
- Routledge, B. R., Seppi, D. J., & Spatt, C. S. (2000). Equilibrium forward curves for commodities. *The Journal of Finance*, 55(3), 1297-1338.
- Sadorsky, P. (1999). Oil price shocks and stock market activity. *Energy Economics*, 21(5), 449-469.
- Sadorsky, P. (2001). Risk factors in stock returns of canadian oil and gas companies. *Energy Economics*, 23(1), 17-28.

- Sari, R., Hammoudeh, S., & Soytas, U. (2010a). Dynamics of oil price, precious metal prices, and exchange rate. *Energy Economics*, 32(2), 351-362.
- Sari, R., Hammoudeh, S., & Soytas, U. (2010b). Dynamics of oil price, precious metal prices, and exchange rate. *Energy Economics*, 32(2), 351-362.
- Sévi, B. (2015). Explaining the convenience yield in the WTI crude oil market using realized volatility and jumps. *Economic Modelling*, 44, 243-251.
- Silvennoinen, A., & Thorp, S. (2013). Financialization, crisis and commodity correlation dynamics. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 24, 42-65.
- Tang, K., & Xiong, W. (2012). Index investment and the financialization of commodities. *Financial Analysts Journal*, 68(6), 54-74.
- Working, H. (1949). The theory of price of storage. *The American Economic Review*, 39(6), 1254-1262. Haettu osoitteesta: <https://www.jstor.org/stable/1816601>

## LIITE

Liite 1 Epälinearisuustestin P-arvot

Indikaattorimuuttuja: 3kk tuottoero				
	3kk tuottoero	Öljyvarastot	Kulutus	VIX
Lineaarisuus	0,0000***	0,0540*	0,2834	0,6574
H1	0,2739	0,4128	0,6829	0,6893
H2	0,0000***	0,8951	0,922	0,2696
H3	0,0085***	0,0019***	0,0204**	0,776
H12	0,0000***	0,7324	0,8962	0,4755

Indikaattorimuuttuja: Öljyvarastot				
	3kk tuottoero	Öljyvarastot	Kulutus	VIX
Lineaarisuus	0,1022	0,0077***	0,1207	0,7949
H1	0,9207	0,0421**	0,0227**	0,4795
H2	0,1305	0,0057***	0,1904	0,8262
H3	0,0241**	0,3729	0,8582	0,6614
H12	0,4457	0,0035***	0,0343**	0,7293

Indikaattorimuuttuja: Kulutus				
	3kk tuottoero	Öljyvarastot	Kulutus	VIX
Lineaarisuus	0,6812	0,1448	0,0065***	0,9253
H1	0,3259	0,5901	0,8334	0,6401
H2	0,943	0,3078	0,2542	0,8895
H3	0,4562	0,0438**	0,0001***	0,8083
H12	0,7073	0,4544	0,5455	0,8582

Indikaattorimuuttuja: VIX				
	3kk tuottoero	Öljyvarastot	Kulutus	VIX
Lineaarisuus	0,0007***	0,1843	0,347	0,0749*
H1	0,0031***	0,3547	0,6671	0,0699*
H2	0,0164**	0,3822	0,4423	0,1466
H3	0,0806*	0,1045	0,1316	0,3189
H12	0,0011***	0,369	0,6032	0,0610*

Indikaattorimuuttuja: R <sub>vol</sub>				
	3kk tuottoero	Öljyvarastot	Kulutus	VIX
Lineaarisuus	0,1227	0,845	0,4563	0,0134**
H1	0,0247**	0,6459	0,1762	0,3913

H2	0,1708	0,6737	0,5652	0,6457
H3	0,9364	0,7035	0,6364	0,0008***
H12	0,0239**	0,7655	0,3173	0,5722

Indikaattorimuuttuja: T-biil 3kk korko				
	3kk tuottoero	Öljyvarastot	Kulutus	VIX
Lineaarisuus	0,0047***	0,7863	0,889	0,0158**
H1	0,0703*	0,8305	0,8793	0,2787
H2	0,3758	0,2144	0,2967	0,2075
H3	0,0040***	0,9247	0,9613	0,0090***
H12	0,1147	0,5103	0,6404	0,1944

Indikaattorimuuttuja: MPU				
	3kk tuottoero	Öljyvarastot	Kulutus	VIX
Lineaarisuus	0,1073	0,1127	0,1071	0,3348
H1	0,0143**	0,7251	0,1044	0,6526
H2	0,3354	0,1275	0,2511	0,9127
H3	0,6972	0,0531*	0,2304	0,0339**
H12	0,0412**	0,33	0,1221	0,878

Indikaattorimuuttuja: Aika				
	3kk tuottoero	Öljyvarastot	Kulutus	VIX
Lineaarisuus	0,417	0,923	0,9918	0,0132**
H1	0,0749*	0,7486	0,9374	0,3836
H2	0,9602	0,5407	0,7653	0,0069***
H3	0,4515	0,9366	0,9483	0,14
H12	0,3794	0,7444	0,9527	0,0189**

\*, \*\*, \*\*\* Indikoivat tilastollista merkitsevyyttä 10, 5, ja 1 prosentin riskitasoilla.

## Liite 2 Granger-kausalisuuksien p-arvot 1992-2019

	3kk tuottoero	Varastot	Kulutus	R <sub>vol</sub>	MPU
3kk tuottoero	0,0000***	0,0112**	0,2649	0,4389	0,7281
varastot	0,4644	0,7918	0,6679	0,1796	0,1072
kulutus	0,8707	0,0000***	0,0830	0,0376**	0,1154
R <sub>vol</sub>	0,3815	0,9947	0,4195	0,0000***	0,1950
MPU	0,2956	0,4200	0,8405	0,9384	0,0000***
	3kk tuottoero	Varastot	Kulutus	R <sub>vol</sub>	
3kk tuottoero	0,0000***	0,0127**	0,2770	0,3780	
varastot	0,3335	0,6876	0,7003	0,2006	
kulutus	0,7265	0,0000***	0,0552*	0,0543	
R <sub>vol</sub>	0,4572	0,9816	0,4079	0,0000***	
	8kk tuottoero	Varastot	Kulutus	R <sub>vol</sub>	MPU
8kk tuottoero	0,0000***	0,0419**	0,4594	0,9091	0,1600
varastot	0,5761	0,7480	0,6918	0,1654	0,1032
kulutus	0,7765	0,0000***	0,0833*	0,0419**	0,1194
R <sub>vol</sub>	0,1818	0,9893	0,4280	0,0000***	0,1734
MPU	0,1546	0,4170	0,8347	0,9580	0,0000***
	8kk tuottoero	Varastot	Kulutus	R <sub>vol</sub>	
8kk tuottoero	0,0000***	0,0435**	0,4798	0,6827	
varastot	0,4438	0,6344	0,7304	0,1832	
kulutus	0,6341	0,0000***	0,0548*	0,0602*	
R <sub>vol</sub>	0,2351	0,9998	0,4169	0,0000***	

\*, \*\*, \*\*\* Indikoivat tilastollista merkitsevyyttä 10, 5, ja 1 prosentin riskitasoilla.

## Liite 3 Granger-kausalisuuksien p arvot 1/1992-8/2008

	3kk tuottoero	Varastot	Kulutus	R <sub>vol</sub>	MPU
3kk tuottoero	0,0000***	0,0097***	0,4065	0,7507	0,6680
varastot	0,5341	0,4477	0,6509	0,3234	0,3167
kulutus	0,5100	0,0000***	0,4855	0,0715*	0,3355
R <sub>vol</sub>	0,2332	0,7048	0,2637	0,0000***	0,3214
MPU	0,6475	0,3723	0,8896	0,5869	0,0000***
	3kk tuottoero	Varastot	Kulutus	R <sub>vol</sub>	
3kk tuottoero	0,0000***	0,0091***	0,4026	0,7953	
varastot	0,5131	0,4690	0,6426	0,3937	
kulutus	0,4902	0,0000***	0,4924	0,0924	
R <sub>vol</sub>	0,2208	0,7310	0,2588	0,0000***	
	8kk tuottoero	Varastot	Kulutus	R <sub>vol</sub>	MPU
8kk tuottoero	0,0000***	0,0441**	0,7065	0,6540	0,1537
varastot	0,6143	0,4132	0,6721	0,3260	0,3119
kulutus	0,3998	0,0000***	0,4773	0,0710*	0,3327
R <sub>vol</sub>	0,3839	0,6218	0,2917	0,0000***	0,3120
MPU	0,4186	0,3742	0,8823	0,5821	0,0000***

	8kk tuottoero	Varastot	Kulutus	R <sub>vol</sub>
8kk tuottoero	0,0000***	0,0400**	0,6971	0,8069
varastot	0,6006	0,4320	0,6650	0,3977
kulutus	0,3892	0,0000***	0,4830	0,0920*
R <sub>vol</sub>	0,3732	0,6451	0,2873	0,0000***

\*, \*\*, \*\*\* Indikoivat tilastollista merkitsevyyttä 10, 5, ja 1 prosentin riskitasoilla.

Liite 4 Granger-kausalisuuksien p-arvot 9/2008-1/2019

	3kk tuottoero	Varastot	Kulutus	R <sub>vol</sub>	MEPU
3kk tuottoero	0,0000	0,8394	0,4463	0,0603	0,9366
varastot	0,4607	0,1002	0,8971	0,5464	0,0314
kulutus	0,6303	0,0000	0,0044	0,1977	0,0333
R <sub>vol</sub>	0,0018	0,4580	0,5683	0,0000	0,0449
MEPU	0,5709	0,9768	0,8967	0,6355	0,0000

	3kk tuottoero	Varastot	Kulutus	R <sub>vol</sub>
3kk tuottoero	0	0,8638026	0,402659	0,0346961
varastot	0,0931021	0,258465	0,7876234	0,8351468
kulutus	0,8230612	0,0000535	0,001512	0,606851
R <sub>vol</sub>	0,01891	0,7218601	0,4808406	0

	8kk tuottoero	Varastot	Kulutus	R <sub>vol</sub>	MEPU
8kk tuottoero	0.0000000	0.7885184	0.3418313	0.3745547	0.7084261
varastot	0.4537492	0.0975713	0.9058996	0.5786647	0.0336632
kulutus	0.5591081	0.0000226	0.0042910	0.1752636	0.0311164
R <sub>vol</sub>	0.0000832	0.5353766	0.5165235	0.0004627	0.0199458
MEPU	0.6012113	0.9824381	0.9027717	0.6581200	0.0000000

	8kk tuottoero	Varastot	Kulutus	R <sub>vol</sub>
8kk tuottoero	0.0000000	0.8293120	0.3427209	0.2740634
varastot	0.1154809	0.2605685	0.8023066	0.9025759
kulutus	0.8755430	0.0000574	0.0015226	0.5695297
R <sub>vol</sub>	0.0042607	0.8080878	0.4459899	0.0000000

\*, \*\*, \*\*\* Indikoivat tilastollista merkitsevyyttä 10, 5, ja 1 prosentin riskitasoilla.