

Risikostyring for bunkerspris fluktuasjoner med terminkontrakter



Universitetet
i Stavanger

Tony Nguyen
Student nr: 219240

Veileder: Bård Misund

DET SAMFUNNSVITENSKAPELIGE FAKULTET,
HANDELHØGSKOLEN VED UIS
MASTEROPPGAVE I ØKONOMI OG ADMINISTRASJON



Universitetet
i Stavanger

DET SAMFUNNSVITENSKAPELIGE FAKULTET,

HANDELSHØGSKOLEN VED UIS

MASTEROPPGAVE

STUDIEPROGRAM:

Master i økonomi og administrasjon

OPPGAVEN ER SKREVET INNEN FØLGENDE SPESIALISERINGSRETNING: Anvendt Finans

ER OPPGAVEN KONFIDENSIELL? Nei

TITTEL: Risikostyring for bunkerspris fluktasjoner med terminkontrakter

ENGELSK TITTEL: Risk management for bunker price fluctuations with futures

FORFATTER(E)

VEILEDER:

Bård Misund

Studentnummer:

219240

Navn:

Tony Nguyen

OPPGAVEN ER MOTTATT I TO – 2 – INNBUNDNE EKSEMPLARER

Stavanger,/..... 2014 Underskrift administrasjon:.....

FORORD

Denne oppgaven er skrevet som en avsluttende del av Masterstudie i økonomi og administrasjon ved Universitetet i Stavanger. Oppgaven går ut på å hedge bunkersprisen med futureskontrakter.

Valg av tema for masteroppgaven kommer av egen interesse og påvirkningen av omgivelsene rundt skoleområdet. På Universitetet i Stavanger og Stavanger by generelt er det mye fokus rundt olje. Dette er en av grunnene til hvorfor jeg har valgt et slik tema for masteroppgaven. Risikoen rundt oljen fører til at en kan benytte derivater på utallige mange måter til å redusere risikoen.

Helt fra første stund da jeg begynte å arbeide med denne oppgaven har jeg møtt på mange faglige utfordringer av ulike slag der jeg har vært nødt til å strekke meg utover pensum. Dette har vært enormt lærerikt, og slik jeg ser det, en fordelaktig erfaring som jeg tar med meg videre i livet.

Jeg vil gjerne bruke denne anledningen til å takke min veileder Bård Misund med gode tilbakemeldinger.

Helt til slutt vil jeg takke familie, venner og Lucky for god støtte under masteroppgaveperioden.

Stavanger, juni 2014

Tony Nguyen

Sammendrag

Denne teoretiske og empiriske oppgaven er basert på hedging med petroleumskontrakter mot bunkersprisfluktuasjoner. Formålet med oppgaven er å undersøke hvilken av futureskontraktene med forskjellige forfallsdatoer har størst variansreduksjon for en hedget portefølje. Perioden er mellom januar 2003 og desember 2013 med ukentlige data.

Oppgaven bygger på sammenligning av ulike futureskontrakter opp mot bunkerspris fluktuasjoner. Siden bunkersfutures ikke er aktivt handlet har jeg valgt å bruke WTI, Brent og fyringsolje kontrakter for å hedge mot fluktuasjoner i bunkersprisen.

Shippingmarkedet er fylt med usikkerhet og risiko. Ved bruk av futureskontrakter kan den redusere risikoen. Etter å ha gjennomført korrelasjonsmatrisen mellom bunkersolje og alle de ulike futureskontraktene, endte resultatet med at Brent råolje har størst korrelasjon med bunkersoljen.

Deretter studerer jeg hedgingeffektiviteten med ulike estimerte hedgeratioer. Modeller som har blitt brukt for å estimere konstante hedgeratioer er klassisk lineær regresjonsmodell og en Var-modell. Finansielle tidsserier er vanligvis veldig dynamiske og derfor vil jeg bruke Var-GARCH-modellen for å estimere tidsvarierende hedgeratioer. Dette Var-GARCH-modellen har en tidsvarierende betinget korrelasjonskoeffisient mellom spot- og futuresprisen, som dermed generer mer realistisk tidsvarierende hedgeratio. Etter å ha sammenlignet hedgingeffektiviteten for modellene, endte Var-GARCH totalt sett best. Brent- og fyringsolje fikk høyest hedgingeffektivitet med tidsvarierende hedgeratio, mens for WTI var det med konstant hedgeratio.

Etter å ha gjennomført analysen, kan jeg konkludere med at modeller med tidsvarierende hedgeratio kommer bedre ut enn modeller med konstant hedgeratio. Selv om resultatet for tidsvarierende hedgeratio kommer ut høyest, er hedgingeffektiviteten veldig svakt. Hedgingeffektiviteten med Var-GARCH varierer fra 24,51 % til 40,00%, og dette er meget lite i forhold til andre finansmarkeder.

Innholdsfortegnelse

FORORD	i
Sammendrag	ii
Figur og tabell oversikt	v
Innledning	1
1. Introduksjon av Shipping markedet	2
1.1 Shipping markedet	3
1.2 Sentrale havner i shippingbransjen	5
2. Risikostyring	6
2.1 Usikkerhet i Shipping	6
2.2 Hvorfor selskaper bør hedge	7
2.3 Derivater	9
3. Data	12
3.1 Datagrunnlag	12
3.2 Beskrivende statistikk	15
4. Teori	18
4.1 Hedging med futureskontrakter	18
4.2 Minimum Varians Hedge Ratio (MVHR)	20
4.2 Optimal antall kontrakter	23
4.3 Uhedget og Naive hedge portefølje	23
4.4 Klassisk lineær regresjonsmodell for tidsseriedata (CLRM)	24
4.5 Regresjonskorrigerende av autokorrelasjon	26
5. Metode	27
5.1 Optimal Hedgeratio og hedgingeffektivitet med CLRM modellen	27
5.2 Testing av forutsetningen	29
5.3 Stasjonær og enhetsrøtter	32
5.4 Hedging med VAR og VECM	34
5.5 Dynamisk hedgeratio med ARCH og GARCH modeller	38
6. Analyse	40
6.1 Optimal hedge ratio og hedge effektivitet analyse	40

6.1.1 Testing for autorkorrelasjon med Breusch-Godfrey test	41
6.1.2 Testing for heteroskedasitet med White 's test.....	42
6.1.3 Testing for normalitet med Jarque-Bera test	42
6.1.4 Testing for enhetsrøtter: med Dickey-fuller test.....	43
6.2 Bruk av klassisk lineær regresjon for å analysere hedgeratio og hedgeeffektivitet mellom Bunkersolje og terminkontraktene fra 2003-2013.....	43
6.2.1 Oppsummering av varians sammenligninger for konstant hedge ratio.....	46
6.3 Valg av riktig modell	47
6.3.1 Diagnostetest for residuaene	48
6.3.2 Hedging med tidsvarierende hedgeratioer	49
6.3.3 Oppsummering av varians sammenligninger med tidsvarierende hedgeratio.....	50
7. Avslutning og konklusjon.....	52
8. Referanser	54
9. Appendiks	57
Appendiks 1 Bunker salg (i 000 tonn).....	57
Appendiks 2 Konverteringsfaktorer for oljepriser.....	57
Appendiks 3 Prisendringer for WTI i perioden	57
Appendiks 4 Prisendringer for Brent i perioden.....	58
Appendiks 5 Prisendringer for fyringsolje i perioden.....	58
Appendiks 6 Rullende korrelasjon mellom spot og WTI kontrakter i fatpriser for perioden 2003-2013.....	59
Appendiks 7 Rullende korrelasjon mellom spot og Brent kontrakter i fatpriser for perioden 2003-2013.....	59
Appendiks 8 Rullende korrelasjon mellom spot og fyringsoljekontraktene i gallonspriser for perioden 2003-2013.....	60
Appendiks 9 Breusch-Godfrey og Durbin-Watson test	60
Appendiks 10 White test	61
Appendiks 11 Jarque Bera test	62
Appendiks 12 Test for stasjonæritet	63
Appendiks 13 Tabellen presenter optimal forsinkelse-lengde med	64
<<Schwarz Information Criterion>>	64
Appendiks 14 Johansen kointegrasjon	64
Appendiks 15 Maksimum likelihood for WT11	66
Appendiks 16 Estimert betinget varians-kovarians med BEKK VAR-GARCH	66

Figur og tabell oversikt

Figur 1 Regionalere av bunkershavner.....	5
Figur 2 Bunkersolje for perioden.....	13
Figur 3 Sammenligning av alle prisene for perioden.....	16
Figur 4 Variasjonen av basis over en periode	18
Figur 5 Optimal hedgeratio og regresjon	20
Figur 6 fremstilling av heteroskedasitet.....	30
Figur 7 Konstant- versus dynamisk hedgeratio.....	49

Tabell 1 Hedging argumenter.....	7
Tabell 2 Korrelasjonsmatrise.....	16
Tabell 3 Beskrivende statistikk	17
Tabell 4 Resultatet for WTI.....	44
Tabell 5 Resultat for Brent	44
Tabell 6 Resultat for fyringsolje.....	45
Tabell 7 Hedgeratio og hedgingeffektivitet med varians sammenligninger.....	46
Tabell 8 Diagnostetest	48
Tabell 9 Hedgingeffektivitet med varians sammenligninger	50

Begrepsordliste

Basis = differansen mellom spotprisen og prisen på futureskontrakten, eller mellom fjerne og nære kontrakter

Futureskontrakt = En terminkontrakt er en bindende kontrakt mellom to parter om å selge/kjøpe en bestemt vare ved en fastsatt leveringsdato i fremtiden.

Hedge = En risikostyring som brukes i å begrense eller veie opp sannsynligheten for tap fra svingninger i prisene på råvarer, valuta eller verdipapirer.

h^* = Hedgeratio er forholdet av den størrelsen av posisjonen som er tatt i futureskontrakten til å være lik som størrelsen av eksponeringen

Hedgere = En person/selskap som benytter derivater til å sikre seg mot pris fluktuasjoner.

Hedgingeffektivitet = Størrelsen på variansreduksjonen for en hedget portefølje.

In-sample = Det utvalget(samplet) som har blitt valgt for perioden.

Short hedge = Salget av en futureskontrakt eller opsjon på en råvare man eier for å sikre seg mot risikoen for nedgang i prisen.

Long hedge = Transaksjonen som sikrer en fordel eller beskyttelse mot en mulig økning i prisen på en råvare.

Kryss-sikring (Cross-hedge) = Hvor spot og futureskontrakten ikke er like. For eksempel Bunker og en WTI futureskontrakt.

Denne siden skal være tom

Innledning

Historien om shipping strekker seg tilbake tusenvis av år. Siden de første menneskene på jordkloden, har utforskning av havets muligheter vært et ønske. Vi kan for eksempel nevne vikingene som seilte til Konstantinopel, eller da Christofer Columbus oppdaget Amerika. I dag er maritim shipping like viktig som den alltid har vært, hvor global handel står for en stor del av verdensøkonomien.

I markeder som er utsatt for usikkerhet og risiko som, for eksempel volatile priser og sesongvariasjoner, vil bruk av derivater som oftest være en god ide. Shippingmarkedet og energi-markedet som er inkludert bunkersolje (drivstoffet til skip), er slike markeder.

Den største kostnadsposten for shippingindustrien er bunkersoljeutgifter og den står for 50 % av alle operasjonelle kostnader, (Stopford, 1997), noe som reduserer profitten for industrien. Det er empirisk bevis på effektiviteten av hedginginstrumenter mot fluktuasjoner i fraktratene (Kavussanos og Nomikos, 2000). Lignende undersøkelse har blitt gjort av Rasmussen og Tversland (2007), som skrev om hedgingeffektiviteten¹ til Imarex-futuren PM 4TC. Lund (2009) studerte også hedgingeffektiviteten for Imarex-futuren, men for en lengre periode.

Artikkelen «Hedging against bunker price fluctuations using petroleum futures contract; constant versus time-varying hedge ratios» av A. Alizadeh, G. Kavussanos og A. Menachof er hovedkilden bak denne oppgaven. Artikkelen går ut på effektiviteten av å hedge bunkerspris fluktuasjoner i Rotterdam, Singapore og Houston med petroleumskontrakter som råolje fra New York Mercantile Exchange (NYMEX) og International Petroleum Exchange (IPE).

Alizadeh presenterer kryss-hedging mellom bunkerspris og olje futures til å være svakt, og dette kan rapporteres i in-sample analysen med en variansreduksjonen fra 4,9% til 28,25%.

Dette virker veldig interessant, og jeg har dermed valgt å teste hedgingeffektiviteten for bunkersprisen Rotterdam IFO 380 med ulike futureskontrakter WTI, Brent og fyringsolje med forskjellige forfallsdatoer på 1, 3, 6 og 12 måneder. En slik undersøkelse har aldri blitt gjennomført, og dette gir meg ekstra motivasjon til å finne hvilken av kontraktene som gir høyest hedgingeffektivitet.

¹ Variansreduksjon for porteføljen. Tydelig forklart i teori kapitlet.

Problemstillingen for denne oppgaven kan deles opp i to deler:

- Hvilken av futureskontraktene med bestemt forfallsdato gir høyest hedging effektivitet?
- Hvilken av modellene er det som utgir til å estimere optimal hedgingeffektiviteten best?

Hovedformålet med denne avhandlingen er å finne hvilken av futureskontraktene som gir høyest hedgingeffektivitet gjennom ulike hedgeratioer.

Estimering av hedgeratio kan gjennomføres med mange forskjellige metoder og modeller, men for denne oppgaven vil jeg først bruke minimum varians hedge ratio-metoden for ulike modeller. Videre vil det ty til mer avansert økonometrimodell som Var-GARCH modellen for tidsvarierende hedge ratio.

Oppgaven er strukturert slik:

I **Kapittel 1** vil det være en liten introduksjon av shippingmarkedet og hvorfor shipping er viktig for verdensøkonomien.

Kapittel 2 Generell risikostyring med ulike finansielle instrumenter vil bli presentert i dette kapitlet.

I **Kapittel 3** vil det være en presentasjon av datagrunnlaget for oppgaven og beskrivende historisk statistikk for WTI, Brent og fyringsolje.

Kapittel 4 handler om teorien som er grunnlaget til metoden og analysen.

I **Kapittel 5** vil jeg presentere de ulike modellene som kalkulerer optimal hedgeratio. En stor del av oppgaven er å teste om forutsetningene for klassisk lineær regresjonsmodellen holder.

Kapittel 6 Analyse og resultater for forutsetningene og hedgingeffektiviteten for de ulike futureskontraktene.

Kapittel 7 Avslutning og konklusjon.

1. Introduksjon av Shippingmarkedet

Vi lever i et globalt samfunn som er støttet av en global økonomi – og økonomien hadde ikke fungert dersom det ikke hadde vært for shippingindustrien (Naval, 2012). Transporten har gjennom havets sjøruter blitt beregnet som det mest økonomiske og billigste alternativet (Stopford, 1997). Dette gir muligheter til interkontinental handel som bulktransport av råvarer, og import/eksport av rimelig mat- og industrivarer. Land som er rike på råvarer har behov for drive mye eksport, industriland kan omformere råmaterialer til ferdig materialer, som igjen reeksporterer til andre trengende land.

Det er mange som ikke vet hvor stor betydning shipping har for verdenshandelen, men som kun konsentrere seg om det negative, shippingnyheter er som regel om ulykker eller forurensning, men sannheten er at frakt har blitt mye tryggere og renere. (Naval, 2012)

1.1 Shippingmarkedet

Denne delen av oppgaven er ikke så relevant til selve problemstillingen, men det er viktig å forstå hvordan shippingmarkedet er oppdelt og hvor likvid industrien er, noe som kan påvirke bunkersoljeprisen. Tilbud og etterspørsel har en stor påvirkning på alle markeder, spesielt shippingmarkedet som er utsatt for usikkerhet og risiko. Ifølge Stopford (1997) er det fem faktorer som påvirker etterspørselen etter skipsfrakt; **transportkostnader** (inkl. bunkersolje), transportvei, politiske begivenheter, varehandel og ikke minst verdensøkonomien. Shippingmarkedet er delt opp i fire markeder som er; fraktmarked, annenhåndsmarked, nybyggingsmarked og skrapsmarked.

1.1.1 Fraktmarkedet

Før i tiden var kjente møteplasser for å drive frakthandel, Baltic Exchange og Baltic Coffee house i London. I dag så driver handelen gjennom en skipsmegler som, forhandler for begge parter og fremlegger betingelser omkring frakttjenesten. Avtalen har fått navnet fikset. Andre avtaletyper gjennom en skipsmegler kan være Spot, Time-Charter og Bare-Boat.

En spotavtale går ut på hvor mye transporten koster mellom to havner til en fast pris per tonn. En timecharteravtale handler om at befrakteren tar kontroll over skipet og tar per dag (hastigheten av transporten er avhengig av bunkersoljebruk), og denne type avtale kan vare i flere måneder - opptil år.

Siste avtaletypen, Bare-Boat, går ut på utleie av skipet til motparten. Motparten tar seg av alle kostnadene med unntak av kapitalkostnadene. En slik avtale kan ha en varighet opptil flere år, og kan sammenlignes med leasingavtale for biler.

1.1.3 Annenhåndsmarkedet

Kjøp og salg av brukte skip kan forhandles på annenhåndsmarkedet. Dette fører til likviditet i shippingbransjen, samt senke inngangs- og utgangsbarrierene.

1.1.4 Nybyggingsmarkedet

Nybyggingsmarkedet består av ulike typer skipsverft som, for eksempel på vestkysten i Norge, hvor det bygges mer avanserte skip som skal benyttes i oljeindustrien. I Asia bygger det verft som er spesialisert på tørrbulk og tankskip.

Nybyggingsprisen er avhengig av konjunktoren i verdensøkonomien, siden etterspørselsiden er påvirket av finansieringsmuligheter og rentenivå.

1.1.5 Skrapingsmarkedet

Skrapingsmarkedet er svært viktig for en slik bransje, siden det balanserer tilbud og etterspørsel ved å fjerne unødvendige midler fra markedet.

Selve skrapingen krever stor arbeidskraft, men i mange lavkostland som, for eksempel India, Pakistan, og Kina kan se lønnsomheten i skrapingsmarkedet. Salg av skip er veldig avhengig av stålprisen, dersom stålprisen er høy vil det være mer attraktivt å selge (Stopford,1997)

1.2 Sentrale havner i shippingbransjen

Bunkersolje kan handles stort sett over de fleste havner i verden, men markedet kan deles opp i tre store regions markeder; disse markedene er Singapore, Rotterdam og Houston. Singapore har vært lenge et omlastningssenter, på grunn av sin strategiske og geografiske plassering. Dette har ført til at Singapore-havnen er verdens største innen handel av marine drivstoff. I 2012 omsatt Singaporehavnen for ca. 42,7 millioner tonn².

Amsterdam-Rotterdam-Antwerpen (ARA) som er sentrumet for europeisk farvann. Hovedbasen for ARA er Rotterdam og havnen distribuerer omkring 10 millioner bunkersolje årlig. Rotterdam er et knutepunkt for oljeraffinering og lagringsanlegg, som håndtere rundt 100 millioner tonn råolje årlig. Houston dominerer golfkysten og har et raffineringsskapasitet som gir den status som verdensenergi- og oljehovedstad.

Figur 1 Regionale av bunkershavner



Figur 1 presentere oppdelingen og prisene for IFO380 (04.06.2014) i de forskjellige havnene. Kilde:

www.shipandbunker.com/prices

² Antall salg av bunkersolje er gjengitt i appendiks 1.

2. Risikostyring

Hedging blir vanligvis betraktet som en avansert investeringsstrategi, mens prinsippene bak hedging er veldig grunnleggende og enkelt. Det finnes mange forskjellige metoder å hedge, og hovedmålet bak hedging er å redusere risikoen. En perfekt hedge forekommer når risikoen er fullstendig eliminert, noe som er veldig sjeldent. (Hull 2011)

2.1 Usikkerhet i Shipping

Shippingaktiviteter som er preget av usikkerhet har vært kjent ganske lenge, og disse usikkerhetene er blant annet: Fraktpriser, skipspriser, valutakurser, rentesatser, aksjekurser og ikke minst varierende oljepriser.

Mange mener at i et marked med så mange variabler som kan være utsatt for risiko er en ulempe. Det kan sies å være riktig, men det positive er at det finnes velutviklede verktøy for risikostyring og risikoavlastning, som for eksempel hedging av oljepriser.

I denne oppgaven har vi hovedfokus på oljeprisen, og hvordan vi kan minimere usikkerheten ved og hedge futureskontrakter WTI, Brent og fyringsolje.

2.1.1 Short hedges versus Long hedges

Short hedge er en hedgingstrategi som oftest blir brukt av produsenter for å låse prisen på et produkt eller en vare som skal leveres/selges en gang i fremtiden.

Fremgangsmåten er å ta opp short posisjon, for eksempel hvis en eier er redd for prisfall for produktet eller varen som skal leveres, vil short veie opp mot tapet av inntekter av salg av det underliggende.

Long hedge er også en hedgingstrategi som også vil låse prisen på et produkt eller en vare. I dette tilfelle er kjøperen redd for en prisoppgang i fremtiden og ønsker dermed å låse prisen. Ett eksempel vil være fluktuasjoner i oljeprisen.

2.1.2 Argumenter for og mot hedging

Tabell 1 Hedging argumenter

FOR	MOT
Redusere usikkerheten fra rentemarkedet, valuta renter og andre markedsvariabler.	Tap for aksjeeiere.
Fokus på den viktigste virksomheten	Ingen poeng å hedge hvis markedet er effektivt (Null i gevinst ved hedging)
Hedging øker verdi?	Hedging øker ikke verdi?

Tabell 1 presenterer få punkter for og mot argumenter for hedging. Kilder: John Hull 2011 (side 47-50) og www.investiopia.com

2.2 Hvorfor selskaper bør hedge

Det å hedge framtidige drivstoffkostnader er å hindre negative overraskelser, og kanskje framtidig profitt for selskapet. Det er mange andre effekter som forekommer ved hedging, som ikke er relevant til problemstillingen, men det er viktig å vise sammenhengen og hvordan ting fungerer i praksis. Den berømte Miller-Modigliani teoremet (Miller-Modigliani, 1958) innebar at risikostyring vil ikke tilføre ekstra verdi for selskapet. Teoremet er opprinnelig brukt som valg av kapitalstruktur, men kan også brukes til å diskutere risikostyring i praksis. Det er en del forutsetninger i teoremet, og disse er:

- Ingen konkurskostnader
- Skatter
- Transaksjonskostnader
- Asymmetrisk informasjon

Forutsetningen vil ikke alltid holde i praksis, men passer allikevel som et rammeverk for hvordan risikostyring fungerer i praksis.

2.2.1 Ingen konkurskostnader

Som nevnt i kapittel 1 er shippingmarkedet svært kapitalintensiv og store drivstoffkostnader redusere lønnsomheten for selskapet. Dersom selskapet går konkurs vil dette tilføre store kostnader ved salg av tanker, og stopp av pågående operasjoner. Rederen kan bli tvunget til å selge sine eiendeler under markedspris. Hedging kan redusere sannsynligheten for å pådra seg slike økonomiske kostnader, og dermed øke verdien av selskapet for investorer.

2.2.2 Skatter

Med hedging kan et selskap øke skattebesparelsen gjennom gjeldsskjoldet.

Høyere gjeld → Større skattebesparelser

Det er forskjellig fra land til land når det kommer til skattemessig perspektiv. Mange mener at ved å utnytte beskatning for fullt, fører det til at de ikke er i stand til å avskrive tap på sin skatt i samme grad som de er beskattet gevinst.

2.2.3 Transaksjonskostnader

Det er helt åpenbart at det er mer kostbart for enkeltindivider å drive risikostyring enn for et selskap. Grunnen til at selskaper har en fordel er fordi transaksjonskostnadene for et enkeltindivid er en del større enn for selskapet, pluss at selskaper har tilgang til flere derivater som investorer ikke har. Tilstedeværelse av transaksjonskostnader fører til at mange selskaper ikke ønsker og hedge. McDonald (2006) har lagd en liste av hvorfor selskaper ikke ønsker å hedge.

- Høye transaksjonskostnader fører til høye hedging kostnader
- Avanserte finansielle instrumenter og strategiutlegging krever dyre eksperter
- Kostnad for overvåking av transaksjoner og ledelse kontroller må på plass for å hindre uautorisert handel.
- Selskapet må være forberedt på skatte- og regnskapsmessige konsekvenser av hedging. Dette resulterer til mer komplisert rapportering.

2.2.4 Asymmetrisk informasjon

Den siste forutsetningen om hvorfor selskaper bør hedge er asymmetrisk informasjon (AI). AI innebærer en reduksjon i agentkostnader. Ytelsesforbedring kan forklares enten med manageren innsats eller eksterne omgivelser som endringer i bunker og fraktrater har blitt mer synlig, noe som fører til redusering i agentkostnader.

2.3 Derivater

Finansielle markeder har vokst enormt mye siden 1970-tallet, og med dette har markedene blitt større, mer avansert og risikofylt. Da er det viktig med risikostyring, og det kan forklares som et verktøy som identifiserer, analyserer og kontrollerer uventet risiko. En metode for å redusere slike risikoer er å benytte seg av finansielle instrumenter som derivater.

Et derivat kan defineres som et finansielt instrument som har en verdi som avhenger av (eller stammer fra) verdiene av andre, mer grunnleggende og underliggende variables (Hull,2011)

Derivaterhandel foregår på børsmarkedet eller <<Over-The-Counter>> (OTC) markeder.

Derivatbørser har eksistert en god stund og er kjent som ramaskriksystemet på Wall-Street gulvet, hvor menn og kvinner skriker og veiver rundt med hendene for å indikere handelen de ønsker å gjøre. Slike børser er nå erstattet med <<electronic trading out>>, elektronisk handel foregår med datamaskiner.

Elektronisk handel har sine virkninger som, for eksempel en økning i algoritme handel, bedre kjent, robohandel. Robohandel betyr at det er programmer tar overhånd av kjøp og salg uten menneskelig inngrep.

Den andre type derivathandel er i OTC-marked, hvor handelen foregår via en telefon- eller datamaskinnettverk mellom partene. Partene kan være mellom to finansielle institusjoner, eller en institusjon og en klient. Her blir partene selv enige om underliggende instrumenter, bortfallsdag, innløsningskurs og håndtering av selskapshendelser etc³. I Norge har vi en derivatbørs (Oslobørs) som leverer standardiserte derivater og <<Tailor-made>> (OTC) derivater

³ (<http://www.oslobors.no/Oslo-Boers/Handel/Instrumenter/Derivater/TM-derivater-paa-Oslo-Connect> tatt ut 01.06.2014)

som handles på Oslo Connect.

De mest brukte derivatene er Futures, Forwards, Opsjoner og Swaps. Med disse derivatene er det mulig å tjene penger, eller sikre seg mot tap på fallende, stigende eller stille marked.

Det er tre hovedgrunner til bruk av derivater:

- Sikre fremtidige kjøp- eller salgskurs
- Beskytte porteføljen
- Øke avkastningen i et sidelengs marked

Derivater kan sikre fremtidige kjøp eller salgskurs med for eksempel Short og Long hedges som ble forklart tidligere. Derivater er ofte brukt til å beskytte porteføljer eller øke avkastningen i et sidelengs marked.

2.3.1 Forwards

En forwardskontrakt er en enighet mellom to parter som kjøper eller selger en spesifikt eiendel, til et spesifikt tidspunkt i fremtiden, for en avtalt pris i dag. Kontrakten er OTC type, noe som betyr at kontrakten er spesiallagd for de to partene. Avtalen blir ofte gjennomført av en megler. Forwardskontrakt er det motsatte av en spotkontrakt, som er en avtale av kjøp eller salg av en – eiendel i dag. Den største forskjellen mellom forwards enn futures er at førstnevnte omsettes på OTC-markeder, men futures omsettes på derivatbørser som for eksempel Oslobørs.

Et eksempel på forwardskontrakt kan være mellom en bonden og Gilde, hvor det forhandles kjøttprodukter. Bonden er redd for at prisen på kjøttet går ned i mai, mens Gilde er redd for at prisen for kjøtt går opp i mai. Begge parter avtaler en pris som har en forfallsdato i mai og slipper da å være redd for pris fluktasjoner for kjøtt i mai.

2.3.2 Futures

En futureskontrakt er en enighet mellom to parter som kjøper eller selger en spesifikt eiendel til et spesifikt tidspunkt i fremtiden, for en avtalt pris i dag. I motsetning til forwards, blir futureskontrakter normal sett omsatt på børs og omsettes daglig. Denne fremgangsmåten er kjent for merking-til-markedet. Så lenge markedet er likvid, er det mulig å lukke en posisjon til hvilken som helst tidspunkt. Det positive med standardiserte avtaler er at partene ikke trenger å kjenne hverandre, og at kontrakten skal bli opprettholdt.

En av de største markedene for futureshandel er på CME Group, som er en sammenslåing av Chicago Board Of Trade (CBOT) og Chicago Mercantile Exchange (CME) (Hull, 2011).

På disse børsene, eller andre børser i verden, vil det være stor variasjon av futureskontrakter av råvarer som: kjøtt, sukker, ull, aluminium, gull og tinn. Det er også finansielle eiendeler som aksjeindekser, valuta og obligasjoner.

2.3.3 Opsjoner

Det er to typer opsjoner, og disse kan handles både på børs- og OTC markeder.

- En kjøpsopsjon gir innehaveren rett til å kjøpe underliggende aktiva innen en bestemt dato – til en viss pris.
- En salgsopsjon gir innehaveren rett til å selge underliggende aktiva innen en bestemt dato – til en viss pris.

Kontrakten er kjent for begge parter, samt innløsningspris. Kjøps- og salgsopsjoner kan være europeiske eller amerikanske. Forskjellen er at amerikanske opsjoner kan utøves når som helst frem til utløpsdatoen, mens europeiske kan kun utøves ved utløpsdatoen. På børs er det vanlig og trade amerikanske opsjoner. (Hull, 2011)

2.3.4 Swaps

Den første swaphandelen ble utført på tidlig 1980-tallet. Siden da har swap vært en stor del av derivatmarkedet. En swap er OTC-avtale mellom to parter som utveksler kontantstrømmer i fremtiden. En swap-avtale består av datoer hvor kontantstrømmen skal innbetales, og på hvilken måte de beregnes. Vanligvis blir kalkulasjonen beregnet av fremtidsverdi, rente og valutakurs eller andre markedsvariabel. (Hull,2011)

3. Data

Denne delen av oppgaven går ut på beskrivelse av forskjellige oljetyper, og er datagrunnlaget for denne oppgaven. Priser av bunkersolje og kontraktene er omsatt i forskjellige størrelse, som for eksempel Bunkersolje selges i tonn, WTI- og Brent råolje selges i fat og fyringsolje i gallon. Alt av data har blitt konvertert til fat⁴ og i logaritmiske priser.

3.1 Datagrunnlag

Datagrunnlaget for denne oppgaven består av futureskontrakter i oljemarkedet og bunkersolje. Disse ulike futureskontrakten er West Texas Intermediate (WTI), Brent Blend (BR) og fyringsolje (Heating Oil – HO). Noen av fordelene med å handle futureskontrakter er at de er omsatt på derivatbørser, likvide og kan videre omsettes før kontrakten utløper.

3.1.1 Bunkersolje

Bunkersolje er en av de store driftskostnadene for shippingselskapene, og står for ca. 50 % av kostnadene (Stopford, 1997). Etter å ha fjernet verdifulle produkter som parafin, diesel og nafta gjennom petroleumsdestillasjonen, står det igjen bunkersolje. (Percy e.t al., 1996), og bunkersolje har tidligere blitt kalt for det tykke og seige delen av brenselolje. Bunkersolje ble tidligere brukt til å oppbevare kull, som var drivstoffet til gamle dampskip. Etter hvert som marinedieselmotorene ble mer avansert, ble bunkersolje mer nyttig enn kun kullbevarer.

Det er to basisgrader av bunkersolje, IFO 180 og den mest brukte IFO 380.

Den største forskjellen er destillat innholdet, 180 har 7-15 % destillat innhold, mens 380 har 2-5 % destillat innhold. Desto høyere destillatinnhold, desto mer energi har drivstoffet.

Fordelingen av volumet brukt av bunkersolje består av IFO 380 60 %, IFO 180 30 % og de siste 10% er marine diesel olje.

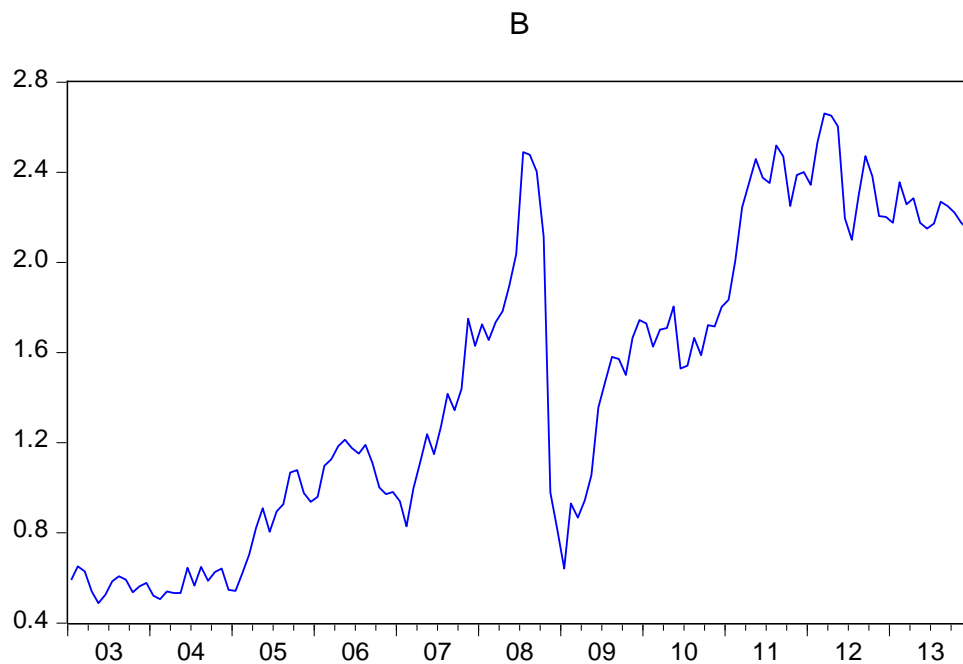
Det er mulig å få kjøpt bunkersolje i nesten hver eneste havn i verden, men det er spesielt tre store regionale markeder som leverer store mengder av bunkersolje. Disse tre markedene er Singapore, Rotterdam og Houston.

⁴ Konverteringsfaktorer i appendiks 1.

Singapore er desidert størst i verden og blir også behørig vurdert til å være <<benchmarking>> for industrien. Bunkersolje har en måleenhet på MT (per tonn) noe som er annerledes enn fyringsolje, WTI- og Brent råolje.

I figur 2 kan vi se at bunkersoljen har økt gjennom hele perioden unntatt det store droppet i 2008, som ble rammet av finanskrisen.

Figur 2 Bunkersolje for perioden



Figur 2 presenterer svingninger i bunkersoljen for perioden.

3.1.2 WTI råolje

Råolje har kallenavnet <<Mother Of All Commodities>>, det er på grunn av dens betydning i produksjonen av en rekke andre materialer som for eksempel; diesel, parafin og bunkersolje. Med andre ord så har råolje stor påvirkning på andre råvarer som fyringsolje og bunkersolje. Råolje står for av 35 % av verdens primære energiforbruk og har store påvirkningsfaktorer som globale økonomiske hendelser, naturkatastrofer og endringer i andre råvarer. (Mcxdia.2010).

Futureskontrakter av råolje kan handles blant mange derivatbørser, men det er New York Mercantile Exchange (NYMEX) som har størst likviditet. Børsen leverer standardiserte kontrakter som kan gjelde helt opptil 72 måneder, og hver kontrakt er på 1000 fat (42000 gal-

lon)

I denne oppgaven forholder vi oss til WTI, Cushing i Oklahoma og Brent råolje som vi finner i Nordsjøen. Frem til 2010 var ikke prisforskjellen mellom Brent og WTI vært så stor. Det er de siste årene prisdifferansene har økt. Dette skyldes infrastrukturproblemer i Oklahoma.

Ved å lese av figuren i appendiks 3 kan vi se at tidsbanene for de forskjellige WTI-kontraktene med forskjellige forfallsdato svinger svært likt for hele perioden. Det er små avvik som skiller tidsbanene, og det er trolig på grunn av sine volatiliteter (standardavvik). Som modenhet øker, minker likviditeten og volatiliteten. Figuren viser også at futuresprisen har økt betraktelig siden 2003 til 2013.

3.1.3 Brent råolje

Brent råolje tilhører klassen lett, søt råolje som inneholder Brent Blend.

Hovedforskjellen mellom Brent og WTI er at førstnevnte ikke er i samme letthetsgrad som WTI, noe som betyr at det inneholder mer svovel.

Denne type olje har vi i Norge godt kjennskap til, siden Brent blend ble produsert i Brent-feltet i Nordsjøen.

Brent terminkontrakter kan handles på <<Intercontinental Exchange>> (ICE) etter at ICE kjøpte opp <<International Petroleum Exchange>> (IPE) i juni 2001.

I 2012 ble Brent-kontrakten den futureskontrakten som ble omsatt mest i verden, volummessig. Brent futureskontraktene selges i 1000 fat eller 42 000 gallons.

Ut ifra figuren som er gjengitt i appendiks 4 kan vi se at Brent råoljekontraktene har de samme bevegelsene som de andre futureskontraktene. Oljeprisen stiger gradvis gjennom hele perioden unntatt ett stort fall i 2008, som skyldes av finanskrisen.

3.1.3 Fyringsolje

Fyringsolje (HO) blir ofte referert som nummer to av brenseloljene. Destillatoljer som fyringsolje og diesel er rangert bak bensin som er den mest konsumerte brenselet. HO er nest størst når det kommer til raffinerte produkter på 25 %.

Konstruksjonsmaskiner, lastebiler, busser, traktorer og tog benytter seg diesel, mens fy-

ringsoljen blir brukt til oppvarming av bygninger og hushold. Den største forskjellen mellom fyringsolje og diesel er svovelinnholdet. En økning av etterspørsel av diesel vil redusere produksjonen og etterspørselen av fyringsolje. Grunnen til hvorfor dette skjer er fordi begge produktene er svært like.

I likhet med WTI-råolje kan HO futureskontrakter handles på New York Mercantile Exchange (NYMEX). Kontrakten består av 42.000 gallon (1000fat) og kan handles helt opp til 36 % måneder. I denne oppgaven vil jeg benytte 1, 3, 6 og 12 måneders kontrakter som omsettes på NYMEX.

Ved ukentlige data for fyringsoljen kan vi lese av appendiks 5 at det er en stor korrelasjon mellom de forskjellige månedene. Prisen har vært stigende fra 2003 til 2013, med et unntak av finanskrisen i 2008.

Denne oppgaven vil ikke ta hensyn til sesongvariasjoner (fyringsolje), kurtasje eller forskjellige handlingsdager.

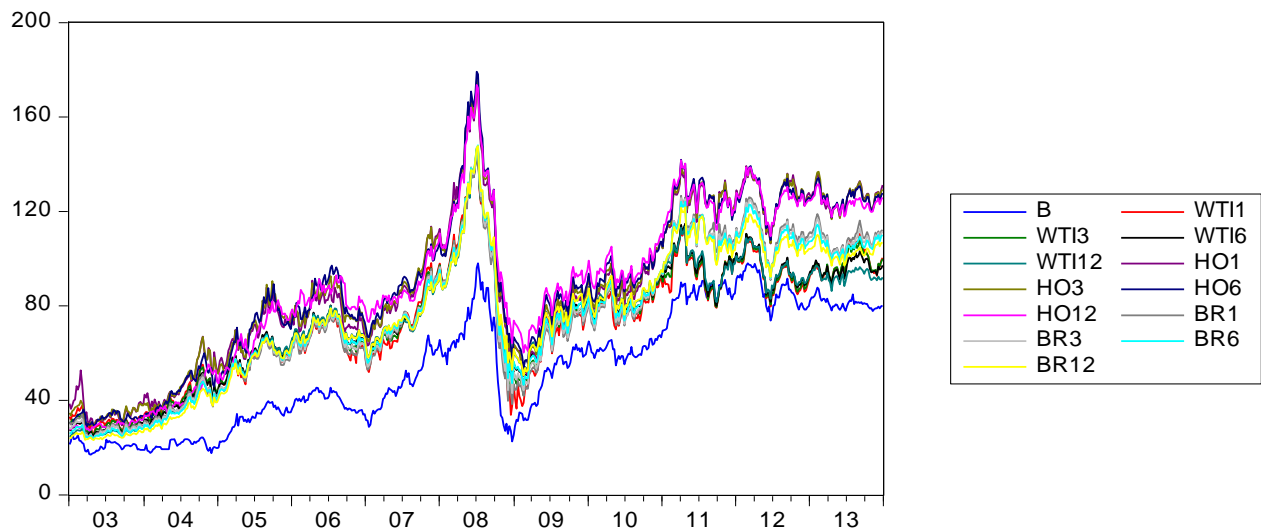
3.2 Beskrivende statistikk

Ukentlige data fra 2003-2013 for bunkersolje og futureskontraktene med månedlige forfallsdatoer har blitt brukt for å vise korrelasjonen og deskriptiv statistikk.

For å sammenligne bunkersolje og de forskjellige petroleumskontraktene må vi konvertere bunker og kontraktene i like store mengder. Bunkersolje selges i metrisk tonn (MT), WTI- og Brent råoljekontrakter selges i fat, mens fyringsolje selges i gallon. Alle beregninger er gjort med konverteringsfaktorene i Appendiks 2.

Denne oppgaven vil anvende seg av logaritmiske prisendringer i regresjonsanalysene, men for deskriptiv statistikk vil det tas bruk av uendret logaritmiske ukentlige priser for tidsperioden. Dette er for å gjøre det enklere å sammenligne bunkersolje og ulike kontrakter.

Figur 3 Sammenligning av alle prisene for perioden



B = Bunkersolje WTI_n = WTI råolje n=1,3,6 og 12 måneders kontrakter BR_n = Brent råolje n=1,3,6 og 12 måneders kontrakter HO_n = Fyringsolje n=1,3,6 og 12 måneders kontrakter.

I figur 3 kan vi se at alle kontraktene og bunkersprisen svinger i takt gjennom hele perioden. Som forventet har fyringsolje høyest pris og bunkersolje lavest. Dette er fordi fyringsolje er et bearbeidet produkt, mens bunkersolje er det resterende av destillasjonsprosessen.

Tabell 2 Korrelasjonsmatrise

Correlation	B	WTI1	WTI3	WTI6	WTI12	HO1	HO3	HO6	HO12	BR1	BR3	BR6	BR12
B	1.000000												
WTI1	0.922542	1.000000											
WTI3	0.923860	0.997563	1.000000										
WTI6	0.923392	0.991319	0.997784	1.000000									
WTI12	0.917015	0.977457	0.988467	0.996159	1.000000								
HO1	0.949446	0.975269	0.975178	0.970769	0.957693	1.000000							
HO3	0.948248	0.977403	0.979220	0.976856	0.966241	0.998203	1.000000						
HO6	0.947048	0.976813	0.981495	0.982221	0.975646	0.992052	0.996415	1.000000					
HO12	0.947095	0.968916	0.978006	0.983406	0.983621	0.981439	0.987052	0.992304	1.000000				
BR1	0.971286	0.974065	0.975266	0.972698	0.961911	0.992436	0.992491	0.990095	0.982457	1.000000			
BR3	0.968177	0.977022	0.980340	0.979868	0.971831	0.992381	0.994008	0.993687	0.988813	0.998909	1.000000		
BR6	0.964009	0.976990	0.982857	0.985126	0.980877	0.988980	0.992472	0.994783	0.993624	0.995347	0.998646	1.000000	
BR12	0.955701	0.971779	0.981158	0.987388	0.988997	0.978657	0.984590	0.990644	0.995547	0.985692	0.991925	0.997091	1.000000

B = Bunkersolje WTI_n = WTI råolje n=1,3,6 og 12 måneders kontrakter BR_n = Brent råolje n=1,3,6 og 12 måneders kontrakter HO_n = Fyringsolje n=1,3,6 og 12 måneders kontrakter.

3.2.1 Korrelasjon

Fra tabell 2 kan vi se korrelasjonen mellom bunkersprisen og de ulike futureskontraktene. Det er mange forskjellige måter å sjekke korrelasjonene når det kommer til en slik oppgave. Mange ville for eksempel foretrukket å sammenligne bunkersolje med WTI spot, Brent spot

og fyringsolje spot. For denne oppgaven har jeg valgt å bruke futureskontraktene istedenfor spoten til de forskjellige kontraktene. Hovedårsaken er å få mer nøyaktighet for det som skal studeres.

I første kolonne kan vi se korrelasjonsverdien mellom bunkersprisen og futureskontraktene, og den med høyest korrelasjon er BR1 med 0,971286. WTI12 med en korrelasjon på 0,917015 er den laveste, men i gjengjeld er det meget høy.

Korrelasjonsberegningene er gjort med ukentlige og logaritmiske verdier og ikke logaritmiske prisdifferanser, så vi kan ta disse beregningene med en klype salt. Ut ifra korrelasjonsmatriksen i tabell 2, vil kryss-hedging være optimalt, men ikke perfekt. Videre har jeg ønsket å fremstille rullende korrelasjon som er gjengitt i appendiks 6,7 og 8.

Tabell 3 Beskrivende statistikk

	B	WTI1	WTI3	WTI6	WTI12	HO1	HO3	HO6	HO12	BR1	BR3	BR6	BR12
Mean	3.853875	4.213273	4.222949	4.224410	4.217628	4.398651	4.405496	4.405847	4.395157	4.235336	4.239001	4.239294	4.231851
Median	3.970318	4.287372	4.305685	4.322740	4.339706	4.430991	4.458432	4.483122	4.486275	4.287853	4.305483	4.320284	4.334280
Maximum	4.585886	4.978732	4.984428	4.988253	4.984291	5.150119	5.167981	5.188581	5.156552	4.973210	4.986889	4.997550	4.995386
Minimum	2.836338	3.245323	3.231200	3.215269	3.185112	3.350830	3.348914	3.355677	3.303959	3.157851	3.158701	3.156575	3.141563
Std. Dev.	0.521221	0.390792	0.396487	0.409384	0.427671	0.426440	0.433167	0.445956	0.471615	0.453179	0.453865	0.460442	0.473716
Skewness	-0.381222	-0.634199	-0.769323	-0.899196	-1.035772	-0.599999	-0.690849	-0.780973	-0.938825	-0.597481	-0.691002	-0.800537	-0.939709
Kurtosis	1.824630	2.517726	2.758070	2.942607	3.119710	2.503753	2.602535	2.704540	2.864592	2.368925	2.521697	2.677745	2.858557
Jarque-Bera	46.94400	44.04067	58.02091	77.43047	102.9763	40.32963	49.43738	60.43668	84.75840	43.67635	51.15082	63.79262	84.95718
Probability	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Sum	2212.124	2418.419	2423.973	2424.811	2420.919	2524.826	2528.755	2528.956	2522.820	2431.083	2433.187	2433.355	2429.082
Sum Sq. Dev.	155.6679	87.50761	90.07652	96.03227	104.8029	104.2007	107.5142	113.9563	127.4469	117.6776	118.0344	121.4798	128.5851
Observations	574	574	574	574	574	574	574	574	574	574	574	574	574

Alle kalkulasjoner er basert på ukentlige logaritmiske priser for månedlige kontrakter. B = Bunkersolje WTI_n= WTI råolje n=1,3,6 og 12 måneders kontrakter BR_n= Brent råolje n=1,3,6 og 12 måneders kontrakter HO_n= Fyringsolje n=1,3,6 og 12 måneders kontrakter.

3.2.2 Statistikk

Tabell 3 presenterer statistiske tall for bunkersolje og de ulike kontraktene. Ved logaritmiske priser kan en se at gjennomsnittet varierer fra det minste 3,853876 for bunker til 4,405847 for HO6. Kurtosis er meget positiv og dette kan tyde på skjevhet i fordelingen. Det er ikke uvanlig at tidsserier for olje har tendenser til å ha store topper og lange haler.

Dette er også basert på logaritmiske priser, og ikke logaritmiske prisdifferanser som blir testet senere i oppgaven.

4. Teori

4.1 Hedging med futureskontrakter

La oss anta at en reder har fått et oppdrag av Statoil som innebærer frakting av Brent råolje fra Norge til Polen. Rederen ønsker å hedge sin eksponering i det fysiske markedet. Fremgangsmåten blir da å finne riktig futureskontrakt som er mest korrelert med den fysiske eksponeringen. Valget av futureskontrakten innebærer mange faktorer som for eksempel basis risiko, valg av kontrakt valg av hedgeratio. Dette kapittelet vil det være teorigrunlaget for metoden og analysen.

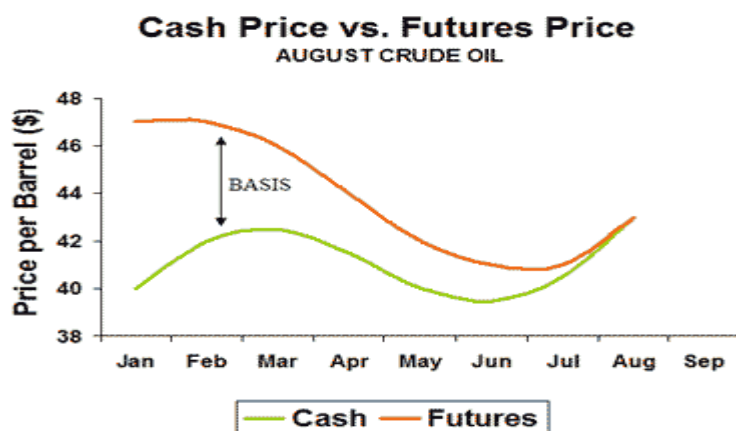
4.1.1 Basis risiko

Basis risiko er differansen mellom spotprisen og prisen på futureskontrakten, eller mellom fjerne og nære kontrakter. Dette forekommer av tre grunner:

1. Aktivum som skal hedges kan være ikke det samme som aktiva av det underliggende.
2. Hedger er ikke sikker på når aktivum vil bli kjøpt eller solgt
3. Futureskontrakten vil kanskje stenges før leveringsmåneden.

Hvis det aktivumet som skal sikres og aktivum av den underliggende futureskontrakten er det samme, vil basis risikoen være null ved utløpsdatoen av futureskontrakten, eller så vil det være arbitrasjemuligheter. (Hull,2011)

Figur 4 Variasjonen av basis over en periode



Figur 4 presenterer prisen til spot og futures over en periode

$$B_t = S_t - F_t \quad (4.0)$$

Hvor B_t er basis risiko, S_t og F_t er prisene til spot og futures ved tid = t.

Et eksempel, hvis frakt futures er perfekt korrelert med spot-faktrate, så vil en positiv basis bety at spotprisen er forventet til å minke, dersom det er negativ basis vil det bety at spotprisen vil øke.

Basis risiko vil forekomme i denne oppgaven siden jeg skal bruke råolje- og fyringsoljekontrakter for å hedge bunkerspris fluktuasjoner. Denne type hedging kalles kryss-hedging.

4.1.2 Valg av kontrakt

En av virkningene på basis risk er valg av kontrakter som blir brukt for hedging. Det består av to valg:

- Valg av aktiva av den underliggende futureskontrakten
- Valg av leveringsmåneden

Hvis det aktivumet som skal hedges er det samme som det aktivumet av det underliggende vil det første punktet være rett frem. Ved andre omstendigheter finnes det ikke futureskontrakter for det aktivumet, da må hedgeren finne en annen futureskontrakt som er mest mulig korrelert med prisen for det aktivumet som skal hedges. For eksempel flyselskaper som bruker fyringsolje til å hedge fluktuasjoner i flydrivstoff.

Det andre punktet går ut på at basis risikoen øker dersom tidsforskjellen mellom hedgingperioden og leveringstiden øker.

4.1.3 Hedgeratio

I vurdering av bruk av futureskontrakter for hedging av en etablert spotposisjon, må en investor eller et selskap ta hensyn til hedgeratio, h^* . Hedgeratio er forholdet av størrelsen på posisjonen som er tatt i futureskontrakten til å være lik som størrelsen på eksponeringen. Som oftest så vil en ratio på 1 være optimal, men i dette tilfelle bør hedgeren velge en ratio som minimerer variansen av verdien for hedgeposisjonen.

Det er mange hedgingstrategier som for eksempel uhedget, den tradisjonelle en-til-en metoden (Naive-hedge), Beta-hedge, Minimum varians hedgeratio og Sharpe hedgeratio etc. For denne oppgaven vil det tas i bruk av Naive-hedge og minimum varians hedgeratio.

Figur 5 Optimal hedgeratio og regresjon



Gilleshammer og Hansen (2010)

I figur 5 presenterer en regresjonsligning med endring i spot- og futurepriser med optimal hedgeratio.

4.2 Minimum Varians HedgeRatio (MVHR)

MVHR er avhengig av relasjonen mellom endring i spotpriser og endring i futureskontrakter. Hvor ΔS er endring i spotprisen og ΔF er endring i futuresprisen. Hedgeratio kan betegnet som h^* , og som i figur 5 er optimal hedge ratio stigningstallet for ligningen av ΔS og ΔF . Hedgeratio ligningen kan defineres slik:

$$h^* = \rho \frac{\sigma_S}{\sigma_F} \quad (4.1)$$

Hvor σ_S er standardavviket for ΔS , og σ_F er standardavviket for ΔF og ρ er koeffisienten av korrelasjonen mellom de to. Ligningen 4.1 viser at optimal hedgeratio er beregnet med korrelasjonen og standardavvikene til ΔS og ΔF . Steg for steg beregningene vil bli utført i Ederingstons kalkulasjon av optimal hedgeratio.

Et berømt rammeverk for kalkulering av optimal hedgeratio og hedgingeffektivitet er av Ederington(1979). Rammeverket vil bli forklart steg for steg hvor vi til slutt ender med hedgeratio og hedgingeffektiviteten.

Den kombinerte verdien av hedge porteføljen på tid t kan skrives slik:

$$P_t = S_t - h * F_{t,T} \quad (4.2)$$

Endringen i verdi for porteføljen fra tid $t-1$ til t :

$$\Delta P_t = \Delta S_t - h \Delta F_{t,T} \quad (4.3)$$

Endringene av spot- og terminprisen kan defineres slik:

$$\Delta S = S_t - S_{t-1}, \Delta P_t = P_t - P_{t-1} \text{ og } \Delta F_t = F_t - F_{t-1}$$

Uttrykket for variansen til porteføljen:

$$\sigma_{\Delta P}^2 = \sigma_{\Delta S}^2 + h^2 \sigma_{\Delta F}^2 - (2h \sigma_{\Delta S, \Delta F}) \quad (4.4)$$

$\sigma_{\Delta S, \Delta F}$ er kovariansen mellom ΔS_t og $\Delta F_{t,T}$.

Formålet med hedging er å minimere risikoen, så uttrykket for optimal hedgeratio kan bli funnet ved disse stegene.

Derivere ligningen (4.4) med hensyn på h og da får vi:

$$\frac{d\sigma_{\Delta P}^2}{dh} = 2h\sigma_{\Delta F}^2 - 2\sigma_{\Delta S, \Delta F} \quad (4.5)$$

Deretter setter ligningen lik null og løser for h , da får vi:

$$h^* = \frac{\sigma_{\Delta S, \Delta F}}{\sigma_{\Delta F}^2} = \rho_{\Delta S, \Delta F} * \frac{\sigma_{\Delta S}}{\sigma_{\Delta F}} \quad (4.6)$$

Ligningen over forteller oss at hedgeratioen består av korrelasjonen mellom endring spotpris- og terminkontraktprisen, multiplisert med standardavviket for spotprisen dividert på standardavviket for terminkontraktprisen.

4.2.1 Hedgingeffektiviteten

Ederington benytter seg prosent reduksjonen i variansen fra den usikrede porteføljen til den sikra porteføljen for å måle hedgingeffektiviteten. Dermed blir uttrykket slik:

$$e = 1 - \frac{\sigma_{\Delta P}^2}{\sigma_{\Delta S}^2} \quad (4.7)$$

Uttrykket består av minimum varians for hegdet portefølje, $\sigma_{\Delta P}^2$. Gjør om uttrykket (4.7) slik at vi kan legge inn $\sigma_{\Delta S}^2$ inn i den siste. Da blir ligningen slik:

$$e = 1 - \frac{\sigma_{\Delta S}^2 + h^2 \sigma_{\Delta F}^2 - 2h\sigma_{\Delta S, \Delta F}}{\sigma_{\Delta S}^2} = \frac{\sigma_{\Delta S}^2 - \sigma_{\Delta S}^2 - h^2 \sigma_{\Delta F}^2 + 2h\sigma_{\Delta S, \Delta F}}{\sigma_{\Delta S}^2} = \frac{-h^2 \sigma_{\Delta F}^2 + 2h\sigma_{\Delta S, \Delta F}}{\sigma_{\Delta S}^2} \quad (4.8)$$

I bruk av hedgeratio for å finne effektiviteten så setter vi inn ligningen for hedgeratio inn for h:

$$e = \frac{-\left(-\frac{\sigma_{\Delta S, \Delta F}}{\sigma_{\Delta F}}\right)^2 \sigma_{\Delta F}^2 + 2\left(+\frac{\sigma_{\Delta S, \Delta F}}{\sigma_{\Delta F}}\right)\sigma_{\Delta S, \Delta F}}{\sigma_{\Delta S}^2} = \frac{\sigma_{\Delta S, \Delta F}^2}{\sigma_{\Delta F}^2} \quad (4.9)$$

Ved å omforme ligningen ovenfor blir hedgingeffektiviteten slik:

$$e = \frac{\sigma_{\Delta S, \Delta F}^2}{\sigma_{\Delta F}^2 \sigma_{\Delta S}^2} = p^2 \quad (4.10)$$

Kvadrert korrelasjonskoeffisient mellom endring av spot- og terminkontraktprisen tilsvarer det samme som hedgingeffektiviteten.

4.2 Optimal antall kontrakter

Det er viktig å finne det optimale antallet av kontrakter som skal brukes ved hedging. For å finne det optimale antallet kan en skrive slik:

$$N^* = \frac{h^* Q_A}{Q_F} \quad (4.11)$$

La Q_A være det antallet som skal sikres og Q_F være antallet av terminkontrakter, begge disse skal være målt i enheter ($Q_x = 1, 2, \dots, N$)

For å finne det optimale antallet, N^* , deler vi antallet av det som skal sikres på antallet av futureskontrakter, multipliseres med hedgeratio

4.3 Uhedget og Naive hedge portefølje

Hedging med finansielle instrumenter kan minimere risiko for prisendringer. Dermed kan avkastning for uhedget portefølje skrives slik:

$$R_u = (S_{t+i} - S_t) \quad (4.12)$$

Avkastningen er R_u og prisendringen er $(S_{t+i} - S_t)$.

Avkastning for en porteføljen med futures hedging kan skrives slik:

$$R_u = (F_{t+i} - F_t) * h - (S_{t+i} - S_t) \quad (4.13)$$

Naive-hedge er en 1:1 strategi som tilsier at hedgeren tar en enhet av spotposisjon og en motsatt posisjon i futuresmarkedet. Derfor vil hedgeratio alltid være 1, noe som er perfekt hvis markedet svinger perfekt, men ifølge Lien et al(2003) er Naive-hedge den dårligste hedgingstrategien. Avkastning for naive hedge kan kalkuleres ved å sette $h = 1$ i (4.13) ligningen.

4.4 Klassisk lineær regresjonsmodell for tidsseriedata (CLRM)

Forutsetningene og testene er tatt ut fra lærebøkene Brooks(2008) og Halocoussis(2005)

Klassisk lineær regresjonsmodell er basert på fem forutsetninger, og hvis disse forutsetningene holder har estimatorene α_0 og α_1 en rekke ønskelige egenskaper. Det viktigste er at regresjonen er BLUE⁵. Dersom forutsetningen ikke er oppfylt, vil resultatene av regresjonen være invalide.

Disse forutsetningene er:

- 1) Feilleddene har et gjennomsnitt lik null: $E(ui) = 0$ eller $E(ui|xi) = 0$
- 2) Feilleddene har lik varians, tegn på homoskedasitet: $Var(ui) = \sigma^2$
- 3) Ingen autokorrelasjon: $Cov(ui, uj) = 0$
- 4) Ingen kovarians mellom feilleddene og de uavhengige variablene: $Cov(ui, Xj) = 0$
- 5) Feilleddene er normalfordelte: $ui \sim N(0, \sigma^2)$

Det er flere forutsetninger som er tilknyttet en klassisk lineær regresjonsmodellen (CLRM⁶), og disse forutsetningene befinner seg i de fleste økonometribøkene som, for eksempel Halcoussis(2006) og Brooks (2008). Årsaken til at disse forutsetningen er utelatt er fordi de ikke er relevant til oppgavens formål.

Normal CLRM kan uttrykkes slik:

$$Y_i = B_1 + B_2 X_1 + u_i \quad (4.14)$$

4.4.1 CLRM forutsetning 1

Første forutsetning krever at gjennomsnittverdien av feilleddet er 0. Bruk av OLS⁷ med et konstantledd i beregningen vil denne forutsetningen alltid holde.

⁵ Best linear Unbiased Estimators

⁶ Classical Linear Regression Model

⁷ Ordinary least squares

4.4.2 CLRM forutsetning 2

Hvis feilledet ikke har konstant varians kan det tolkes som heteroskedasitet. Dersom variansen av feilledet er konstant $\text{var}(u_i) = \sigma^2$ vil regresjonen være homoskedasitet. Heteroskedasitet forekommer veldig ofte i krysserier estimeringer. Testing for heteroskedasitet er veldig vanlig og en av de mest kjente er White's (1980).

4.4.3 CLRM forutsetning 3

Forutsetning 3 i CLRM handler om tilstedeværelse av autokorrelasjon. Hvis kovariansen mellom feilledene over tid er null, eller at feilledet følger et mønster, tyder det på autokorrelasjon. Tidsseriedata og autokorrelasjon er veldig normalt. Det er nesten som vi skal tro at disse er autokorrelert.

Det er mange grunner til hvorfor autokorrelasjon oppstår. Den vanligste er spesifikasjonsfeil i modellen, noe som betyr mangel på en forklaringsvariabel.

Resultatet av autokorrelasjon er at man overestimerer R^2 , noe som fører invalide F og t-tester.

Det er mange forskjellige metoder for estimering av autokorrelasjon i tidsseriene. For denne oppgaven ønsker jeg å bruke den grove estimeringen Durbin-Watson(DW) og høyere order estimeringen Breuch-Godfrey(BG) med 1,4,12 og 52 forsinkelser

4.4.4 CLRM forutsetning 4

Forutsetning 4, ingen kovarians mellom de uavhengige variablene og feilledet kan være brutt dersom man ikke har med en forklaringsvariabel og at effekten havner i feilledet.

4.4.5 CLRM forutsetning 5

Forutsetning 5 krever at normalfordelingen må holde dersom F- og t-testene skal være valide. Den formelle testen for normalfordeling er Jarque-Beras (JB) og den uformelle metoden er å lese residuaene fra grafen om feilledene er normalfordelt.

4.5 Regresjonskorrigerering av autokorrelasjon

Det har blitt nevnt tidligere at autokorrelasjon eksisterer veldig ofte i finansielle tidsserier, men også i Ederingstons rammeverk av estimering av hedgeratio og hedgingeffektiviteten (Herbs,1989). Hvis modellen er estimert uten korrigerering av autokorrelasjon, vil standardfeilene til koeffisientene være feil. I tillegg at koeffisientene blir blåst opp sånn at estimerte hedging resultatene er invalide. Test for autokorrelasjon med BP tester er gjengitt i Appendiks 9.

Til betraktning for autokorrelasjon vil jeg i denne oppgaven utvide CLRM versjon med AR(p) beregninger av hedgeratio og hedgingeffektiviteten.

AR(p) står for <<Auto Regressive>> og optimal forsinkelse er beregnet ut av <<Schwarz informationCriterion>> som kan defineres slik:

$$SIC = -2 \frac{L}{T} + k \frac{\ln(T)}{T} \quad (4.15)$$

Hvor T er observasjoner og L er log-likelihood funksjon med k parametere som er estimert ved å bruke T. Modellen som har laveste SIC verdier vil bli brukt. Årsaken til en utvidet versjon av CLRM er forbedre hedgingeffektiviteten in og out-of-sample hedging.

5. Metode

Metode kapitlet vil bestå av forskjellige kalkulasjoner for optimal hedgeratio og hedgingeffektivitet. Det vil også inkludere forutsetningstestene for heteroskedasitet, autokorrelasjon, normalitet og stasjonærhet. Videre i kapitlet vil det være mer avanserte økonometrimodeller og kointegrasjon testing.

5.1 Optimal Hedgeratio og Hedgingeffektivitet med CLRM-modellen

Tidligere i teorikapitlet ble Ederingtons rammeverk for kalkulering av optimal hedgeratio og hedgingeffektivitet presentert. Denne gangen vil jeg presentere utregning av hedgeratio og hedgingeffektivitet med klassisk lineær regresjonsmodell. Det vil bli vist at begge tilnærmingene får samme resultat, og med matematiske formuleringer kan det jeg vise sammenhengen mellom disse to.

Uttrykket for klassisk lineær regresjon:

$$\Delta S_t = \alpha_0 + \beta_1 \Delta F_{t,T} + u_t \quad (5.1)$$

Hvor $u_t \sim iid(0, \sigma^2)$

Ved å sette inn ligningen ovenfor inn i Ederington formelen får vi:

$$\Delta P_t = \Delta S_t = \alpha_0 + \beta_1 \Delta F_{t,T} + u_t - h \Delta F_{t,T} = \alpha_0 - (h + \beta_1) \Delta F_{t,T} + u_t \quad (5.2)$$

Minimum varians for porteføljen blir:

$$\sigma_{\Delta P}^2 = \beta_1^2 \sigma_{\Delta F}^2 + h^2 \sigma_{\Delta F}^2 + 2h\beta_1 \sigma_{\Delta F}^2 + \sigma_u^2 \quad (5.3)$$

For å minimere variansen for porteføljen så derivere vi med hensyn på h og sette lik 0:

$$\frac{d\sigma_{\Delta P}^2}{dh} = 2\beta_1 \sigma_{\Delta F}^2 - 2h \sigma_{\Delta F}^2 = 0 \quad (5.4)$$

Løse ligningen (5.4) for h gir optimal hedgeratio:

$$h^* = \frac{2\beta_1\sigma_{\Delta F}^2}{2\sigma_{\Delta F}^2} = \beta_1 \quad (5.5)$$

Optimal hedgeratio av regresjonen er β_1 koeffisienten for ΔS_t og ΔF_t

For å finne hedgingeffektiviteten med CLRM benytter vi samme ligning som Ederington.

$$e = 1 - \frac{\sigma_{\Delta P}^2}{\sigma_{\Delta S}^2} \rightarrow e = 1 - \frac{\beta_1^2\sigma_{\Delta F}^2 + h^2\sigma_{\Delta F}^2 - 2h\beta_1\sigma_{\Delta F}^2 + \sigma_u^2}{\sigma_{\Delta S}^2} \quad (5.6)$$

Som tidligere nevnt så er h^* det samme som β_1 . Sette inn det inn i uttrykket:

$$e = 1 - \frac{\beta_1^2\sigma_{\Delta F}^2 + (\beta_1)^2\sigma_{\Delta F}^2 - 2(\beta_1)\beta_1\sigma_{\Delta F}^2 + \sigma_u^2}{\sigma_{\Delta S}^2} \quad (5.7)$$

Etter å ha forkortet ligningen kan vi lese at hedgingeffektiviteten er lik koeffisienten R^2 :

$$e = 1 - \frac{\sigma_u^2}{\sigma_{\Delta S}^2} = R^2 = 1 - \frac{\text{RSS}}{\text{TSS}} \quad (5.8)$$

RSS er den gjenværende summen av kvadrater og TSS er den totale summen av kvadrater.

R^2 viser hvor godt de estimerte regresjonslinjene passer de faktiske observasjonene.

T-verdier for estimert β_1 koeffisienten (hedgeratio) vil bli brukt til å teste hypotesen om futuresprisen er en prediktor av fremtidig spotpris. Dette gjennomføres i statistikkprogrammet Eviews, og vil bli presentert i analysekapittelet.

5.2 Testing av forutsetningen

5.2.1 Heteroskedasitet og Autokorrelasjon

Statistisk sett er det ikke uvanlig at forutsetningen for autokorrelasjon bryter. Autokorrelasjon har en tendens til å forekomme i tidsseriedata fordi det er enten daglig-, månedlig- eller årlig rekkefølge, og dette kan føre til autokorrelasjon i feilledet. Dette kan resultere i at OLS ikke lenger er BLUE. Resultatene avgjøres ved at en for eksempel forkaster en nullhypotese selv om den er korrekt. Det er type 1 feil i regresjonsspråket (Halocoussis,2005). Gale tester for heteroskedasitet kan forekomme ved autokorrelasjon, da er det viktig å teste autokorrelasjon først så deretter for heteroskedasitet.

Estimering av autokorrelasjon kan gjennomføres på mange forskjellige måter. Enten med den uformelle testen som går ut på å lese residuaene av grafen for ligningen, eller den grove estimeringen for autokorrelasjon med Durbin-Watson's (DW).

$$DW \approx 2(1 - p) \rightarrow p \approx 1 - \frac{DW}{2} \quad (5.9)$$

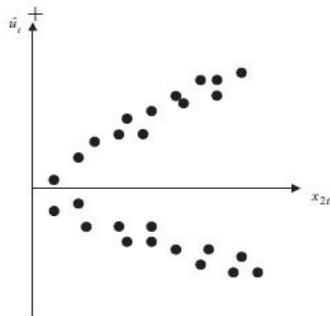
Et annet alternativ er Breuch-Godfreys (BG) test for autokorrelasjon i høyere order av seriekorrelasjon. Da er det viktig å anta at feilledet følger en AR(p) prosess der p er ordenen av auto regresjon:

$$u_t = p_1 u_{t-1} + p_2 u_{t-2} + \dots + p_q u_{t-q} + e_t \quad (5.10)$$

I denne testen er nullhypotesen: $H_0: p_1 = 0, p_2 = 0$ som betyr at det ikke finnes autokorrelasjon i modellen, og hvis en forkaster H_0 vil det være tegn på autokorrelasjon i modellen. Det er ingen fasit på størrelsen av forsinkelser, men siden denne oppgaven er basert på ukentlige observasjoner, vil jeg bruke 1, 4, 12 og 52 uker for denne testen.

Forutsetning 2 klassisk lineær regresjon krever at feilleddene har konstant varians, som betyr at de er homoskedastiske. Hvis feilleddene ikke har konstant varians vil det være tegn på heteroskedasitet i modellen. Et eksempel på heteroskedasitet i regresjonsmodellen kan fremstilles slik: La oss bestemme regresjonen og estimerer residuaene, hvor u_t er feilleddet og x_{2t} er forklaringsvariablene. Ut ifra figur 6 kan vi se tilstedeværelse av heteroskedasitet.

Figur 6 fremstilling av heteroskedasitet



Kilde: Brooks, 2008

Det er veldig viktig å teste om modellen inneholder heteroskedasitet eller homoskedasitet, siden med førstnevnte vil resultatene være invalide. Testing av tilstedeværelse av heteroskedastisitet vil bli gjort med den populære White's testen(1980)

White's (1980)

Anta at regresjonsmodellen estimeres som en klassisk lineær regresjonsform.

$$y_t = \beta_1 + \beta_2 x_{2t} + \beta_3 x_{3t} + u_t \quad (5.11)$$

For å teste $\text{var}(u_t) = \sigma^2$

må jeg først estimere ligningen ovenfor → skaffe residuaene, deretter kjøre en hjelperegresjon

$$\hat{u}_t^2 = \alpha_1 + \alpha_2 x_{2t} + \alpha_3 x_{3t} + \alpha_4 x_{2t}^2 + \alpha_5 x_{3t}^2 + \alpha_6 x_{2t} x_{3t} + v_t \quad (5.12)$$

Her er v_t normalfordelt utgave av u_t og nullhypotesen er at heteroskedasitet ikke eksisteres.

Under nullhypotesen skal antall observasjoner multipliseres med R^2 fra hjelperegresjonen. Hjelperegresjonen har 2 frihetsgrader og dersom nR^2 er større enn kji-kvadrat verdien ved valgt signifikansnivå kan en konkludere med at det eksisterer heteroskedastisitet, og motsatt hvis nR^2 er mindre enn kritisk verdi da beholder en nullhypotesen og modellen er homoskedastisitet.

Hvor $H_0 = \alpha_1 = 0, \alpha_2 = 0, \alpha_3 = 0, \alpha_4 = 0, \alpha_5 = 0, \alpha_6 = 0$

5.2.2 Normalfordelt feilledd

Jarque-Bera test av normalfordeling

Bera og Jarque (1981) formaliserte disse ideene ved å teste om koeffisienten for skjevhet (Skewness) og koeffisienten for kurtose (kurtosis) har felles null. Betegner feilleddet med u og variansen med σ^2 , og at koeffisientene av skjevhet og kurtose kan uttrykkes slik:

$$b_1 = \frac{E[u^3]}{(\sigma^2)^{3/2}} \text{ og } b_2 = \frac{E[u^4]}{(\sigma^2)^2} \quad (5.13)$$

Kurtose av normalfordelingen er 3 så kurtose ($b_2 - 3$) blir null. JB test statistisk er gitt:

$$JB = n \left[\frac{S^2}{6} + \frac{(K-3)^2}{24} \right] \quad (5.14)$$

Koeffisienten for skjevhet er her gitt S, og K er koeffisientens kurtose, mens n er størrelsen på samplet. Under nullhypotesen er at fordelingen av serien er symmetrisk og mesokurtic. b_1 og b_2 kan estimeres ved å bruke residuaene fra OLS regresjonen.

Forutsetning 5 hvor feilleddene må være normalfordelte er nødvendig for å drive en eller felles hypotesetest for modell parameterne. T og f tester vil da være ugyldige dersom forutsetning 5 ikke holder.

En av de mest anvendte testene for normalitet er Jarque-Bera test. Det er også en uformell måte å sjekke om feilleddene er normalfordelte. Å lage et normalplott av residuaene, for så å lese om feilleddene er normalfordelte. En formell test er Jarque-Bera test for normalfordeling.

5.3 Stasjonær og enhetsrøtter

Datapunkter er som oftest ikke-stasjonære, det betyr at gjennomsnitt, varians og kovarians endres over tid. Dette kan skyldes av trends, sykler og <<random walk>>, eller en kombinasjon av alle tre.

Det er mange store grunner til testing av stasjonær og ikke-stasjonære, en av dem er at variablene som er ikke-stasjonære blir behandlet forskjellig fra de som er stasjonære. (Brooks)

Bruk av stasjonær serie kan sterkt påvirke atferd og egenskaper, mens bruk av ikke-stasjonær serie kan lede til spuriøse regresjoner.

Betegnelsen sjokk er ofte brukt for å forklare stasjonære serier.

For en stasjonær serie så vil "sjokk" i systemet gradvis dø ut. For eksempel sjokk i tid t vil ha liten effekt på $t+1$ og enda mindre effekt ved $t+2$, etc. I motsetning til ikke-stasjonær vil sjokk være uendelig. Det vil si at sjokk i tid t vil ikke ha mindre effekt på tid $t+1$ og $t+2$, etc.

Spuriøse regresjoner forekommer enten når tidsseriene tilfeldigvis har en veldig høy korrelasjon. Dette resulterer i høy R^2 og signifikante koeffisienter og regresjonen vil vise seg å være god, men er egentlig verdiløs. T-fordeling og F-fordeling vil da ikke være gyldige til å utføre t- og f test.

En viktig del av oppgaven er å finne hedgeratioen og hedgingeffektiviteten ved å bruke stigningstallet og forklaringsgraden, R^2 , av den klassiske lineære regresjonsmodellen. Da er det viktig å konvertere ikke-stasjonære tidsserier for å stanse spuriøse regresjoner.

En måte å konvertere ikke-stasjonære tidsserier er å differensiere tidsserien slik at serien blir $I(0)$ -serie, uten en enhetsrot, og kan også uttrykkes som $I(n)$.

En modell som kan karakterisere ikke-stasjonær serie er <<random walk>> modellen, med eller uten drift.

Kort forklart for <<random walk>> hypotese er at aksjeprisendring i fortiden kan ikke brukes til å predikere fremtidens prisendringer.

Det er viktig å teste om variablene er stasjonære eller ikke-stasjonære før en tester for kointegrasjon mellom tidsseriene.

AR(1) prosess $y_t = \alpha + \rho y_{t-1} + v_t$

<<The autoregressive process>> med 1 lag AR(1) er stasjonær hvis $|\rho| < 1$. Hvis $\rho = 1$ vil AR(1) prosessen redusere til en ikke-stasjonær <<random walk>>-serie hvor verdien i denne serien være like den foregående perioden i tillegg til en forstyrrelse.

<<Random walk>> $y_t = y_{t-1} + v_t$

Random walk predikere at verdien i tid = t vil være likt som foregående periode pluss en stokastisk (ikke-systematisk) komponent som er hvit støy, noe som betyr at v_t er uavhengig og identisk fordelt med et gjennomsnitt "0" og varians σ^2

<<Random walk>> med drift $y_t = \alpha + y_{t-1} + v_t$

Hvis <<random walk>> modellen predikere at verdien på tidspunktet = t vil være lik den foregående periodens verdi pluss en konstant, eller drift (α), og hvit støy, v_t , er prosessen en <<random walk>> med drift (α).

5.3.1 Dickey-Fuller test for enhetsrøtter:

Testing for enhetsrot i tidsseriene blir foretatt med Dickey-Fuller (1976 og 1979)

$$\Delta y_t = \psi y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \alpha_i \Delta y_{t-1} + u_t \quad (5.15)$$

Nullhypotesen er at serien inneholder enhetsrot som betyr at $\psi = 0$, og alternative (H_1) er at serien er stasjonær. p er forsinkelser av den avhengige variabelen. Mengden av forsinkelser kan velges, men jeg har valgt å følge Eviews statistikkprogrammets automatiske forsinkelse, gjennom Schwarz kriteriet.

5.4 Hedging med VAR og VECM

Hedging med Ederingstons rammeverk har blitt presentert tidligere i oppgaven. Denne metoden har blitt kritisert for stor sannsynlighet for autokorrelasjon, og muligens kointegrasjon mellom spot- og futurespriser kan føre til misspesifikasjoner av modellen. (Gosh,1993) Videre vil jeg presentere modeller som håndtere autokorrelasjon og kointegrasjon bedre enn Ederingstons rammeverk.

5.4.1 Optimal hedgeratio og hedgingeffektivitet med VAR modellen.

Modellen Vector Autoregressive (VAR) vil fange opp autokorrelasjon bedre ved estimering av hedgeratio og kan defineres slik:

$$\Delta S_t = c_s + \sum_{i=1}^k \beta_{si} \Delta S_{t=i} + \sum_{i=1}^k \theta_{si} \Delta F_{t=i,T} + u_{st}; \quad (5.16)$$

$$\Delta F_{t,T} = c_f + \sum_{i=1}^k \beta_{fi} \Delta S_{t=i} + \sum_{i=1}^k \theta_{fi} \Delta F_{t=i,T} + u_{ft}; \quad (5.17)$$

Hvor feilleddene u_x : $u_{st} \sim iidN(0, \sigma_u^2)$ og $u_{ft} \sim iidN(0, \sigma_u^2)$ og c_x er skjæringspunktet, og β_x og θ_x er parameterne.

Et viktig punkt i VAR-modellen er at variablene må være endogene, siden ligningene 5.16 og 5.17 blir estimert samtidig.

Ved å la verdien av en variabel være avhengig av dens forsinkelse eller forsinkelsen til andre variabler, fører det til at modellen er i stand til å fange opp korrelasjonen av all data og kan da bringe en rikere struktur.

Etter hvert som tidsseriene bruker VAR modell, kan optimal hedgeratio uttrykkes slik:

$$h^* = - \frac{Cov(u_{st}, u_{ft})}{Var(u_{ft})} \quad (5.18)$$

Videre vil hedgingeffektiviteten beregnes ut slik:

$$e = 1 - \frac{\sigma_H^2}{Var(U)} \quad (5.19)$$

5.4.2 Kointegrasjon og Error Correction Model

En enkel måte å tolke kointegrasjon på er at det utgir å være en viss langtidssammenheng mellom variablene, og det kan være svært egnet under dannelse av regresjoner (Wooldridge, 2009)

Det er veldig stor sannsynlighet for kointegrasjonforhold i finans. For eksempel i spot- og futurespriser for en gitt råvare, aksjepriser, utbytte eller forholde mellom relative priser og valutakurs. Forutse ingen arbitrasje mulighet for alle disse tre scenarioene, og at det er likevektforhold mellom seriene.

Engle og Grangers (1987) beskrivelse av kointegrasjon med matematisk involvering kan uttrykkes slik:

Hvis $\{y_t: t = 0, 1, \dots\}$ og $\{x_t: t = 0, 1, \dots\}$ er to $I(1)$ prosesser, da vil vanligvis $y_t - \beta x_t$ en $I(1)$ prosess for alle β . Det er fortsatt mulig at noen $\beta \neq 0$ er en $I(0)$ prosess, noe som betyr at konstant snitt, varians og autokorrelasjon er avhengig av avstanden for de to variablene i serien, og at de er asymptotisk u korrelert. Hvis visse β eksisterer kan vi si at y_t og x_t er kointegrerte og β er kointegrasjon parameter.

Kointegrasjon testing med residual-basert tilnærming kan utføres først ved å teste om variablene er ikke-stasjonær eller stasjonær med DF eller ADF test på \hat{u}_t med en regresjonsform som:

$$\Delta \hat{u}_t = \psi \hat{u}_{t-1} + v_t \quad (5.20)$$

Hvor v_t er iid feilledd.

Nullhypotesen $H_0 : \hat{u}_t \sim I(1)$, og for det alternative $H_1 : \hat{u}_t \sim I(0)$. Dette betyr at under nullhypotesen så eksisterer det en enhetsrot i de potensielle regresjonsresiduaene. En annen metode for testing av kointegrasjon er Johansens test, og vil bli forklart senere i kapittelet.

På tidlig 1970-tallet ble ikke-stasjonære serier oppdaget, og som naturlig respons tok tidlige-

re forskere første-differansene av hvert enkelte I(1) variablene og brukt de videre i modellingsprosesser (Brooks,2008). Selv om denne fremgangsmåten er korrekt, har ikke første-differansmodellen en langtids(løps) løsning. Heldigvis er det andre modeller i ettertid som har overkommet dette problemet med å bruke kombinasjoner av første-differansen med forsinkelsenivåer av kointegrasjonsvariabler. Denne modellen kalles **Error Correction Model (ECM)** og kan defineres slik:

$$\Delta y_t = \beta_1 \Delta x_t + \beta_2 (y_{t-1} - \gamma x_{t-1}) + u_t \quad (5.21)$$

$(y_{t-1} - \gamma x_{t-1})$ er kjent for <<error correction term>>. Gitt at y_t og x_t er kointegrerte med en kointegrert koeffisient γ , da vil $(y_{t-1} - \gamma x_{t-1})$ være I(0) selv om faktorene er I(1). En kan bruke OLS og standard framgangsmåte for standard prosedyrer og statistikk inferens som gir muligheten for t-test, f-tester, autokorrelasjon og heteroskedastisitet.

γ utgir til å være langtidsrelasjon mellom x og y, mens β_1 beskriver korttids relasjon mellom endringer i x og endringer i y. β_2 forklarer justeringshastigheten til ECM og måler korttidsavvik fra langtids likevektforholdet mellom bunkers- og futuresprisen.

5.4.3 Vector Error Correction Model (VECM)

En mer fleksibel og viderekommen modell enn ECM er VECM. Hovedforskjellen er at VECM inneholder en vektor pluss at den kan benyttes med flere forklarende variabler i motsetning til ECM som kan kun ta med en.

Uttrykket for VECM :

$$\Delta S_t = c_s + \sum_{i=1}^k \beta_{si} \Delta S_{t-i} + \sum_{i=1}^k \theta_{si} \Delta F_{t-i,T} + \gamma_s Z_{t-1} + u_{st} \quad (5.22)$$

$$\Delta F_{t,T} = c_f + \sum_{i=1}^k \beta_{fi} \Delta S_{t-i} + \sum_{i=1}^k \theta_{fi} \Delta F_{t-i,T} + \gamma_f Z_{t-1} + u_{ft} \quad (5.23)$$

Hvor u_{st} og u_{ft} er hvit støy forstyrrelser, β_{si} , β_{fi} , θ_{si} og θ_{fi} er parametrene, mens Z_{t-1} er ECT^8 som måler hvordan den avhengige variabelen justerer til forrige periodes avvik fra langsiktig likevekt. Samme som i VAR modellen, γ er koeffisienten som måler hastigheten og jus-

⁸ Error Correction Term

tering til langsiktig likevekt.

Hedgeratio kan kalkuleres som i ligningen (5.18) ved å bruke de residuaene i ligningene (5.22) og (5.23). Hedgingeffektiviteten beregnes likt som i ligning (5.19).

5.4.4 Johansons kointegrasjons test

Johansen (1988) er et annet alternativ for test av kointegrasjon. Tidligere forskning viser at Johansens test gir en bedre helhet, og unngår ulemper som tidligere nevnt kointegrasjon testene har.

Denne testen er basert på VAR modell estimering og kan skrives slik:

Gitt at VAR(p) modell for $k \times 1$ vektor Y_t

$$Y_t = \Pi_1 Y_{t-1} + \dots + \Pi_p Y_{t-p} + u_t, t = 1, \dots, T, \quad (5.24)$$

Hvor $u_t \sim IN(0, \Sigma)$

Siden finansielle tidsserier Y_t har tendenser til å være ikke-stasjonære, må modellen transformeres til en dynamisk form som er VECM :

$$\Delta Y_t = \alpha_1 + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta Y_{t-i} + \Pi Y_{t-1} + u_t, t = 1, \dots, T, \quad (5.25)$$

Hvor α_1 er en konstant, Y_t er vektor av spot- og futuresprisen og Γ, Π er 2×2 koeffisient matriser for kort og lang justering av systemet for endring i Y_t . u_t er 2×1 vektor for hvit støy residualene og Σ er 2×2 varians/kovarians matrise.

Johansen test på kointegrasjon er å undersøke rank av Π , gjennom estimerte λ_{\max} og λ_{trace} . Den maksimale testen, med λ_{\max} er en test for $\text{rank}(\Pi) = r$ mot nullhypotesen som er $\text{rank}(\Pi) = r + 1$.

Trace testen undersøker nullhypotesen om antall kointegrasjonsvektorer enten er lik eller mindre enn r , med en alternativ hypotese om antallet av kointegrasjonsvektor er større enn r .

Johansen's test benytter seg $\text{rank}(\Pi)$ for å konkludere om kointegrasjon.

Rankresultater på 0,1 eller 2 gir forskjellige beregningsmetoder for hedgeratio.

Hvis rank = 0 så betyr det at det ingen kointegrasjon. Da kan vi bruke VAR modellen i første-differanse, men hvis rank = 1 eksisterer det singel kointegrasjon og vi benytter VECM. Hvis rank = 2 da er alle variablene Y_{t-1} å være I(0) og vi kan spesifisere en VAR modell.

5.5 Dynamisk hedgeratio med ARCH- og GARCH modeller

Makroøkonomiske og finansielle tidsserier som er høyfrekvente har et anlegg til å ha tidsvarierende betinget gjennomsnitt, men også volatilitet regimer.

Finansielle tidsserier har også tendenser til å inneholde autokorrelasjon og kointegrasjon. Da er det viktig å bruke riktige modeller for å studere tidsseriene på best mulig måte. VECM modellen antas til å være bedre enn CLRM til å fange opp strukturen i tidsserien når autokorrelasjon og kointegrasjon er tilstede. VECM modellen er kritisert av kjente forskere, fordi den kan bare kalkulerer konstant hedgeratio.

5.5.1 Autoregressive conditionally heteroscedastic modell (ARCH)

ARCH er kjent som ikke-lineær modell som blir ofte brukt i finansiell sammenheng.

ARCH kan illustreres slik:

$$y_t = \beta_1 + \beta_2 x_{2t} + \beta_3 x_{3t} + \beta_4 x_{4t} + u_t \quad u_t | \Omega_{t-1} \sim N(0, \sigma_t^2) \quad (5.26)$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 u_{t-1}^2 + \dots + \alpha_p u_{t-p}^2 \quad (5.27)$$

Hvor α_0 er konstanten, u_{t-1}^2 kvadrert feilledd fra perioden t-1, og σ_t^2 er variansen i tid t og α_i er koeffisientene. Ω_{t-1} er informasjonen i markedet på tid t-1.

5.5.2 Generalisert ARCH (GARCH)

GARCH-modellen ble utviklet uavhengig av Bollerslev (1986) og Taylor (1986). GARCH-modellen tillater at betinget varians til å være avhengig av sine egne forsinkelser, slik at den betingende varians ligningen er i sitt enkleste form.

$$u_t | \Omega_{t-1} \sim N(0, \sigma_t^2)$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 u_{t-1}^2 + \dots + \alpha_p u_{t-p}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \dots + \beta_q \sigma_{t-q}^2 \quad (5.28)$$

Hvor β_i ($i=1,2,3,\dots,q$) er koeffisientene og de andre er likt som i 5.27 ligningen. Den mest brukte versjonen av GARCH modellen er GARCH(1,1) med kun tre parametere i betinget varians ligningen. For denne oppgaven bruker vi en mer avansert GARCH-modell som inneholder BEKK.

5.5.3 BEKK modellen

$$H_t = C_0^* C_0^* + A_{11}^* \varepsilon_{t-1} \varepsilon_t A_{11}^* + B_{11}^* H_{t-1} B_{11}^* \quad (5.29)$$

$$C_0^* = \begin{bmatrix} c_{11}^* & c_{12}^* \\ 0 & c_{22}^* \end{bmatrix} A_{11}^* = \begin{bmatrix} \alpha_{11}^* & \alpha_{12}^* \\ \alpha_{21}^* & \alpha_{22}^* \end{bmatrix} B_{11}^* = \begin{bmatrix} \beta_{11}^* & \beta_{12}^* \\ \beta_{21}^* & \beta_{22}^* \end{bmatrix} \quad (5.30)$$

$$H_t = \begin{pmatrix} h_{SS,t} & h_{SF,t} \\ h_{SF,t} & h_{FF,t} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} \\ 0 & c_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} \\ 0 & c_{22} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a_{11} & 0 \\ 0 & a_{22} \end{pmatrix} u_{t-1} u_{t-1} \begin{pmatrix} a_{11} & 0 \\ 0 & a_{22} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b_{11} & 0 \\ 0 & b_{22} \end{pmatrix} H_{t-1} \begin{pmatrix} b_{11} & 0 \\ 0 & b_{22} \end{pmatrix} \quad (5.31)$$

Hvor A og B er 2 x 2 matrise av parameterne og C er triangulær matrise av parameterne.

BEKK-modellen (Engle og Kroner, 1995) sørger for at H matrisen(5.29) er alltid positiv. I en BEKK-modell vil diagonal betinget varians være en funksjon av dere egne forsinkelser av kovarians forsinkelser og kryss-produkt av ε_{t-1} . Noe som gjenspeiler at H vil alltid være positiv.

5.5.4 Hedgeratio og Hedgingytelse ved bruk av ARCH og GARCH

Bruk av GARCH-modeller i tidsserier for å finne optimal tidsvarierende hedgeratio kan kalkuleres slik:

$$h_t^* | \Omega_{t-1} = - \frac{Cov(\Delta S_t, \Delta F_{t,T} | \Omega_{t-1})}{Var(\Delta F_{t,T} | \Omega_{t-1})} \quad (5.32)$$

Og hedgingytelse som er hedgingeffektiviteten kan beregnes ut slik:

$$e = 1 - \frac{\text{Var}(r_h)}{\sigma_{\Delta S}^2} \quad (5.33)$$

Til slutt kan avkastningen r_h beregne slik:

$$r_h = \Delta S_t + (h^* | \Omega_{t-1}) \Delta F_{t,T} \quad (5.34)$$

Ligningene for kalkulering av hedgeratio og hedgingeffektiviteten med ARCH og GARCH har mange likhetstrekk, som CLRM kalkulering. En kan se forskjellen mellom konstant og tidsvarierende estimeringer for hedgeratio er $h_t^* | \Omega_{t-1}$. Dette gjør at hedgeratio blir tidsvarierende og ikke konstant som i CLRM. Kavussanos og Nomikos (2000) har gjennomført en undersøkelse for å sammenligne hedgingeffektiviteten med konstant og tidsvarierende hedgeratioer-modeller. De fant ut at tidsvarierende hedgeratioer var overlegne i de fleste tilfellene for fraktrate hedging. Som tidligere nevnt kan en finne hedgingeffektiviteten med forklaringsvariabelen, R^2 . For å gjøre analysedelen mer sammenlignbar beregner vi hedgingytelse som en framsetning av variansreduksjon av porteføljen⁹. Evaluering av hedgeytelse vil bli gjort med fire forskjellige hedgingmodeller: Naive, CLRM, CLRM(AR) og Var-GARCH.

Fremgangsmåten for å måle hedging ytelse av konstant hedgeratio er veldig lettfattelig, men for dynamisk hedgeratio må vi ta betinget varians og kovarians matrisen fra BEKK-modellen (dette blir gjort med statistikkprogrammet Eviews). Siste steget for å finne hedgingytelsen er å finne variansen for hedge portefølje og uhedget portefølje deretter løse ligningen (5.35)

$$\text{variensreduksjon} = \frac{h_{R,uhedget} - h_{R,hedget}}{h_{R,uhedget}} \quad (5.35)$$

6. Analyse

6.1 Optimal hedgeratio og hedgeeffektivitet analyse

For å gjøre analysen mer oversiktlig vil jeg dele analysen delen i tre deler, hvor den første består av testing av forutsetningene, den neste delen består av regresjonsanalyse av Ederington sitt rammeverk ved bruk av OLS klassisk lineær regresjonsmodell for optimal hedgeratio og hedgingeffektiviteten. Til slutt vil beregning med tidsvarierende hedgeratioer for

⁹ Variansreduksjon av porteføljen er det samme som hedgingeffektiviteten.

hedgingeffektiviteten.

I analysen vil jeg bruke ukentlige logaritmiske endringer for ΔS og ΔF for å finne hedgeratio og hedgingeffektiviteten. Til å begynne med har jeg konvertert alle priser til fat for å gjøre analysen mer nøyaktig.

En stor del av denne oppgaven er å teste om at regresjonen ikke bryter noen av forutsetningene. Først og fremst vil det være en test for autokorrelasjon med Breush-Godfrey med forsinkelser på 1, 4, 12 og 52 uker. Deretter testing for normalitet med en Jarque-Bera test, samt en White test for heteroskedasitet. Til slutt vil jeg gjennomføre en Dicker-Fuller test for enhetsrot i tidsseriene, noe som forteller oss om seriene er stasjonære eller ikke-stasjonære. Siste del av analyse vil bestå av testing for kointegrasjon mellom tidsseriene, noe jeg vil benytte av Dicker-Fuller- og Johnson-Var testene. Etter kointegrasjonstesten kan vi velge riktig modell for optimal dynamisk hedgeratio og hedgeeffektivitet.

I denne analysen vil det ikke tas hensyn til kurtasje, vintersesonger for fyringsolje og andre faktorer som kan være relevant i praksis.

Beskrivelse av forkortelser

WTI = West Texas Intermediate Råolje

BR = Brent Råolje

HO = Heating Oil (Fyringsolje)

1, 3, 6 og 12 står for månedlige kontrakter.

6.1.1 Testing for autokorrelasjon med Breusch-Godfrey test

Testing for autokorrelasjon vil bli gjort med statistikkprogrammet Eviews og Breusch-Godfrey-metoden med 1, 4, 12 og 52 ukers forsinkelser. For å gjøre autokorrelasjonstesten mer komplett så har jeg valgt å ta med Durbin-Watson-resultater også.

Resultatene for BG-testen er gjengitt i Appendiks 9, hvor k -kvadrat verdi er tatt fra fordelingstabellen med frihetsgrader på 1,4,12 og 52.

I appendiks 9 kan vi lese at de fleste kontraktene med forsinkelser er over kritisk nivå, og kan da forkaste nullhypotesen og konkludere med at det eksisterer seriekorrelasjon. Brudd på denne forutsetningen kan føre til at standardfeilene har signifikante forskjeller fra regresjonen, og medfører til høy R^2 (Brooks, 2008). Dette kan føre til invalide resultater når forklaringsgraden (R^2) utgir i denne oppgaven til å være målingen av hedgingeffektiviteten for enhver kontrakt.

Dette er forventet siden de fleste tidsseriene er påvirket av sesongvariasjoner og sykliske mønstre som kan føre til autokorrelasjon.

6.1.2 Testing for heteroskedasitet med White' s test

Den andre forutsetningen om homoskedasitet vil bli testet med en White test.

Her vil brudd på forutsetningen føre til invalide standardfeil av regresjonskoeffisientene og påvirke hypotese testing.

I appendiks 10 kan vi se resultatene for futureskontraktene med Whites test

Kritisk verdi er tatt fra kji-kvadrat fordelingstabellen med to frihetsgrader. Nullhypotesen H_0 = er at det ikke eksistere heteroskedasitet. Forkastning av nullhypotesen skjer med kontraktene HO1 og HO12 som overstiger kritisk verdi på 5 % signifikansnivå. Resten av kontraktene er homoskedastiske og forkaster ikke nullhypotesen.

Da kan vi konkludere med at regresjoner som har blitt utført med disse seriene bør være forsiktig siden tilstedeværelse av heteroskedastisitet kan påvirke standardfeilene.

6.1.3 Testing for normalitet med en Jarque-Bera test

Den femte forutsetningen krever at feilleddene skal være normalfordelt. Nullhypotesen for Jarque-Bera er: $JB \sim \chi^2_2$ hvor at feilleddene skal være normalfordelt. Dersom JB resultatet overstiger kji-kvadrat verdien ved valgt signifikansnivå kan vi forkaste nullhypotesen om at feilleddene er normalfordelt. Kritisk verdi er hentet fra kji-kvadrat fordeling med to frihetsgrader.

Fra appendiks 11 kan vi lese at ingen av kontraktene har normalfordelt feilledd, og dermed forkaste nullhypotesen om normalfordelt feilledd. Dette kan føre til feil konklusjon av hypo-

tese testing for regresjonsmodellene.

Påvirkning av ekstreme hendelser i tidsserier kan føre til at JB resultatene blir høye. Ekstreme hendelser som finanskrisen kan ha påvirket JB resultatene for bunkersolje og futureskontraktene.

6.1.4 Testing for enhetsrøtter med en Dickey-Fuller test

En ADF-test anvendes for å teste om prisseriene for bunkersolje, fyringsolje, WTI- og Brent råolje har enhetsrøtter. Det er ingen fasit svar på maksimum forsinkelser og jeg har dermed valgt standardvalget, Schwarz Info Kriteriet med en maksimum på 12 forsinkelser. Det er også viktig at testing for enhetsrøtter og kointegrasjonstest er utført med logaritmiske uendret priser og ikke prisdifferansen. ADF-testen har blitt utført med og uten trend som ble vist i metode kapitlet. Resultatet av ADF-testen er gjengitt i appendiks 12

Med statistikkprogrammet Eviews finner vi ut at alle kontraktene og bunkersolje inneholder enhetsrøtter. Det si at seriene er ikke-stasjonære og kan føre til spuriøse modeller.

Hvis $t^* > \text{ADF kritisk verdi}$ → ikke forkast nullhypotesen. dvs. enhetsrot eksisterer

Hvis $t^* < \text{ADF kritisk verdi}$ → forkast nullhypotesen. dvs. enhetsrot eksisterer ikke

Videre tar jeg førstedifferensiering med og uten trend så kan vi se at alle kontraktene og bunkersprisen blir stasjonære serier og ikke inneholder enhetsrot. Gjengitt i appendiks 12. Det blir interessant å se om det er kointegrasjon mellom bunkerserien og kontraktene av råolje og fyringsolje.

6.2 Bruk av klassisk lineær regresjon for å analysere hedgeratio og hedgingeffektiviteteten mellom Bunkersolje og futureskontraktene fra 2003-2013

Regresjonsanalysen gjennomføres med ukentlige logaritmiske prisendringer. Testen er gjennomført med HAC (Bartlett kernel, Newey-West fixed) med hensyn av t-testen for autokorrelasjon i restleddet. Det vil være regresjonsanalyse av bunkersolje og de ulike futureskontraktene, noe som tilsvarer 12 regresjoner totalt.

Ved bruk av Ederingstons rammeverk av optimal hedgeratio og hedgingeffektiviteteten kan

uttrykket skrives slik:

$$\Delta S_t = \alpha_0 + \beta_1 \Delta F_{t,T} + u_t \quad (6.1)$$

Hvor ΔS_t er endringer i spotprisen, og ΔF_t er endringer i futureskontrakten. Nullhypotesen H_0 : Futuresprisen, $\Delta F_{t,T}$, er ikke en prediktor på fremtidig spotpris, ΔS_t (bunkersprisen), og alternativhypotesen H_1 : Futuresprisen, $\Delta F_{t,T}$, er en prediktor på fremtidig spotpris, ΔS_t .

Dersom t-verdier for β_1 (koeffisienten) er større enn utvalgt kritisk nivå, forkaster en nullhypotesen, og det vil være bevis på at futuresprisen er en god prediktor på fremtidig spotpris. Motsatt hvis en ikke forkaster nullhypotesen.

Det har vært mange uenigheter om den rette måten å beregne prisendringer. Det er ingen riktig fasit, men prosentvise endringer har tendenser til å få bedre resultater enn vanlig prisendring (differansen). Derfor vil analysen bestå av prosentvisendringer.

I tabellene 4,5 og 6 presenterer koeffisienten, standardfeilen, t-verdi for koeffisienten og forklaringsvariabelen R^2 .

Tabell 4 Resultatet for WTI

	Koeffisient	SE	T-verdi	R^2
WTI1	0,44***	0,07	6,13	0,24
WT3	0,61***	0,04	13,9	0,34
WTI6	0,71***	0,04	17,34	0,38
WTI12	0,81***	0,04	17,85	0,37

Tabell 4. Regresjonsanalyse av West Texas Intermediate råolje og bunkersolje. Kritisk nivå er tatt ut fra t-tabellen med 573 observasjoner (uendelig frihetsgrader). T-verdier i tabellen viser at koeffisientene er signifikante på 1, 5 og 10 % nivå. De markerte koeffisientene er markert med *. * < 0.10, ** < 0.05 og *** < 0.01

Ut ifra tabellen kan vi lese at alle koeffisientene er signifikante helt ned på 1% signifikantnivå, noe som forteller at nullhypotesen forkastes for alle WTI kontraktene.

Tabell 5 Resultat for Brent

Kontrakt	Koeffisient	SE	T-verdi	R^2
BR1	0,60***	0,04	14,75	0,35
BR3	0,65***	0,04	15,3	0,36
BR6	0,71***	0,04	16,27	0,37
BR12	0,80***	0,05	16,11	0,36

Tabell 5. Regresjonsanalyse av Brent råolje og bunkersolje. Kritisk nivå er tatt ut fra t-tabellen med 573 observasjoner (uendelig frihetsgrader). T-verdier i tabellen viser at koeffisientene er signifikante på 1,5 og 10 % nivå. De markerte koeffisientene er markert med *. * < 0.10, ** < 0.05 og *** < 0.01

Samme regresjonsanalyse har blitt utført for Brent råolje, og vi kan lese av tabellen at alle koeffisientene er signifikante på 1 %. Den med høyest hedgingeffektivitet er Brent seks måneder neder kontrakten med 37 %. Videre kan vi se at optimal hedgeratio er høyere i gjennomsnitt mellom Bunkersolje og Brent enn WTI

Tabell 6 Resultat for fyringsolje

Kontrakt	Koeffisient	SE	T-verdi	R ²
HO1	0,50***	0,05	8,61	0,26
HO3	0,61***	0,05	12,42	0,32
HO6	0,62***	0,07	8,54	0,27
HO12	0,68***	0,07	8,03	0,24

Tabell 6. Regresjonsanalyse av fyringsolje og bunkersolje. Kritisk nivå er tatt ut fra t-tabellen med 573 observasjoner (uendelig frihetsgrader). T-verdier i tabellen viser at koeffisientene er signifikante på 1, 5 og 10 % nivå. De markerte koeffisientene er markert med *. * < 0.10, ** < 0.05 og *** < 0.01

Her forkaster vi også nullhypotesen for alle fyringsoljer kontraktene på 1 % signifikantnivå. Hedgeratioen øker gradvis med futureskontrakter med lengre forfallsdato. En økning fra 0,5 med HO1 til 0,68 med HO12.

For å oppsummere hypotesetesting for tabellene 4, 5 og 6 så er alle futureskontraktene signifikante på 1% nivå. Med dette så kan vi resonnerer at futuresprisen WTI, Brent og fyringsolje er gode prediktorer på fremtidig spotpris.

6.2.1 Oppsummering av varians sammenligninger for konstant hedgeratio

Tabell 7 Hedgeratio og hedgingeffektivitet med varians sammenligninger

Hedgeratio												
	WTI1	WTI3	WTI6	WTI12	BR1	BR3	BR6	BR12	HO1	HO3	HO6	HO12
Naive	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CLRM	0,4450	0,6159	0,7145	0,8123	0,6033	0,6521	0,7189	0,8015	0,5002	0,6168	0,6186	0,6848
CLRMAR	0,4709	0,6425	0,7379	0,8285	0,6461	0,6957	0,7569	0,8297	0,5081	0,6244	0,6620	0,6842
Varians sammenligninger												
Uhedget	0,002251	0,002251	0,002251	0,002251	0,002251	0,002251	0,002251	0,002251	0,002251	0,002251	0,002251	0,002251
Naive	0,00256	0,0017751	0,0015360	0,0014481	0,0018023	0,0016804	0,0015523	0,0016804	0,0022535	0,0018008	0,0018776	0,0018227
CLRM	0,001701	0,0014701	0,0013996	0,0014026	0,0014579	0,0014521	0,0014257	0,0014415	0,0016597	0,0015158	0,0016466	0,0017067
CLRMAR	0,001703	0,0014715	0,0014004	0,0014029	0,0014619	0,0014556	0,0014279	0,0014425	0,0016599	0,0015158	0,0016496	0,0017067
Hedge effektivitet												
Naive	-13,79%	21,14 %	31,76 %	35,67 %	19,93 %	25,35 %	31,04 %	25,35 %	-0,11 %	20,00 %	16,59 %	19,02 %
CLRM	24,41 %	34,69 %	37,82 %	37,69 %	35,23 %	35,49 %	36,66 %	35,96 %	26,27 %	32,66 %	26,85 %	24,18 %
CLRMAR	24,33 %	34,63 %	37,78 %	37,67 %	35,05 %	35,33 %	36,57 %	35,92 %	26,26 %	32,66 %	26,72 %	24,18 %

Tabellen presenter ukentlige data fra 2003-2013 for de ulike kontraktene. Prosentreduksjon til to desimaler. Sammenligning av futureskontraktene og hedging modellene er presentert i tabell 7.

Ut ifra tabellen så reduserer Naive-hedge (mesteparten), CLRM og CLRM AR variansen til porteføljen sammenlignet med uhedget portefølje. Som forventet har CLRM det høyeste hedgingeffektivitet i forhold til Naive og CLRM AR. Naive hedge stiller svakest og er ikke til å foretrekke framfor regresjons hedging.

Alle modellen er signifikante på 1 % nivå, og kan forkaste nullhypotesen. Gyldige modeller til å estimere fremtidig spotpris¹⁰.

For WTI så kommer WTI6 best ut med en hedgingeffektivitet på 37,88 % for perioden og har nest høyest hedgeratio. Den med minst reduksjon er WTI1 som har 24,41 % med en hedgeratio på 0,4450.

Brent råolje har et gjennomsnitt reduksjon på 35,83 % som er høyest blant alle tre produktene. BR6 har det høyeste reduksjonen på 36,66 % og den laveste er BR1 med 35,23 %.

Totalt sett så kommer fyringsolje dårligst ut av alle de ulike produktene. HO12 har den aller laveste reduksjonen på 24,18 %. Blant fyringsoljene så kommer HO3 best ut med 32,66 %.

¹⁰ Modellene Naive-hedge og CLRM AR er basert på CLRM og kan dermed konkludere at disse modellen er også signifikante.

6.3 Valg av riktig modell

Først så tester vi for kointegrasjon mellom tidsseriene med Johansens test (1988), men før vi tester for kointegrasjon i Eviews må vi finne optimalt antall av forsinkelser (lags). Dette utføres med en VAR-modell for de forskjellige kontraktene, og den med høyest verdi av <<Schwarz Information Criterion>> indikerer til å være det riktige antallet. Maks forsinkelser for Johansens test er tre og resultatet er gjengitt i Appendiks 13.

Etter å ha tatt med riktige forsinkelser må vi følge Pantula prinsippet (1987) som valg av riktig modell for Johansens test. Ut ifra Pantula prinsippet ble den riktige modellen, modell 2.

Modell 2 har et skjæringspunkt, men ingen trend i kointegrasjon ligningen og ingen skjæringspunkt eller trend i VAR. Gjengitt i appendiks 14.

Resultatet fra testen forteller at det er ingen kointegrasjon for alle kontraktene, og dette medfører at VAR er foretrukket framfor VECM. Dermed ender vi med Var-BEKK-GARCH modellen hvor Var behandler autokorrelasjon med optimal forsinkelser som er nevnt tidligere, og GARCH for heteroskedastisitet.

Disse formlene vil bli brukt til å estimere optimalt tidsvarierende hedgeratioer.

$$\Delta S_t = c_s + \sum_{i=1}^k \beta_{si} \Delta S_{t-i} + \sum_{i=1}^k \theta_{si} \Delta F_{t-i,T} + u_{st} \quad (5.16)$$

$$\Delta F_{t,T} = c_f + \sum_{i=1}^k \beta_{fi} \Delta S_{t-i} + \sum_{i=1}^k \theta_{fi} \Delta F_{t-i,T} + u_{ft} \quad (5.17)$$

$$u_t = \begin{pmatrix} u_{st} \\ u_{ft} \end{pmatrix} | \Omega_{t-1} \sim \text{distr}(0, H_t)$$

$$H_t = \begin{pmatrix} h_{SS,t} & h_{SF,t} \\ h_{SF,t} & h_{FF,t} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} \\ 0 & c_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} \\ 0 & c_{22} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a_{11} & 0 \\ 0 & a_{22} \end{pmatrix} u_{t-1} u_{t-1} \begin{pmatrix} a_{11} & 0 \\ 0 & a_{22} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b_{11} & 0 \\ 0 & b_{22} \end{pmatrix} H_{t-1} \begin{pmatrix} b_{11} & 0 \\ 0 & b_{22} \end{pmatrix} \quad (5.31)$$

Ligning (5.16) og (5.17) presenterer spot og futures endringer med VAR-modellen. Ligning (5.31) forteller at VAR-GARCH-modell tillater at feilleddet varierer over tid.

6.3.1 Diagnosetest for residuaene

Tabell 8 Diagnosetest

GARCH(1,1)	WTI1	WTI3	WTI6	WTI12	BR1	BR3	BR6	BR12	HO1	HO3	HO6	HO12
JB	69,146**	54,098**	73,710**	99,370**	77,654**	63,766**	86,246**	104,419**	58,404**	53,397**	73,654**	88,336**
ARCH(1)	2,226	3,775	3,098	2,954	4,511**	4,031**	2,724	1,508	2,710	3,353	2,211	3,239
ARCH(2)	2,213	4,050	3,444	3,111	5,017	4,146	2,703	1,483	3,699	3,368	2,247	3,251
ARCH(5)	2,497	4,760	4,227	4,129	6,225	4,836	3,231	2,077	3,709	3,503	3,706	5,065

JB = Jarque-Bera tester for normalitet. Test-observatorene er χ^2 -kvadrat fordelt med to frihetsgrader. H_0 = residuaene er normalfordelt. Kritisk verdi: 5,99 på 5 % nivå. De markerte koeffisientene er markert med *.
 ARCH(p) = Autoregressive conditional heteroscedasticity. Test-observatorene er χ^2 -kvadrat fordelt med 1, 2 og 5 frihetsgrader. H_0 = ingen ARCH opp til p i residuaene. Kritisk verdi på 1 = 3,84 % 2 = 5,99 og 5 = 11,07.
 Forkastning av H_0 på 0,1 > * og 0,05 > **

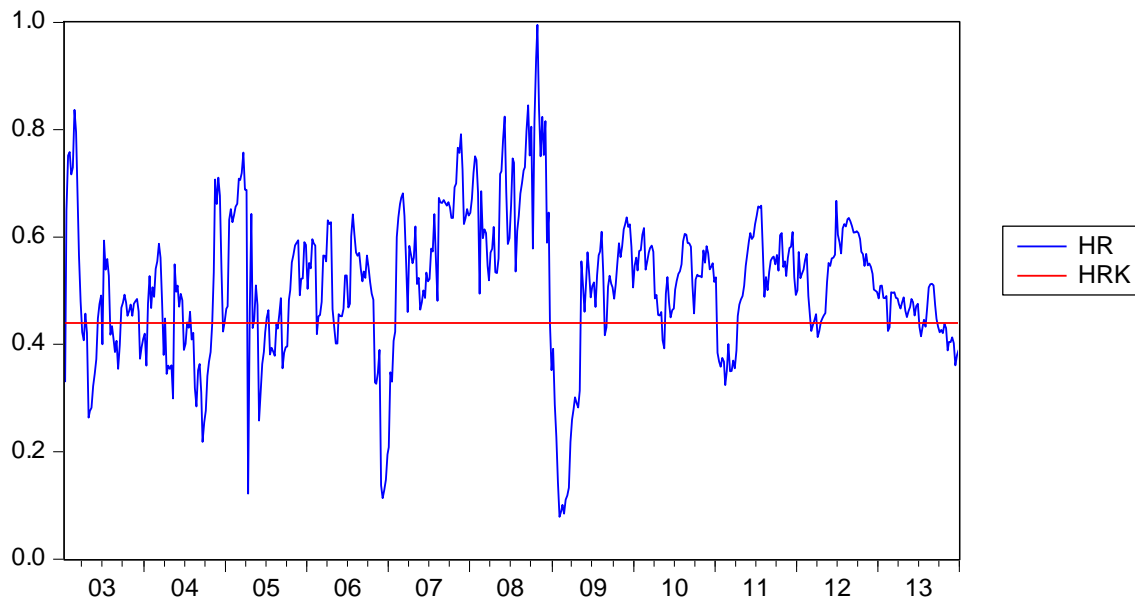
Testing med mer avansert økonomisk modell er ikke alltid den beste løsningen. Vi kan se i tabell 8 at residuaene i diagnosetesten er ikke normalfordelt. Det er kun BR1 og BR3 som forkaster nullhypotesen om homoskedasitet. Resten er signifikante og betyr at det ikke eksisterer heteroskedasitet i residuaene.

Denne diagnosetesten er gjennomført med en enkel GARCH(1,1) modell og ikke en mer avansert VAR-BEKK-GARCH som ble spesifisert i avsnitt 6.3. Derfor kan vi ta diagnose resultatene sånn halvveis.

6.3.2 Hedging med tidsvarierende hedgeratioer

I dette avsnittet vil det håndteres tidsserier med problemer som autokorrelasjon og heteroskedastisitet som har blitt presentert tidligere i oppgaven. VAR- og VECM-modeller skal behandle autokorrelasjon og GARCH-modellen skal håndtere heteroskedastisitet. Resultatet fra kointegrasjonstesten bestemmer hvilken av modellene Var eller VECM som skal brukes.

Figur 7 Konstant- versus dynamisk hedgeratio



Figuren presenterer hedgeratio fra 2003-2013 for Bunker og WTI1 futureskontrakt.

I figur 7 sammenligner tidsvarierende og konstant hedgeratio for WTI1 futureskontrakt. Vi kan se at tidsvarierende hedgeratio tilpasser informasjonene fra markedet bedre enn konstant. For eksempel finanskrisen. Med dette kan vi forvente at hedgingeffektiviteten med tidsvarierende hedgeratio skal være høyere enn konstant. Det er ikke sagt at tidsvarierende modeller skal være overlegne for alle scenarioer. Den avanserte modellen Var-GARCH kan ta med faktorer i modellen som reduserer hedgingeffektiviteten.

6.3.3 Oppsummering av varians sammenligninger med tidsvarierende hedgeratio

Tabell 9 Hedgingeffektivitet med varians sammenligninger

Varians sammenligninger												
	WT11	WT13	WT16	WT12	BR1	BR3	BR6	BR12	HO1	HO3	HO6	HO12
Uhedget	0,002251	0,002251	0,002251	0,002251	0,002251	0,002251	0,002251	0,002251	0,002251	0,002251	0,002251	0,002251
Naive	0,002560	0,001775	0,001536	0,001448	0,001802	0,001680	0,001552	0,001680	0,002253	0,001800	0,001877	0,001822
CLRM	0,001701	0,001470	0,001399	0,001402	0,001457	0,001452	0,001425	0,001441	0,001659	0,001515	0,001646	0,001706
CLRMAR	0,001703	0,001471	0,001400	0,001402	0,001461	0,001455	0,001427	0,001442	0,001659	0,001515	0,001649	0,001706
Var	0,001702	0,001470	0,001399	0,001413	0,001459	0,001453	0,001426	0,001441	0,001659	0,001515	0,001648	0,001708
Var-GARCH	0,001679	0,001481	0,001408	0,001412	0,001390	0,001388	0,001334	0,001439	0,001429	0,001384	0,001528	0,001563
Varians reduksjon												
Naive	-13,79%	21,14%	31,76%	35,67%	19,93%	25,35%	31,04%	25,35%	-0,11%	20,00%	16,59%	19,02%
CLRM	24,41%	34,69%	37,82%	37,69%	35,23%	35,49%	36,66%	35,96%	26,27%	32,66%	26,85%	24,18%
CLRMAR	24,33%	34,63%	37,78%	37,67%	35,05%	35,33%	36,57%	35,92%	26,26%	32,66%	26,72%	24,18%
Var	24,36%	34,67%	37,82%	37,23%	35,16%	35,43%	36,64%	35,96%	26,26%	32,66%	26,79%	24,12%
Var-GARCH	25,41%	34,20%	37,45%	37,26%	38,24%	38,33%	40,00%	36,07%	36,65%	38,51%	32,11%	30,56%

Tabell 9 presenter ukentlige data fra 2003-2013 for de ulike kontraktene og ulike hedging modeller. Prosentreduksjon til to desimaler.

Forskjellen med tabell 8 og 9 er at det har lagt til Var-modellen og tidsvarierende hedgeratioer, som i dette tilfelle er Var-GARCH. Det er ingen overraskelse at Brent råolje har høyest reduksjonseffektivitet blant de tre ulike oljetypene. Tidsvarierende hedgeratio utgir til å ha høyere resultater enn konstant for Brent og fyringsolje, men ikke for WTI som er best med konstant.

Det er viktig å merke seg at CLRM AR og Var har en reduksjon som er tilnærming likt som CLRM, men faller alltid med litt mindre reduksjon enn CLRM. I in-sample undersøkelse kan ikke CLRM AR og Var være bedre enn CLRM og med dette kan vi bekrefte fra tabell 9.

Med Var-GARCH-modellen så ender WT16 best ut av alle WTI-kontraktene, med en hedgingeffektivitet på 37,45 % som er 0,37 % mindre enn CLRM modellen. Den laveste er fortsatt WT11, men effektiviteten har økt med 1 % fra konstant.

Brent er igjen det produktet som utgir seg til å være best å hedge med. Den høyeste er BR6 med en reduksjon på 40,00 %, kontra den lavest BR12 på 36,65 %.

Fyringsolje har nå klatret fra å ha lavest gjennomsnitt mellom kontraktene til nest-lavest. Vi kan lese av tabellen at effektivitetene har økt betraktelig kontra konstant resultatet. Den høyeste er på 38,51 % som tilsvarer nest høyest variansreduksjon for hedget portefølje i analysen. Det er kun BR6 som har høyere med 40,00 %. Den laveste for fyringsolje er fortsatt HO12 med 30,56 % i effektivitet, men dette er en økning med 6,38 % fra konstant beregning.

Ifølge analysen for dette kapitlet kan vi se at tidsvarierende hedgeratioer utkonkurrerer konstant hedgeratio totalt sett. Var-GARCH estimeringer har høyest gjennomsnitt blant alle kontraktene.

En out-of-sample test burde gjennomføres for å støtte konklusjonen om at tidsvarierende hedgeratioer er bedre enn konstant.

7. Avslutning og konklusjon

Hovedformålet med denne oppgaven er å finne hvilken av hedging instrumentene WTI, Brent eller fyringsolje som passer best til å redusere variansporteføljen for Rotterdam IFO380 (bunkersprisen). Mange forskjellige modeller har blitt brukt for å teste hvilken av futureskontraktene med forskjellige forfallsdato som har størst variansreduksjon. Jeg har brukt både konstante og tidsvarierende modeller for å kalkulere hedgeratioer og testet dem for hedgingeffektiviteten.

Først måtte jeg teste om futuresprisen, $\Delta F_{t,T}$, er en prediktor på fremtidig spotpris, siden modellene blir brukt til å forklare problemstillingene. Etter resultatene fra tabellene 4, 5 og 6 kan jeg konkludere at WTI, Brent og fyringsolje futurespriser er en god prediktor på fremtidig spotpris.

Det er det noen viktige punkter jeg ønsker å fremheve etter analysen:

- Tidsvarierende hedgeratio presenterer bedre resultater enn konstante.
- Brent råolje gir ut til å ha størst reduksjon i variansporteføljen.
- Svake resultater i forhold til andre markeder.

Tidsvarierende hedgeratio følger markedet bedre enn konstant og det kan vi lese av i figur 7. hvor bevegelsen følger markedet.

I tabell 9 kan vi se at tidsvarierende modellen Var-GARCH resulterer med størst reduksjon i variansen for Brent og fyringsolje. WTI kontrakten utgjør seg best med konstant hedgeratio og modellen CLRM.

Etter mine beregninger av regresjonsmodellene CLRM, Var og Var-GARCH kan jeg konkludere at Naive-hedge ikke er til å foretrekke. For å sammenligne Naive-hedge og Var-GARCH-modellene med Brent råolje kontraktene kan vi se at det er en variansreduksjon på nesten 10 % mer i gjennomsnitt med Var-GARCH i forhold til Naive-hedge.

Av alle de 12 regresjonsmodellene med CLRM kan vi se at den med laveste reduksjonen er HO12 på 24,18 % og høyest med WT16 på 37,82 %

Var-GARCH-estimeringer resulterer med at WT11 på 25,41 % er den som har lavest variansreduksjon, mens den som har høyest er BR6 på 40 %.

I praksis ville en hedger (reder) bruke futureskontrakten BR6 etter mine beregninger for å

reducere risikoen for bunkersprisen, men det en må være obs på er at basisrisikoen vil øke dersom en kryss-hedger, noe som fører til at effektiviteten minker.

For å oppsummere resultatene med mine problemstillinger er det Brent råolje som har høyest hedgingeffektivitet og modellen Var-GARCH med tidsvarierende hedgeratioer som estimerer hedgingeffektiviteten best.

Etter å ha gjort analysen og tolket resultater fra de forskjellige modellene kan jeg konkludere at hedgingeffektiviteten er meget svakt for bunkermarkedet i forhold til andre markeder for kryss-hedging. Videre var det interessant å se hvilken av futureskontraktene med enten 1, 3, 6 eller 12 måneders forfall hadde best hedgingeffektivitet. For WTI- og Brent-kontraktene var det med 6 måneders forfall som var best. For HO var det 3 måneders kontrakten som hadde høyest hedgingeffektivitet.

Dette bidrar til at for en reder som skal hedge sin eksponering med WTI og Brent bør bruke 6 måneders kontrakten og for fyringsolje er det 3 måneders kontrakten.

For videre forskning ville jeg anbefale å ta med sesongvariasjoner, kurtasje, lagringskostnader og kanskje flere futureskontrakter. Futureskontrakter som kanskje ikke er petroleumskontrakter, siden resultatet fra tidligere forskning og for denne oppgaven er at bunkersolje hedging med petroleumskontrakter er meget svakt.

8. Referanser

- Alizadeh, Amir H, M.G Kavussanos and D.A. Menachof* (2004): Hedging against bunker price fluctuations using petroleum futures contracts: constant versus time-varying hedge ratios.
- Alizadeh, Amir H. and Nikos K. Nomikos* (2002): Risk Management in the Shipping Industry: Theory and Practice. (Chapter 31 in Grammenos, Costas Th. (ed.): The Handbook of Maritime Economics and Business. Lloyds of London Press)
- Bollerslev, Tim* (1986): Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity. (In: Journal of Econometrics. Vol. 31, pp. 307-327)
- Brooks C.* (2008). Introductory economics for finance. : Cambridge university press, 2008
- D. Kenourgios, A. Samitas and P. Drosos,* (2008), Hedge ratio estimation and hedging effectiveness: The case of the S&P stock index futures contract
- Dougherty. C.* (2002) Introduction to econometrics. s 311-334
- Dickey, D. A. and Pantula, S.* (1987) Determining the Order of Differencing in Autoregressive Processes, Journal of Business and Economic Statistics 5, 455--
- Ederington, L. H.* (1979). The Hedging Performance of the New Futures Market. The Journal of Finance, 34 (1), 157-170.
- Gosh, A.* (1993a): Hedging With Stock Index Futures: Estimation and Forecasting with Error Correction Model. (In: Journal of Futures Markets. Vol. 13, pp. 743-752)
- Gosh, A.* (1993b): Cointegration and Error Correction Models: Intertemporal Causality between Index and Futures Prices. (In: Journal of Futures Markets. Vol. 13, pp. 193-198)
- Herbst, A., D. Kare and J. Marshall* (1989): A Time-varying, Convergence Adjusted, Minimum Risk Futures Hedge Ratio. (In: Advances in Futures and Options Research. Vol. 6
- Hull, J. C.* (2009). Options, futures and other derivatives. New Jersey: Pearson Education Inc.
- Johnson, L.* (1960) 'The theory of speculation in commodity futures', Review of Economic Studies, Vol. 27, pp.139-151.

Kavussanos, M.G and Nomikos. (2000) Hedging in the freight futures market, *Journal of Derivatives*, 8(1) 41-58)

Lien, Donald and Li Yang (2008), "Hedging with Chinese metal futures", *Global Finance Journal* 19, 2008 p.123–138.

McDonald, R. L. (2006). *Derivatives Markets* 2nd ed. Boston: Addison

Miller, M. H., & Modigliani, F. (1958). The cost of capital, corporation finance and the theory of investment. *The American Economic Review*, 49 (4), 261-297.

Percy, R, Vicent J. and Markets 15, 61-67

Stopford, M (1997) *Maritim Economics*, Routledge, London

Thomson. A (2013) *Introduction to Eviews 6.0/7.0*

Wooldridge. J.M (2003) *Introductory Econometrics A Modern Approach*, 2E. s 323-391

Tidligere masteroppgaver:

H. Lund (2009). Hedging med fraktfutures på Imarex – en empirisk studie av optimal varians hedgeratioer i shippingindustrien. s 1-108

K.H. Ellingsen (2009) Sikringseffektivitet ved sikring av jet-fuel med futures samt verdien av risikostyring. s 1-113

P.K Gilleshammer og J.Ø. Hansen (2010) Hedging Risks in Shipping Using Futures Contracts Traded on Imarex. s 1-113

S. Marker (2013). Risikostyring av jetfuelprisen med futureskontrakter – En studie av hedgingstrategier for flyselskaper. Ås, Universitetet for miljø og biovitenskap. s 1-78

T.S. Rasmussen og E. Tversland (2007). Managing Risk with Freight Futures from IMAREX – Testing Hedging Effectiveness and the Unbiasedness Hypothesis. s 1-102

Yonis, Manex (2011). Stock Market Co-Movement and Volatility Spillover between USA and South Africa. s 1-39

Nettsider:

<http://www.nation.com.pk/business/26-May-2008/The-glorious-history-of-shipping>

(tatt 13.03.14)

<http://www.gnc.org.ar/downloads/Unit%20Conversion%20%20Oil%20Indus...pdf>

(tatt ut 14.05.14)

http://studerende.au.dk/fileadmin/www.asb.dk/servicekatalog/IT/Analysevaerktoejer/Eviews/Eviews_7.0_Manual.pdf

(tatt ut 20.05.2014)

<http://www.conconnect.com/Workingpapers/janesjulyfuels.PDF>

(tatt ut 01.05.14)

<http://www.shipandbunker.com/prices>

(tatt ut 03.06.2014)

9. Appendiks

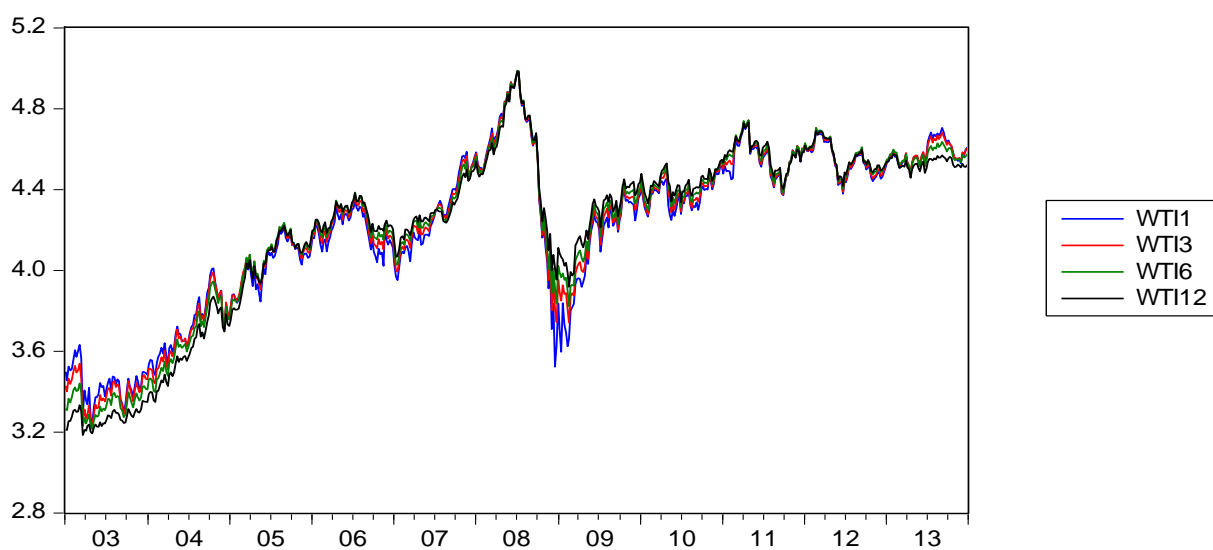
Appendiks 1 Bunker salg (i 000 tonn)

	Total	MGO	MDO	MFO 180 CST	MFO 380 CST	MFO 500 CST	ANDRE
2005	24,479,1	1,441,9	103,9	2,997,6	17,935,5	2,613,5	386,8
2006	28,379,1	1,514,9	50,1	3,002,5	20,359,8	3,041,9	409,8
2007	31,546,0	1,502,0	21,1	2,964,9	22,722,0	3,983,3	352,6
2008	34,936,4	1,537,5	11,7	2,696,0	25,941,8	4,383,7	365,7
2009	36,386,7	1,583,2	11,7	2,205,9	28,425,5	3,689,8	470,7
2010	40,853,0	1,596,2	8,5	2,271,9	31,451,5	5,287,7	236,8
2011	43,153,6	1,569,6	6,6	1,641,0	34,122,1	5,577,7	236,6
2012	42,685,4	1,454,2	2,2	1,247,0	33,685,5	6,225,4	71,1

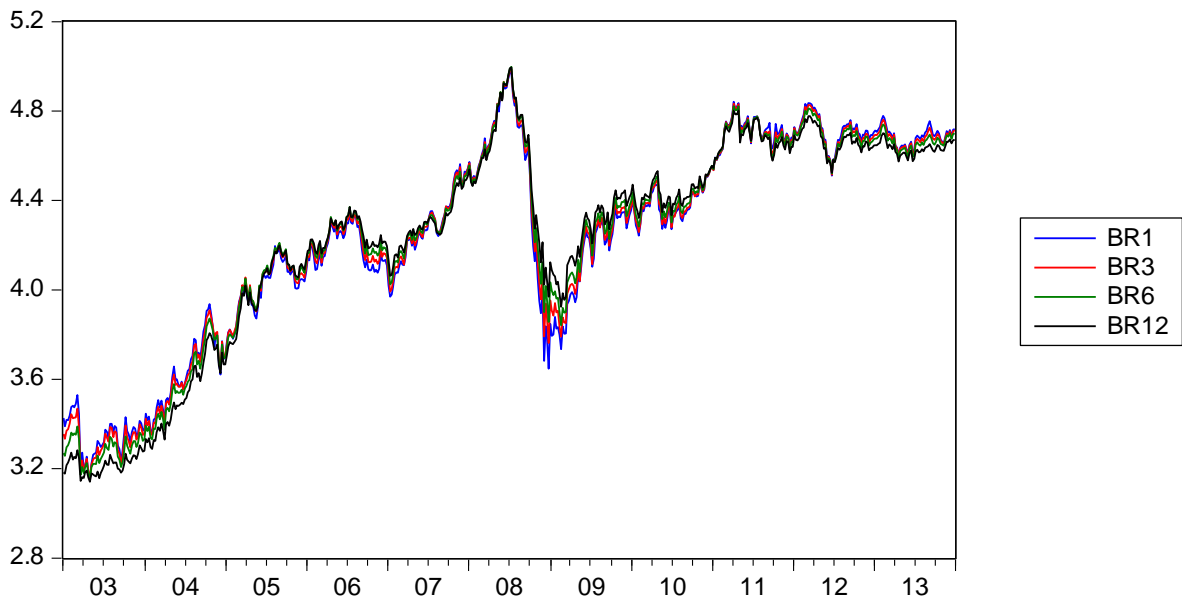
Appendiks 2 Konverteringsfaktorer for oljepriser

Fra	MT	Kiloliter	Fat	US Gallons
MT	1	1,165	7,33	307,86
Kiloliter	0,8581	1	6,2898	264,17
Fat	0,1364	0,159	1	42
US gallons	0,00325	0,0038	0,0238	1

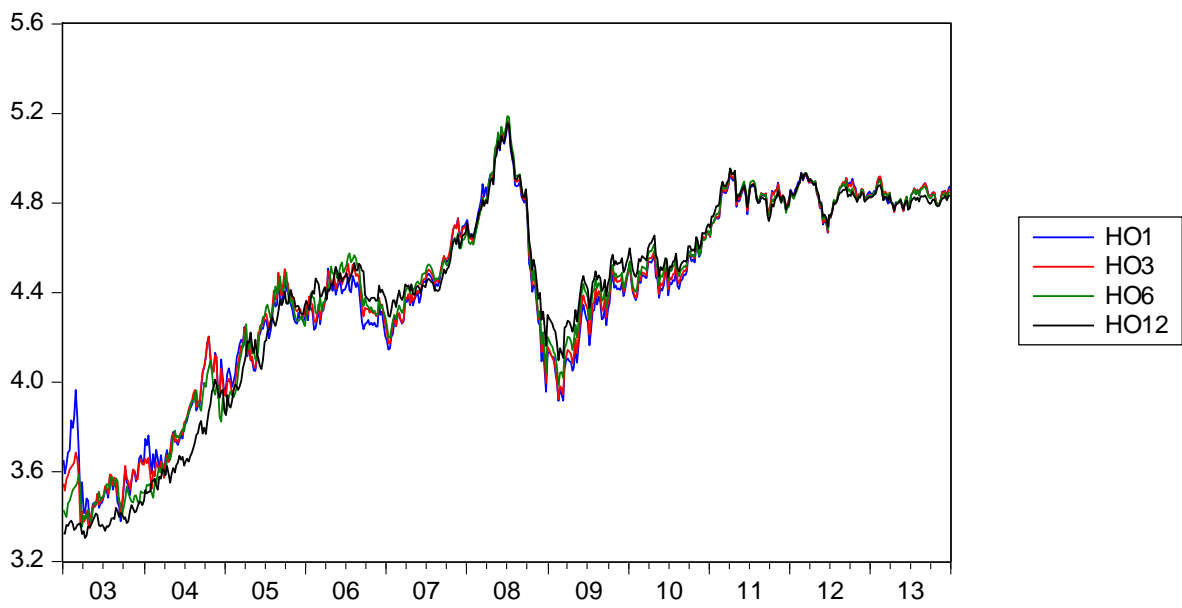
Appendiks 3 Prisendringer for WTI i perioden



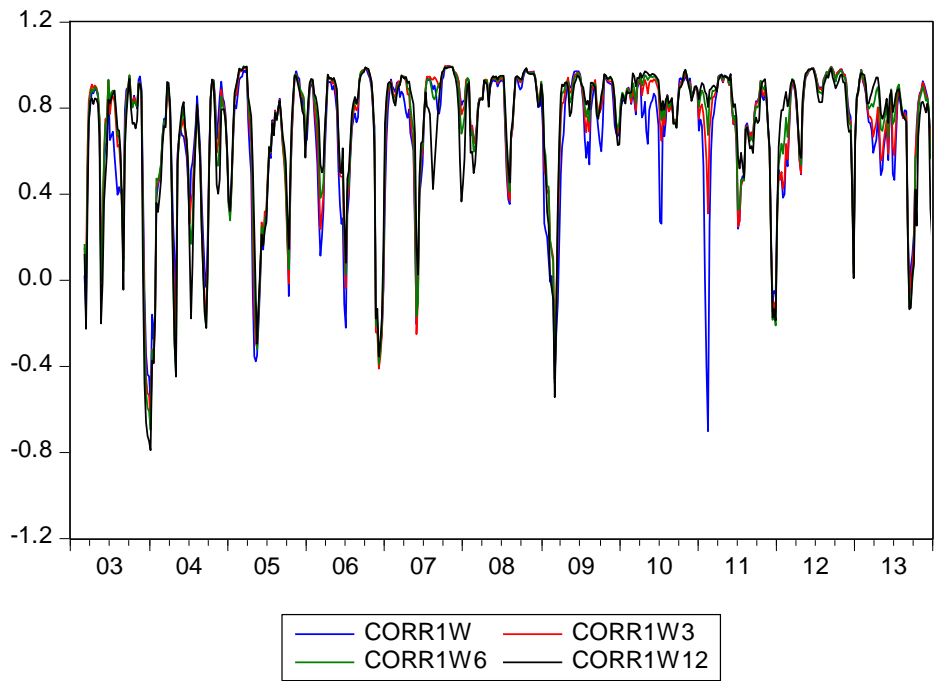
Appendiks 4 Prisendringer for Brent i perioden



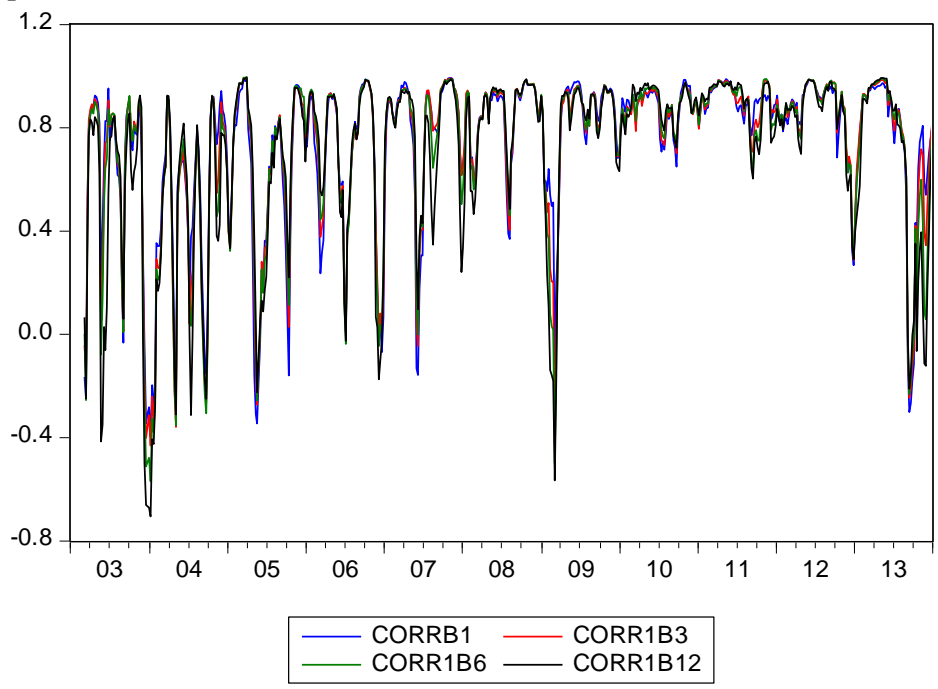
Appendiks 5 Prisendringer for fyringsolje i perioden



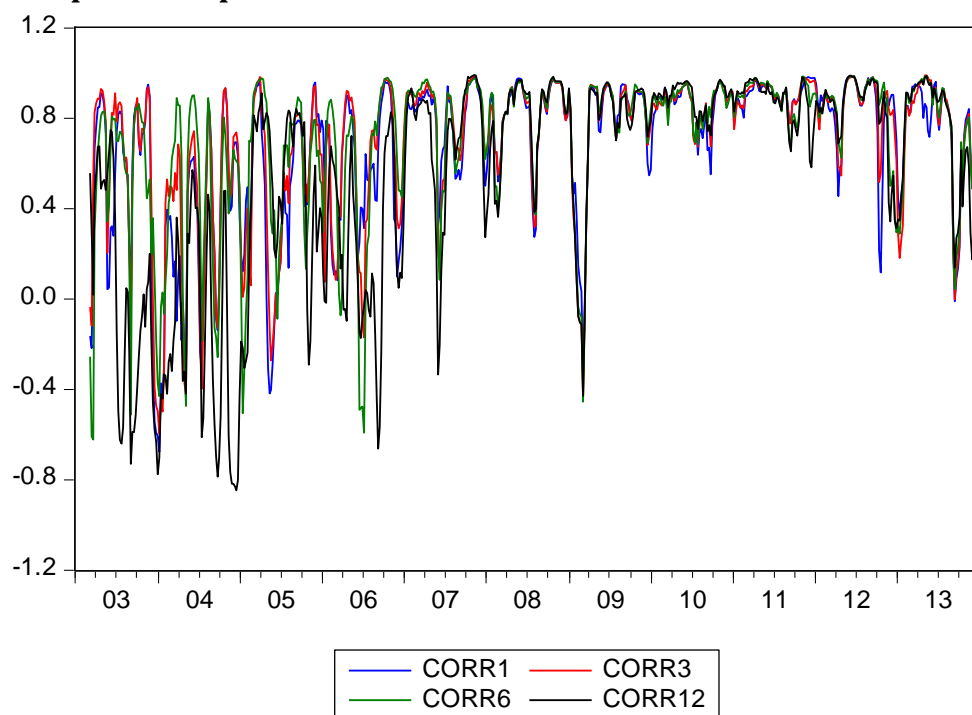
Appendiks 6 Rullende korrelasjon mellom spot og WTI kontrakter i fatpriser for perioden 2003-2013



Appendiks 7 Rullende korrelasjon mellom spot og Brent kontrakter i fatpriser for perioden 2003-2013



Appendiks 8 Rullende korrelasjon mellom spot og fyringsoljekontraktene i gallspriser for perioden 2003-2013



Appendiks 9 Breusch-Godfrey og Durbin-Watson test

Kontrakt	WT1	WT3	WT6	WT12
DW	2,180	2,23	2,25	2,22
BG(1)	6,093**	9,35**	10,29**	8,49**
BG(4)	11,80**	12,88**	14,01**	12,26**
BG(12)	24,01**	24,37**	23,00**	19,57
BG(52)	61,62	58,39	54,83	50,68
	BR1	BR3	BR6	BR12
DW	2,31	2,32	2,31	2,27
BG(1)	16,54**	17,02**	16,21**	12,23**
BG(4)	18,67**	18,74**	18,80**	15,02**
BG(12)	30,62**	27,72**	25,39**	21,23**
BG(52)	70,47**	65,05	62,03	57,35
	HO1	HO3	HO6	HO12

DW	2,18	2,18	2,28	2,11
BG(1)	5,99**	5,38**	12,39**	2,01
BG(4)	12,28**	11,46**	15,96**	12,48**
BG(12)	23,66**	17,00	20,81	14,3
BG(52)	66,66	61,66	65,49	56,78

Tabell 4 viser resultater av Breusch-Godfrey test. H_0 = ikke-seriekorrelasjon. De som er markert med * forkaster H_0 = ingen autokorrelasjon * < 0.10, ** < 0.05

Kritisk nivå for 1,4,12 og 52 frihetsgrader er: 1= 3,84 4= 9,49 12=21,03 og 52=69,83

Appendiks 10 White test

Kontrakt	LM=nR ²	Kritisk verdi
		5 % nivå
WT11	20,48**	5,991
WT13	3,34	5,991
WT16	3,44	5,991
WT112	4,25	5,991
BR1	2,01	5,991
BR3	2,00	5,991
BR6	2,89	5,991
BR12	3,88	5,991
HO1	12,79**	5,991
HO3	4,55	5,991
HO6	33,51**	5,991
HO12	7,37	5,991

Tabell 8 viser White's test for heteroskedastisitet. De som er markert med * er signifikante * < 0.10, ** < 0.05, som betyr at nullhypotesen om homoskedastisitet forkastes.

Appendiks 11 Jarque Bera test

Kontrakt	JB	Kritisk verdi
WT11	831,14**	5,99
WT13	797,08**	5,99
WT16	996,24**	5,99
WT112	1140,94**	5,99
BR1	867,52**	5,99
BR3	937,89**	5,99
BR6	1103,95**	5,99
BR12	1131,56**	5,99
HO1	515,51**	5,99
HO3	759,60**	5,99
HO6	630,44**	5,99
HO12	550,59**	5,99

Tabell 6 viser resultatene fra Jarque-Bera testen. De tallene som er markert med* betyr at en forkaster nullhypotesen på $* < 0.10$, $** < 0.05$ om normalfordelte feilledd.

Appendiks 12 Test for stasjonærhet

Førstedifferensiering

Navn	Konstad		Konstant+Trend	
	5 % = -2,86,	5 % = -3,41	5 % = -2,86,	5 % = -3,41
	1 % = -3,44	1 % = -3,97	1 % = -3,44	1 % = -3,97
Bunker	-1,3854	-2,3801	-15,3474**	-15,3306**
WTI1	-1,9813	-2,7164	-26,59925**	-26,5886**
WTI3	-1,9392	-2,3977	-25,3216**	-25,3227**
WTI6	-2,0791	-2,1932	-24,7493**	-24,7731**
WTI12	-2,2630	-1,9109	-24,1334**	-24,1992**
BR1	-1,6512	-2,3493	-25,2607**	-25,2532**
BR3	-1,7387	-2,2186	-25,1585**	-25,1606**
BR6	-1,8727	-2,0802	-24,9643**	-24,9835**
BR12	-2,0297	-1,8513	-24,4575**	-24,5060**
HO1	-1,7011	-2,4733	-24,6675**	-24,6564**
HO3	-1,8015	-2,2576	-24,0968**	-24,0975**
HO6	-1,9671	-2,1080	-23,8580**	-23,8792**
HO12	-2,1055	-1,8332	-24,1695**	-24,2264**

Appendiks 10 presenterer ADF resultater på spot- og futures priser. De som er markert med * er signifikante på $* < 0.10$, $** < 0.05$, dermed forkaster nullhypotesen om at tidsserien inneholder enhetsrøtter.

Appendiks 13 Tabellen presenter optimal forsinkelse-lengde med

<<Schwarz Information Criterion>>

Forsinkel- selengde	WTI1	WTI3	WTI6	WTI12	BR1	BR3	BR6	BR12	HO1	HO3	HO6	HO12
1	0.2480 19	0.2523 48	0.3455 90	0.5373 33	0.0558 29	0.0310 24	0.1647 67	0.4057 03	0.3592 44	0.3551 95	0.3398 37	0.5536 31
2	6.6403 57	7.0735 30	7.3190 74	7.5702 14	7.0660 81	7.2024 86	7.3647 35	7.5768 43	6.8997 71	7.1178 21	7.2200 98	7.4500 51
3	6.7480 56*	7.1477 73*	7.3826 23*	7.6176 72*	7.1454 42*	7.2872 33*	7.4360 01*	7.6271 62*	6.9550 52*	7.1496 02*	7.2322 10*	7.4607 84*
4	6.7405 97	7.1376 79	7.3649 04	7.5965 49	7.1331 05	7.2724 59	7.4166 65	7.6055 05	6.9409 81	7.1330 09	7.2102 51	7.4245 20
5	6.7104 34	7.1027 59	7.3317 69	7.5644 07	7.1045 99	7.2410 36	7.3859 69	7.5749 92	6.9105 78	7.1028 71	7.1792 08	7.4101 15
6	6.6700 55	7.0640 63	7.2951 86	7.5289 77	7.0818 64	7.2143 49	7.3565 21	7.5403 01	6.8732 79	7.0686 54	7.1409 32	7.3942 90
7	6.6357 07	7.0260 22	7.2574 47	7.4903 11	7.0429 99	7.1751 37	7.3163 47	7.4997 30	6.8299 23	7.0267 32	7.1105 69	7.3503 82
8	6.5973 03	6.9827 78	7.2130 89	7.4467 20	6.9993 24	7.1318 67	7.2732 90	7.4570 68	6.7952 91	6.9848 31	7.0680 07	7.3133 89
9	6.6098 39	6.9689 20	7.1874 08	7.4119 22	6.9636 64	7.0945 20	7.2345 49	7.4176 43	6.7675 13	6.9605 06	7.0324 67	7.2763 28
10	6.5905 63	6.9501 35	7.1688 74	7.3933 87	6.9396 09	7.0692 38	7.2106 88	7.3948 19	6.7337 46	6.9276 73	7.0064 95	7.2586 61
11	6.5547 61	6.9209 95	7.1373 48	7.3571 33	6.9113 30	7.0365 67	7.1739 68	7.3541 26	6.6999 94	6.8937 54	6.9667 39	7.2161 66
12	6.5122 19	6.8767 76	7.0937 62	7.3169 61	6.8665 62	6.9921 56	7.1294 11	7.3125 42	6.6610 51	6.8527 55	6.9232 29	7.1757 07
	6.4800 55	6.8477 68	7.0609 82	7.2812 04	6.8294 85	6.9544 19	7.0907 97	7.2746 32	6.6221 85	6.8150 36	6.8885 93	7.1388 05

Appendiks 13 presenterer optimal forsinkelse med <<Schwarz information Criterion>> De tallene som er markert med * er optimal forsinkelse

Appendiks 14 Johansen kointegrasjon

WTI1(λ_{TRACE})	WTI1(λ_{MAX})
---------------------------	-------------------------

	Modell 2	Modell 3	Modell 4		Modell 2	Modell 3	Modell 4
0	12,3585	11,5283	25,0568	0	9,8040	9,5631	16,9134
1	2,5544	1,9652	7,1434	1	2,5544	1,9652	7,1434
	WTI3(λ_{TRACE})				WTI3(λ_{MAX})		
	Modell 2	Modell 3	Modell 4		Modell 2	Modell 3	Modell 4
0	12,5941	11,5464	23,0888	0	9,6233	9,2792	16,3295
1	2,9708	2,2671	6,7591	1	2,9708	2,2671	6,7591
	WTI6(λ_{TRACE})				WTI6(λ_{MAX})		
	Modell 2	Modell 3	Modell 4		Modell 2	Modell 3	Modell 4
0	14,2741	12,8853	24,6400	0	10,7071	10,1495	17,9838
1	3,5669	2,7357	6,6561	1	3,5669	2,7357	6,6561
	WTI12(λ_{TRACE})				WTI12(λ_{MAX})		
	Modell 2	Modell 3	Modell 4		Modell 2	Modell 3	Modell 4
0	15,9452	14,0532	26,2142**	0	11,5564	10,6337	19,7916
1	4,3887	3,4195	6,4225	1	4,3887	3,4195	6,4225
	BR1(λ_{TRACE})				BR1(λ_{MAX})		
	Modell 2	Modell 3	Modell 4		Modell 2	Modell 3	Modell 4
0	14,5361	13,3725	23,5603	0	11,2259	10,9431	16,5932
1	3,3102	2,4293	6,9671	1	3,3102	2,4293	6,9671
	BR3(λ_{TRACE})				BR3(λ_{MAX})		
	Modell 2	Modell 3	Modell 4		Modell 2	Modell 3	Modell 4
0	14,9991	14,5329	24,0211	0	11,3450	10,9029	17,6450
1	3,6540	2,6299	6,3760	1	3,6540	2,6299	6,3760
	BR6(λ_{TRACE})				BR6(λ_{MAX})		
	Modell 2	Modell 3	Modell 4		Modell 2	Modell 3	Modell 4
0	16,8102	14,8355	25,4691	0	12,6696	11,9196	19,4026**
1	4,1406	2,9159	6,0664	1	4,1406	2,9159	6,0664
	BR12(λ_{TRACE})				BR12(λ_{MAX})		
	Modell 2	Modell 3	Modell 4		Modell 2	Modell 3	Modell 4
0	18,1806	15,4638	26,0070**	0	13,2507	12,0792	20,3832**
1	4,9299	3,3845	5,6237	1	4,9299	3,3845	5,6237
	HO1(λ_{TRACE})				HO1(λ_{MAX})		
	Modell 2	Modell 3	Modell 4		Modell 2	Modell 3	Modell 4
0	14,1175	13,0446	24,3485	0	11,3318	10,9826	18,0948
1	2,7857	2,0619	6,2537	1	2,7857	2,0619	6,2537
	HO3(λ_{TRACE})				HO3(λ_{MAX})		
	Modell 2	Modell 3	Modell 4		Modell 2	Modell 3	Modell 4
0	14,4502	12,9888	25,7194	0	11,5455	10,8730	20,2256**
1	2,9047	2,1157	5,4938	1	2,9047	2,1157	5,4938
	HO6(λ_{TRACE})				HO6(λ_{MAX})		
	Modell 2	Modell 3	Modell 4		Modell 2	Modell 3	Modell 4
0	16,8053	14,8593	27,8633**	0	13,4581	12,3668	21,7536**
1	3,3472	2,4924	6,1097	1	3,3472	2,4924	6,1097
	HO12(λ_{TRACE})				HO12(λ_{MAX})		
	Modell 2	Modell 3	Modell 4		Modell 2	Modell 3	Modell 4
0	20,7073	17,9700**	28,2182**	0	15,5756	14,8323**	23,2687**
1	5,1317	3,1376	4,9495	1	5,1317	3,1376	4,9495

Kritisk verdi for kointegrasjon 1

	Modell 2	Modell 3	Modell 4		Modell 2	Modell 3	Modell 4
KV	20,2618	15,4947	25,8721	KV	15,8921	14,2646	19,3870
KV	9,1646	3,8414	12,5179	KV	9,1646	3,8414	12,5179

3 forsinkelser er inkludert i testen. Valg av modell er markert med grønt og det er etter <<PantulaPrinciple>> De som er markert med * forkaster null hypotesen på $* < 0.10$, $** < 0.05$ om ingen kointegrasjon

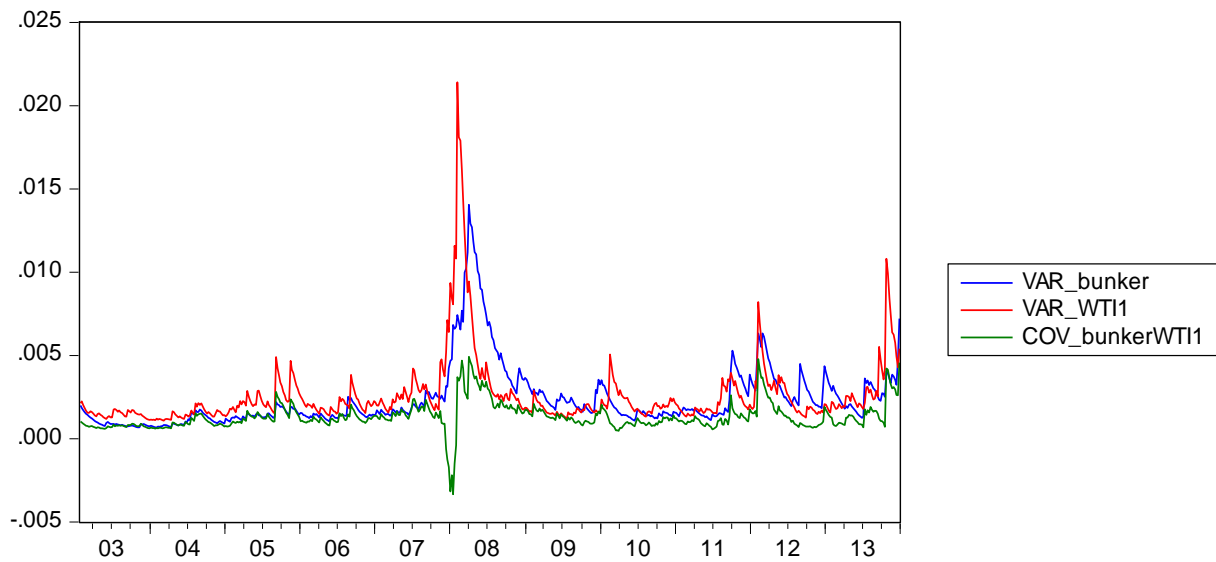
Appendiks 15 Maksimum likelihood for WTI1

Den betingede variansen og kovariansmatrise ligningen er presentert i bivariat og BEKK VAR-GARCH modellen som fanger effektiv volatiliteten og kryss volatilitet for bunkersprisen og WTI1 futureskontrakten. I modellen nedenfor presenterer estimerte koeffisientene for varians-kovarians ligningene.

LogL: BVGARCH
Method: Maximum Likelihood (Marquardt)
Date: 06/02/14 Time: 19:04
Sample: 1/29/2003 12/25/2013
Included observations: 570
Evaluation order: By observation
Estimation settings: tol= 1.0e-05, derivs=accurate numeric
Initial Values: MU(1)=0.00104, MU(2)=-0.00072, OMEGA(1)=0.00420,
BETA(1)=0.96984, ALPHA(1)=0.23853, OMEGA(3)=0.00834,
OMEGA(2)=0.00000, BETA(2)=0.94179, ALPHA(2)=0.29869
Convergence achieved after 15 iterations

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
MU(1)	0.000113	0.001518	0.074670	0.9405
MU(2)	-0.000428	0.001723	-0.248329	0.8039
OMEGA(1)	0.005881	0.001118	5.261131	0.0000
BETA(1)	0.952286	0.006413	148.4854	0.0000
ALPHA(1)	0.301060	0.024288	12.39551	0.0000
OMEGA(3)	0.006435	0.001597	4.029632	0.0001
OMEGA(2)	0.010284	0.002945	3.491692	0.0005
BETA(2)	0.911496	0.017695	51.51079	0.0000
ALPHA(2)	0.349879	0.026876	13.01813	0.0000
Log likelihood	2065.737	Akaike info criterion		-7.216621
Avg. log likelihood	3.624100	Schwarz criterion		-7.148006
Number of Coefs.	9	Hannan-Quinn criter.		-7.189849

Appendiks 16 Estimert betinget varians-kovarians med BEKK VAR-GARCH



Varians-kovarians ligningene er signifikante under log likelihood testen. På 5 % signifikansnivå med en log likelihood verdi på 2065,737 kan vi konkludere at BEKK Var-GARCH modellen kan brukes til å estimere hedge ratio for futureskontraktene mot bunkerspris fluktasjoner.