



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2016 30 stp
Fakultet for samfunnsvitenskap
Handelshøyskolen NMBU

Driver oljeprisen kobberprisen?

En empirisk analyse av sammenhengen
mellom olje- og kobberpris i perioden
2002 - 2015

Jennifer Keng Yan Fu
Master i samfunnsøkonomi

Forord

Denne masteroppgaven har gitt meg en mulighet til å utføre et selvstendig studium hos Norges Miljø- og Biovitenskaplige Universitet ved å undersøke sammenhengen mellom olje- og kobberprisene. Under oppgaven har jeg fått gode innspill fra mine veiledere Ole Gjølberg og Marie Steen. De har hjulpet meg med veiledning underveis, men jeg er selv ansvarlig for oppgaven og dens resultater. Masteroppgaven har vært interessant å jobbe med og jeg ser på dette som en lærerik og spennende måte å avslutte mastergraden min på.

Ås, 18. Mai 2016

Jennifer Keng Yan Fu

Sammendrag

Denne oppgaven er en studie av sammenhengen mellom olje- og kobberprisen på verdensbasis fra og med år 2001 til og med år 2015. Hypotesen for studiet er at oljeprisen driver kobberprisen. Det er da også av interesse å se hvilke faktorer som påvirker disse råvarene. Jeg vil undersøke dette ved å bruke økonometriske analyser som korrelasjonsanalyse, lead-lag relasjoner, kointegrasjon og VAR-modell. Jeg vil også bruke data og kontekstuell informasjon fra perioden for å forklare testene og deres resultater.

Oppgaven vil vise at oljeprisen ikke driver kobberprisen, og at det ikke finnes evidens for å kunne konkludere en direkte langsiktig sammenheng mellom disse. Konklusjonen er at det ikke er noen signifikante bevis på at oljeprisen driver kobberprisen. Granger-kausaltetstest, VAR-estimeringen og kointegrasjonstesten bekrefter dette. Oljesjokk viste heller ingen signifikante koeffisienter for kobberprisen. Jeg finner også at kobberprisen har en sterk kortsiktig sammenheng med endringer i råoljeprisen, dollarkursen, kullprisen og kobberlageret. Jeg vil vise til at futurespriser til olje er gode forklaringsvariabler for kobberspotprisen. Jeg vil også komme frem til at sjokk i oljeprisen ikke gir negativ påvirkning på kobberprisen.

Innholdsfortegnelse

FIGURER OG TABELLER	5
1. INNLEDNING	7
2. FORELIGGENDE LITTERATUR OM SAMMENHENGER MELLOM OLJE OG RÅVARER	9
3. PRISDRIVERE I OLJE-OG KOBBERMARKEDET	12
3.1 KORT OM PRISDRIVERE I OLJEMARKEDET	12
3.1.1 Etterspørselsdrivere i oljemarkedet	12
3.1.2 Tilbudsdrivere i oljemarkedet	13
3.2 KORT OM PRISDRIVERE I KOBBERMARKEDET	14
3.2.1 Faktorer som påvirker tilbudet av kobber	14
3.2.2 Faktorer som påvirker etterspørselen etter kobber	15
4. MÅNEDLIGE DATA BENYTTET I ANALYSEN (2002-2015)	17
5. BESKRIVENDE STATISTIKK FOR DATA BENYTTET I ANALYSEN	21
6. ØKONOMETRISKE ANALYSER	23
6.1 KORRELASJONSANALYSE	23
6.1.1 Korrelasjoner i perioder	24
6.1.2 Lead-lag korrelasjoner mellom råoljepris og kobberpris på prosentvise endringer:	25
6.2 LEAD-LAG RELASJONER MELLOM KOBBERPRISEN OG ANDRE FAKTORER.....	27
6.3 OLJEFUTURES PÅVIRKNING PÅ SPOTPRISEN TIL KOBBER	31
6.4 TEST FOR STASJONÆRITET	32
6.5 KOINTEGRASJON MELLOM OLJE- OG KOBBERPRISEN	33
6.6 VEKTOR AUTOREGRESSIV MODELL	35
6.7 GRANGER-KAUSALITET MELLOM KOBBERPRISEN OG VARIABLENE.....	37
6.8 IMPULSRESPONSER.....	38
6.9 OLJESJOKK	40
7. DISKUSJON AV RESULTATENE	42
8. KONKLUSJON	44
9. REFERANSER	45

Figurer og tabeller

FIGUR 1: OLJEPRISENSUTVIKLING FRA 2002 TIL 2015.....	17
FIGUR 2: KOBBERPRIS -OG KOBBERLAGERUTVIKLING PÅ NIVÅFORM. KOBBERPRISEN ER MÅLT I US DOLLAR PER METRISKE TONN. KOBBERLAGER ER MÅLT I TONN.....	18
FIGUR 3: UTVIKLINGEN AV BÅDE OLJEPRISEN OG KILIANS INDEKS I PERIODEN 2002-2015.....	20
TABELL 1: ANNUALISERTE GJENNOMSNIITT OG STANDARDAVVIK FOR ALLE VARIABLENE. (ENDRINGSFORM).....	21
TABELL 2: SKJEVHET OG KURTOSIS FORDELT I PERIODER.....	22
TABELL 3: KORRELASJONSMATRISSE AV VARIABLENE PÅ NIVÅFORM.....	23
TABELL 4: KORRELASJON MOT RÅOLJEPRISEN BÅDE PÅ NIVÅ- OG ENDRINGFORM FORDELT I PERIODER.....	24
TABELL 5: KORRELASJON MOT KOBBERPRISEN BÅDE PÅ NIVÅ- OG ENDRINGSFORM FORDELT I PERIODER.....	25
FIGUR 4: GRAF AV KRYSSKORRELASJONEN MELLOM OLJE OG KOBBER MED TI LAG.....	26
TABELL 6: BETAKOEFFISIENTENE TIL REGRESJONSMODELLEN.....	28
TABELL 7: REGRESJONSRESULTATER I PERIODER.....	30
TABELL 8: RESULTATER AV REGRESJONSANALYSE MED FUTURESPRISER I PERIODEN 2002-2015.....	31
TABELL 9: ENHETSROT-TEST. AUGMENTED DICKEY-FULLER TEST.....	32
TABELL 10: RESULTATER AV KOINTEGRASJONSESTIMERINGEN MELLOM OLJE- OG KOBBERPRISEN.....	33
TABELL 11: RESULTATER AV VAR-MODELLEN FOR KOBBERPRISEN I PERIODE 2002-2015.....	36
TABELL 12: RESULTATER AV VAR-MODELLEN FOR OLJEPRISEN I PERIODE 2002-2015.....	36
TABELL 13: RESULTATER FRA GRANGER KAUSALITETSTESTER I PERIODEN 2002-2015 OG 2002-2006.....	37
TABELL 14: RESULTATER FRA GRANGER KAUSALITETSTESTER I PERIODEN 2007-2010 OG 2011-2015.....	37

FIGUR 5: IMPULSRESPONSFUNKSJONER MELLOM OLJE-OG KOBBERPRISEN. 12 STEG FREM.....	38
TABELL 15: RESULTATER FRA REGRESJONEN MED POSITIVE OG NEGATIVE OLJESJOKK I PERIODEN 2002-2015.	40
TABELL 16: RESULTATER FRA REGRESJONEN MED POSITIVE OG NEGATIVE OLJESJOKK I PERIODER.....	41

1. Innledning

I denne oppgaven skal jeg undersøke prissammenhengen mellom olje- og kobberprisen. Hypotesen for denne oppgaven er at oljeprisen driver kobberprisen. Problemstillingen er som følger: Driver oljeprisen kobberprisen? Med dette mener jeg om det eksisterer noen relasjon mellom endringer i oljeprisen og endringer i kobberprisen. Hvordan er eventuelt denne sammenhengen over tid og blir resultatene annerledes på kort og lang sikt. Hypotesen er av interesse fordi sammenheng mellom olje og kobberprisene kan være betydningsfullt for å kunne prognostisere kobberprisenes utvikling, men det kan også brukes som en indikasjon på endring i lokal eller global økonomisk aktivitet. Dette er av interesse for investorer og aktører i metall- og oljemarkedet.

Både olje og kobberprisene er omtalt som indikatorer på positiv eller negativ utvikling i verdensøkonomien. Data viser til at når verdensøkonomien er god, styrkes også kobber- og oljeprisene. Blant annet under finanskrisen i 2008 så vi virkelig at etterspørselen etter råvarer falt. Hvis det ser ut som både olje og kobberprisene øker og synker samtidig er det naturlige spørsmålet: er det en direkte sammenheng mellom dem. Jeg vil teste om oljeprisene driver kobberprisene direkte, eller om det kun er felles faktorer som påvirker begge prisene.

De artiklene som er blitt skrevet om olje -og kobberprisen er blant annet Zhang et. al (2015) om oljeprissjokks påvirkning på det kinesiske metallmarkedet, med nærmere undersøkelse av kobber- og aluminiumsmarkedet. De har ikke tatt med noen andre variabler enn oljepris og en indeks for metallmarkedet som en helhet. I noen av mine analyser inkluderer jeg i tillegg noen makroøkonomiske data som kan påvirke kobberprisen. Jeg har i tillegg tatt med nyere og mer relevant data. De fleste artiklene om emnet har for det meste vært data fra 2014 eller tidligere, da spesielt Kina hadde større økonomisk vekst enn i dag. Utover dette vil denne oppgaven undersøke tidligere studier i sammenheng med nye analyser.

Jeg skal undersøke hypotesen ved blant annet å teste for korrelasjonssammenhenger. I tillegg til det skal jeg se på lead-lag relasjoner mellom kobberprisen og oljeprisen. Andre faktorer som kan tenkes å påvirke kobberprisen vil også bli inkludert i noen av analysene. For langsiktig sammenheng, benytter jeg kointegrasjonsanalyse. Granger-kausaltet vil bli brukt for å se om tidligere verdier av oljeprisen kan brukes til å forklare kobberprisen. Vektor

autoregressiv-modell blir brukt for å se om det er signifikant sammenheng mellom kobberprisen i samtid og sine tidligere verdier, samt sammenheng med tidligere verdier av oljeprisen. Impulsresponsfunksjoner blir brukt for å se hvor stor virkningen av et sjokk er og hvor lang tid det tar før det forsvinner. Jeg skal også se på hvordan kobberprisen blir påvirket av større endringer i oljeprisen. Futuresprisene på råolje med en-månedskontrakt, to-månedskontrakt og tre-månedskontrakt brukes også til regresjon av kobberprisen.

Utgangspunkt for analysen vil være å studere månedlige spotpriser av kobberprisen og oljeprisen hentet fra Index Mundi og Energy Information Administration (EiA). I tillegg til det har jeg kullpriser fra Index Mundi, lagertall for kobber hentet fra London metal Exchange (LME). Siden både kobber og olje er handlet i amerikanske dollar, og begge er kjent for å være økonomiske indikatorer, skal jeg også inkludere den handelsvektede dollarindeksen og Kilians indikator (Kilian 2008b) for global økonomisk aktivitet i analysen. Det vil bli gjennomgått relevant teori om olje- og kobbermarkedet, med fokus på tilbuds- og etterspørselsfaktorer som påvirker prisene.

Datasettet er fra januar 2002 til desember 2015, det vil si 14 år med månedlige observasjoner. Jeg anser denne perioden som svært relevant i tid. Sammenhengen mellom olje og kobber tror jeg vil variere i forskjellige perioder, derfor blir det interessant å se i hvilken periode, og om sammenhengen finnes. I så fall, hvor stabil og klar er denne sammenhengen. Periode 1 går fra 2002 til 2006. Periode 2 går fra 2007 til 2010. Dette er bare fire års med observasjoner, der jeg gjerne vil se hvordan dataene er, siden Finanskrisen skjedde i denne perioden. 2010 er med i denne perioden for at det ikke skal være for få observasjoner for analysene. Periode 3 er fra 2011 til 2015.

Denne oppgaven bygger på informasjon om at det finnes en sammenheng mellom oljeprisen og kobberprisen, fordi metallproduksjon er svært oljeintensiv (Hammoudeh et al., 2004; Ray, 2011). Jeg forventer at det er en mulig sammenheng mellom oljeprisen og kobberprisen fordi begge blir påvirket av felles faktorer, men om oljeprisen har en signifikant og direkte påvirkning på kobberprisen gjenstår å undersøkes.

2. Foreliggende litteratur om sammenhenger mellom olje og råvarer

I dette kapittelet vil jeg gå gjennom tidligere litteratur som kan bli aktuell for diskusjon av mine resultater. Jeg skal først gjennomgå tidligere litteratur om prisen på olje, deretter for kobberprisen, og til slutt litteratur som er blitt skrevet om oljeprisens påvirkning på kobberprisen. Hensikten med å se på oljeprisens påvirkning på andre råvarer, er å kunne se metodene som blir benyttet for å se på økonomiske sammenhenger.

Før år 2000 var råvare markedene delvis segmentert i seg selv, og delvis adskilt fra finansmarkedet. Diversifiseringsmulighetene i de segmenterte råvaremarkedene ble anerkjent på tidlig 2000-tallet, og dette var starten på finansialiseringen av råvarer (Tang, 2012). Dette har bidratt til den store interessen etter råvarer i finansmarkedet.

Økonomisk aktivitetseffekt på oljeprisen er et godt diskutert tema. He et. al (2009) brukte kointegrasjon for å undersøke forholdet mellom global økonomisk aktivitet og råoljepriser ved hjelp av Kilians indeks (Kilian 2008b). Funnene deres indikerer at realprisen på råolje er kointegrert med både den økonomiske indikatoren til Kilian og den handelsvektede dollar indeksen. I tillegg fant de at Kilian indeksen Granger-forårsaker oljeprisen på lang sikt. Oljeprisens påvirkningskraft på økonomien har vært av stor interesse lenge. Siden andre verdenskrig har den globale økonomien blitt påvirket av flere oljeprissjokk. Empiriske studier har vist at oljeprisøkning har en negativ og signifikant effekt på vekst i industriell produksjonsindekser, men er ikke signifikant for oljeprisnedgang i perioden 1960 til 1999 (Cunado 2003).

Økonomisk aktivitet er ikke det eneste som påvirker oljeprisen. En viktig faktor for tilbudet av olje er OPEC, som står for cirka 40% av verdensoljeproduksjon. I tillegg står OPEC for 60% av all internasjonal eksport i verdenshandelen. Denne markedsandelen gir OPEC betydelig påvirkning på det globale markedet.¹ Lin og Tamvakis (2009) bruker metoden til begivenhetsstudie til å studere hvordan OPECs annonseringer påvirker oljepriser. De finner at produksjonskutt resulterer i positiv prisavkastning, unntatt i svake markeder, det vil si

¹ <https://www.eia.gov/finance/markets/supply-opeccfm>

markeder med ikke fullt utnyttet produksjonskapasitet. Produksjonsøkning gir negative avkastninger for normale markedspriser. Det vil si at påvirkningskraften av annonseringer fra OPEC avhenger av hvilken stand markedet er i. Det er dermed ikke helt sikkert at avgjørelser i OPEC påvirker forskjellige oljemarkeder like mye.

Det har blitt skrevet en del artikler om oljeprisens påvirkning på landbruksråvarer. Harri et. al (2009) studerer forholdet mellom oljeprisen, valuta og landbruksråvarer ved å bruke VAR-modell på feilkorrigeringsform. Her finner de blant annet at oljeprisen Granger-forårsaker mais og valutakursen, men mais og valutakursen ikke Granger-forårsaker oljeprisen. Saghaian (2010) undersøkte korrelasjonen mellom oljeprisendringer på landbruksvarer ved bruk av Granger-kausaltitet.

Bresnahan og Suslow (1985) skriver om volatiliteten til kobberpriser. De undersøker dynamikken i kobberspotprisene på LME, med fokus på avkastningen til å holde kobber og påvirkning av lager på avkastningene. Hammoudhe og Yuan (2008) finner ved bruk av GARCH at gull og sølv har nesten like vedvarende volatilitet, men større for kobber.

Liu et al. (2008) finner at futuresprisen og spotprisen til kobber endrer seg i samme retning, og at variasjonen deres er relativt like. De bruker GARCH til å estimere VaR (Value at risk) av futures og spotmarkedet til kobber i Kina. Lee og Ni (2002) undersøker dynamikken av oljeprissjokk ved bruk impulsresponsfunksjoner av VAR-modeller med industridata. De finner at industriene blir påvirket av tilbud og etterspørsel, og at oljeprissjokk først og fremst reduserer tilbudet i de oljeintensive industriene, men også etterspørselen i mange andre industrier, spesielt bilindustrien.

En av de få som har gjort det er blant annet Zhang et. al (2015), som undersøker effekten av globale oljeprissjokk på Kina's metallmarkeder. De ser i tillegg grundigere på kobber-og aluminiumsmarkedet. De undersøker det ved å benytte en ARJI (Autoregressive conditional jump intensity) modell med en ARMA (Autoregressive moving average) prosess, i tillegg til GARCH (Generalized ARCH) effekter på prisavkastninger. De viktigste funnene deres var at råoljeprissjokk hadde signifikant påvirkning på metallmarkedene. De begrunner dette med kostnadstrykkeffekter. Oljemarkedet påvirker det kinesiske metallmarkedet ettersom produksjons prosessen til metaller er svært avhengig av råolje. De fant også at effekten av

oljeprissjokk på det kinesiske metallmarkedet er symmetrisk. Kobberprisen viste seg å bli mer påvirket av oljeprissjokk enn aluminiumsprisen.

På bakgrunn av foreliggende litteratur, vil jeg anta følgende koblinger mellom oljeprisen, kobberprisen, økonomisk aktivitet og dollarkursen: Både oljeprisen og kobberprisen er påvirket av dollarkursen, fordi begge råvarene er handlet i dollar. Olje- og kobberprisen er også påvirket av den globale økonomiske aktiviteten som nevnt tidligere. Olje som en innsatsfaktor i produksjonen av kobber, vil gi høyere produksjonskostnader av kobber ved høyere oljepris. Dette vil danne et grunnlag for hva jeg kan forvente av analysene.

3. Prisdrevne i olje-og kobbermarkedet

I denne delen skal jeg kort fortelle om prisdrevne i olje-og kobbermarkedet som kan tenkes å påvirke tilbudet og etterspørselen etter disse råvarene. Informasjon om markedene er hentet fra International Copper Study Group og American Petroleum Institute (2014).

3.1 Kort om prisdrevne i oljemarkedet

Råolje og petroleumsprodukter er globale råvarer, slik at prisene er bestemt av tilbud og etterspørselsfaktorer på verdensbasis. Prisen på råolje er dermed en avgjørende faktor for prisen på petroleumsprodukter. Oljeprisen er en viktig økonomisk indikator på den globale økonomien på grunn av dens rolle som verdens primære energikilde. Handel i det fysiske markedet blir forsterket av handel i finansmarkedet, ved at aktører sikrer seg mot prisrisiko. Prisene på futureskontrakter er knyttet til prisene i det fysiske markedet fordi futuresposisjoner som ikke blir avsluttet vil føre til enten levering eller mottak av de fysiske varene. Prisene i forskjellige råoljemarkeder er svært korrelerte med hverandre, der prisforskjellene er blant annet på grunn av forskjell i kvalitet og transportkostnader.

3.1.1 Etterspørselsdrevne i oljemarkedet

Etterspørselen etter olje påvirkes hovedsakelig av den økonomiske veksten i verden. Når den økonomiske aktiviteten i verden øker, øker også etterspørselen etter olje på grunn av blant annet økt vareproduksjon og økt transport og aktivitet, og dermed økt energiproduksjon. Råolje i seg selv har ikke en særlig stor funksjon. Derfor er etterspørselen etter råolje avhengig av etterspørselen etter petroleumsprodukter. Underprodukter av råolje er gass, bensin og nafta, parafin, gassolje, drivstoffolje. Disse produktene blir påvirket av sin tilbud-og etterspørselsdynamikk i deres markeder. Siden råoljeprisen inngår i produksjonsprisen, vil endringen i råoljepris føre til endringer i prisene på disse oljeproduktene og dermed igjen påvirke etterspørselen.

Økt industrialisering, urbanisering, befolkningsvekst og levestandard i utviklingsland og styrkede økonomier øker etterspørselen etter olje. Spesielt i Kina, verdens nest største konsumer av olje, har etterspørselen etter energi økt kraftig. Dette har resultert i prisøkning på olje, gitt at tilbudet holdes konstant. Vekst i utviklingsland land skaper forventninger og antydninger om fremtidig oljehandel som også kan øke oljeprisene.

Lokale politiske forhold i eksportlandene kan ha en påvirkning på etterspørselen. Ustabil utenrikspolitikk og internasjonale politiske konflikter i regionene har også vist å ha en stor påvirkning på spekulasjon i oljemarkedet. Spesielt har tidligere oljeembargo og oljesjokkene i 1973, 1979 og 1990 bidratt til spekulasjon om fremtidige oljesjokk. Slik spekulasjon fører til høyere etterspørsel og dermed høyere priser.

Økonomisk nedgang, dårlig populasjonsvekst og politisk fokus på miljøvennlige alternativer som bærekraftige energikilder, hybrid og el-biler kan til sammen bidra til noe lavere etterspørsel. Eksempelvis har Japan siden 2015 gradvis importert mindre olje og mer kull grunnet økonomisk nedgang og populasjonsnedgang. Videre kan også naturkatastrofer og redusert infrastruktur ha en påvirkning på oljeprisene. Siden olje handles i amerikanske dollar vil valuta også ha en innvirkning på oljeprisen og påvirke etterspørselen avhengig av valutaforandringene.

3.1.2 Tilbudsdrivere i oljemarkedet

De største tilbydere av olje er Saudi Arabia, Russland, USA, Kina, Canada og Iran. OPEC, det internasjonale oljekartellet, er den viktigste produksjonsfaktoren i det globale oljemarkedet. OPEC landene står for cirka 40% av verdens oljeproduksjon.

På kort sikt kan politiske konflikter påvirke etterspørselen av olje, men også tilbudet. En tredjedel av oljeproduksjonen i verden er produsert i Midtøsten og Afrika. Store deler av Midtøsten har vært preget av politisk ustabilitet spesielt de siste 40 årene. Som nevnt, har det tidligere vært oljeembargo og frykt for eksportstans av olje i disse landene. Dette har skapt en generell frykt for høyere oljepriser som utspiller seg i spekulasjoner når politiske forandringer, konflikter eller kriger oppstår i eksportlandene. Ustabilitet i oljeforsyninger skaper høyere volatilitet og spekulasjon, og det blir dermed vanskeligere å prognostisere utfallet. En annen ting som kan påvirke tilbudet på kort sikt er naturkatastrofer som kan inntreffe, og dermed føre til stenging av rigger, oljefelt og raffinier.

På lang sikt vil tilbudet av olje bli påvirket av en rekke faktorer som utvinnbare reservebeholdninger i verden, klimapolitikk og teknologisk fremgang. Siden olje er en ikke-fornybar ressurs, vil tilgang til nye reserver være viktig for det langsiktige tilbudet i verden. En klimapolitikk mot mer fornybar energi kan presse oljeprisen ned ved å skatte på

oljeraffinerte produkter. Teknologisk fremgang kan gjøre det lettere å finne uoppdagede oljereserver. I tillegg kan utvinning -og raffineringsprosessen effektiviseres, og dermed øke tilbudet. Utviklingen av miljøvennlige substitutter som biodrivstoff, hydrogendrivstoff og solenergi kan bidra til prisnedgang.

3.2 Kort om prisdrivere i kobbermarkedet

Kobber er det mest brukte industrimetallet i verden, i tillegg til at det er det industrimetallet som det handles mest med. Siden 2004 har prisen på kobber steget en god del på grunn av industriveksten på verdensbasis, spesielt på grunn av fremvoksende markeder. Kina er den største importøren av kobber, og samtidig den nest største produsenten av det viktige metallet. Kina har siden 2011 importert mindre kobber grunnet nedgang i vekst og kobberprisen har fortsatt å falle mer enn 40% siden da. På den andre siden har utvinning og produksjon av kobber blitt billigere grunnet valutaendringer i produksjonslandene i tillegg til lavere energipriser. Utvinning og raffinering av kobber krever mye energi.

Kobberprisen er handlet og blir hovedsakelig bestemt i tre børser: The London Metal Exchange (LME), The New York Mercantile Exchange (NYMEX) og The Shanghai Futures Exchange (SHFE). I disse børsene blir priser bestemt ved *bid* og *offer*, noe som reflekterer markedets tilbud og etterspørsel av råvaren den dagen. I disse børsene kan man også handle futures -og opsjonskontrakter. Kobber blir brukt i alt fra elektronikk og kommunikasjon til konstruksjon og transport. Derfor er kobber svært viktig for I-land og U-land i økonomisk vekst.

Kobber blir handlet i den amerikanske dollaren, så endringer i dollaren kan endre både prisen og etterspørselen. Importerte innsatsfaktorer blir påvirket av hvor sterk valutaen er til produsentlandet. Valutaen for de 13 største eksportørene av kobber har falt drastisk de siste årene. Mellom 2013 og 2014 falt valutaene til sammen 10,4% og det neste året falt de videre 13,4%. Dette fører til lavere kostnader til arbeidskraft.

3.2.1 Faktorer som påvirker tilbudet av kobber

Politisk usikkerhet skaper volatilitet i markedet, fordi sikkerhet og transporttilgjengelighet er essensielt for kobberproduksjon. Politiske faktorer og valutaendringer, spesielt i Chile, har mye å si på den internasjonale handelen for kobber, da Chile er den største eksportøren.

Kobbertilbudet er påvirket av kobberselskaper i alle kontinenter og de største produsentene kan påvirke kobbertilbudet i stor grad.

En stor del av produksjonen av kobber er lokalisert i Sør-Amerika. Gruvestreik, fraktproblemer, politisk ustabilitet, jordskjelv og jordskred er ikke så uvanlig i den delen av verden. Den største produsenten er Chile, og den tredje største er Peru. Disse to landene til sammen står for cirka 40% av produksjonen i verden. Forsyningsbrudd i disse landene vil raskt slå ut i kobberprisen. Andre faktorer å vurdere er naturkatastrofer. Dersom det er tørke eller flom, kan det påvirke gruvene og transport til gruvene. Dette vil gi lavere kobbertilbud på kort sikt og deretter øke prisen for metallet.

Siden kull er en viktig innsatsfaktor i produksjonen av kobber, vil kullmarkedet også påvirke kobbermarkedet. Den energikilden som hovedsakelig brukes i kobbergruvene og prosesseringen av kobber er kull. Derfor har jeg tatt med kullprisen i analysene i denne oppgaven. Kull er den nest største energikilden med cirka 30 % av verdens forbruk. Over 40% av verdens elektrisitet er produsert av kull.² Kobberprisen er uelastisk på kortsikt, det vil si at mengden av kobber fra gruvene ikke kan svare raskt til prisendringer. Om oljeprisen og kullprisen skulle endre seg, vil produksjonen bruke lang tid til å tilpasse seg.

Hvor mye kobber som ligger lagret i varehusene påvirker også prisen, da mye på lager tilsier tilbudsoverskudd i markedet. Lite på lager tilsier knapphet eller lav etterspørsel, men om etterspørselen da stiger, vil prisen styrke seg kraftig. Siden det tar mye tid å utvinne og prosessere kobber, vil ikke en brå oppgang i etterspørselen kunne bli dekket av tilbudet og prisen vil stige. Andre faktorer som påvirker tilbudet er subsidier fra staten, teknologisk fremgang som kan effektivisere prosesser i kobberproduksjonen i gruvene og transportkostnader.

3.2.2 Faktorer som påvirker etterspørselen etter kobber

Befolkningsvekst i verden og økt levestandard fører til industrialisering og økonomisk utvikling som bidrar til høyere etterspørsel etter underproduktene til kobber på lang sikt. Som nevnt bidrar olje også her utviklingslandene til høyere etterspørsel da 30% av kobber blir brukt til konstruksjon og 30% til utstyr. I tillegg blir mye brukt til transport og infrastruktur.

² <https://www.iea.org/>

USA som den tredje største importøren av kobber, har også en god del å si. I USA er det spesielt byggebransjen som etterspør kobber. Om byggebransjen i USA skulle bremse ned, vil det også gi fall i kobberprisen.

Etterspørselen etter kobber har steget mye siden 2002. Dette skyldes urbaniseringen av fremvoksende markeder som Kina og India. Kina er den desidert største importøren av kobber, derfor er den kinesiske økonomien en avgjørende faktor for kobberprisen. Hvis veksten i fremvoksende markeder skulle bremser ned, vil kobberprisen falle. Prisen på substitutter for kobber kan også påvirke prisen. Dette avhenger av om kobber er lett substituerbart. Kobber har en del attraktive egenskaper, men ikke alle underproduktene trenger alle disse karakteristikene. Kina må importere kobber, men har store mengder aluminiumsproduksjon innenlands. Eksempelvis vil en substitusjon fra kobber til aluminium i produksjon av ledninger vil kraftig påvirke kobberetterspørselen.

4. Månedlige data benyttet i analysen (2002-2015)

Denne delen beskriver datasettet og noen empiriske fakta. Datasettet består av spotprisen til olje, kobber og kull, lagertall for kobber, dollarkursen og Kilians indeks som gir gode konjunkturindikasjoner. Jeg undersøker variablene hver for seg for å gi et inntrykk av hvordan markedene har utviklet seg i perioden 2002 til 2015. Datasettet består av månedlige observasjoner i perioden januar 2002 til desember 2015, og utgjør 14 år med observasjoner.

Oljeprisens utvikling

Oljeprisen er gitt ved West Texas Intermediate (WTI), og er hentet fra US Energy Information Administration. Jeg har valgt å bruke WTI, fordi WTI er den dominerende benchmarken for olje konsumert i USA.



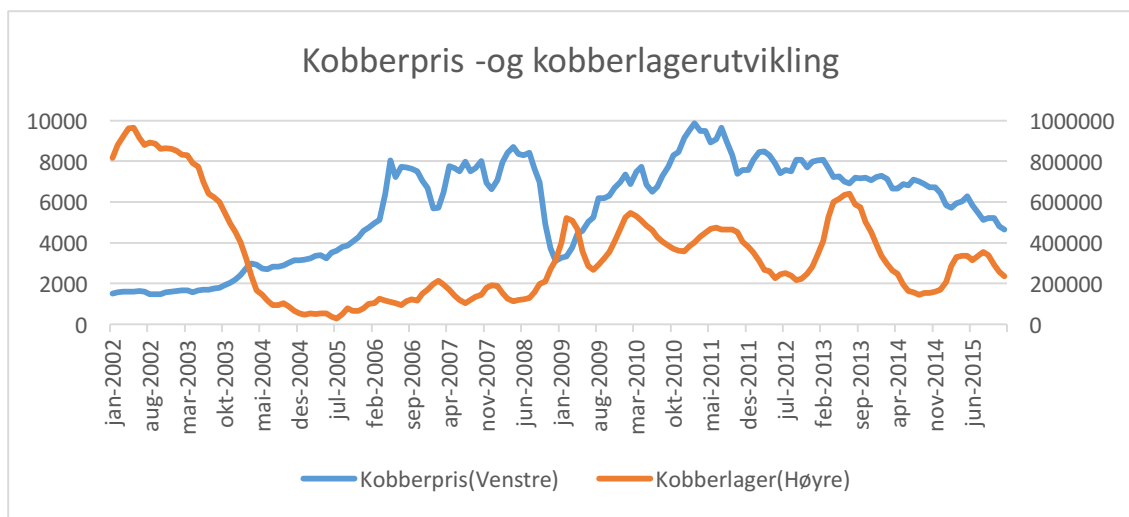
Figur 1: Oljeprisens utvikling fra 2002 til 2015.

Mellom år 2000 til 2008 steg prisen av olje som følge av sterk økonomisk vekst, og tilbudet dekket ikke helt etterspørselen. I denne perioden, var konsumveksten spesielt sterk i Asia og Midtøsten, som resulterte i knapphet i verdensmarkedet etter olje. Prisene fortsatte å stige helt til 2008. I 2008 skjedde Finanskrisen og en verdensomspennende nedkonjunktur reduserte årlig oljekonsum for første gang siden 1993. I 2009 var etterspørselen etter olje fortsatt svak på grunn av nedkonjunkturen, men prisene tok seg opp igjen da OPEC kuttet produksjonen kraftig i 2009. Produksjonen tok seg ikke helt opp igjen før 2012.

I 2010 til 2012, tok økonomien seg opp igjen og etterspørselen etter olje økte, med størst vekst i Asia-markedene. Samtidig var det også tilbudsforstyrrelser på grunn av politisk ustabilitet i Nord-Afrika og Midtøsten. Sanksjoner mot Iran og lavere produksjon i modne områder som Storbritannia og Norge førte til redusert tilbud av olje. Disse faktorene har resultert i historiske høye oljepriser i verdensmarkedene de siste årene. I 2014 har oljeprisen begynt å falle igjen grunnet OPEC beslutning for merproduksjon og nyoppdagede ressurser i Nord-Amerika.

Kobberprisens utvikling

Kobberprisen er opprinnelig fra London Metal Exchange (LME), og er månedlige observasjoner tatt fra den siste tradingdagen i måneden. Jeg valgte å bruke spotpriser fra LME, fordi deres prisserie er brukt som referanse rundt om i verden. LME er verdens største marked av opsjoner og futures for metaller. Lagertallene for kobber er også opprinnelig fra LME, og er månedlige gjennomsnitt målt i dollar per metriske tonn.³ Årlige lagerkostnader for kobber går fra 1% til 5% av verdien av metallet per år, det vil si veldig lave lagerkostnader sammenlignet med lagerkostnader for råolje. Kobber er det mest anvendelige av metallene, og i denne oppgaven har jeg brukt prisen til kobber av typen *Cathode grade A*. Det vil si den inneholder minimum 99,99% kobber.



Figur 2: Kobberpris -og kobberlagerutvikling på nivåform. Kobberprisen er målt i US dollar per metriske tonn. Kobberlager er målt i tonn.

³ Data hentet fra Westmetall.com

Fra figur 2 kan man se at kobberlageret var svært lavt i 2004. Dette var året Kina, og mange andre fremvoksende markeder hadde sterk industriell vekst, noe som kan forklare det lave lagernivået og den høye prisen. Etter 2009 kan man se noe av den samme effekten, men ikke like tydelig og klar sammenheng som under finanskrisen fra 2007 til 2009. Siden 2011 har kobber falt mer enn 40%. Dette skyldes i hovedsak lavere økonomisk vekst i Kina.

Den handelsvektede dollarindeksen

Både kobber og råolje er handlet i amerikanske dollar. Ifølge flere empiriske studier, har det vist seg at endringer i dollarkursen gir endringer i råvarepriser. Zhang et al (2015) fant at dollarkursen og oljepriser er kointegrerte. I min analyse bruker jeg den handelsvektede dollar indeksen hentet fra The Federal Reserve Bank of St. Louis. Dette er et mål på verdien av den amerikanske dollaren målt i valutaer til USAs største handelspartnere. Denne indeksen summerer effekten av dollarkursens appresieringer og depresieringer mot store valutaer USA handler med. Når dollaren appresierer, vil eksport fra USA til andre land bli dyrere, mens import til USA blir billigere. De største vektene i denne indeksen er: Euroen, canadiske dollar, japanske yen og britiske pund.⁴ Siden det gis forskjellige vekter til forskjellige valutaer avhengig av hvor mye brukt valutaen er i internasjonal handel, vil endringer i de viktigste valutaen påvirke den handelsvektede dollarindeksen.

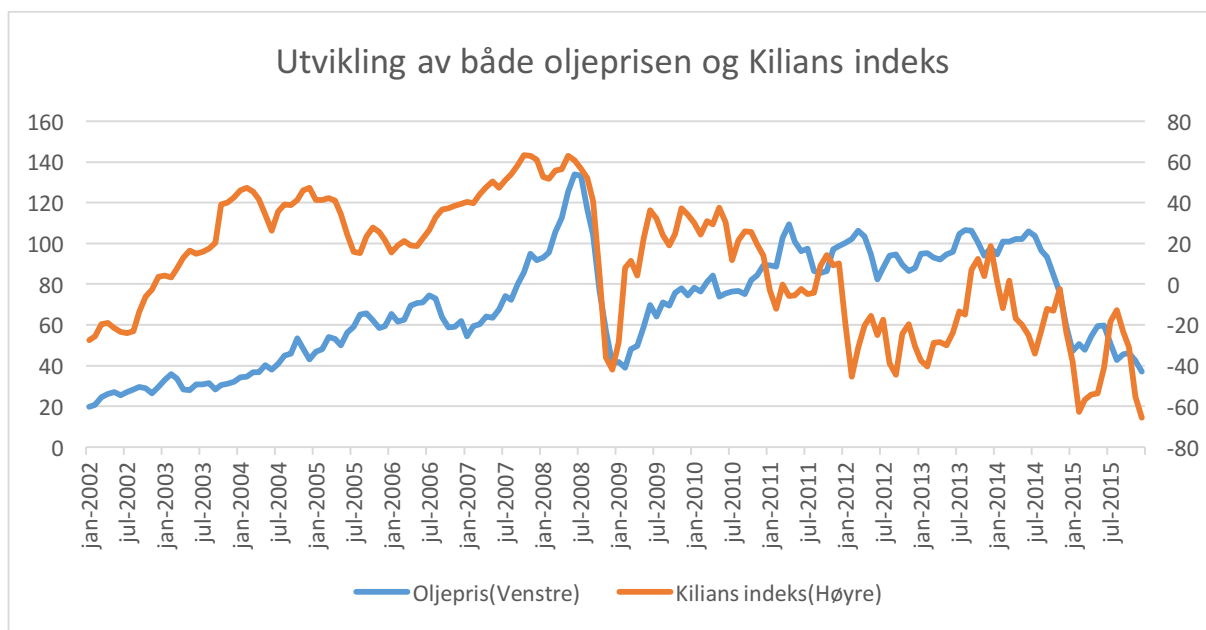
Kullprisen

Kull er den mest brukte energiråvaren i produksjon av metaller. For å se andre faktorer som påvirker kobberprisen, har jeg inkludert kullprisen i analysen. Kullprisen er prisen til australsk termisk kull, som er hentet fra Index Mundi. Australia er en av de største eksportørene av kull, og gir dermed en god referanse til kullprisen verden over.

Økonomisk aktivitet

Som sagt påvirker økonomisk aktivitet i verden både oljeprisen og kobberprisen, derfor vil jeg bruke Kilians indeks som en indikator på global økonomisk aktivitet i analysen. Kilians indeks er et mål på månedlig global økonomisk aktivitet basert på data for fraktrater av tørrlast, hentet fra Drewry Shipping Consultants Ltd. Denne indeksen er å foretrekke, fordi den strekker seg fra 1968, og den har tatt hensyn til inflasjon.

⁴ <https://www.federalreserve.gov/releases/h10/weights/>



Figur 3: Utviklingen av både oljeprisen og Kilians indeks i perioden 2002-2015.

Ifølge Ravazzolo et al. (2015) kan denne indeksen presist forutse verdens BNP-vekst, og er en god månedlig indikator av økonomisk aktivitet i verden. Kilians (2008b) resultater viser at global etterspørselssjokk i råvaremarkedet forårsaket av økt økonomisk aktivitet gir en signifikant økning i realprisen av olje. Fra figuren kan man se at Kilians indeks klarer å fange opp viktige økonomiske hendelser i økonomien i forhold til oljeprisen. Spesielt Finanskrisen i 2008 og økt økonomisk aktivitet rundt 2003 mest grunnet økonomisk vekst i Kina og India.

Dataene vil bli presentert både på nivåform og i prosentvise endringer. Prosentvise endringer av dollarkursen, olje-, kull- og kobberprisen er gitt ved logaritmisk avkastning. Endringer i lagertallene ble tatt med aritmetisk gjennomsnitt. Ved å bruke prosentvise endringer er dataene stasjonære. Kilians indeks ble konstruert ved å samle forskjellige vekstrater av forskjellige tørrlast og ruter, dermed antar jeg at tidsserien er stasjonær.

5. Beskrivende statistikk for data benyttet i analysen

Her skal jeg presentere beskrivende statistikk for å se hvordan sannsynlighetsfordelingen er for alle variablene. I tillegg til å se på perioden 2002 til 2015, har jeg delt opp i tre underperioder for å kunne få bedre oversikt, og å kunne sammenligne periodene på tvers. Tabellen under viser årlig gjennomsnitt gitt ved logaritmisk prosentvis endring. Første periode er årene fra og med 2002 til 2006, neste er 2007-2010, og siste periode dekker 2011-2015. Den siste kolonnen viser hele perioden, det vil si 2002-2015.

Tabell 1: Annualiserte gjennomsnitt og standardavvik for alle variablene. (Endringsform)

Variabler	Gjennomsnitt				Standardavvik			
	2002-2006	2007-2010	2011-2015	2002-2015	2002-2006	2007-2010	2011-2015	2002-2015
Råoljepris	23,30 %	9,10 %	-17,49 %	4,60 %	25,70 %	38,65 %	27,89 %	30,90 %
Kobberpris	30,30 %	7,87 %	-13,59 %	8,10 %	20,20 %	36,56 %	14,90 %	25,10 %
Kobberlager	-13,60 %	29,82 %	-0,97 %	3,40 %	64,60 %	48,24 %	40,07 %	52,10 %
Kullpris	12,31 %	21,66 %	-16,39 %	4,68 %	20,09 %	37,48 %	13,57 %	25,02 %
Dollarkurs	-3,86 %	-1,68 %	4,09 %	-0,38 %	3,54 %	5,78 %	3,66 %	4,43 %

Da månedlige avkastninger og standardavvik for prisene er vanskelig å se for seg, derfor har jeg tatt å gjort det om til årlige. Månedlige gjennomsnittlig logaritmisk avkastning er multiplisert med 12, og månedlige standardavvik er multiplisert med roten av 12. De årlige avkastningene er positive for råoljeprisen og kobberprisen i alle perioder unntatt 2012-2015. Her ser man en nedgang i råoljeprisen fra periode 1 med 23,3 % til periode 2 med 12%, og perioden etter, ble den gjennomsnittlige årlige avkastningen negativ.

Når det gjelder de prosentvise endringene av lagertallene ser man i periode 1 for kobberprisen var negativ, noe som kan forklare den årlige avkastningen på 30,3%. Tider med synkende lager, tilsier høy etterspørsel, og dermed høyere avkastning. I perioden 2002 til 2006, hadde fremvoksende markeder, spesielt Kina, sterk økonomisk vekst. Dermed var det høy etterspørsel etter kobber på grunn av industrialiseringen i fremvoksende markeder, hovedsakelig i Kina.

Det omvendte skjedde i periode 2, da lageret øker, og dermed lav avkastning. Denne perioden så stod finanskrisen sterk fra 2007 til 2009. I periode 3 var det lite gjennomsnittlig endring i lager, og lav avkastning. Det kan tilsi at det var lav etterspørsel, og dermed ikke nødvendig å ha mye på lager heller. Tabell 1 viser høyere volatilitet for råolje enn kobber i alle periodene.

Kobber er mindre volatil enn råolje, fordi prisen på uedle metaller er generelt mindre volatile enn energiråvarer. Volatiliteten var høyest i periode 2 for begge råvarer, det vil si i den perioden finanskrisen stod sterkt. Etter og før krisen var volatiliteten lavere.

Tabell 2: Skjevhet og kurtosis fordelt i perioder.

Variabler	Skjevhet				Kurtosis			
	2002-2006	2007-2010	2011-2015	2002-2015	2002-2006	2007-2010	2011-2015	2002-2015
Råoljepris	-0,44	-1,35	-0,69	-0,98	-0,21	2,39	0,77	1,89
Kobberpris	1,08	-1,28	-0,29	-0,84	3,72	2,44	-0,45	4,97
Kobberlager	1,99	0,24	0,92	1,44	7,25	-0,67	1,18	5,56
Kullpris	0,31	-0,31	0,48	0,15	-0,15	3,14	1,08	5,68
Dollarkurs	-0,43	1,46	0,13	0,79	0,05	3,97	-0,46	3,19

Kurtose måler spissheten av sannsynlighetsfordelingen. En fordeling med høy kurtose tilsier flere observasjoner konsentrert rundt gjennomsnittet, og har relativ høy topp. En fordeling som er flat har lav kurtose. Kurtose lik tre tilsier normalfordeling. Kobber har mest lik normalfordelt sannsynlighet. Kurtose representerer sannsynligheten for ekstreme verdier, det vil si høyere risiko for ekstreme utfall, gitt en normalfordeling. Jo høyere verdi indikere større usikkerhet. Det er høy kurtose i periode 2, noe som indikerer på ekstremverdier under Finanskrisen.

Skjevheten er et mål på asymmetri i en sannsynlighetsfordeling. Skjevheten av en fordeling vil være positiv for høyreskjev fordeling, og negativ for venstreskjev fordeling. Bare første periode av kobberprisen er positiv, det vil si de fleste har en venstreskjev fordeling. Ikke de samme egenskapene som en normalfordeling. Verdien på standardavviket er generelt større for den siden med lengre halen fordi det er en større spredning av data på den andre side i forhold til den korteste halen.

6. Økonometriske analyser

Denne delen av analysen vil bli basert på dataserier på både nivåform og endringsform. Korrelasjonsanalyse vil bli utført for å se hvordan to variabler beveger seg i forhold til hverandre. Deretter vil enkel regresjonsanalyse bli utført for å undersøke om det finnes signifikante direkte lineære sammenhenger.

6.1 Korrelasjonsanalyse

Korrelasjon er et statistisk mål på hvordan to aktiva beveger seg i forhold til hverandre. Den viser hvor sterk en sammenheng mellom to variabler er, og om den er positiv eller negativ. Hvis korrelasjonen er 1 betyr det at begge aktiva er perfekt korrelerte, det vil si at begge beveger seg helt likt. Hvis korrelasjonen er -1, vil det si at begge aktiva beveger seg helt i motsatt retning. Jo nærmere null verdiene er jo mindre korrelerte er de.

Siden korrelasjon er regnet ut ifra historiske data, kan korrelasjonen mellom to variabler endre seg, avhengig av endringer i tidsrammen. Selv om to variabler har en viss korrelasjon nå betyr ikke det at det forblir det samme i fremtiden. Det antas at to variabler blir mer korrelerte hvis volatiliteten i det generelle markedet øker. Finanskrisen er et godt eksempel på det. Derfor har jeg valgt å se på korrelasjonen i perioder, i tillegg til hele perioden både på nivå-og endringsform.

Tabell 3: Korrelasjonsmatrise av variablene på nivåform.

2002-2015	Råoljepris	Kobberpris	Kobberlager	Kullpris	Dollarkurs	Øk. aktivitet
Råoljepris	1,00					
Kobberpris	0,88	1,00				
Kobberlager	-0,35	-0,38	1,00			
Kullpris	0,84	0,79	-0,25	1,00		
Dollarkurs	-0,91	-0,88	0,44	-0,84	1,00	
Øk. aktivitet	0,03	-0,02	-0,35	0,05	-0,19	1,00

I tabell 3 over kan man se at korrelasjonen mellom kobber og råolje er på hele 0,88. Kobber og kullprisen er noe lavere på 0,79. Selv om kull er den største energikilden i produksjon av kobber, er korrelasjonen mellom dem lavere enn den er mellom olje og kobber. Noe av forklaringen til det kan være at oljeprisen påvirker kobberprisen mellom andre kanaler enn

bare produksjonsfaktoren. Det handles mye av begge i finansmarkedet, i tillegg til at det kan være makroøkonomiske faktorer som har en påvirkning på begge. Her vises også andre viktige sammenhenger som påvirker sammenhengen mellom olje og kobber. Dollarkursen har en korrelasjon med hele 0,91 mot råolje, og -0,88 og -0,84 mot henholdsvis kobber og kull. Alle tre råvarene handles i den amerikanske dollaren, dermed er det ikke rart at råvareprisene blir påvirket av endringer i dollarkursen.

6.1.1 Korrelasjoner i perioder

Som sagt kan korrelasjoner endre seg avhengig av hvilken tidsperiode man ser på. I tabellen under kan man se hvordan korrelasjonen har vært i tre perioder i løpet av 2002 til 2015. I tabell 4 er variablene korrelert med råolje, og den neste tabellen viser variablene korrelert med kobberprisen både på nivå- og endringsform.

Tabell 4: Korrelasjon mot råoljeprisen både på nivå- og endringsform fordelt i perioder.

Korrelasjon mot råoljepris (Nivåform)				Korrelasjon mot råoljepris (Endringsform)			
Periode	2002-2006	2007-2010	2011-2015	Periode	2002-2006	2007-2010	2011-2015
Kobberpris	0,89	0,74	0,72	Kobberpris	0,21	0,74	0,45
Kobberlager	-0,82	-0,44	0,26	Kobberlager	0,05	-0,46	-0,12
Kullpris	0,71	0,84	0,61	Kullpris	0,28	0,47	-0,01
Dollarkurs	-0,85	-0,91	-0,90	Dollarkurs	0,01	-0,65	-0,59
Øk. aktivitet	0,48	0,64	0,52	Øk. aktivitet	-0,09	0,46	0,01

Tabell 4 viser at nesten alle variablene hadde meget høy korrelasjon mot råoljeprisen i periode 2002-2006 på nivåform fra hele 0,71 til 0,85. Det er fortsatt høy korrelasjon mellom olje –og kobberprisen på endringsform, spesielt i periode 2 under finanskrisen med 0,74 som antatt. Det samme gjelder for dollaren med -0,60, men for oljelager derimot, ser det ut som det er mindre samvariasjon med råoljeprisen.

Grunnen til at det er høyere korrelasjon mellom olje-og kobberprisen på endringsform under Finanskrisen kan være på grunn av økt investeringsaktivitet i råvaremarkedet i denne perioden. En annen ting kan være at spekulasjon i metallmarkedet i 2007 var svært sterkt blant investorer, fordi de rømte aksjemarkedet til råvaremarkedet. På nivåform var faktisk korrelasjon svært høy mot råolje med alle variablene i periode 1. Den viktigste hendelsen i denne perioden var den sterke veksten i fremvoksende markeder, spesielt Kina og India.

Industriell vekst fører til høyere etterspørsel etter både energiråvarer og metallråvarer. Stor etterspørsel gir også sterkere global økonomisk aktivitet. Dette kan være årsaken til den høye korrelasjonen med råolje.

Tabell 5: Korrelasjon mot kobberprisen både på nivå- og endringsform fordelt i perioder.

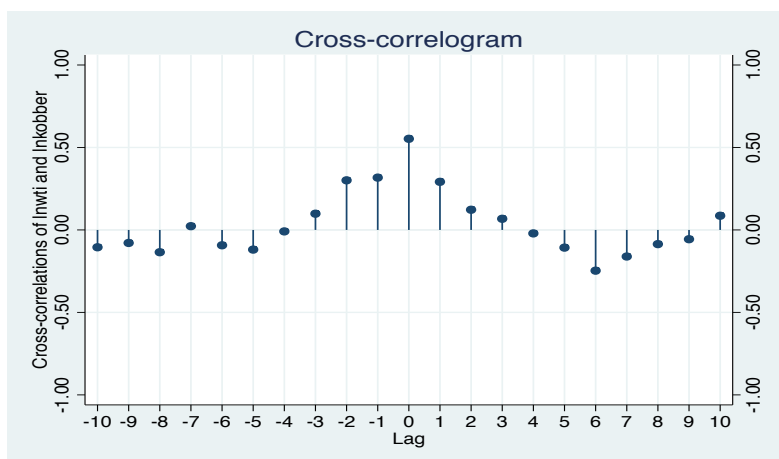
Korrelasjon mot kobberpris (Nivåform)				Korrelasjon mot kobberpris (Endringsform)			
Periode	2002-2006	2007-2010	2011-2015	Periode	2002-2006	2007-2010	2011-2015
Råoljepris	0,89	0,74	0,72	Råoljepris	0,21	0,74	0,45
Kobberlager	-0,68	-0,36	0,28	Kobberlager	-0,13	-0,47	-0,20
Kullpris	0,61	0,45	0,91	Kullpris	0,22	0,45	0,24
Dollarkurs	-0,77	-0,84	-0,90	Dollarkurs	-0,30	-0,67	-0,60
Øk. aktivitet	0,42	0,72	0,43	Øk. aktivitet	0,13	0,21	-0,10

Sammenlignet med råolje, er de andre variablene litt mindre korrelerte med kobber. I første periode på nivåform går korrelasjonene fra 42 til 89. I periode tre på nivåform var kobber korrelert med dollar med hele -0,90, mens på endringsform lå den bare på 0,60. Både på nivåform og endringsform var kobberprisen like høyt korrelert med oljeprisen på 0,74. Mot kobberlager derimot, lå korrelasjonen under 0,50 på endringsform.

Kort oppsummert hadde olje og kobber veldig høye korrelasjoner i nesten alle periodene mot de andre variablene. Begge råvarene var også veldig korrelert med dollarkursen både på nivå- og endringsform i alle perioder. Begge råvarene hadde også høy korrelasjon med kull på nivåform i alle perioder.

6.1.2 Lead-lag korrelasjoner mellom råoljepris og kobberpris på prosentvise endringer:

For å undersøke hvorvidt det eksisterer korrelasjoner mellom råolje og kobber som trenger tid til å tas opp, skal jeg gjennomføre lead-lag korrelasjoner på de prosentvise endringene for perioden 2002-2015. Jeg bruker kryss-korrelasjon for å undersøke forholdet mellom to tidsserier. Grafen under viser korrelasjonen mellom prosentvis endring av kobberprisen og oljeprisen.



Figur 4: Graf av krysskorrelasjonen mellom olje og kobber med ti lag

Figur 4 forteller at i samtid er korrelasjonen mellom kobberprisen i periode 0 og oljeprisen i periode 0 høyest på rundt 0,52. Med lag 1 kan man se at korrelasjonen mellom kobberprisen i periode 0 har lavere korrelasjon med oljeprisen i forrige periode. Krysskorrelasjon med ti lag tilsier at på lag 0 er det en positiv umiddelbar korrelasjon mellom olje-og kobberprisen. Dette indikerer at en økning i oljeprisendring, fører til en umiddelbar økning i endring av kobberprisen, i hvert fall innen samme måned.

Litt kritikk av korrelasjonsanalyse er at korrelasjon kan endre seg over tid, avhengig av tidsperioden. En annen ting er at selv om to tidsserier har høy korrelasjon, kan det være en tredje faktor som påvirker begge. Det betyr ikke nødvendigvis at det er en direkte lineær sammenheng.

6.2 Lead-lag relasjoner mellom kobberprisen og andre faktorer

I denne delen skal forholdet mellom kobberprisen og flere faktorer som kan tenkes å påvirke prisen på kobber analyseres. Denne analysen skal vise om samtidige eller tidligere prisendringer i de uavhengige variablene kan forklare prisendringer i kobberprisen. Etter å ha studert korrelasjoner er det nå tydeligere hvilke sammenhenger som muligens eksisterer mellom råolje, kobber, kobberlageret og den handelsvektede dollarkursen.

La $\Delta p_t^{Kobber} = f(\Delta p_t^{Olje}, \Delta lager_t^{Kobber}, \Delta p_t^{Kull}, \Delta dollar_t, \emptyset k_t)$, hvor p_t^{Kobber} er prisendringen på kobber i samtid, Δp_t^{Olje} er prisendringen på oljeprisen, $\Delta lager_t^{Kobber}$ er endringen i kobberlageret, Δp_t^{Kull} er kullprisendringen, $\Delta dollar_t$ er endringen i dollarkursen og $\emptyset k_t$ er den globale økonomiske aktiviteten. Alle variablene er antatt å være stasjonære på endringsform.

En enkel regresjon brukes til å analysere direkte sammenhenger mellom den avhengige variabelen mot de uavhengige variablene. Dette er en foretrukket metode, fordi den lar oss gjøre ceteris paribus analyse, det vil si vi kan kontrollere for flere faktorer som simultant påvirker den avhengige variabelen. Multipel regresjon kan inneholde flere uavhengige variabler som er korrelerte, slik at vi har mulighet til å antyde kausalitet.

Valg av lag avhenger av balansen mellom marginalnyttens av å legge til flere lags mot marginalkostnaden ved mer estimeringsusikkerhet. Hvis det er for få laggede verdier i en regresjonsmodell, kan verdifull informasjon i tidligere verdier bli utelatt. Hvis for mange laggede verdier er inkludert i modellen, kan man risikere en mer upresis modell med høyere estimeringsfeil. Det er flere metoder som kan bli brukt for å velge antall lags i modellen. I denne analysen har jeg valgt å bruke BIC (Bayes Information Criterion) metoden for valg av lags, fordi den gir en konsistent estimator av den sanne lag lengden⁵ (Stock et.al, 2012).

⁵ $BIC(p) = \ln \left[\frac{SSR(p)}{T} \right] + (p + 1) \frac{\ln(T)}{T}$. SSR(p) = Sum of squared residuals av AR(p) modell. P=antall lags. T=antall måneder.

Modell 1:

$$\begin{aligned} \Delta pris_t^{Kobber} = & \alpha_0 + \beta_1 \Delta pris_t^{Olje} + \beta_2 \Delta pris_{t-1}^{Olje} + \delta_1 \Delta lager_t^{Kobber} + \delta_2 \Delta lager_{t-1}^{Kobber} \\ & + \mu_1 \Delta pris_t^{Kull} + \mu_2 \Delta pris_{t-1}^{Kull} + \gamma_1 \Delta kurs_t^{dollar} + \gamma_2 \Delta kurs_{t-1}^{dollar} + \lambda_1 \emptyset A_t \\ & + \lambda_2 \emptyset A_{t-1} + \varepsilon_t, \quad t = 1, 2, \dots, T \end{aligned}$$

Betaene i modellen vil gi et mål på hvor mye kobberprisen endrer seg som følge av en liten endring i en av de uavhengige variablene. Ved hjelp av denne ligningen skal jeg kunne påvise om prisendringer i oljeprisen kan forklare prisendringen i kobberprisen på kort sikt. Epsilon er feilleddet i periode t. Δ tilsier prosentvis endring.

Regresjonene er basert på logaritmiske endring i råolje-, kull- og kobberprisen og dollarkursen, mens endring i lagertallene er gjort med aritmetisk gjennomsnitt. Kilians indeks er allerede et vektet gjennomsnitt. For å undersøke hvorvidt parameterne er signifikante og om endringer i de uavhengige variablene kan forklare endringer i kobberprisen vil jeg benytte t-tester. Jeg estimerer modellen ved å variere antall lags for å finne den modellen med lavest BIC-verdi. Dette gir antall lags som er optimalt for modellen, uten å miste informasjon eller estimere unødvendig mange koeffisienter. BIC-verdien var minst for modellen med ett lag.

Tabell 6 viser de estimerte betakoeffisientene i regresjonsmodellen. For å undersøke om koeffisientene er forskjellig fra null, har t-tester blitt utført.

Tabell 6: Betakoeffisientene til regresjonsmodellen.

R ² = 0,46	Koeffisientene	Standardfeil	T-verdi
Råoljepris t	0,22	0,06	3,92***
Råoljepris t-1	0,04	0,06	0,63
Kobberlager t	-0,08	0,03	-2,60***
Kobberlager t-1	0,04	0,03	1,28
Kullpris t	0,15	0,07	2,17**
Kullpris t-1	0,06	0,07	0,91
Dollarkurs t	-2,23	0,40	-5,61***
Dollarkurs t-1	0,44	0,42	1,05
Øk. aktivitet t	0,00	0,00	1,09
Øk. aktivitet t-1	0,00	0,00	-1,22

Note: ***= Signifikant på 1%. **= Signifikant på 5%.

Ut ifra tabell 6 for regresjon for hele perioden av Modell 1, er bare tre av koeffisientene signifikante på 1% signifikansnivå. Som antatt er koeffisienten til råolje i samtid positiv, noe tilsier at høyere oljepris gir høyere kobberpris i samme periode. En liten økning i råoljeprisen vil øke kobberprisen med 0,22%.

Fra regresjonen vil en enhets høyere kullpris, endre kobberprisen med 0,15% i periode t. En økning i den handelsvektede dollarkursen, vil si at dollaren har appresiert i forhold til valutaen til de store handelspartnere til USA. Dollaren har appresiert, og import av kobber i USA vil bli billigere. Chile er den største eksportøren, og salg til USA vil lønne seg for Chile. Chile vil da ønske å eksportere mer, og mer kobber vil tilsa lavere pris på markedet. Koeffisienten til dollarkursen er som antatt negativ.

For hele perioden var koeffisientene til råoljeprisen, kullprisen og dollarkursen signifikant mot kobberprisen på 5% signifikansnivå, mens kobberlageret er signifikant på 10% signifikansnivå. En endring i råoljeprisen, endrer kobberprisendringer med 0,25%. Som forventet vil en økning i kobberlageret, gi et fall i kobberprisen med 0,06%. Høyere lagerbeholdning tilsier overskudd av kobber på markedet.

Etter modellen vil en liten økning i kullprisen, tilsa at kobberprisen kan stige med 0,16%. Dette gir intuitiv forklaring ved at økte kullpriser fører til økte produksjonspriser av kobber, dermed høyere kobberpriser. Den samme forklaringen gjelder for råolje.

En økning i dollarkursen fører til et fall i prisen av kobber. Chile er den største eksportøren av kobber. Da kobber handles i dollar, vil en appresiering av dollarkursen tilsvare en depresiering av den chilenske pesoen. USA som importør bli mer konkurransedyktig, og har mulighet til å kjøpe mer kobber, og Chile vil selge mer kobber for de får mer i peso enn tidligere. USA som eksportør blir på en annen side mindre konkurransedyktig, da andre lands valuta depresierer, og det koster mer å importere fra USA. Koeffisienten til den handelsvektede dollarkursen avhenger i tillegg av landets egen valuta. Da kobber handles i dollar, vil valutaen i Kina, som er den største importøren, også påvirke den internasjonale handelsstrømmen.

Tabell 7: Regresjonsresultater i perioder.

	2002-2006			2007-2010			2011-2015		
	Koeffisientene	Standardfeil	T-verdi	Koeffisientene	Standardfeil	T-verdi	Koeffisientene	Standardfeil	T-verdi
Råoljepris t	0,19	0,10	1,85*	0,45	0,14	3,21***	0,09	0,07	1,24
Råoljepris t-1	0,04	0,11	0,34	0,16	0,14	1,14	-0,02	0,08	-0,25
Kobberlager t	-0,06	0,04	-1,50	-0,11	0,10	-1,11	-0,10	0,63	-1,57
Kobberlager t-1	0,07	0,04	1,69*	0,03	0,10	0,32	0,06	0,06	0,90
Kullpris t	-0,09	0,18	-0,49	0,14	0,12	1,19	0,14	0,13	1,04
Kullpris t-1	0,30	0,19	1,65*	0,03	0,12	0,27	0,08	0,12	0,68
Dollarkurs t	-2,30	0,76	-3,05***	-1,51	0,84	-1,79*	-1,70	0,64	-2,68***
Dollarkurs t-1	0,77	0,75	1,03	0,89	0,99	0,91	0,14	0,59	0,24
Øk. aktivitet t	0,00	0,00	-0,16	0,00	0,00	0,43	0,00	0,00	-1,33
Øk. aktivitet t-1	0,00	0,00	0,43	0,00	0,00	-1,49	0,00	0,00	0,75
Adjusted R ²	0,15			0,60			0,34		
Observasjoner	58			48			60		

Note: *** = Signifikant på 1%. ** = Signifikant på 5%. * = Signifikant på 10%.

For å undersøke om koeffisientene er signifikant forskjellig fra null eller ikke, blir t-tester igjen benyttet. I motsetning til regresjon av hele perioden, inneholder regresjon av periode en mange færre signifikante koeffisienter. Grunnen til det er at færre dataobservasjoner gir mindre informasjon til å kunne finne sammenhenger. Dollarkursen i periode t var den eneste med signifikant koeffisient mot kobber i alle tre periodene. Da kobber handles i US dollar er det ikke rart at det er en sammenheng med kobberprisen. Kobber er også den råvaren som det handles mest med av industrimetallene. Selv om koeffisientene ikke er signifikante gir fortegnene en liten indikasjon på retningen variabelen påvirker kobberprisen.

Viktige hendelser i periode 1 var at flere utviklingsland og fremvoksende markeder vokste kraftig, spesielt i Asia-området. R² er bare på 15% i denne perioden, noe som tilsier at variasjonen i kobberprisen er lite forklart av de uavhengige variablene. I periode 2, der Finanskrisen stod sterkt, var det bare koeffisientene til råoljeprisen og dollarkursen som var signifikante. R² er på 60% i denne perioden, noe som er ganske høyt. I periode 3, var justert R² på bare 34 prosent.

Resultatene fra lead-lag analysene kan ikke helt sikkert konkludere med at råolje påvirker kobberprisen. Resultatene i perioder viste en endring fra periode 1 til 2. Oljepriskoeffisienten i periode t var signifikant på 1% i periode 2, men var bare signifikant på 10% i periode 1. I periode 3 var ikke betakoeffisienten til olje signifikant. Dette tyder på at olje og kobber hadde en større sammenheng i de tidligere årene av 2002-2015. En annen faktor som har en sterk sammenheng med kobberprisen er dollarkursen med signifikante sammenhenger nesten i alle tre periodene.

6.3 Oljefutures påvirkning på spotprisen til kobber

I denne delen skal jeg se om futurespriser på olje påvirker spotprisen til kobber. Jeg bruker futurespriser fra en-månedskontrakt til tre-månedskontrakt lagget en gang. BIC-kriteriet foreslo lag 1 til denne modellen.

Tabell 8: Resultater av regresjonsanalyse med futurespriser i perioden 2002-2015.

Oljefutures	2002-2015		
	Koeffisient	Standardfeil	T-verdi
Futures m1	1,83	0,78	2,34**
Futures m1 t-1	1,19	0,73	1,64
Futures m2	-5,09	2,02	-2,52**
Futures m2 t-1	-4,10	2,07	-1,98**
Futures m3	-3,78	1,37	-2,75***
Futures m3 t-1	-3,06	1,47	-2,09**
Adj R ²		34 %	
Antall obs		167	

Note: *** = Signifikant på 1%. ** = Signifikant på 5%. * = Signifikant på 10%.

Resultatet viste mange signifikante sammenhenger med spotprisen til kobber. Spesielt 3-månederskontrakten hadde sterkest sammenheng, og hadde en signifikans på 1%. Med unntak av den laggede verdien av 1-månedskontrakten, var resten av koeffisientene signifikante på 5%. I forrige kapittel så vi at det er en sterk sammenheng mellom spotprisen til olje og spotprisen til kobber. I dette kan man se at også futuresprisene til olje også har en sterk sammenheng med kobberprisen.

At prisene til disse råvarene blir mye påvirket av finansmarkedet er ikke rart da begge handles i stor grad i finansmarkedet. Både futures til både kobber og olje er modne derivater som har vært i handel i finansmarkedet siden 1980-tallet. Handel i kobberfutures skjedde ikke før 1989, mens trading av oljefutures startet først i 1983. (Tang et al, 2012) Begge råvarene er en av de mest handlede råvarene i finansmarkedet. En indikasjon på hvor viktig kobber- og oljederivater er av råvareinvestering kan sees på Bloombergs commodity investment index fra 2015. I indeksen har WTI-futureskontrakten en vekt på 7,8%, mens kobberfutureskontrakten har så mye som 7,5 prosent av 21 råvarer. Denne indeksens vekter er basert på den underliggende råvarens økonomiske signifikans, gjennomsnittlig handlet volum og markeds likviditet.⁶

⁶ <http://www.bloombergindices.com/bloomberg-commodity-index-family/>

6.4 Test for stasjonæritet

I denne delen skal jeg se om variablene er inegrert av grad 1, og om det kan bli brukt i kointegrasjonsestimering. Dickey-Fuller testen for enhetsrot er brukt på univariate tidsserier for å se om hver og en av variablene er stasjonær eller følger en random walk. Det finnes flere tester som kan finne ut av om en tidsserie er stasjonær. Den mest brukte er Dickey-Fuller testen. Det er tre variasjoner av denne testen der den tar med konstantleddet og en trend. Jeg velger å teste både med trend og uten trend, da noen av dataseriene vandrer rundt en lineær trend.

Denne testen inkluderer både et konstantledd og en trend i testlikningen: Modell 2:

$$\Delta y_t = \alpha + \gamma y_{t-1} + \sum_{s=1}^m a_s \Delta y_{t-s} + \lambda t + v_t$$

Der λt er trendvariabelen, v_t er feilleddet og a , γ og α er koeffisientene.

Jeg bruker ensidig test, der nullhypotesen forkastes hvis tau-statistikken er $\tau \leq \tau_c$. T-testen har en skjev fordeling, og ikke en standard t-fordeling, dermed skal tau-statistikken brukes.

Nullhypotesen er at tidsserien har en enhetsrot, det vil si ikke-stasjonær.

Jeg benytter Augmented Dickey-Fuller testen med konstant, og tester både med og uten trend.

Tabell 9: Enhetsrot-test. Augmented Dickey-fuller test.

Variabel	Augmented Dickey-fuller med konstant uten trend		Augmented Dickey-fuller med konstant og trend	
	Nivåform	Første-differensiert	Nivåform	Første-differensiert
Kobberpris	-1,785	-8,945***	-0,894	-9,029***
Råoljepris	-1,805	-8,267***	-0,841	-8,366***
Kobberlager	-1,957	-5,311***	-1,705	-5,371***
Kullpris	-1,685	-9,714***	-1,223	-9,752***
Dollarkurs	-1,780	-8,181***	0,286	-8,684***
Øk. aktivitet	-1,616	-9,714***	-2,780	-9,688***

Note: ***= Signifikant på 1%.

Som forventet er alle prisene på nivåform ikke stasjonære, men alle seriene første-differensiert er stasjonære. Testene med trend og uten trend samsvarer med hverandre. Tidsseriene er integrert av grad 1. Dataseriene kan bli brukt i kointegrasjonsestimering.

6.5 Kointegrasjon mellom olje- og kobberprisen

To variabler som har en felles stokastisk trend sies å være kointegrerte. For å sjekke om to variabler er kointegrerte, må dataseriene være integrert av grad 1. To-steps Engle-Granger analyse blir brukt for å finne ut om det finnes et langsiktig forhold mellom olje- og kobberprisen. Denne testen har egenskapen til å skille mellom virkelig langsiktig forhold mellom to variabler, og spuriøse forhold.

Følgende modeller ble estimert:

$$\text{Modell 3 : } y_t = \alpha_0 + \beta_1 x_t + e_t$$

$$\text{Modell 4: } y_t = \alpha_0 + \beta_1 x_t + \delta_t + e_t$$

Også her tester jeg med konstant, i tillegg til trend og uten. For å forkaste nullhypotesen om ingen kointegrasjon, må ADF statistikken være signifikant negativ for residualene. Hvis residualene er stasjonære, vil det si at variablene er kointegrerte. Hvis residualene er ikke-stasjonære, er variablene ikke-kointegrerte så regresjon mellom dem er da spuriøs. Kritiske verdier for kointegrasjon er benyttet.

Tabell 10: Resultater av kointegrasjonsestimeringen mellom olje- og kobberprisen.

	2002-2015		2002-2006		2007-2010		2011 - 2015	
	Med trend	Uten trend	Med trend	Uten trend	Med trend	Uten trend	Med trend	Uten trend
Beta	-0,09	-0,09	-0,10	-0,13	-0,11	-0,11	-0,39	-0,12
ADF-verdi	-3,19*	-3,16*	-1,84	-1,85	-1,73	-1,69	-4,31***	-2,56

Note: *** = Signifikant på 1%. ** = Signifikant på 5%. * = Signifikant på 10%.

En ensidig test på 5 % signifikansnivå for kointegrasjon uten trend ble -3,16.⁷ Tau-statistikken er større enn den kritiske verdien på -3,42, dermed kan ikke nullhypotesen forkastes om at olje- og kobberprisen er ikke kointegrerte, og konkluderer med at residualene er ikke-stasjonære på 5% signifikansnivå.

I følge resultatene ser ikke oljeprisen ut til å være integrert med kobberprisen av grad 1 for hele perioden, og det har dermed ingen langsiktig sammenheng med kobberprisen på 5% signifikansnivå. Sammenhengen er bare signifikant på 10% for hele perioden både med og uten trend. I perioden 2011-2015 er oljeprisen kointegrert med kobberprisen på 1%

⁷ De kritiske verdiene er fra J.Hamilton (1994), Time Series Analysis, Princeton University Press, p. 766.

signifikansnivå hvis trend er inkludert. I første og andre periode fant jeg ingen langsiktige sammenhenger mellom olje- og kobberprisen.

Jeg konkluderer med at det ikke eksisterer et langsiktig forhold mellom kobberprisen og oljeprisen på 5% signifikansnivå. Feilkorrigeringsmodellen kan ikke benyttes med mindre oljeprisen og kobberprisen er kointegrert. Dermed benytter jeg VAR-modellen i stedet for å finne kausale kortsiktige sammenhenger mellom olje- og kobberprisen.

6.6 Vektor autoregressiv modell

For å undersøke om oljeprisen driver kobberprisen på kort sikt skal jeg i dette kapitlet ta i bruk en vektor autoregressiv modell (VAR-modell). En VAR-modell er en modell som tar for seg både laggede verdier av den avhengige variabelen og den uavhengige. I

regresjonskapitlet 6.2 ble flere uavhengige variabler som kan tenkes å påvirke kobberprisen undersøkt. Formålet med det var å se om det var andre relasjoner som påvirket kobberprisen mer enn oljeprisen. Da ble det konkludert at kobberprisen hadde en sterk sammenheng med mange av de andre variablene, men ikke like sterkt med oljeprisen. Forholdet mellom oljeprisen og kobberprisen hadde en korrelasjon på 0,88 på nivåform og 0,55 på endringsform.

I forrige kapittel ble det klart at det ikke var et langsiktig kointegrasjonsforhold mellom dem. I denne delen skal jeg se om oljeprisens laggede verdier og kobberprisen laggede verdier kan brukes til å forklare kobberprisen i samtid. Dette fordi det kan ta tid før oljeprisen påvirker kobberprisen. Grunner til det kan være at produksjon av kobber er svært uelastisk, dermed tar det tid for kobber å tilpasse produksjonen hvis oljeprisen skulle endre seg. Jeg skal også se om laggede verdier av kobberprisen inneholder informasjon som kan forklare oljeprisen.

Modell 5:

$$\Delta pris_t^{Kobber} = \alpha + \beta \Delta pris_{t-1}^{Olje} + \beta \Delta pris_{t-2}^{Olje} + \beta \Delta pris_{t-1}^{Kobber} + \beta \Delta pris_{t-2}^{Kobber} + \varepsilon_t$$

Modell 6:

$$\Delta pris_t^{Olje} = \alpha + \beta \Delta pris_{t-1}^{Olje} + \beta \Delta pris_{t-2}^{Olje} + \beta \Delta pris_{t-1}^{Kobber} + \beta \Delta pris_{t-2}^{Kobber} + \varepsilon_t$$

Modell 1 og Modell 2 sammen tilsvarer en VAR(4) modell av endringen i kobberprisen.

Disse likningene kan også bli brukt til Granger-kausaltets tester. Nullhypotesen er om koeffisientene til de laggede verdien til kobber er lik null. Ifølge AIC var 2 lags det optimale. Jeg bruker AIC-kriteriet her, fordi AIC gir flere foreslåtte lags enn BIC-kriteriet. To lags til både olje og kobber blir inkludert som uavhengige variabler.

Resultater av Modell 5:

Tabell 11: Resultater av VAR-modellen for kobberprisen i periode 2002-2015.

Kobberprisen	2002-2015			
	Kobberpris t-1	Kobberpris t-2	Oljepris t-1	Oljepris t-2
Koeffisientene	0,42	-0,03	0,06	0,00
T-verdi	4,71***	-0,33	0,87	-0,07
Adj R ²	0,20			

Note: *** = Signifikant på 1%.

Logaritmisk avkastning er benyttet i estimeringen. Denne modellen er for å finne kortsiktig kausalitet, da forrige kapittel tilsa at det ikke var en langsiktig sammenheng mellom olje- og kobberprisen. Koeffisientene i denne modellen er dermed kortsiktige. Resultater fra den første likningen viser at månedlig vekst i kobberprisen er signifikant relatert til sin egen tidligere verdi fra forrige periode, men ikke signifikant relatert til månedlig vekst til oljeprisen i forrige periode.

Tabell 12: Resultater av VAR-modellen for oljeprisen i periode 2002-2015.

Oljeprisen	2002-2015			
	Kobberpris t-1	Kobberpris t-2	Oljepris t-1	Oljepris t-2
Koeffisientene	0,15	0,27	0,20	-0,06
T-verdi	1,36	2,42***	2,35	-0,68
Adj R ²	0,16			

Note: *** = Signifikant på 1%.

For likningen til oljeprisen viser det seg at oljeprisen er signifikant relatert med månedlig vekst i kobberprisen i periode t-2. Jeg finner ingen logisk forklaring til at kobberprisen to perioder før kan brukes til å forklare oljeprisen. Jeg konkluderer med at oljeprisen ikke driver kobberprisen i denne modellen heller, men at kobberprisen er signifikant knyttet til sin tidligere verdi.

6.7 Granger-kausaltet mellom kobberprisen og variablene

Her skal jeg se om oljeprisen og andre faktorer Granger-forårsaker kobberprisen. Det vil si om tidligere verdier av oljeprisen kan brukes til å predikere kobberprisen. Dette er en lead-lag relasjon, det vil si oljeavkastninger i en tidligere periode, kan forårsake senere endringer for kobberprisen. Jeg forventer ikke å finne noen sammenheng mellom oljeprisen og kobberprisen, men det kan hende at kobberprisen er Granger-forårsaket av andre faktorer. Nullhypotesen er at faktorene ikke Granger-forårsaker kobberprisen. Resultatene er oppgitt med F-tester for variabler med flere enn et lag og t-tester for variabler med et lag. P-verdiene er også oppgitt.

Modell 7:

$$\Delta pris_t^{Kobber} = \alpha + \sum_{i=1}^n \beta \Delta faktor_{t-i} + \sum_{i=1}^n \beta \Delta pris_{t-i}^{Kobber} + \varepsilon_t$$

Tabell 13: Resultater fra Granger kausalitetstester i perioden 2002-2015 og 2002-2006.

2002-2015						2002-2006					
Variabler	Råoljepris	Kobberlager	Kullpris	Dollarkursen	Øk. aktivitet	Variabler	Råoljepris	Kobberlager	Kullpris	Dollarkursen	Øk. aktivitet
Kobberpris	0,37	0,00	0,65	0,54	0,13	Kobberpris	0,03	0,35	2,96	0,59	0,04
P-verdi	0,69	0,98	0,42	0,59	0,72	P-verdi	0,87	0,55	0,09	0,45	0,84
Antall lags	2	1	1	2	1	Antall lags	1	1	1	1	1
Antall observasjoner	165	165	165	165	165	Antall observasjoner	55	55	55	55	55

Tabell 14: Resultater fra Granger kausalitetstester i perioden 2007-2010 og 2011-2015.

2007-2010						2012-2015					
Variabler	Råoljepris	Kobberlager	Kullpris	Dollarkursen	Øk. aktivitet	Variabler	Råoljepris	Kobberlager	Kullpris	Dollarkursen	Øk. aktivitet
Kobberpris	0,29	0,60	0,14	0,61	0,80	Kobberpris	1,96	0,29	1,07	0,85	1,53
P-verdi	0,75	0,44	0,71	0,55	0,38	P-verdi	0,17	0,59	0,31	0,36	0,22
Antall lags	2	1	1	2	1	Antall lags	1	1	1	1	1
Antall observasjoner	48	48	48	48	48	Antall observasjoner	60	60	60	60	60

For hele perioden var det ingen signifikante sammenhenger. Verken råoljepris eller kobberlager, kullpris, dollarkursen eller økonomisk aktivitet ser ut til å Granger-forårsake kobberprisen. Jeg fant heller ingen sammenhenger mellom faktorene og kobberprisen fordelt i perioder med månedlige data.

6.8 Impulsresponsener

Her skal jeg undersøke hva som ville skje dersom etterspørselssjokk eller tilbudssjokk påvirker den dynamiske kobling til kobberprisen og oljeprisen. Positive sjokk blir påført begge standardavvikene i VAR(2) modellen. Denne modellen er basert på en bivariat VAR-system av stasjonære variabler.

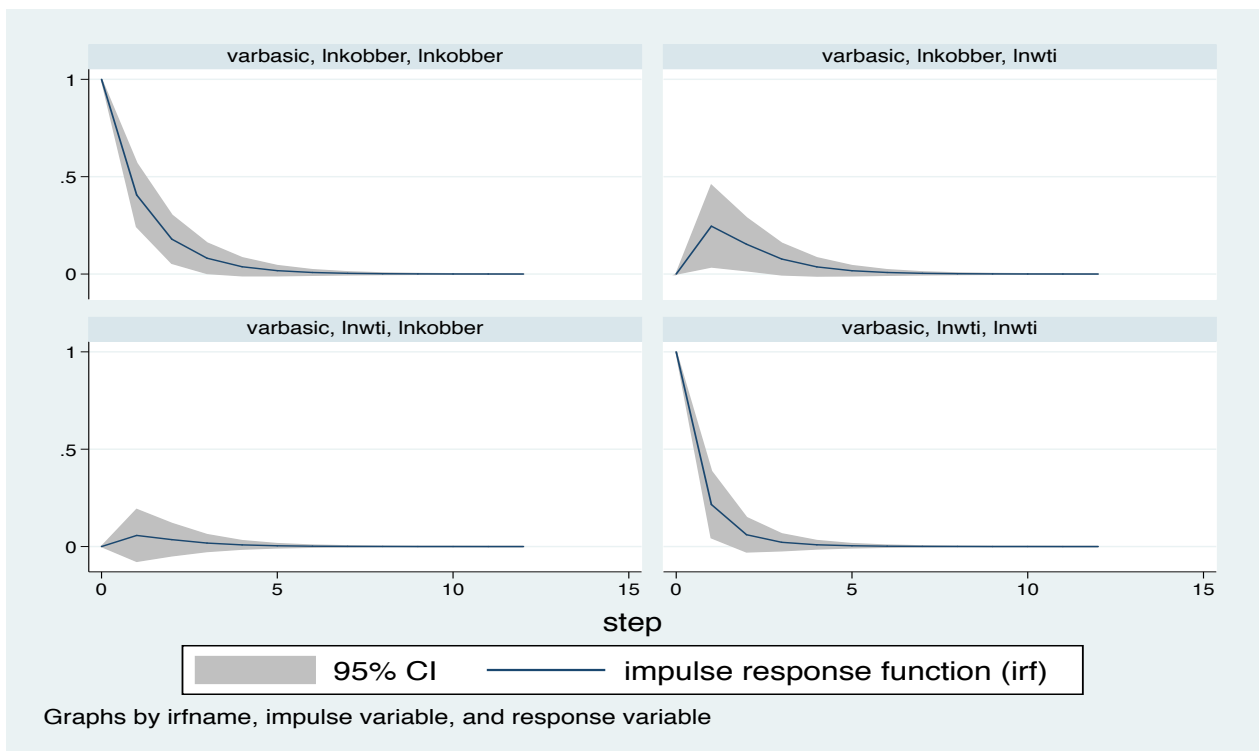
Modell 8:

$$\Delta pris_t^{Kobber} = \alpha + \beta \Delta pris_{t-1}^{Olje} + \beta \Delta pris_{t-1}^{Kobber} + \varepsilon_t$$

Modell 9:

$$\Delta pris_t^{Olje} = \alpha + \beta \Delta pris_{t-1}^{Olje} + \beta \Delta pris_{t-1}^{Kobber} + \varepsilon_t$$

Disse funksjonene viser hvordan variablene reagerer på hverandre. VAR-modellen estimeres, og deretter blir impulsresponsfunksjonene innført.



Figur 5: Impulsresponsfunksjoner mellom olje- og kobberprisen. 12 steg frem.

Det er fire impulsresponsener, der effekten av et sjokk på kobberprisen på tidsdynamikken til både kobberprisen og oljeprisen, og et sjokk på oljeprisen på tidsdynamikken til både kobberprisen og oljeprisen. Her antas det at kobberprisen bare har en sammenheng med laggede verdier av oljeprisen, og omvendt. Dette vil si at olje- og kobberprisen ikke påvirker

hverandre simultant. Y-aksen viser ett residualsjokk på likningene til kobberprisen og oljeprisen. Dette er en god representasjon av det dynamiske systemet mellom olje- og kobberprisendringer.

Det gis et positiv sjokk til hvert av residualene. Hvis grafen er over nullinjen, er reaksjonen positiv. Grafen i den andre ruten (øverst til høyre) viser et sjokk i residualet til oljelikningen fra VAR-modellen, og hvordan det påvirker kobberprisen. Den blålinjen viser reaksjonen. Den viser at reaksjonen er høyest i periode 1, og forsvinner helt rundt periode 5, men reaksjonen blir aldri negativ. (Grafen øverst til høyre).

Disse sammenhengene er kortsiktige kausale sammenhenger fordi det ikke finnes en kointegrasjonskobling mellom variablene. Fordelen med å undersøke impulsresponsfunksjoner er at de viser hvor stor virkningen er, og hvor fort virkningen av sjokket forsvinner, dermed kan man se avhengighetsforholdet mellom to variabler.

6.9 Oljesjokk

For å se om større endringer i oljeprisen har sterkere påvirkning på kobberprisen enn mindre endringer, skal gjøre en analyse med dummy variabler. Jeg definerer oljeprissjokk når den prosentvise endringen av oljeprisen er større eller mindre enn 8%. 8% prisendring fra en måned til en annen, anser jeg som en brå endring. Det første oljesjokket skjedde i 1973.

Jeg tar utgangspunkt i hendelsen februar 2007, da oljeprisøkningen steg først med litt over 8 prosent. Endring med over 8 % er ikke de mest ekstreme prisendringene, men relativt litt over gjennomsnitt. 8% tilsvarer de litt mindre oljesjokkene under Finanskrisen. Hvis vi ser på de historiske dataene tilgjengelig, så ser det ut til at store oljehendelser der prisen har økt kraftig over flere år har begynt med en økning på 8%. Med laggede verdier av oljesjokk, kan man se om oljesjokk tar tid før det påvirker kobberprisen. Ved å benytte AIC-kriteriet, ble det foreslått å bruke en lag.

Følgende modell ble brukt: Modell 10:

$$\Delta p_t^{Kobber} = \alpha_o + \sum_{i=1}^n \beta_i \Delta p_t^{R\ddot{a}olje} + \sum_{i=1}^n \gamma_i (Dum^{Positiv} * \Delta p_t^{R\ddot{a}olje}) + \sum_{i=1}^n \delta_i (Dum^{Negativ} * \Delta p_t^{R\ddot{a}olje}) + \varepsilon_t$$

Resultatet viser som tidligere at oljeprisendringen i samme periode har en positiv signifikant sammenheng med kobberprisen. Ingen av de andre sammenhengene viser noe signifikans på 5% signifikansnivå. Fortegnene til dummy variablene er positive med unntak av en.

Tabell 15: Resultater fra regresjonen med positive og negative oljesjokk i perioden 2002-2015.

	2002-2015		
	Koeffisientene	Standardfeil	T-verdi
Råolje	0,29	0,14	2,00
Råolje t-1	-0,18	0,14	-1,27
Dummy positiv	-0,12	0,17	-0,70
Positiv t-1	0,31	0,16	1,88
Dummy negativ	0,32	0,18	1,79
Negativ t-1	0,25	0,17	1,44
Adjusted R ²		0,35	
Observasjoner		166	

For hele perioden er bare råolje signifikant på 5% signifikansnivå.

Regresjonen utført i perioder viser heller ingen signifikante sammenhenger. Den eneste signifikante sammenhengen her, er i periode 2 for positivt oljesjokk. Justert R^2 er i denne perioden så høyt som 0,63, mens i de andre periodene var den minimal.

Tabell 16: Resultater fra regresjonen med positive og negative oljesjokk i perioder.

	2002-2006			2007-2010			2012-2015		
	Koeffisientene	Standardfeil	T-verdi	Koeffisientene	Standardfeil	T-verdi	Koeffisientene	Standardfeil	T-verdi
Råolje	0,21	0,24	0,87	0,47	0,34	1,41	0,10	0,17	0,61
Råolje t-1	-0,04	0,24	-0,18	-0,64	0,34	-1,88	0,09	0,15	0,59
Dummy positiv	-0,04	0,27	-0,14	-0,34	0,34	-0,98	-0,05	0,23	-0,20
Positiv t-1	0,10	0,28	0,36	0,77	0,35	2,20	-0,07	0,22	-0,31
Dummy negativ	-0,06	0,34	-0,16	0,51	0,39	1,32	0,23	0,21	1,11
Negativ t-1	0,14	0,33	0,42	0,60	0,39	1,52	-0,07	0,19	-0,37
Adjusted R^2		-0,06			0,63			0,17	
Observasjoner		60			48			60	

Jeg konkluderer med at det ikke er noen tegn til at oljeprissjokk påvirker kobberprisen. Regresjon i perioder mister også den signifikante sammenhengen mellom oljeprisendring i samme periode som kobberprisendringen. Bare positiv dummy t-1 har en signifikant sammenheng med kobberprisen i analysen.

7. Diskusjon av resultatene

Hovedfunnene fra analysen er at olje- og kobberprisen er ikke kointegrert. Oljeprisen Granger-forårsaker heller ikke kobberprisen. Modellen med større prisendringer av oljeprisen viste heller ingen signifikante sammenhenger med kobberprisen. VAR-modellen ga det samme resultatet. Korrelasjonen mellom oljeprisen og kobberprisen er betydelig, men når det kommer til kausalitet finner jeg mye svakere resultater. Det var heller ingen signifikant langsiktig sammenheng mellom kobber- og oljeprisen. En grunn til det kan være at det er en tredje faktor som påvirker begge råvarene. Modellen med oljefutures kontrakter derimot viste sterke signifikante sammenhenger med kobberprisen.

Lead-lag relasjonen i kapittel 6.2 viste signifikante sammenhenger mellom kobberprisen og råoljeprisen, kullprisen, kobberlageret og dollarkursen i samtid på minst 5% signifikansnivå. Regresjonen delt i perioder viser færre signifikante sammenhenger. Bare råoljeprisen og dollarkursen var signifikant mot kobber.

Annualiserte gjennomsnitt og standardavvik viste at de årlige avkastningene er positive for råoljeprisen og kobberprisen i alle perioder unntatt 2012-2015. Standardavvikene for begge var som forventet på sitt høyeste i periode 2, fordi Finanskrisen stod sterkt.

Korrelasjonenanalysen fordelt i perioder viste at det er fortsatt høy korrelasjon mellom olje – og kobberprisen på endringsform, spesielt i periode 2 under Finanskrisen med 0,74. Det samme gjelder for dollarkursen med -0,60. For oljelager derimot, ser det ut som det er mindre samvariasjon med råoljeprisen.

Jeg fant det overraskende at kobberlageret, som indikerer tilbud og etterspørsel i kobbermarkedet ikke Granger-forårsaket kobberprisen. En grunn til det kan være at jeg tok bare for meg lagertall fra LME, og ikke lager på verdensbasis. Det finnes flere lagerbeholdninger av kobber enn LME sine, som for eksempel NYMEX (New York Mercantile Exchange) og SHFE (Shanghai Futures Exchange).

Dollarkursen er en nøkkelfaktor i internasjonal handel av kobber og olje. Den handelsvektede dollarindeksen har derimot ikke den kinesiske valutaen som en av sine største vekter. Den største importøren av kobber er Kina, og dette kan virke negativt på kobberprisen uten at det

er tatt hensyn til. Hvis kinesisk valuta faller dramatisk i forhold til USD, blir det dårlig nytt for kobber. Etterspørselen etter kobber fra Kina kan da falle. Ved nærmere forskning burde dette bli tatt hensyn til, i tillegg til data fra flere kobberlager.

Global økonomisk aktivitet ser heller ikke ut til å ha en sterk sammenheng med kobberprisen ut ifra analysen. Dette er også overraskende, da kobbermarkedet er kjent for å indikere helsen til den generelle økonomien i verden. Noe annet som var overraskende var at kullprisen ikke Granger-forårsaket kobberprisen, siden kull er den største energifaktoren i produksjon av kobber. En svakhet med analysen min er at analysen bare er basert på månedlige data. En endring i oljeprisen kan påvirke kobberprisen raskere enn på månedlig basis.

Totalt sett tror jeg kobberprisens utvikling fortsatt er på vei ned, mest grunnet lavere etterspørselsvekst fra Kina. Oljeprisen som er sterkt korrelert med kobberprisen, kan også se ut til å falle, på grunn av oljeoverskudd i markedet. Lavere etterspørsel etter kobber kan indikere lavere etterspørsel etter olje grunnet bilindustrien.

8. Konklusjon

Konklusjonen er at det ikke er noen signifikante bevis på at oljeprisen driver kobberprisen. Det var ingen signifikant langsiktig sammenheng mellom kobber-og oljeprisen. De var ikke kointegrerte. Granger kausalitet viste at oljeprisen ikke Granger-forårsaker kobberprisen. VAR-modellen viste at oljeprisen ikke drev kobberprisen. Månedlig vekst i kobberprisen er signifikant relatert til sin egen tidligere verdi, men ikke signifikant relatert til månedlig vekst til oljeprisen i forrige periode. Oljesjokk på kobberprisen viste heller ingen signifikant sammenheng med kobberprisen når dummyvariabler med positive og negative oljesjokk med endring større enn 8% ble inkludert i modellen.

Ut ifra analysen tilsier beskrivende statistikk at dataene for kobberprisen har høyere volatilitet under Finanskrisen. Konklusjonene er at både råolje- og kobberprisen opplevde høyere volatilitet i perioden 2007-2010. Dette gjelder også for oljeprisen, kullprisen, dollarkursen og indikatoren for økonomisk aktivitet. Korrelasjonen mellom kobberprisen og oljeprisen er svært høy, spesielt på nivåform. Korrelasjon fordelt i perioder viste også høyere korrelasjon med oljeprisen i periode 2. Lead-lag relasjoner mellom kobberprisen og medvirkende faktorer viste at kobberprisen har en sterk sammenheng med endringer i råoljeprisen, dollarkursen, kullprisen og kobberlageret.

Futurespriser på olje ble brukt til å se om det hadde noen sammenheng med spotprisen til kobber. Nesten alle futuresprisene fra en-månedskontrakt til tre-månedskontrakter hadde signifikant sammenheng med endringer i kobberspotprisen. Dette tilsier at futurespriser er gode forklaringsvariabler for kobberprisen. Impulsresponsfunksjonen viste at sjokk i residualene til oljeprisen ga en reaksjonen på kobberprisen som var høyest i periode 1, og reaksjonen faller og forsvinner helt rundt periode 5. Dermed viser dette at sjokk i oljeprisen ikke gir negativ påvirkning på kobberprisen.

9. Referanser

- Ahti, V. (2009). Forecasting Commodity Prices with Nonlinear Models. *Helsinki Center of Economic Research*, Discussion Paper No. 268 (ISSN 1795-0562): 1-18.
- Apergis, N., Miller, S. M. (2009). Do structural oil-market shocks affect stock prices? *Elsevier - Energy Economics*: 569-575.
- Asche, F., Gjøølberg, O., Völker, T. (2003). Price relationships in the petroleum market: an analysis of crude oil and refined product prices. *Energy Economics* (25): 289-301.
- Basher, S. A., Haug, A. A., Sadorsky, P. (2011). Oil prices, exchange rates and emerging stock markets. *Elsevier - Energy Economics*: 227-240.
- Behmiri, N. B. a. M., Josè R. Pires. (2013). Crude Oil Price Forecasting Techniques: a Comprehensive Review of Literature. *Research Review, Alternative Investment Analyst Review*: 30-48.
- Bresnahan, T., F., Suslow, V., Y. (1985). Inventories as an asset, the volatility of copper prices. *International Economic Review*, 26 (2): 409-424.
- Brown, S. P. A., Yücel, M. K., Thompson, J. (2003). Business Cycles: The Role of Energy Prices. *Federal Reserve Bank of Dallas*, Research Department (Working Paper 0304): 1-18.
- Buncic, D. a. M., Carlo. (2014). Forecasting Copper Prices with Dynamic Averaging and Selection Models.
- Byrne, J. P., Fazio, Giorgio and Fiess, Norbert. (2012). Primary commodity prices: Co-movements, common factors and fundamentals. *Journal of Development Economics*, 101: 16-26.
- Cuñado, J., Gracia, F. P. (2003). Do oil price shocks matter? Evidence for some European countries. *Elsevier - Energy Economics*, 25 (2): 137-154.
- Deaton, A. a. L., Guy. (1991). On the Behaviour of Commodity Prices. *Review of Economic Studies*, 59: 1-23.
- Engemann, K. M., Kliesen, K. L., Owyang, M. T. (2010). Do Oil Shocks Drive Business Cycles? Some U.S. and International Evidence. *Research Division, Federal Reserve Bank of St. Louis*, Working Paper Series: 1-30.
- Gargano, A. a. T., Allan. (2012). Predictive Dynamics in Commodity Prices.
- Geman, H., Smith, W. O. (2013). Thoery of Storage, Inventory in the LME Base Metals. *Elsevier - Resources Policy*, 38 (1): 1-37.
- Hamilton, J. D. (2003). What is an oil shock? *Journal of Econometrics*, 113: 363-398.
- Hammoudeh, S., Dibooglub, S. (2004). Relationships among U.S. oil prices and oil industry equity indices. *International Review of Economics & Finance*, 13 (4): 427-453.
- Hammoudeh, S., Yuan, Y. (2008). Metal volatility in presence of oil and interest rate shocks. *Elsevier - Energy Economics*, 30 (2): 606-620.

- Harri, A., Nalley, Lanier and Hudson, Darren. (2009). The Relationship between Oil, Exchange Rates, and Commodity Prices. *Journal of Agriculture and Applied Economics*, 41,2: 501-510.
- He, Y., Wang, S., Lai, K. K. (2008). Global economic activity and crude oil prices: A cointegration analysis. *Elsevier - Energy Economics*, 32 (4): 868-876.
- Hill, C. R., Griffiths, W. E., Lim, G. C. (2007). *Principles of Econometrics*. 3 utg. United States Of America: John Wiley & Sons.
- Kaufmann, R. K., Laskowski, C. (2004). Causes for an asymmetric relation between the price of crude oil and refined petroleum products. *Elsevier - Energy Policy*: 1587-1596.
- Kilian, L. (2009). Not All Oil Price Shocks Are Alike: Disentangling Demand and Supply Shocks in the Crude Oil Market. *The American Economic Review*, 99 (3): 1053-1069.
- Labys, W. C., Achouch, A., Terraza, M. (1999). Metal prices and the business cycle. *Resources Policy*, 25: 229-238.
- Lee, K., Ni, S. (2002). On the dynamic effects of oil price shocks: a study using industry level data. *Journal Of Monetary Economics*, 49: 823-852.
- Levine, S., Taylor, G., Arthur, D., Tolleth, M. (2014). *Understanding crude oil product markets*: American Petroleum Institute (lest 03.18.2016).
- Lin, X. S., Tamvakis, M. (2009). OPEC announcements and their effects on crude oil prices. *Elsevier - Energy Policy*: 1010-1016.
- Liu, X., Cheng, S., Wang, S., Hong, Y., Li., Y. (2008). An empirical study on information spillover effects between the Chinese copper futures market and spot market. *Physica A*, 387 (4): 899–914.
- Lizardo, R. A., Mollick A. V. (2009). Oil price fluctuations and U.S. dollar exchange rates. *Energy Economics*, 32: 399-408.
- Moosa, I. A. (1993). Can OPEC cause inflation and recession? *Butterworth-Heinemann Ltd*: 1145-1154.
- Mork, K. A., Mysen, Hans T., and Olsen, Øystein. (1989). Business Cycles and Oil Price Fluctuations: Some Evidence for Six OECD Countries. *Central Bureau of Statistics, Discussion Paper*, 43: 1-28.
- Ratti, R. A., Vespignani, J. L. (2013). Why are crude oil prices high when global activity is weak? *Elsevier - Economic Letters*: 133-136.
- Ravazzolo, F., Vespignani, J. (2015). A new monthly indicator of global real economic activity. *Working papers fra Norges Bank*. 1-38 s.
- Reeve, T. A. a. V., Robert J. . (2011). Evaluating the Forecasting Performance of Commodity Futures Prices. *International Finance Discussion Papers*, Number 1025: 1-19.
- Reichsfeld, D. A. a. R., Shaun K. (2011). Do Commodity Futures Help Forecast Spot Prices? *IMF Working Paper*, WP11/254: 1-25.

- Rossen, A. (2015). What are metal prices like? Co-movement, price cycles and long-run trends. *Elsevier - Resources Policy*, 45: 255-276.
- Saghaian, S. H. (2010). The Impact of the Oil Sector on Commodity Prices: Correlation or Causation? *Journal of Agriculture and Applied Economics*: 477-485.
- Schmidbauer, H., Rösch, A. (2010). OPEC news announcements: Effects on oil price expectation and volatility. *Elsevier - Energy Economics*: 1656-1663.
- Schmidt, T., Zimmermann, T. (2005). Effects of oil price shocks on German business cycles. *Society for Computational Economics*: 1-23.
- Sill, K. (2007). The Macroeconomics of Oil Shocks. *Business Review*, Q1 2007: 21-31.
- Stock, J. H., Watson, M. M. (2012). *Introduction to Econometrics*. 3 utg. Edinburgh Gate, Harlow, England: Pearson Education Limited.
- Stuermer, M. (2014). 150 years of Boom and Bust: What Drives Mineral Commodity Prices? *Federal Reserve Bank of Dallas, Research Department*. 1-37 s.
- Tang, K., & Xiong, W. (2012). Index investment and the financialization of commodities. *Financial Analysts Journal*, 68 (6): 54-74.
- Warburton, C. E. S. (2013). Monetary policy and the trade weighted dollar. *Studies in Economics and Finance*, 30: 80-93.
- Wooldridge, J. M. (2008). *Introductory Econometrics*. 4 utg.: South Western College. 888 s.
- Ye, M., Zyren, J., Shore, J. (2002). Forecasting Crude Oil Spot Price Using OECD Petroleum Inventory Levels. *International Advances in Economic Research*: 324-334.
- Zhang, C., Tu, X. (2015). The effect of global oil price shocks on China's metal markets. *Elsevier - Energy Policy*, 90: 131-139.



Norges miljø- og biovitenskapelig universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway