

The relationship between spot and forward and futures contract prices in the Nordic electricity market

Frode Kjærland^{a,b}, Andreas Drage^b, Berner Larsen^b, Svein Oskar Lauvsnes^b and Espen Riibe^b

^a Trondheim Business School at Sør-Trøndelag University College, 7004 Trondheim, Norway

^b Bodø Graduate School of Business at University of Nordland, 8049 Bodø, Norway

Abstract

We analyze 6 years (2006-12) of historical spot and futures prices (one week ahead and six weeks ahead) and 9 years (2003-12) of historical spot and forward prices (one month ahead). We find that on average, the convenience yield and risk premium is negative, which suggests that the market on average is in contango for both the current spot price and the expected spot price.

We find that the convenience yield is closely related to physical conditions in the system, as water reservoir levels, inflow and system load. With increased time for delivery, and increased delivery length, we find that the primary drivers of the convenience yield changes from expectations about future availability of water to the current inventory of water. The relationship to financial conditions as variance, skewness and level of spot price is overall as expected in light of theories about storage of commodities, as well as the observed correlation between spot prices and term contracts. We find support for the hypothesis that storage cost reasoning also can be used in the Nordic electricity market. We find evidence that the average net convenience yield has not increased as a consequence of the increased integration of electricity markets.

We find an ambiguous relationship between the risk premium and the physical and financial conditions in the market. We find that the average risk premium for the analyzed futures contracts and forward contract are -2%, -7% and -3.6%, respectively. The average realized return is lower compared to Botterud et al. (2010). Risk premiums of this magnitude should be expected to attract more financial speculators in an efficient and integrated market, which then will drive the premium closer to zero. We argue that the risk premium size indicates that it is still an asymmetrical relationship between supply and demand in these contracts and hence, the need for hedging for buyers. This also suggests that the presence of speculators in the market is not sufficient, and that the financial electricity market is not fully integrated with the other financial markets.

Key words: Electricity, market efficiency, convenience yield, risk premium

JEL: C1, Q4

1 Innledning

Det nordiske kraftmarkedet har vært igjennom en omfattende deregulering de siste tiår, og vi har sett utviklingen av et nyskapende og velfungerende kraftmarked. Markedet har vært i stadig endring, både i forhold til medlemsland, produktspesifikasjon og tilknytning til kontinentale energimarkeder. I dag foregår fysisk handel på den multinasjonale kraftbørsen Nord Pool Spot, og finansiell handel på Nasdaq OMX Commodities Nordic. Grunnstammen for den finansielle handelen er terminkontraktene futures og forwards, og kontraktene har en stadig viktigere rolle for risikostyring og spekulasjon i et fysisk marked som bærer preg av høy volatilitet og sesongsvingninger. Forståelse for sammenhengen mellom spotpriser og terminpriser er dermed helt sentralt for aktørene i dette markedet.

Sammenhengen mellom spot og futures har vært gjenstand for mye forskning og debatt, for mange ulike råvaremarkeder. I elektrisitetsmarkeder har den rådende oppfatningen vært at siden elektrisitet ikke kan lagres, faller klassiske arbitrasje- og replikasjonsargumenter bort, slik at det dermed er nødvendig med en forventningsrettet tilnærming. De fleste empiriske studier forsøker å modellere spotprisen ved undersøkelser av kontraktspriser, i lys av en risikopremieteori. Det nordiske kraftmarkedet er imidlertid dominert av vannkraft basert på vannmagasin, og Botterud et al. (2010) argumenterer derfor for at en lagerkostnadstankegang *også* kan benyttes for dette markedet, og finner støtte for dette i en analyse av futureskontrakter i perioden 1996 – 2006.

Denne studien er en forlengelse av ovennevnte studie, ved at vi analyserer futureskontrakter den siste 6 års- perioden av det nordiske kraftmarkedet (2006-12). Vi argumenterer for at markedet har modnet, og at dynamikken har endret seg i forhold til perioden analysert av Botterud et al. (2010). Vår analyseperiode har hatt stabilitet i forhold til medlemsland på den fysiske kraftbørsen, samt kontraktspesifikasjoner på det finansielle markedet. Blant annet har karbonkontrakter vært i aktiv handel over hele analyseperioden. Fysisk er markedet inndelt i flere områder i senere tid, og det er også opprettet koblinger mot andre kraftbørsområder. Markedet er derfor mer integrert enn hva det var tidligere. Den finansielle delen har også modnet i forhold til deltakelsen av spekulanter og investorer. Det må antas at markedet i dag er mer velutviklet, og at spekulanter innehar en større rolle på det finansielle markedet. I dag eksisterer det eksempelvis flere kraftfond som driver aktiv handel av derivater på

kraftmarkedet, og de finansielle kontraktene er mer tilgjengelig for investorer i de bredere finansielle markedene.

Artikkelens oppbygging er som følger: I del 2 kommer en drøfting av det teoretiske grunnlag av eierfordel og risikopremie samt en gjennomgang av relevante tilsvarende studier. I del 3 presenteres regresjonsmodellene som skal testes. I del 4 kommer analysen og del 5 oppsummerer og konkluderer.

Denne studien bidrar til eksisterende empiri ved at vi også analyserer forwardkontrakter med månedslevering for hele den perioden dagens forwardspesifikasjon har eksistert; 2003 – 2012. Dette gjør vi for å undersøke hva som skjer med dynamikken og relasjonen til de teoretiske sammenhengene når leveringsperioden øker. Formålet er å påvise eksistensen av en netto eierfordel, og videre undersøke hvilke variabler som påvirker denne størrelsen. Vi tester også tilstedeværelsen av en risikopremie, og undersøker hvorvidt denne også drives av de variabler som påvirker netto eierfordel.

Som følge av tettere integrasjon og et mer modent marked, har vi *to* a priori forventninger for vår analyseperiode. For det første forventer vi at integrasjonen mellom energimarkeder, og introduksjonen av karbonkontraktene, burde ha ført til en økt eierfordel av lagret vann i magasiner. Vedrørende eksistensen av en risikopremie forventer vi at markedets modning har ført til en risikopremie nærmere null, da flere spekulanter burde antas å bringe etterspørselen etter posisjoner i kontraktene nærmere en likevekt.

2 Prising av terminkontrakter

Teoretisk prising av alle typer derivater er basert på replikasjon, samt antagelser om at arbitrasjemuligheter ikke kan vedvare (Sundaram og Das 2011). Vi presenterer her de to hovedteoriene for prising av futures- og forwardkontrakter, som implisitt tar hensyn til konseptene replikasjon og null- arbitrasje.

2.1 Lagringskostnadsteorien

Lagringskostnadstankegangen for råvarer har eksistert siden handel i terminkontrakter oppsprang på midten av attenhundretallet, og har tidlig blitt teoretisk og empirisk bevist for ulike råvarer av blant andre Kaldor (1939), Working (1949), Brennan (1958) og Telser

(1958). Fama og French (1987) viser til at teorien om lagring bør predikere at avkastningen med å kjøpe/sitte på en vare på tidspunkt t , for så å selge på tidspunkt T bør være lik tapt renteinntekt, pluss marginal lagringskostnad, minus marginal eierfordel fra én enhet ekstra av godet i inventar. Dette gir følgende sammenheng for prising av en terminkontrakt ved benyttelse av lagringskostnadsteorien

$$F_{t,T} - S_t = S_t r_{t,T} + u_{t,T} - cy_{t,T}$$

Formel 1

På kontinuerlig form får en:

$$F_{t,T} = S_t e^{(r_T + u_T - cy_T)}$$

Formel 2

Hvor

$F_{t,T}$ er endelig terminkontraktspris, med handel fra periode t med levering på tidspunkt T

S_t er spotpris på tidspunkt t

$r_{t,T}$ er renten i perioden t til T

$u_{t,T}$ er lagerkostnad i perioden t til T

$cy_{t,T}$ er marginal eierfordel

En fysisk råvare kan gi positive fordeler som en futureskontrakt ikke kan gi - eksempelvis fordi råvaren er gjenstand for sesongmønster hvor tilbud og etterspørsel ikke sammenfaller i nivå, eller fordi det kan oppstå eierfordel ved å ha inventar for å møte uventet etterspørsel. Eierfordelen representerer den økonomiske verdien av å kunne benytte seg av inventar når det eksisterer knapphet på tilgjengeligheten av varen. Videre påpeker de at teorien forventer at det skal være et negativt forhold mellom eierfordel og inventarbeholdning. Vi viser til Pindyck (2001) vedrørende en grundigere drøfting av dette temaet.

2.2 Teorien om risikopremie

Der lagerkostnadshypotesen forsøker å beskrive det teoretiske forholdet mellom dagens spotpris og futurespris, forsøker teorien om risikopremie å beskrive relasjonen mellom forventet spotpris på leveringstidspunkt og futurespris. Tradisjonelt sett har det eksistert tre teorier for å forstå sammenhengen mellom futurespris og forventet spotpris; forventningshypotesen, normal backwardation og contango. *Nettosikringshypotesen* gir et kompromiss mellom de tre ulike teoriene, og fremmer at hvordan futuresprisen forholder seg til forventet spotpris, avhenger av hvorvidt det er netto kjøp- eller salgssikringsaktører. Nettosiden må betale en premie for å lokke til seg motparter i kontraktene. En annen måte å

tenke på, forholder seg imidlertid til innsikten gitt av *moderne porteføljeteori*, og raffinerer synet fra de tradisjonelle hypotesene. Teorien tilsier at dersom den underliggende vare innehar positiv systematisk risiko, må futuresprisen være lavere enn forventet spotpris. Det forventes altså kompensasjon i form av en risikopremie for å påta seg systematisk risiko, og det er kjøperen av den underliggende vare som påtar seg denne risikoen. Dersom den underliggende har negativ systematisk risiko, vil futuresprisen bli høyere enn forventet spotpris. Er det ingen systematisk risiko, sammenfaller dette med forventningshypotesen, med andre ord at futuresprisen er lik forventet spotpris. Formelt, settes gjerne teorien om risikopremie opp som følger, hvor rp er risikopremien

$$F_{t,T} = E(S_T)e^{(r_T - k_T)} = E(S_T)e^{-rpT}$$

Formel 3

Dagens pris på futureskontrakten er dermed den forventede spotpris på leveringstidspunktet, diskontert eller justert opp for en henholdsvis positiv eller negativ risikopremie. Tankegangen skiller seg dermed fra lagerkostnadshypotesen ved at man her tar utgangspunkt i framtidige forventninger, og justerer dette tilbake i tid med et avkastningskrav, mens lagertankegangen tar utgangspunkt i dagens pris, og justerer denne for kost/nytte forbundet med tiden fram til levering. De to teoriene er ikke nødvendigvis gjensidig utelukkende, da de beskriver kontraktens forhold til spotpris på to ulike tidspunkt. Spesielt for finansielle underliggende er begge tankesett compatible.

2.3 Tidligere studier av terminkontraktspising

En innflytelsesrik modell for analyse av risikopremie i elektrisitetmarkedene er gitt av Bessembinder og Lemmon (2002). De argumenterer for at siden elektrisitet ikke kan lagres, faller arbitrasje- og replikasjonsargumentene som underbygger lagerkostnadshypotesen bort, og at denne teorien derfor ikke er anvendbar for elektrisitet som underliggende. De tar derfor utgangspunkt i en risikopremie- tankegang, hvor modellen er en likevektsmodell som forutsetter et isolert marked med en risikoavers tilbuds- og etterspørselsside. Det forutsettes videre at prisene settes av produsenter og leverandører - spekulanter holdes utenfor modellen. Modellen og empiriske funn for det amerikanske kraftmarkedet viser at forwardprisen gir en skjev prediksjon av forventet spotpris, og at forskjellen mellom realisert spot og forwardprisen reduseres med forventet varians av spotprisen, og øker med forventet skjevhet av spotprisen.

Flere studier finner støtte for denne modellen. Longstaff og Wang (2004) og Douglas og Popova (2008) analyserer auksjonsprisene dagen i forveien, mot realtidspisene i det amerikanske PJM- markedet. Begge studier bekrefter at forwardpremien er relatert til varians og skjevhet i spotprisen. Douglas og Popova (2008) utvider for øvrig modellen ved å vise at tilgjengeligheten av lagret gass har innvirkning på forwardpremien. I lys av likevektsmodellen til Bessembinder og Lemmon (2002), er de blant de første som argumenterer for at siden *innsatsfaktorene* til kraftverkene kan lagres, vil arbitrasje- og konverteringsmuligheter for disse ha en effekt på forwardpremien for elektrisitet. Hadsell og Shawky (2007) studerer elektrisitetsmarkedet i New York med en egenutviklet modell, hvor de undersøker eksistensen av forwardpremier, og hvordan den eventuelle premien kan relateres til Keynes' teori om normal backwardation. De finner blandede resultater på premiens størrelse, avhengig av region innenfor markedet. De anser derfor at modellen til Bessembinder og Lemmon (2002) muligens egner seg bedre for å beskrive New York-markedet siden den antar et isolert marked, og de finner også støtte for modellens prediksjoner ved at de påviser en sammenheng mellom forwardpremie og volatilitet.

I de europeiske elektrisitetsmarkedene har Karakatsani og Bunn (2005) studert det britiske elektrisitetsmarkedet, og de finner at risikopremien er negativ i topplasttimer og positiv i grunnlasttimer. De forklarer dette ved å koble inn nettosikringshypotesen; i topplasttimer er det overskuddsetterspørsel etter kjøpsposisjoner, og denne siden betaler derfor en premie til topplastproduksjonen. I grunnlasttimer er blant annet atomkraftverkene gjenstand for tekniske krav, slik at disse har et behov for å innta salgsposisjoner – derav et overtilbud av salgsposisjoner relativt til kjøpsposisjoner, som medfører en premie til kjøpsiden. Diko et al. (2006) studerer elektrisitetsmarkedene i Tyskland, Nederland og Frankrike, og analyserer, i motsetning til de studier nevnt så langt, forwardpremier med en lengre tidshorisont enn et døgn. De finner at resultatene er i overensstemmelse med modellen til Bessembinder og Lemmon (2002), selv om tidshorisonten på sammenhengen spot og forward økes. Resultatene sammenfaller også med de ovennevnte studier av de amerikanske og det britiske kraftmarkedet.

En felles faktor for alle disse studier av de amerikanske og europeiske markedene er at de forsøker å modellere spotprisen, og benytter den modellerte prisen som grunnlag for å kalkulere risikopremie. På det nordiske kraftmarkedet har Lucia og Schwartz (2002) også forsøkt å ta utgangspunkt i en modellering av spotprisen for å teste eksistensen av

risikopremie, men resultatene av analysen er tvetydige. Av andre som har analysert det nordiske markedet, har imidlertid noen en svært interessant tilnærming som til dels bryter med studiene presentert over. Både studiene til Gjørberg og Johnsen (2001) og Botterud et al. (2010) implementerer en lager- og eierfordeltankegang basert på at det nordiske kraftmarkedet er dominert av vannkraft. Førstnevnte diskuterer at siden vannkraftprodusenter kan lagre vann i magasin, er det et asymmetrisk forhold mellom produsentene og konsumentene i forhold til arbitrasjemuligheter. De påpeker at lagerkostnaden kan ses på som en alternativkostnad forbundet med spillvann når vannmagasinene er fulle, og at denne vil være null så lenge magasinene ikke er fylt opp. De viser at basisen mellom futuresprisen og spotprisen er signifikant avhengig av tilstanden til vannmagasinnivået, og knytter dette opp mot en eierfordel når det er knapphet på vann. De vurderer også eksistensen av en risikopremie, og finner at prediksjonsevnen til futuresprisene er så svak at differansen til realisert spotpris ikke kan rettferdiggjøres med en risikopremie alene. De kobler dette til nettosikringshypotesen og ulikevekt mellom posisjonene i kontraktene.

Botterud et al. (2010) peker på at modellen lansert av Bessembinder og Lemmon (2002) baserer seg på forutsetninger som gjør modellen ugyldig i det nordiske kraftmarkedet. Eksempelvis antas det at produsentene har en konveks kostnadsfunksjon, noe som er en betydelig forenkling av den planlegging og tilpasning vannkraftprodusenter må gjøre i forhold til vannverdien og alternativkostnader. Videre antar modellen en fast utsalgspris for leverandører, og den holder spekulanter helt utenfor. Førstnevnte gir en klart dårlig beskrivelse av det nordiske markedet, hvor leverandørsiden er svært konkurranseutsatt, og sistnevnte gjør at modellen ikke fanger opp den dynamikk som kommer fra et betydelig innslag av spekulanter på det nordiske markedet. Modellens relevans for det nordiske markedet er også avkreftet av Redl et al. (2009), og Lucia og Torró (2011). Botterud et al. (2010) tar derfor utgangspunkt i de samme ideene som Gjørberg og Johnsen (2001), og argumenterer for at man også kan forstå sammenhengen mellom spot og futures i kraftmarkedet via lagerkostnadshypotesen.

2.4 Effisiens og informasjon

Risikopremieteoriens og lagerkostnadshypotesens funksjon hviler på en implisitt antagelse om at markedet – både for derivaten selv og for det underliggende – er informasjonseffisient. Wangensteen (2012) påpeker at spotprismarkedet for nordisk elektrisitet er effisient,- basert

på simulering av kortsiktige marginalkostnader mot de realiserte spotprisene. Det sentrale spørsmålet her er hvorvidt terminkontraktmarkedene er effisiente. Som Hadsell og Shawky (2006) belyser, vil et fullt ut integrert futuresmarked for elektrisitet innebære at markedet er effisient, ved at futuresprisen er en forventningsrettet korrekt estimator for framtidig spotpris, og risikopremien er null i gjennomsnitt. Dette vil skje fordi deltakelse av mange aktører fra et bredt spekter av ulike finansmarkeder vil føre til en naturlig likevekt mellom salgs- og kjøpsposisjoner i kontraktene.

Alle de studiene nevnt over finner at risikopremien er forskjellig fra null, og mange kobler derfor inn nettosikringshypotesen. Eksistensen av nettosikringsposisjoner ulik null impliserer ikke nødvendigvis at markedet er ineffisient – men det er vanskelig å påvise hva som burde være en korrekt priset risikopremie. Deregulerte elektrisitetsmarkeder generelt er ikke modne, og det nordiske kraftmarkedet har, som nevnt, vært gjenstand for store endringer siden oppstarten. Det har derfor vært vanskelig å vise til noen stabile fundamentale forhold på disse markedene. På det nordiske kraftmarkedet, finner Gjørberg og Johnsen (2001) at forskjellen mellom kontraktspris og realisert spotpris er så stor at den ikke kan rettferdiggjøres av en risikopremie. De utvikler sin egen prismodell, og ved å inkludere lett tilgjengelig informasjon i modellen, forbedrer de spotprisestimatene markant sammenlignet med terminkontraktsprisene. Dette tyder på at det nordiske kraftmarkedet for dette tidsrommet var ineffisient. Markedet har siden den gang modnet adskillelig mer, men Botterud et al. (2010) og Lucia og Torró (2011) finner, for sine respektive analyseperioder, at det fortsatt er klare antydninger til ulikevekt mellom tilbuds- og kjøpsiden i kontraktene.

Et sentralt poeng for det nordiske kraftmarkedet, er hvilken informasjon som er tilgjengelig og i hvilken grad for de respektive aktørene som deltar på det finansielle markedet. Haug (2007) kommenterer at det var nærmest umulig for spekulanter å konkurrere mot kraftaktører fra det fysiske markedet hva angikk innsikt og informasjon om klimatiske forhold og fysiske tilstander i kraftsystemet, og de løste dette ved og kun å verdsette derivatene og sammenligne opp mot andre derivater. Dette asymmetriske informasjonsforholdet bedret seg etter hvert som markedet modnet, men fortsatt er det rimelig å anta at ikke alle aktørene besitter helt identiske informasjonssett.

3 Modell

3.1 Netto eierfordel

Basert på formel 4 i Botterud et al. (2010) setter vi opp samme regresjonsligning:

$$cy_t = \alpha + \beta_1 S_t + \beta_2 Var_t + \beta_3 Skjev_t + \beta_4 Mag_t + \beta_5 Aforbruk_T + \beta_6 Atilsig_{T-t} + u_t$$

Formel 4

Hvor

cy_t er netto eierfordel

α er konstanten

S_t er spotpris tidspunkt t

Var_t er varians i spotpris tidspunkt t

$Skjev_t$ er skjevhet i spotpris tidspunkt t

Mag_t er vannmagasinstand tidspunkt t

$Aforbruk_T$ er forventet avvik fra gjennomsnittlig forbruk, leveringstidspunkt T

$Atilsig_{T-t}$ er forventet avvik i tilsig fra middelværdi, fra tidspunkt t til leveringstidspunkt T

u_t er feilledet tidspunkt t

Variablene er spesifikt valgt i fordi de både antas å ha en påvirkning på netto eierfordel, og fordi informasjonsinnholdet i variablene kan antas kjent av alle aktører i markedet. Men mange av variablene har ikke et åpenbart entydig fortegn og fortolkning. For de fysiske variablene, ble det antatt og påvist at vannmagasinstand har et negativt forhold til netto eierfordel. Ettersom vannmagasin er den faktiske inventarbeholdningen, forventer også vi at denne relasjonen gjelder, da knapphet på vann burde øke den marginale eierfordelen av å sitte på vann i magasinene.

Variabelen avvik i forbruk, er definert med bakgrunn i at aktørene besitter estimer for leveringsperiodene, og også informasjon om hva det gjennomsnittlige forbruk typisk er i leveringsperiodene. Variabelen er tenkt å representere last i kraftsystemet. Aktørene er forventet å reagere på avviket mellom estimat og gjennomsnittlig forbruk, og dette burde reflekteres i en påvirkning på eierfordelen. Dersom forbruket forventes å øke i leveringsperioden i forhold til normalen, bør dette, alt annet likt, redusere eierfordelen. Dette er fordi etterspørselen etter kjøpsiden i kontraktene vil øke i dag, og dermed øke prisen på

kontrakten relativt til spotprisen, slik at basisen og dermed eierfordelen reduseres. Dette er også den effekten vi venter å se i vår analyse.

Avvik i tilsig er avvik mellom estimert tilsig fram mot leveringsperioden, og tilsiget fram mot leveringsperioden i en normaltilstand. Med normaltilstand menes ukentlig tilsig i et definert normalår beregnet som middelerdi over en tidsperiode. Igjen er det ventet at aktørene besitter estimerer for tilsig fram i tid, og at reaksjonene vil komme på avvik fra normalen. Avviket forventes å påvirke netto eierfordel positivt, ved at etterspørselen etter sikring reduseres ved forventede positive avvik, slik at kontraktsprisene i dag reduseres relativt til spotprisen - motsatt av argumentasjonen over. Botterud et al. (2010) påpeker at de ikke har noen klar a priori tolkning av fortegnet for denne variabelen, og finner heller ikke at variabelen har sammenheng i sin test. Her anser vi imidlertid at det er rom for en alternativ tolkning; et positivt forventet avvik i tilsig, vil alt annet likt redusere eierfordelen, fordi tilgjengeligheten av vann og dermed inventar forventes å øke. Dette er den a priori antagelsen vi har i vår test.

Gjeldende spotpris er i Botterud et al. (2010) forventet å ha en negativ påvirkning på netto eierfordel, da de kommenterer at spotprisen er lagerkostnaden – alternativkostnaden knyttet til lagring kontra produksjon. I vannkraftsammenheng burde dette især gjelde spesielt våte og tørre perioder. Dette er imidlertid ekstremtilfeller, slik at gitt normale tilstander velger vi å støtte oss på Gjølberg og Johnsen (2001), ved at marginal lagerkostnad ikke eksisterer så lenge vannmagasinene har ledig kapasitet. Vi forventer derfor at nivå på gjeldende spotpris skal ha en positiv påvirkning på netto eierfordel, fordi en økning i spotprisen vil, alt annet likt, øke basisen, $F_{t,T} - S_t$, og dermed netto eierfordel, jevnfør funnene til Pindyck (2001).

Gjeldende varians og skjevhet i spotpris er forventet å ha en positiv påvirkning på netto eierfordel, og denne sammenhengen er signifikant til stede i nevnte studie. Dette er konsistent med argumentene gitt av Pindyck (2001), ved at volatilitet vil øke etterspørsel etter lagring, noe som er diskutert i forestående kapittel. Skjevhet i spotprisen sier også noe om hvor utsatt spotprisdistribusjonen er for prishopp, og store prishopp vil også gi insentiver til økt lagring. Vi antar derfor samme forventning til disse variablene i vår analyse.

3.2 Risikopremie

Regresjonsligningen for risikopremie følger også mønsteret fra Botterud et al. (2010). Det er de samme variablene som for netto eierfordel med unntak av den avhengige variabelen rp_t . Forventningene og tolkningen av disse variablenes relasjon til risikopremie er imidlertid noe annerledes, og vi diskuterer dette under.

$$rp_t = \alpha + \beta_1 S_t + \beta_2 Var_t + \beta_3 Skjev_t + \beta_4 Mag_t + \beta_5 Aforbruk_T + \beta_6 Atilsig_{T-t} + u_t$$

Formel 5

Fokuset er nå skiftet over til sammenhengen mellom forventet spotpris og dagens terminkontraktpris. Vannmagasinstand er forventet og påvist å ha et inverst forhold til risikopremie, da lave magasinnivå i dag øker sannsynligheten for store prishopp, slik at etterspørselen etter kjøpsiden i terminkontraktene øker. Dette driver opp prisen på kontraktene og dermed risikopremien. Vi benytter oss også av denne a priori forventningen til relasjonen vannmagasin- risikopremie.

Variablene avvik i tilsig og avvik i forbruk er framoverskuende variabler som nå har en tolkning knyttet til informasjonseffisiens. Et høyere enn forventet positivt avvik i tilsig fram mot levering vil, alt annet likt, redusere sannsynligheten for høye spotpriser, og dermed den realiserte risikopremien. En uventet økning i forbruk fra gjennomsnittlig forbruk i leveringsperioden vil isolert sett øke spotprisene og dermed den realiserte risikopremien. Botterud et al. (2010) finner også disse sammenhengene, og forholdet ble signifikant påvist. Signifikant påvirkning fra variablene forklares med at avvikene i liten grad er kjent for aktørene på handelstidspunktet. Vi antar derfor også disse forholdene mellom variablene og risikopremien, men har ingen a priori forventninger til graden av påvirkning fra disse variablene.

For de markedsmessige variablene finner studiet at disse har et inverst forhold til risikopremien for alle kontraktslengdene, med unntak av variansens relasjon til risikopremien for kontrakten med 6 uker til levering. Bare spotprisvariabelen ble sterkt signifikant, og påvirkning på risikopremien forklares med at spotprisen og kontraktene er høyt korrelerte. Våre forventninger til spotprisen er nøytral, ettersom vi først må sjekke terminkontraktens bevegelser mot spotprisen for vår analyseperiode. For variablene varians og skjevhet, er disse

typisk forventningsrettede i andre studier av risikopremien, som baserer seg på Bessembinder og Lemmon (2002). Vi forventer ikke at disse variablene skal ha en betydelig påvirkning på risikopremien, men vi antar at distribusjon og volatilitet i spotpris på handelstidspunktet vil gi en indikasjon på risikonivå for leveringsperioden, og at forholdet derfor skal være positivt.

4 Analyse

4.1 Data

Analysen¹ baserer seg på historiske spot- og futurespriser i perioden primo januar 2006 til og med medio mars 2012, samt spot- og forwardpriser i perioden oktober 2003 til og med februar 2012. Tilsig og vannmagasinstand er rapportert ukentlig for Norge, Sverige og Finland, målt i MW. Vi summerer materialet slik at vi benytter totalt tilsig og total magasinstand i kraftsystemet. Forbruk er rapportert i MW for hvert enkelt land, og angitt både på timefrekvens og døgnfrekvens. Vi summerer derfor døgnforbruket over uken, og beregner totalt ukentlig forbruk for landene. Grunnet datatilgjengelighet beregnes bare totalt samlet forbruk for Norge, Sverige og Finland, men dette er representativt da disse tre landene står for i overkant av 70 % av det totale nordiske forbruket.

Vi analyserer uke-futures, det vil si futureskontrakter med leveringsperiode over én uke. Vi benytter oss av to utvalg; kontrakter med levering påfølgende uke, og kontrakter med seks uker til levering – som også er tidligste tidspunkt for når en uke-futures starter handel. Observasjonene vi benytter oss av er sluttkurs siste handelsdag hver uke. Dette betyr at vi får ukentlige observasjoner på kontraktspriser som mer presist kan beskrives som pris uke t med levering henholdsvis uke $t + 1$ og $t + 6$. Valget av ukentlig frekvens er gjort med bakgrunn i to forhold. For det første rapporteres tilsig og vannmagasinstatistikk ukentlig, slik at man opererer med tilsig over uken, og vannmagasinstand gjeldende uke. For det andre er det fordelaktig å sammenstille frekvensen på prisene med leveringsperioden, slik at man kan konstruere en tidsserie av futurespriser med akkurat $T-t$ uker til levering. Dersom man øker frekvensen, for eksempel til daglige observasjoner, oppstår det tidsmessige hopp og dermed inkonsistens når man ruller kontrakter.

¹ Vi henter data for de finansielle kontraktene direkte fra Nasdaq sine ftp-servere. For det fysiske markedet henter vi data fra Nord Pool Spot sine servere. Operasjonsdataene magasinstand og tilsig fra Nord Pool Spot har sin opprinnelse fra de respektive systemoperatører og vassdrag- og energidirektoratene i Norden. Alle data er således fra sekundærkilder.

Forwardkontrakten som benyttes er en måneds-forward med levering over én måned. Vi vurderer bare ett utvalg bestående av frontmånedene, men følger samme argumentasjon som over og benytter sluttkurs siste handelsdag med levering påfølgende måned. Forwardkontraktene er dermed på månedlig frekvens, og de variablene vi tester mot forwardene må aggregeres tilsvarende.

Valget av siste handelsdag som observasjon i kontraktene beror også på to forhold. Det ene er at aktørene besitter maksimalt med relevant informasjon siste handelsdag gjeldende uke, og det andre er at vi forutsetter at man antar en lang posisjon og holder posisjonen til og med levering. Siste handelsdag representerer derfor hva aktørene låser prisen til i leveringsperioden. For futureskontrakten med levering påfølgende uke og for forwardkontraktene, observerer vi høy aktivitet i kontraktene siste handelsdag. Kontraktene kan derfor sies å være svært likvide på dette tidspunkt, både med hensyn til antall handlede kontrakter og volum. Antall utestående kontrakter er også høyt ved sluttkurs, hvilket betyr at det er mange aktører som faktisk holder kontraktene til levering. For ukekontrakten med 6 uker til levering, er imidlertid aktiviteten svært lav, og utestående kontrakter er null eller nær null. I de tilfeller hvor det ikke er handel i kontrakter, observerer man likevel prisbevegelser fra dagen før. Generelt sett er det slik at clearinghuset setter prisen i de tilfeller det ikke er aktivitet, med bakgrunn i at det skal være daglig marginoppgjør. Dette betyr at det ikke eksplisitt er interaksjon fra aktørene som danner sluttkursen i slike tilfeller. Vi finner det imidlertid rimelig å anta at dersom aktørene anser dette som feilprising, vil de korrigere denne gjennom tilpasning. I alle tilfeller, er det uansett sluttkursen siste handelsdag som er representativ for hva en aktør i praksis kan låse prisen til, dersom aktøren har behov for å sikre en ukelevering 6 uker fram i tid, og siste handelsdag er det tidspunkt tilgang til relevant informasjon er på det maksimale nivå.

I datamaterialet fra Nord Pool er det oppgitt priser for hver time i døgnet, organisert etter uker. Hver dokumentfil inneholder prisinformasjon for en enkelt uke, og gjennomsnittlig timepris for hvert døgn er ferdig kalkulert. Gjennomsnittlig timepris over uken beregner vi basert på de gjennomsnittlige timeprisene per døgn. For sammenstilling med forwardkontraktene kalkulerer vi gjennomsnittlig timepris over måneden ved å benytte alle døgnsnittprisene den enkelte måned. Ovenstående operasjonalisering innebærer derfor at vi benytter gjennomsnittlig timepris per faktisk uke og måned. Variablene varians og skjevhet i

spotprisen er beregnet ut fra de gjennomsnittlige døgnprisene gjeldende uke for futureskontraktene, og gjennomsnittlige døgnpriser over gjeldende måned for forwardkontrakten.

4.2 Spot- og terminkontraktpriser

I tabell 1 vises deskriptiv statistikk for futureskontraktene, forwardkontrakten og spotprisen over analyseperioden. Korrelasjonskoeffisientene er høye. Avvikene skyldes i stor grad at markedsprisingen ikke påvirkes i like stor grad av store hopp i spotprisen. I tabellen ser vi at minimumsverdien for spotprisen er cirka EUR 10, noe som inntraff i uke 40 2011. Dette er et eksempel på hvor kontrakten med 6 uker til levering i samme tidsrom ikke priser inn dette noe uventede fallet.

Pris – EUR/MWh	Spot (weekly)	Spot (monthly)	1 uke	6 uker	Forward
Utvalgsstørrelse	324	102	324	324	102
<i>Gjennomsnitt</i>	<i>42,65</i>	<i>39,27</i>	<i>43,20</i>	<i>44,81</i>	<i>40,57</i>
Standardavvik	13,89	12,85	13,98	12,74	13,05
Max	88,64	81,65	91,86	84,80	90,77
Min	9,99	16,53	14,26	18,50	21,31
Korrelasjon med spot	-	-	0,97	0,90	0,91

Tabell 1: Deskriptiv statistikk: ukentlig og månedlig spot, forward- og futureskontrakter

Den høye korrelasjonen mellom spotpris og alle tre kontrakter tyder på at gjeldende spot inngår som en viktig faktor i prisingen av kontraktene, og gir derfor støtte til retorikken i lagerkostnadshypotesen, hvor kontraktspris bestemmes med utgangspunkt i dagens spot. Alternativt impliserer korrelasjonen at nivå på gjeldende spotpris er utgangspunkt for forventet framtidig spotpris, i lys av risikopremieteorien.

4.3 Netto eierfordel

Vi foretar de samme forutsetninger som i Botterud et. al. (2010) og følger oppsettet i dette studiet med basis i formel 3 med kontinuerlig notasjon. Vi antar også at risikofri rente er null, ettersom holdeperioden maksimalt strekker seg over 6 uker. Netto eierfordel kan dermed løses ut til formel 6.

$$cy_{t,T} = \ln\left(\frac{S_t}{F_{t,T}}\right)$$

Formel 6

Hvor

$cy_{t,T}$ er netto eierfordel uke/måned t , med levering uke/måned T

S_t er gjennomsnittlig spotpris uke/måned t

$F_{t,T}$ er kontraktspris uke/måned t , med levering uke/måned T

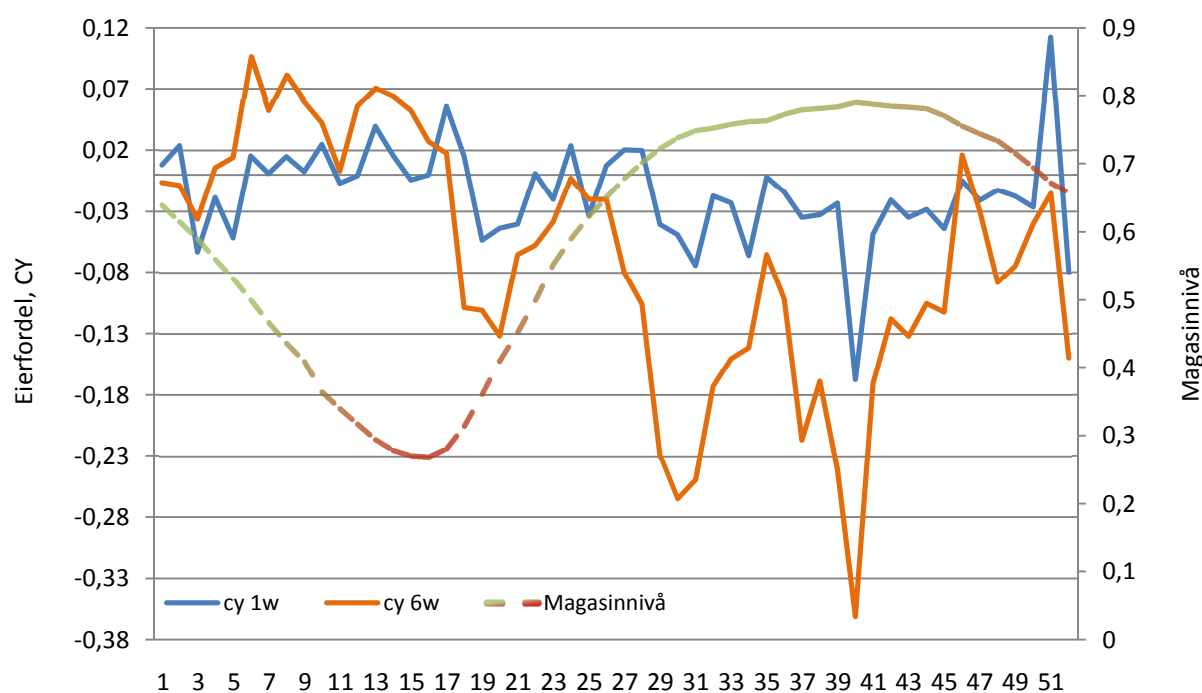
Netto eierfordel beregnes via formel 6 for alle tre kontraktene. Tabell 3 under viser deskriptiv statistikk for de resulterende seriene. Observer at formelen over resulterer i en netto eierfordel uttrykt som en premie i prosent, men på kontinuerlig form.

Holdeperiode	1 uke	6 uker	Forward
Utvalgsstørrelse	324	324	102
Andel negativ	0,57	0,64	0,66
Andel positiv	0,42	0,36	0,34
Gj.snittlig eierfordel, CY	-0,016	-0,064	-0,037
Standardavvik	0,086	0,173	0,131
Maks	0,304	0,562	0,324
Min	-0,789	-1,430	-0,487
Øvre grense KI*	-0,003	-0,040	-0,003
Nedre grense KI*	-0,028	-0,089	-0,070

Tabell 2: Netto eierfordel, KI* = 1 % konfidensintervall

Gjennomsnittlig netto eierfordel er negativ over analyseperioden for alle tre kontrakter. Konfidensintervall beregnet på 1 % nivå bekrefter at gjennomsnittlig netto eierfordel er strengt negativ over holdeperiodene. Disse resultatene er nedslående for vår hypotese om økt netto eierfordel, da netto eierfordel er mindre enn i analyseperioden til Botterud et al. (2010). Dette tyder på at en eventuell volatilitetstransmisjon fra andre energimarkeder grunnet tettere integrering, ikke har ført til en generell økning av netto eierfordel. Imidlertid viser tabellen at vi har noen ekstreme verdier som trekker i negativ retning – minimumsverdiene er betydelig større i absoluttverdi enn de minimumsverdiene det nevnte studiet observerer. Dette fører også til at standardavvikene øker i vår analyseperiode.

Videre undersøkes relasjonen mellom netto eierfordel og vannmagasinstand. Antagelsen er at de positive verdiene for netto eierfordel skal sammenfalle med lave verdier for vannmagasinstand. For å undersøke dette beregnes gjennomsnittlig netto eierfordel for den enkelte uke over analyseperioden. Figur 1 viser resultatene grafisk mot middelverdi for vannmagasinstand. For forwardkontrakten er observasjonsfrekvensen månedlig, derfor konstrueres ikke tilsvarende gjennomsnitt og figur.



Figur 1: Gjennomsnittlig eierfordel og normalt magasinnivå over ukene

Grafen viser, dog ikke entydig, at netto eierfordel følger et sesongmønster som varierer motsatt med utviklingen i vannmagasinene. Positiv netto eierfordel observeres i hovedsak i løpet av årets første 17 uker, da vannmagasinene tappes. I det vårløsnings starter, faller netto eierfordel drastisk, og når sitt laveste nivå i det vannmagasinene når toppunktet. Dette er konsistent med hva som var forventet og gir støtte til lagerkostnadshypotesen. Netto eierfordel burde, alt annet likt, variere motsatt med vannmagasinstand. Vi utfører en enkel korrelasjonstest for hele analyseperioden, og finner at korrelasjonskoeffisienten mellom vannmagasinstand og netto eierfordel for futureskontraktene er henholdsvis -0,21 for kontrakten med levering påfølgende uke, og -0,49 for kontrakten med levering 6 uker. Tilsvarende for forwardkontrakten gir et resultat på -0,44. Koeffisientene bekrefter at det er et negativt forhold, men koeffisientene er relativt svake. Dette skyldes imidlertid at det er flere

forklaringsvariabler for netto eierfordel enn magasinstand, deriblant tilsig - som varierer svært i periodene mellom magasinenes topp- og bunnpunkt.

Vi utfører multippel regresjon for alle 3 kontraktene med bakgrunn i regresjonsligning 4. Fullt oppsett av testingen for alle kontraktene i RATS gis i vedlegg. For de to andre kontraktene, og ved senere analyse av risikopremie, kommenteres bare avvik og momenter av særskilt interesse, da vi følger den samme gangen for hver regresjon.

Futureskontrakt, levering t+1

Vi kjører innledningsvis en ren multippel regresjon for å studere residualene fra regresjonen. Vi observerer at det foreligger én ekstremverdi i residualene. Denne foreligger i uke 40 2011 – den uken hvor spotprisen faller dramatisk ned til 10 EUR/MWh. Vi benyttet derfor en dummyvariabel for denne observasjonen. Videre gjennomfører vi diverse tester, en Ljung-Box test med 12 lags som kombinert med Durbin-Watson observatoren gir grunnlag for å anta at autokorrelasjon ikke er til stede i residualene. Vi gjennomfører også White test og Jarque-Bera test og viser til vedlegg for mer opplysninger vedrørende disse. Som en ekstra sikkerhet har vi også estimert med robuste standardfeil.

CY 1 uke	Konstant	Spotpris (10 ⁻⁴)	Varians spot (10 ⁻⁴)	Skjevhet spot (10 ⁻³)	Magasinnivå	Avvik forbruk (10 ⁻⁸)	Avvik tilsig (10 ⁻⁵)
Verdi(koeffisient)	0,0046	3,3018	3,6529**	-1,2913	-0,0569**	-9,8515**	-1,119**
t-observator	0,26	1,08	2,7	-0,30915	-3,36857	-9,78963	-3,61894
Stand.koeff.	n/a	0,053	0,221**	-0,014	-0,13**	-0,416**	-0,187**

Tabell 3: Netto eierfordel f1w. **, *; Signifikansnivå på hhv. 1 % og 5 %. (10ⁿ): Skaleringsnivå koeffisientverdi

I tabellen angir første rad koeffisientverdiene med skaleringsnivå i parentes over, og andre rad viser tilhørende t-verdier. Regresjonen gir en justert R² på 0,475 – altså har regresjonen en relativt høy forklaringsgrad. Før vi kommenterer resultatene, kjører vi en ny regresjon med standardiserte variabler. Dette gjør vi fordi de opprinnelige variablene har svært ulik benevning, og det er vanskelig å sammenligne virkningene variablene har på netto eierfordel. En *standardisert variabel* har benevningen standardavvik og konstrueres ved å trekke fra gjennomsnittet for den enkelte observasjon, og dele på standardavviket. En regresjon på slike

variabler gir standardiserte betakoeffisienter, hvis benevning også er uttrykt i standardavvik. Resultatet av denne operasjonen er vist i rad 3 i tabellen. De standardiserte koeffisientene angir hvor mange standardavvik den avhengige variabelen endrer seg med, gitt ett standardavvik endring i den uavhengige variabelen - alt annet likt. Standardiseringen avslører også hvilken variabel som har størst påvirkning på den avhengige variabelen.

Alle variablene relatert til de fysiske tilstander i kraftsystemet, er sterkt signifikant på 1 % nivå, og de har det forventede fortegn i lys av den teoretiske diskusjonen. Vi observerer at avvik i tilsig og avvik i forbruk har større påvirkning enn vannmagasinstand. Dette skiller seg fra studiet til Botterud et al. (2010), som finner at avvik i tilsig ikke er signifikant, og har motsatt fortegn. De finner også at magasinstand og avvik i forbruk har henholdsvis større og lavere påvirkning enn våre funn. Dette indikerer at forventninger om framtidig tilgjengelighet av vann har større betydning for eierfordelen enn nåværende beholdning av vann, for vår analyseperiode.

For de prisrelaterte variablene, er det bare varians som er statistisk signifikant. Variansen har som forventet en positiv påvirkning på netto eierfordel, da perioder med høy varians sammenfaller med perioder hvor det er knapphet på vanntilgangen. Spotprisinivå og skjevhet i spotprisen har verken signifikans eller betydelig påvirkning på eierfordelen i vår modell for denne kontrakten. Dette tyder på at spotprisinivået ikke har betydning for forholdet mellom spotpris og futurespris, samt at spotprisdistribusjonen gjeldende uke ikke er betydningsfull. Førstnevnte sammenheng er ikke uventet siden prisene på spot og kontrakt med levering påfølgende uke følger hverandre tett. For at endring i spotpris skal endre netto eierfordel signifikant, må endringen være større eller lavere enn endringen i futuresprisen på samme tidspunkt, og dette er tilsynelatende ikke tilfellet.

Futureskontrakt, levering t+6

Innledende regresjon tilsier at vi også her benytter oss av en dummy-variabel for uke 40 2011. Ljung-Box testen forkaster klart nullhypotesen, og bekrefter dermed at autokorrelasjon er til stede. White's test viser at også heteroskedastisitet er til stede. Vi må dermed benytte oss av HAC- robuste standardfeil i regresjonen. Normalitet blir også forkastet, men vi følger samme argumentasjon som over, og går likevel videre med analysen. Vi kjører HAC robust regresjon

med Newey-West² estimatorer for både ustandardiserte og standardiserte variabler, og viser resultatene i tabell 4.

CY6W	Konstant	Spotpris (10 ⁻³)	Varians spot (10 ⁻⁵)	Skjevhet spot (10 ⁻²)	Magasinnivå	Avvik forbruk (10 ⁻⁹)	Avvik tilsig (10 ⁻⁸)
Verdi(koeffisient)	-0,2275	3,7516**	6,64	1,48	-0,333**	1,00	4,4
t-observator	-0,425	3,43	0,280	1,78	-5,91	0,05	0,03
Stand.koeff.	n/a	0,3016**	0,0199	0,0790	-0,3766**	0,0029	0,0014

Tabell 4: Netto eierfordel f6w. **, *: Signifikansnivå på hhv. 1 % og 5 %. (10ⁿ): Skaleringsnivå koeffisientverdi

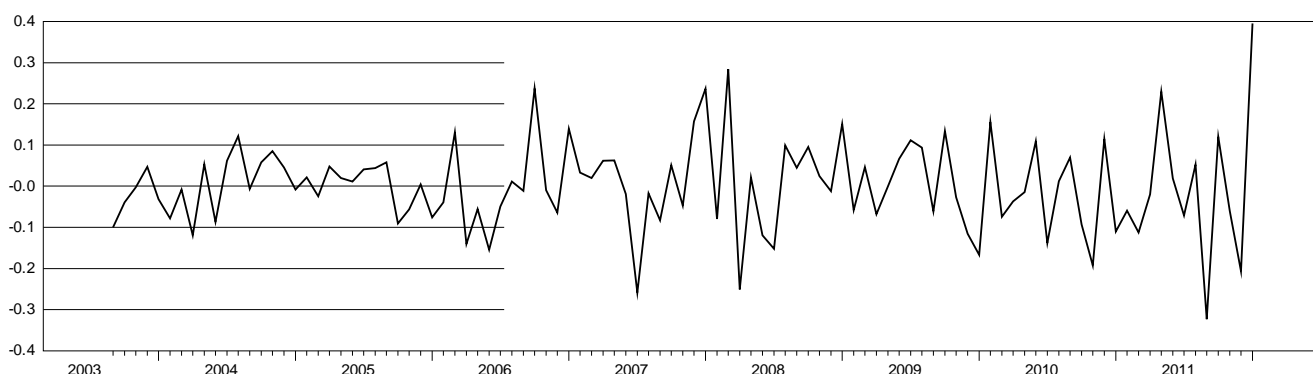
Også denne regresjonen har en relativt stor forklaringsgrad, med en justert R² på 0,508. Resultatene er interessante, ved at økt tid til levering ser ut til å skifte forklaringsvariablene over fra forventninger om framtidig tilgjengelighet, til gjeldende ukes tilstand. Vannmagasinstand er signifikant og er nå den variabelen med størst påvirkningskraft. Manglende signifikans og forklaringskraft for variablene avvik i forbruk og avvik i tilsig, kan forklares med at aktørene besitter usikre estimater for forbruk og tilsig 6 uker fram i tid, og at dette ikke påvirker sammenhengen mellom gjeldende spot og futurespris. Varians og skjevhet er ikke signifikant, og dette avviker fra studiet til Botterud et al. (2010). En mulig forklaring er at denne informasjonen anses som mindre relevant da varians og skjevhet ikke kan antas å vedvare i nivå fram mot leveringsperioden, men vi observerer riktige fortegn i forhold til hva som var forventet påvirkning. Et annet avvikende resultat fra nevnte studie er at spotprisen nå er signifikant, med betydelig påvirkningskraft. En naturlig forklaring til dette, kan være at hopp i nivå for spotprisen ikke følges av store hopp i futuresprisen for levering om 6 uker, slik at netto eierfordel da øker per definisjon. Sprang i spotprisen forventes ikke å vedvare fram til leveringsuken.

Forward, levering t+1

For forwardkontrakten har vi bare 102 månedlige observasjoner, ettersom dagens kontraktspesifikasjon ikke har eksistert lengre tilbake enn til september 2003. Vi må derfor være varsom med bruk av dummy- variabler og manipulering av datamaterialet. Inspeksjon av residualene etter innledende regresjon, gitt av figur 2, viser at det foreligger en ekstremverdi i siste observasjon: Februar 2012. I datamaterialet kan vi ikke finne noen konkret årsak til at

² Som inndata benyttes regelen for antall lags = $\sqrt[4]{N}$ hvor N er antall observasjoner

denne ekstremverdien foreligger, men vi observerer en kombinasjon av stort avvik mellom spotpris og forwardpris, og svært høy varians i spotprisen for februar. Vi velger derfor å gå videre med en dummy- variabel for denne observasjonen.



Figur 2: Residualer innledende regresjon, forwardkontrakt

Regresjonen kjøres på nytt med dummy- variabelen inkludert. De diagnostiske testene viser at det ikke foreligger autokorrelasjon i residualene, og White's test kan heller ikke forkaste homoskedastisitet. Interessant nok, holder også normalitetskravet for residualene. Ingen av disse testene består dersom dummy- variabelen ikke inkluderes. Vi velger derfor å gå videre med dummien, men for å sette strenge krav til resultatene benytter vi likevel en HAC- robust regresjon.

CY Forward	Konstant	Spotpris (10 ⁻³)	Varians spot (10 ⁻³)	Skjevhet spot (10 ²)	Magasinnivå (10 ⁻¹)	Avvik forbruk (10 ⁻⁶)	Avvik tilsig (10 ⁻¹⁰)
Verdi(koeffisient)	0,0227	3,026**	-1,1522**	-1,37	-2,603**	-1,013	-2,259
t-observator	0,62	3,58	-3,97	-1,98	-5,43	-0,28	-0,46
Stand.koeff.	n/a	0,294**	-0,4550**	-0,0990	-0,3914**	-0,0360	-0,0180

Tabell 5: Netto eierfordel forward. **, *: Signifikansnivå på hhv. 1 % og 5 %. (10ⁿ): Skaleringsnivå koeffisientene

Tabellen over viser resultatene av regresjonen, som har en justert R² på 0,39. Som ventet, er magasinnivå signifikant og har en stor negativ påvirkning på netto eierfordel. Resultatene kan samlet tolkes i samme retning som argumentasjonen for futureskontrakten med 6 uker til levering, men nå er det ikke tid til levering som har økt, men leveringslengden. Et interessant funn er imidlertid at variansen nå er signifikant, og variabelen har den største påvirkningen på netto eierfordel, med negativt fortegn. En mulig tolkning av dette er at variansen inneværende

måned ikke forventes å vedvare over leveringsmåneden, slik at en høy varians forventes å falle, og en lav varians forventes å øke. Eierfordelen er stor når volatiliteten er høy, blant annet fordi større svingninger i spotpris kan utnyttes, og fordi etterspørselen etter lagring dermed øker. Når leveringsperioden strekker seg over en hel måned, kan ikke *denne* månedens volatilitet forventes å vedvare over neste måned.

4.4 Risikopremie

Vi følger samme fremgangsmåte som for netto eierfordel, og får følgende formel:

$$rp_{t,T} = \ln\left(\frac{S_T}{F_{t,T}}\right)$$

Formel 7

Hvor

$rp_{t,T}$ er risikopremie/realisert avkastning mellom uke/måned t og uke/måned T

S_T er realisert gjennomsnittlig spotpris uke/måned T

$F_{t,T}$ er kontraktspris uke/måned t, med levering uke/måned T

Ved å benytte realisert spotpris periode T, blir risikopremien bare en approksimering av den teoretiske sammenhengen. Oppsettet betyr imidlertid at risikopremien blir den realiserte kontinuerlige avkastning oppnådd ved å innta en kjøpsposisjon i kontraktene og sitte til forfall, som er forutsetningen vi tar i analysen. I tabellen under angir vi deskriptiv statistikk for de resulterende seriene av risikopremie for de tre kontraktene.

Risikopremie - RP	1 uke	6 uker	Forward
Utvalgsstørrelse	322	319	101
Andel negativ	0,59	0,62	0,58
Andel positiv	0,41	0,38	0,42
Gjennomsnittlig RP	-0,02	-0,07	-0,036
Standardavvik	0,097	0,246	0,117
Maks	0,311	0,637	0,28
Min	-0,76	-1,56	-0,475
Øvre grense KI*	-0,0026	-0,0350	-0,006
Nedre grense KI*	-0,03	-0,11	-0,066

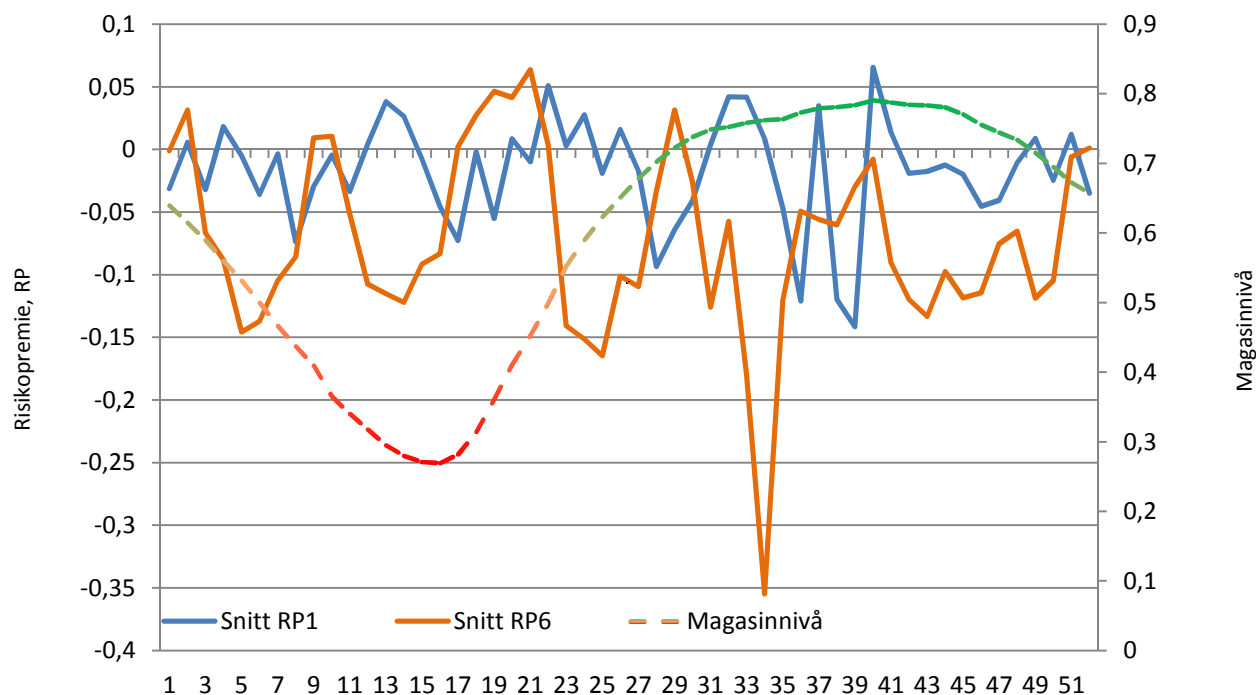
Tabell 6: Deskriptiv statistikk risikopremie. KI* = Konfidensintervall på 1 % nivå

Gjennomsnittlig risikopremie er negativ over analyseperioden, for alle tre kontrakter. Konfidensintervallene er negative, og bekrefter resultatet på 1 % nivå. Kontraktsprisene tenderer derfor til å være høyere enn realisert spotpris for leveringsperioden - markedet er derfor i snitt i contango. Dette betyr at gjennomsnittlig realisert avkastning ved å kontinuerlig innta en kjøpsposisjon i kontraktene er negativ over perioden, men vi observerer samtidig store sprik mellom maksimum- og minimumsverdier. For futureskontraktene øker premien med tid til forfall, fra -2 % til -7 % for henholdsvis levering t+1 og t+6. Sammenlignet med funnene til Botterud et al. (2010), viser statistikken at risikopremien har blitt *lavere*, med et klart lavere konfidensintervall. Vår hypotese om at markedets modning og integrasjon skulle føre til en økt risikopremie i vår analyseperiode sammenlignet med nevnte studie, ser dermed ut ikke ut til å kunne påvises. Selv ved å midlertidig fjerne ekstremverdier fra datasettet, blir konfidensintervallet fortsatt mer negativt enn i studiet til Botterud et al. (2010). Det må imidlertid påpekes at siden sammenligningsgrunnlaget baserer seg på gjennomsnitt og konfidensintervall, kan vi ikke trekke noen klar konklusjon.

For forwardkontrakten er det slik at tid til levering er den samme som for futureskontrakten med levering påfølgende uke (i snitt tre dager), men vi observerer at risikopremien øker når leveringsperioden øker. Risikopremien for forwardkontrakten har imidlertid lavere maksimums- og minimumsverdier enn futureskontraktene. Dette kan være fordi ekstreme spotpriser har mindre å si for snittprisen over en hel måned, enn for snittprisen over en uke.

For å kunne observere om risikopremien følger noen av de fysiske tilstandene i kraftsystemet, beregner vi gjennomsnittlig risikopremie for den enkelte uke, og plotter dette mot middelverdi vannmagasinstand. Vannmagasinstanden innehar som nevnt implisitt informasjon om tilsig og forbruk. Grafene er vist i figur 3.

Av figuren er det vanskelig å observere noe klart mønster eller forhold mellom risikopremiene og magasinstand. Grafisk inspeksjon av ukesnitt gir oss derfor ikke noe grunnlag for å bekrefte eller avkrefte våre antagelser om et forhold mellom risikopremie og fysiske tilstander i kraftsystemet. Mulige forhold må derfor testes mer formelt gjennom regresjonsanalyse.



Figur 3: Gjennomsnittlig risikopremie og middelverdi magasinnivå over ukene

For alle tre kontraktene kjører vi regresjonsanalyser basert på formel 5, med de samme avhengige variablene som i analysen av netto eierfordel. Vi gjentar samme gang og prosess som i de forrige regresjonsanalysene. Vi presiserer igjen at vi her bare vil påpeke avvik og spesiell behandling av modellene, da selve testingen er beskrevet detaljert tidligere og gitt med fullt oppsett i vedlegg.

Futureskontrakt, levering t+1

Vi ser av figuren under at det eksisterer flere ekstremverdier høsten 2011 – en høst preget av uvanlig mye tilsig. Dette har stor innvirkning på risikopremien slik den er definert, og vi kan anta at dette prisfallet som vedvarte flere uker var svært uventet for aktørene. Uten dummy-variabler gir regresjonen en svært liten forklaringsgrad målt ved justert R^2 , slik at det blir meningsløst å gå videre med modellen uten disse. Vi ser oss derfor nødt til å benytte 5 dummy-variabler for å fjerne ekstremverdiene i residualene.

De diagnostiske testene av regresjon inkludert dummy-variabler forkaster forutsetningene om homoskedastisitet, ingen seriekorrelasjon og normalitet. Vi må derfor gå videre med en HAC-robust regresjon, men påpeker at residualegenskapene totalt sett ikke tilfredsstill standardkrav.

RP 1 uke	Konstant	Spotpris (10 ⁻⁴)	Varians spot (10 ⁻⁴)	Skjevhet spot (10 ⁻³)	Magasinnivå (10 ⁻³)	Avvik forbruk (10 ⁻⁸)	Avvik tilsig (10 ⁻⁶)
Verdi	0,0207	-6,502	-1,9689*	8,33*	-1,815	4,03**	-5,1533
t-observator	0,89	-1,71	-2,19	2,33	0,93	2,80	-2,09
Standardisert	n/a	-0,092	-0,106*	0,078*	-0,004	0,1512**	-0,077

Tabell 7: Risikopremie f1w. **, *: Signifikansnivå på hhv. 1 % og 5 %. (10ⁿ): Skaleringsnivå koeffisientene

Den robuste regresjonen gir en justert R² på 0,49, men modellen bør likevel anses som svak i lys av de ovennevnte problemer. Resultatene viser at de fysiske variablene har det forventede fortegn, men bare avvik i forbruk er signifikant og har en stor påvirkning på risikopremien. Dette skiller seg fra studiet til Botterud et al. (2010), som finner at alle de tre fysiske variablene er signifikant for denne kontraktens risikopremie. De påpeker at signifikans for avvik i tilsig og forbruk tyder på at dette ikke er priset inn av aktørene. Våre resultater tyder på at avvik i tilsig i leveringsuken nå er priset inn for denne kontrakten, og at også gjeldende ukes vannmagasinnivå er priset inn av aktørene. Dette kan skyldes forbedrede estimater for klimatiske forhold en uke fram i tid. Avvik i forbruk ser ut til å ikke være priset inn, og en naturlig forklaring kan være at avvik fra gjennomsnittlig forbruk i leveringsuken er svært vanskelig å predikere.

For de finansielle variablene er resultatene av blandede karakterer. Vi forventet at gjeldende ukes spotprisegenskaper skulle ha innvirkning på risikopremien i denne kontrakten ettersom holdeperioden er svært kort, men vi observerer noen uventede resultater. På den ene siden observerer vi at skjevhet i spotpris er signifikant og har et positivt forhold til risikopremien. Dette betyr at dersom distribusjonen av døgnpriser gjeldende uke er positivt skjevfordelt, øker risikopremien, som vi hadde en a priori antagelse om. På den andre side, ser vi at varians i spotprisen gjeldende uke har et signifikant negativt forhold til risikopremien. Dette er noe uventet, ettersom vi forventet at gjeldende ukes varians kan antas å vedvare noe neste uke, og at risikopremien derfor skulle ha et positivt forhold til gjeldende varians. Videre har variabelen spotpris det forventede fortegn, men er ikke signifikant.

Futureskontrakt, levering t+6

Med økt tid til levering øker også usikkerheten i aktørenes framtidige estimater for leveringsuken, slik at vi forventer å se flere ekstremverdier for denne kontraktens lengden. Dette gjenspeiler seg også i residualene etter den innledende regresjonen. Vi observerer nok en gang

ekstreme verdier høsten 2011. I tillegg ser vi at det er ekstremverdier eller utliggerer ved inngang til sommeren 2007, en periode som også var gjenstand for et skarpt fall i prisene.

Vi benytter igjen 5 dummy- variabler for å eliminere ekstremverdiene i residualene, og kjører en ny regresjon med disse inkludert. De diagnostiske testene viser imidlertid også her avvik fra standardkrav til residualegenskaper. Vi må derfor benytte en HAC- robust regresjon.

RP 6 uke	Konstant	Spotpris (10 ⁻³)	Varians spot (10 ⁻⁴)	Skjevhet spot (10 ⁻⁴)	Magasinnivå (10 ⁻²)	Avvik forbruk (10 ⁻⁷)	Avvik tilsig (10 ⁻⁵)
Verdi(koeffisient)	0,18	-4,6**	1,822	5,25	-7,72	2,30**	-2,11**
t-observator	3,08	-4,58	0,76	0,05	-1,07	6,29	-7,23
Stand.koeff.	n/a	-0,258**	0,037	0,0016	-0,061	0,3392**	-0,459**

Tabell 8: Risikopremie f1w. **, *: Signifikansnivå på hhv. 1 % og 5 %. (10ⁿ): Skaleringsnivå koeffisientene

Regresjonen har en justert R² på 0,63, men vi anser også denne modellen som noe usikker. Resultatene viser at spotprisen nå er signifikant med det forventede fortegn, noe som igjen kan linkes til kontraktens samvariasjon med spotprisen. Gjeldende ukes varians og skjevhet har som ventet positive fortegn, men er ikke signifikante for dette utvalget. Dette er imidlertid rimelig med tanke på at aktørene forsøker å skue 6 uker fram i tid, og varians og skjevhet tidspunkt t er av mindre relevans for levering tidspunkt t+6. Vannmagasinnivå på handelstidspunktet er ikke signifikant for risikopremien, men vi observerer at både avvik i forbruk og avvik i tilsig for leveringsperioden er sterkt signifikant og har stor påvirkning på den realisererte premien. Dette tyder på at estimatene 6 uker fram i tid er såpass usikre at disse avvikene kommer uventet på aktørene. Totalt sett er resultatene som forventet, og de signifikante variablene har stor forklaringskraft målt ved de standardiserte verdiene. Til tross for en riktig kvalitativ tolkning og en høy R², kan vi ikke trekke noen klare statistiske slutninger, fordi modellen innehar for mye støy i residualegenskapene.

Forward, levering t+1

Denne modellen har ingen signifikant forklaringskraft siden F-testen på hele regresjonsligningen ikke er signifikant. Dette betyr at det ikke kan påvises at noen av koeffisientene er signifikant forskjellige fra null. Dette vises også av signifikansnivået til hver enkelt variabel, og justert R² er også nær null. Vi kan derfor ikke gå videre med denne modellen, og kan i dette tilfellet konkludere med at denne modellspesifikasjonen ikke kan

forklare noe av realisert risikopremie i denne forwardkontrakten. Dette kan bety at variablene enten er feilaktige, eller bare målt feilaktig.

5 Konklusjon og implikasjoner

Gjennomsnittlig netto eierfordel påvises å være negativ over hele analyseperioden, hvilket betyr at markedet i gjennomsnitt er i contango. Vi finner indikasjoner på at gjennomsnittlig netto eierfordel ikke har økt som en konsekvens av økt integrering av kraftmarkedet i perioden. Gitt våre forventninger om at det skjer volatilitetstransmisjoner fra andre energimarkeder er dette overraskende, men indikasjonen er basert på en enkel sammenligning av konfidensintervall, og dermed ikke en presis test av en permanent volatilitetsøkning. Vi finner imidlertid at det er en klar sammenheng mellom netto eierfordel og fysiske tilstander i det nordiske kraftsystemet, for alle analyserte kontraktslengder. Netto eierfordel har en negativ relasjon til vannmagasinnivåene i Norge, Sverige og Finland for alle utvalgene, og følger sesongsvingningene i magasinnivå. I de perioder av året hvor det er knapphet på vann er eierfordelen klart positiv. For vår analyseperiode ser det imidlertid ut til at fokus skifter fra forventninger om framtidig tilgjengelighet av vann, til gjeldende tilstand av vannmagasin ettersom tid til levering i futureskontraktene øker – noe som divergerer fra tidligere empiri. Med forwardkontrakten, finner vi at også når leveringsperioden øker, er nåværende tilgjengelighet av vann den viktigste fysiske forklaringsvariabelen for netto eierfordel. Det mest interessante funnet i analysen av forwardkontrakten er imidlertid at gjeldende måneds varians i spotpris har et inverst forhold til netto eierfordel. Dette kan tolkes som at gjeldende måneds varians forventes å reverseres i leveringsmåneden, noe som tyder på at variansen er forventningsrett for forwardkontrakten.

Vi undersøker også eksistensen av en risikopremie i det nordiske kraftmarkedet, og finner at gjennomsnittlig realisert avkastning over hele perioden er negativ for alle utvalgene. Dette betyr at gjennomsnittlig approksimert risikopremie er negativ for alle kontraktene, og at markedet i snitt er i contango. Resultatet av regresjonsanalysene for risikopremie gir imidlertid ingen klare entydige sammenhenger mellom risikopremie og de utvalgte variabler for alle undersøkte kontrakter. Gjeldende magasin vannstand har ingen signifikant sammenheng med risikopremien for futureskontraktene, noe som avviker fra analysen til Botterud et al. (2010). Dette indikerer at aktørene har priset inn nåværende tilgjengelighet av vann. Modellen gir en fornuftig beskrivelse av risikopremien for futureskontrakten med 6

uker til levering, men for futureskontrakten med levering påfølgende uke observeres noen uventede resultat. Modellen for forwardkontraktens risikopremie er ikke statistisk gyldig, og dette indikerer at den spesifiserte modellen for risikopremie ikke gir en god forklaring på hvilke variabler som påvirker risikopremien for denne kontrakten. Totalt sett gir markedsvareblene slik de er definert en begrenset empirisk forklaringskraft for risikopremie.

Markedet kan sies å være mer modent i vår analyseperiode sammenlignet med perioden testet i Botterud et al. (2010), og vår a priori forventning var at risikopremien skulle ha økt for vår analyseperiode. Denne antagelsen blir avkreftet, og gjennomsnittlig realisert avkastning er klart mindre i vår analyseperiode. For futureskontraktene med 1 og 6 uker til levering, finner vi en gjennomsnittlig kontinuerlig avkastning på henholdsvis -2% og -7% . Omregnet til reell enkel avkastning over en holdeperiode som i snitt er på 9 og 44 dager, korresponderer dette med en årlig avkastning på henholdsvis 119% og 69% dersom man inntar og holder salgsposisjonen i en slik kontrakt. Selv om disse størrelsene ikke er representative i sammenheng med en reell handelsstrategi, oppleves det påfallende at gjennomsnittlig risikopremie er av disse størrelsene og at de er mer negativ for vår analyseperiode. Risikopremier av denne størrelsen burde antas å tiltrekke flere finansielle spekulanter i et effektivt og integrert marked, som dermed vil drive premien nærmere null. Implikasjonen her ser ut til å være at det fortsatt er netto kjøpere av terminkontrakter, og at tilstedeværelsen av spekulanter fortsatt er relativt lav i det finansielle markedet. Det synes klart at kraftmarkedet ikke er fullt ut integrert med de bredere finansmarkedene. En tolkning av dette kan være at det fortsatt eksisterer inngangsbarrierer for spekulanter fra andre finansmarkeder, i forhold til forståelse og informasjon. Det er dermed asymmetri mellom sikringsaktører og spekulanter i forhold til å forstå kompleksiteten i markedet. Det kan dessuten stilles spørsmålsteget ved hvorvidt slike risikopremier kan forsvares av nettosikringshypotesen, noe som kan indikere en lav grad av effisiens, i tillegg til at produsentsiden med sine holdeopsjoner tilsynelatende besitter betydelig mer fleksibilitet enn leverandørsiden.

Vi konkluderer med at lagerkostnadshypotesen er relevant i et vannkraftdominert marked som det nordiske, ved at eierfordel og fysiske tilstander i kraftsystemet har relevans for å forstå sammenhengen mellom terminkontraktpriser og spotpriser. For risikopremieteorien har vi ikke kunnet påvise noen entydige sammenhenger til de valgte variablene, og dette kan derfor tyde på at modellen og variablene ikke er den beste spesifikasjonen for å undersøke drivere av risikopremien.

Referanser

Benth, Fred E., Jurate S. Benth og Steen Koekebakker. 2008. *Stochastic modeling of electricity and related markets*. River Edge, NJ, World Scientific.

Bessembinder, Hendrik og Michael L. Lemmon. 2002. *Equilibrium Pricing and Optimal Hedging in Electricity Forward Markets*. *The Journal of Finance* 57 no 3, 2002, s. 1347-1382.

Botterud, Audun, Tarjei Kristiansen og Marija Ilic. 2009. *The relationship between spot and futures prices in the Nord Pool electricity market*. *Energy Economics* 32, 2010, s. 967-978.

Brennan, Michael J. 1958. *The supply of storage*. *The American Economic Review* 48, 1958, s. 50-72.

Diko, Pavel, Steve Lawford og Valerie Limpens. 2006. *Risk Premia in Electricity Forward Prices*. *Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics* 10 issue 3, artikkel 7.

Douglas, Stratford og Julia Popova. 2007. *Storage and the electricity forward premium*. *Energy Economics* 30, 2008, s. 1712-1727.

Fama, Eugene F. 1970. *Efficient Capital Markets: A review of Theory and Empirical Work*. *The Journal of Finance* 25 no 2, 1970, s. 383-417.

Fama, Eugene F. og Kenneth R. French. 1987. *Commodity Futures Prices: Some Evidence on Forecast Power, Premiums, and the Theory of Storage*. *The Journal of Business* 60, 1987, s. 55-73.

Gjølberg, Ole og Thore Johnsen. 2001. *Electricity Futures: Inventories and Price Relationships at Nord Pool*. Discussion paper, NHH & UMB.

Hadsell, Lester og Hany A. Shawky. 2006. *One-Day Forward Premiums and the Impact of Virtual Bidding on the New York Wholesale Electricity Market Using Hourly Data*. *The Journal of Futures Markets* 27 no 11, 2007, s. 1107-1125.

Haug, Espen G. 2007. *Derivatives, Models on models*. West Sussex, John Wiley & Sons, Ltd.

Kaldor, Nicholas. 1939. *Speculation and economic stability*. *Review of Economic Studies* 7, s. 1-27.

- Karakatsani, Nektaria V. og Derek W. Bunn. 2005. *Diurnal Reversals of Electricity Forward Premia*. Working paper, London Business School.
- Longstaff, Francis A. og Ashley W. Wang. 2004. *Electricity Forward Prices: A High-Frequency Empirical Analysis*. *The Journal of Finance* 59 no 4, 2004, s. 1877-1900.
- Lucia, Julio J. og Eduardo S. Schwartz. 2001. *Electricity Prices and Power Derivatives: Evidence from the Nordic Power Exchange*. *Review of Derivatives Research* 5, 2002, s. 5-50.
- Lucia, Julio J. og Hipòlit Torró. 2011. *On the Risk Premium in Nordic Electricity Futures Prices*. *International Review of Economics and Finance* 20, 2011, s. 750-763.
- Pindyck, Robert. 2001. *The dynamics of commodity spot and futures markets: a primer*. *Energy Journal* 22, s. 1-29.
- Redl, Christian, Reinhard Haas, Claus Huber og Bernhard Böhm. 2008. *Price Formation in Electricity Forward Markets and the Relevance of Systematic Forecast Errors*. *Energy Economics* 31, 2009, s. 356-364.
- Sundaram, Rangarajan og Das, Sanjiv R. 2011. *Derivatives: Principles and Practice*. Int. ed. New York, McGraw-Hill / Irwin.
- Telser, Lester G. 1958. *Futures trading and the storage of cotton and wheat*. *Journal of Political Economy* 66, s. 133-144.
- Wangensteen, Ivar. 2012. *Power system economics – the Nordic Electricity Market*. 2nd edition. Tapir academic press, Trondheim 2012.
- Working, H. 1949. *The theory of the price of storage*. *American Economic Review* 39, s. 1254-1262.