



Forord

Denne utredningen er en avsluttende del av masterutdanningen på Handelshøyskolen ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet.

Først og fremst vil vi takke våre veiledere Ole Gjølberg og Marie Steen for forslag til problemstilling, tett oppfølging og god veiledning gjennom hele perioden. Dette samarbeidet har gjort arbeidet med oppgaven svært lærerikt, spennende og interessant.

Tilgang til data har vært avgjørende for at vi har kunnet skrive denne oppgaven. Vi vil derfor få rette en stor takk til Montel for tilgang til spot- og futurespriser fra henholdsvis Nord Pool Spot og NASDAQ OMX. Dessuten vil vi takke Erik Smith-Meyer for assistanse med å laste ned data.

Til slutt vil vi takke Pål Engebretsen for en hyggelig og givende prat, som bidro til at vi fikk en bredere forståelse av det nordiske kraftmarkedet.

Eventuelle feil og mangler er forfatternes ansvar.

Ås, mai 2014

Erik Njølstad

Olav Andreas Andresen

Sammendrag

Tidligere studier, blant andre Botterud et al. (2010) og Gjolberg & Brattested (2011), har funnet signifikante avvik mellom futurespris og etterfølgende systempris i det nordiske kraftmarkedet. I denne masterutredningen undersøker vi hvorvidt det fortsatt eksisterer slik systematikk i det nordiske kraftmarkedet når man inkluderer årene etter 2010. Vi tar derfor for oss perioden 2004-2013. Vi analyserer prognoseegenskapene til ukesfutures og månedsfutures med 1, 2 og 3 uker/måneder igjen til forfall. Deretter undersøker vi om resultatene fra analysen gjør det mulig å utforme handelsstrategier som gir høyere risikojustert avkastning enn den risikojusterte avkastningen på Oslo Børs Benchmark Index (OSEBX) i perioden 2010-2013.

Vi finner signifikante positive avvik mellom futurespris og etterfølgende systempris for samtlige futureskontrakter i analyseperioden. Modellen vi benytter indikerer at futuresprisen ikke har vært en forventningsrett estimator for etterfølgende systempris og påviser en signifikant risikopremie (evt. feilprising) for alle kontraktene vi analyserer. Vi forsøker også å forklare relativ endring i systemprisen med relativ forskjell mellom futurespris og systempris (relativ basis). Disse modellene indikerer også risikopremier, men de er kun signifikante for 2- og 3-ukeskontrakter. Alle modellene forkaster imidlertid nullhypotesen om at futuresprisen er en forventningsrett estimator for etterfølgende systempris, da β er forskjellig fra 1 for de fleste kontraktene.

Med utgangspunkt i disse resultatene tester vi to handelsstrategier. Den første strategien bygger på våre funn av signifikante forskjeller mellom gjennomsnittlig futurespris og etterfølgende systempris ved kontraktens forfallsperiode. Den andre strategien er en «spread»-strategi som bygger på antakelsen om at relativ spredning mellom to futureskontrakter med ulik forfallsperiode vil holde seg relativt stabil over tid. I begge strategiene ser vi hvilke ukes- og månedskontrakter som oppnår høyest risikojustert avkastning i perioden 2004-2009 og tester hvordan disse ukes- og månedskontraktene presterer i perioden 2010-2013.

Resultatet av handelsstrategiene varierer ut i fra hvilken strategi og hvilke kontrakter som benyttes. I den første strategien inntar vi salgsposisjoner og holder kontraktene frem til forfall. Avkastning av denne strategien viser seg å øke desto tidligere kontraktene inngås.

Ukeskontrakter med 10 handelsdager igjen til forfall (2-ukeskontrakter) og månedskontrakter med 65 handelsdager igjen til forfall gir høyest risikojustert avkastning i perioden 2004-2009. Dette gir grunnlaget for vår handelsstrategi i testperioden 2010-2013. Gjennom å selge 2-ukeskontraktene og reversere posisjonen ved forfall (10 handelsdager senere) oppnår denne strategien en betydelig høyere risikojustert avkastning enn det OSEBX opplever i samme periode. Tilsvarende strategi for månedskontrakter med 65 handelsdager igjen til forfall gir på den annen side en lavere risikojustert avkastning enn det OSEBX opplever i samme periode. Risikoen knyttet til denne strategien er imidlertid svært høy for både ukes- og månedskontrakter, noe vi illustrerer med en «all in»-simulering. Der investerer vi én euro i første handel og reinvesterer deretter resultatet av hver handel i hver nye handel gjennom hele testperioden 2010-2013. Dette ender med betydelige tap for både strategien med ukeskontrakter og strategien med månedskontrakter, selv om den gjennomsnittlige gevinsten per handel er positiv og signifikant forskjellig fra 0. Dette skyldes hovedsakelig flere store tap rett etter hverandre, som reduserer investeringen betydelig.

I «spread»-strategien, som forsøker å utnytte den relative forskjellen mellom to ulike futureskontrakter, er resultatene blandet. Ved å velge den kontraktskombinasjonen av ukeskontrakter som gir høyest risikojustert avkastning i perioden 2004-2009, gir denne strategien betydelig høyere risikojustert avkastning enn det OSEBX opplever i perioden 2010-2013. Vi vurderer også en «all in»-simulering for denne strategien, noe som gir en økning av investeringen på nesten 700 % i løpet av hele perioden. Det skyldes hovedsakelig færre tap rett etter hverandre, og en stor andel positive avkastninger. Tilsvarende strategi for månedskontrakter gir imidlertid ikke like gode resultater. Her er andelen handel med positiv avkastning lavere, og risikojustert annualisert avkastning er betydelig lavere enn det OSEBX opplever i samme periode. «All in»-simuleringen ender også opp med et mindre beløp enn opprinnelig investeringsbeløp, preget av en periode med flere tap rett etter hverandre.

Abstract

Existing studies have found that futures have been biased forecasts for the subsequent spot prices in the Nordic power market. In this analysis, we examine whether this is still the case, if we include the years after 2010. The analysis is based on the forecasting performance of the weekly and monthly futures with 1, 2 and 3 weeks/months to maturity, from 2004 to 2013. After this, we examine whether the results of this analysis make it possible to design trading strategies that provide higher risk-adjusted return than the risk-adjusted return on the Oslo Stock Exchange Benchmark Index (OSEBX), during the period 2010-2013.

We find significant positive differences between the futures price and the subsequent system price for all futures during the analysis period. The model we make use of indicates that the futures price has not been an unbiased estimator for the subsequent system prices, and thus suggest a significant risk premium (or incorrect pricing) for all contracts we are analyzing. We also try to explain the relative change in system price with the relative difference between futures price and system price (relative basis). These models also indicate risk premiums, but they are only significant for weekly futures with 2 and 3 weeks to maturity. All models, however, reject the null hypothesis that the futures price is an unbiased estimator for the subsequent system price, since the calculated β is different from 1 for most of the contracts.

Based on these results, we examine two trading strategies. The first strategy is based on our findings of significant positive differences between the average futures price and the subsequent system price at maturity. The second strategy is a spread strategy, which builds on the assumption that the relative spread between two futures with different maturity will remain relatively stable over time. In both strategies, we examine which of the weekly and monthly contracts that would have achieved the highest risk adjusted return over the period 2004-2009, and then test how these weekly and monthly futures would have performed in the period 2010-2013.

The results of the trading strategies vary, based on which strategy and contracts we use. In the first strategy, we enter into short positions and hold the futures to maturity. The average return in this strategy increases when the futures are bought well before maturity. Shorting weekly futures with 10 trading days to maturity (2-week contracts), and monthly futures

with 65 trading days to maturity give the highest risk-adjusted return over the period 2004-2009. Moreover, we use these two futures to test the strategy in the test period 2010-2013. By shorting 2-week futures and holding the position to maturity (10 trading days later), this strategy achieved significantly higher risk-adjusted returns than what the OSEBX experienced during the same period. The same strategy for monthly futures with 65 trading days to maturity gave, on the other hand, a lower risk-adjusted return than what the OSEBX experienced during the same period. The risk associated with these short strategies, however, was very high for both weekly and monthly contracts. We illustrate this with an “all in” approach, where we invest 1 euro in the first trade and reinvest the outcome of each trade in each new trade throughout the period 2010-2013. This ended with heavy losses for both the strategy with weekly futures and the strategy with monthly futures, although the average return per trade was positive and significantly different from zero. This was mainly due to several large subsequent losses, which reduced the investment considerably.

With the spread strategy, which attempts to exploit the relative difference between two different futures, the results are mixed. By choosing the combination of weekly futures that would give the highest risk-adjusted return during the period 2004-2009, this strategy achieves significantly higher risk-adjusted returns than what the OSEBX experienced during the same period. We are also testing an «all in» approach of this strategy, which results in an increase of the invested amount by nearly 700 %, during the test period 2010-2013. This was mainly due to fewer subsequent losses, and a large proportion of positive returns. For monthly futures, however, the equivalent spread strategy did not provide equally good results during the period 2010-2013. The annualized risk-adjusted return is significantly lower than the OSEBX during the same period, and the proportion of trades with positive returns is lower than 50 %. The “all in” approach also reduces the portfolio value to a lower value than the original invested amount, caused by a period of several subsequent losses.

Innhold

1	Innledning.....	1
1.1	Det nordiske kraftmarkedet.....	3
2	Tidligere studier av forholdet mellom futurespris og realisert systempris i elektrisitetsmarkedet.....	5
3	Data og beskrivende statistikk.....	9
3.1	Prisutvikling i perioden 2004-2013: Beskrivende statistikk.....	11
4	Teori.....	16
4.1	Teorier om forholdet mellom spot og futures.....	16
4.2	Teknisk analyse.....	18
5	Statistiske analyser av systempris og terminstruktur.....	19
5.1	Utvikling av basis ($F_t - S_t$) i perioden 2004-2013.....	19
5.2	Sammenheng mellom futurespris (F_t^i) og etterfølgende systempris (S_{t+i}).....	21
5.3	Analyse av terminstrukturen.....	26
5.3.1	Ukeskontrakter.....	27
5.3.2	Månedskontrakter.....	30
6	Handelsstrategier.....	33
6.1	Selge ukes- og månedskontrakter og holde posisjonen til forfall.....	33
6.1.1	Strategi basert på ukeskontrakter.....	34
6.1.2	Strategi basert på månedskontrakter.....	40
6.2	Kjøp av ukes- og månedskontrakter basert på hvor stor prisforskjell («spread») det er mellom to ulike terminkontrakter.....	45
6.2.1	«Spread»-strategi for ukeskontrakter.....	46
6.2.2	«Spread»-strategi for månedskontrakter.....	52
7	Oppsummering og konklusjoner.....	58
8	Litteraturliste.....	61

1 Innledning

Den norske dereguleringen av kraftmarkedet i 1991 var begynnelsen på det som i dag har utviklet seg til å bli den ledende kraftbørsen i Europa: Nord Pool og NASDAQ OMX. I dag omfatter det nordiske kraftmarkedet Norge, Sverige, Danmark, Finland, Latvia, Litauen og Estland. Fysisk handel foregår på Nord Pool Spot, mens finansiell handel foregår på NASDAQ OMX. Futureskontrakter utgjør en betydelig del av den finansielle handelen og spiller en viktig rolle for risikostyring og spekulasjon i et volatilt marked. Sammenhengen mellom futurespris og etterfølgende spotpris er dermed helt sentral for forståelsen av futuresmarkedets funksjon.

Tidligere studier av det nordiske kraftmarkedet har først og fremst lagt vekt på teorien om at futurespris bør være et resultat av forventet etterfølgende spotpris, korrigert for en risikopremie. Dette har sammenheng med at strøm ikke kan lagres direkte, slik at den generelle teorien om lagringskostnad og eierfordel dermed ikke kan benyttes fullt ut.

Gjolberg & Johnsen (2001) fant at månedlig futurespris i det nordiske kraftmarkedet var en dårlig prediksjon for etterfølgende spotpris i perioden 1995-2001. Det ble funnet systematiske avvik mellom futurespris og etterfølgende spotpris. De konkluderte med at futuresprisen ikke så ut til å reflektere all tilgjengelig informasjon, slik at futuresprisen på Nord Pool ikke var fullstendig effisient. De la imidlertid vekt på at Nord Pool fortsatt var et ungt marked da analysen ble foretatt, og at disse sammenhengene ville kunne endre seg i fremtiden. Senere studier, blant andre Lucia & Torró (2005), Botterud et al. (2010), Lucia & Torró (2011) og Gjolberg & Brattested (2011), har imidlertid funnet en betydelig forskjell mellom futurespris og etterfølgende spotpris for ulike futureskontrakter *også* i de påfølgende årene. I denne utredningen ønsker vi å undersøke om irregulareteter i prisingen av futureskontrakter i det nordiske kraftmarkedet er så betydelige at de kan utnyttes til å skape unormalt høye avkastninger. Vi vil i denne oppgaven analysere hvorvidt det hadde vært mulig å oppnå unormalt høy risikojustert avkastning basert på enkle handelsstrategier i det nordiske kraftmarkedet i perioden 2010-2013.

Vi har valgt å definere unormalt høy risikojustert avkastning som høyere risikojustert avkastning enn den risikojusterte avkastningen på Oslo Børs Benchmark Index i tilsvarende periode.

Vi starter utredningen med en kort beskrivelse av det nordiske kraftmarkedet. Dette omfatter blant annet markedets oppbygging, samt prisdrivere i markedet.

I andre kapittel gjennomgår vi tidligere studier av sammenhengen mellom futurespris og etterfølgende spotpris i kraftmarkedet.

I tredje kapittel beskriver vi blant annet futureskontraktene og spotprisene vi benytter i oppgaven, samt problemer tilknyttet disse. Det omfatter blant annet problemer knyttet til hvordan vi beregner avkastninger, og hvordan vi behandler kontrakter uten volum. Videre gjennomgår vi systemprisens utvikling i perioden 2004-2013.

I kapittel fire gjennomgår vi relevant teori, hovedsakelig om forholdet mellom futures og etterfølgende spotpris. Her har vi også inkludert en beskrivelse av «spread-trading» og teknisk analyse, som vi benytter i kapittel seks.

I kapittel fem gjennomfører vi analysen av terminstrukturen i det nordiske kraftmarkedet i perioden 2004-2013. Vi starter med å kartlegge utviklingen av basis for ukeskontrakter og månedskontrakter med henholdsvis 1, 2 og 3 uker/måneder igjen til forfall. Deretter undersøker vi hvorvidt futuresprisen har vært et forventningsrett estimat for etterfølgende spotpris, hos de samme futureskontraktene. Her kartlegger vi også størrelsen på avviket mellom futurespris og etterfølgende spotpris. Til slutt kartlegger vi «spread» (prosentavviket) mellom ulike terminkontrakter med det formål å benytte dette til å formulere handelsstrategier i det påfølgende kapitlet.

I kapittel seks tester vi to handelsstrategier for både ukeskontrakter og månedskontrakter i perioden 2010-2013 basert på funnene vi gjorde i det foregående kapitlet. Den første strategien bygger på våre funn av betydelige forskjeller mellom gjennomsnittlig futurespris og etterfølgende systempris ved kontraktens forfallsperiode. Den andre strategien er en «spread»-strategi som bygger på «spread» mellom to ulike futureskontrakter.

I siste kapittel oppsummerer og drøfter vi de viktigste resultatene av utredningen.

1.1 Det nordiske kraftmarkedet

Det nordiske kraftmarkedet kan deles inn i to hovedkategorier: et fysisk marked og et finansielt marked. Det fysiske markedet administreres av Nord Pool ASA gjennom markedene Elspot og Elbas. Det finansielle markedet administreres av NASDAQ OMX Commodities, og består av futureskontrakter, DS futureskontrakter, opsjoner og EPAD-kontrakter.

Elspot er en betegnelse på den daglige felles spotprisen for hele det nordiske prisområdet, og er Nord Pools «day-ahead»-auksjonsmarked. Elspot er også kjent som systemprisen. Systemprisen blir fastsatt time for time, og er en beregnet likevektspris mellom tilbud og etterspørsel i Nord Pool-området. Den er basert på akkumulerte salgs- og innkjøpsordre i hele markedet, sett bort i fra begrensninger som følge av overføringskapasitet mellom anbudsområdene. I tilfeller der det forekommer begrensninger i overføringssystemet, etableres det områdepriser for de ulike områdene (*Nord Pool Spot, Day-ahead trading at Elspot 2014*).

Mesteparten av volumet på Nord Pool Spot handles gjennom «day-ahead»-markedet, og som regel blir balansen mellom tilbud og etterspørsel sikret her. Uforutsette hendelser kan imidlertid forekomme mellom lukkingen av Elspot som skjer kl. 12:00 CET og levering neste dag. Et kjernekraftverk kan slutte å fungere i Sverige, eller sterk vind kan føre til høyere kraftproduksjon enn planlagt på et vindmølleanlegg i Danmark. På Elbas kan kjøpere og selgere i så fall handle nærmere faktisk leveringstidspunkt for å bringe markedet tilbake i balanse. Elbas er et kontinuerlig marked, og handelen foregår hver dag, døgnet rundt, inntil en time før levering (*Nord Pool Spot, Intraday market 2014*).

Sammensetningen av energikilder i det nordiske markedet gjør det svært unikt. Som vi kan se av tabell 1 står vannkraft for over 50 % av produksjonen. Dette er unikt i den forstand at vannkraft er billigere å produsere, har lave marginalkostnader og kan indirekte lagres i reservoarer. Produksjonssammensetningen av kraft i de ulike landene varierer. I Norge er vannkraft dominerende og sto for 97 % av den totale kraftproduksjonen i 2012. Sverige og Finland har en kombinasjon av vannkraft, kjernekraft og fossile brensler.

Energikilde	Danmark	Finland	Norge	Sverige	Sum	Totalandel
Vindkraft	10,3	0,5	1,6	7,1	19,5	4,7 %
Andre fornybare	12,5	10,4	0	10,8	33,8	8,1 %
Fossile brensler	16,4	17,1	3,4	4,6	41,5	10,0 %
Atomkraft	0	22,1	0	61,2	83,3	20,0 %
Vannkraft	0	16,7	142,9	77,7	237,3	57,0 %
Ikke-identifiserbare	0	0,9	0	0	0,9	0,2 %
Produksjon	39,2	67,7	147,9	161,4	416,3	100,0 %

Tabell 1: Produksjon i TWh fra ulike energikilder. Kilde: (Nord Pool Spot, Nordic production split 2004-2012 2012).

Strømprisen i det nordiske og baltiske markedet er bestemt av balansen mellom tilbud og etterspørsel. Likevel er det imidlertid viktig å merke seg at kraftprisen ikke bare påvirkes av faktiske forhold. Forventinger blant aktørene i markedet vil også ha stor betydning (*Skagerak Energi* 2009). Ulike faktorer som vær og produksjon påvirker mengden av kraft som transporteres gjennom strømnettet og påvirker dermed kraftprisen. I dag dekker kraftmarkedet store deler av Europa, grunnet muligheten for overføringskapasitet mellom de nordiske landene, Baltikum og det europeiske kontinentet. Det betyr at kraft fra mange forskjellige energikilder (vannkraft, termisk kraft, kjernekraft, vindkraft og solenergi) kommer inn i rutenettet. Dette er med på å sikre strømforsyningen, og skaper et mer «flytende» marked. Overføringskapasiteten landene imellom er dermed en viktig prisdriver.

Nordens geografiske plassering gjør at temperatur spiller direkte inn på kraftprisen, ettersom oppvarming av husstander i Norden i all hovedsak baserer seg på elektrisitet. Dermed vil kuldeperioder føre til at kraftprisen stiger på kort sikt. Kraftprisene vil også påvirkes av konjunkturer i andre råvare- og valutamarkeder, da generelle økonomiske svingninger vil ha innvirkning på strømforbruket.

Etttersom i mer enn 50 % av kraften i Norden kommer fra vannkraft, har værforhold stor innvirkning på kraftprisen. Selv om vannkraft ikke har noen variable kostnader, vil tilgangen på vann og fyllingsgraden av magasinene være viktige prisdrivere på kort sikt (*Hjalmarsson* 2000). Vannkraft har fordelen av å kunne lagres indirekte i magasiner. Dette medfører at det nordiske markedet har en mer fleksibel produksjon sammenlignet med andre markeder. Vannkraftprodusentene har dermed muligheten til å øke produksjonen i perioder med høy etterspørsel, mens de i perioder med lav etterspørsel kan redusere produksjonen. Dette kommer vi tilbake til i kapittel 4.1.

2 Tidligere studier av forholdet mellom futurespris og realisert systempris i elektrisitetsmarkedet

Gjolberg & Johnsen (2001) påviser at futuresprisen på månedskontrakter på Nord Pool har vært en dårlig prediksjon for etterfølgende systempris i perioden oktober 1995 til januar 2001. Det systematiske avviket mellom futurespris og etterfølgende spotpris finner de å være så negativt at det vanskelig kan forklares gjennom en «risk premium». Videre finner de at forskjellen mellom spot- og futurespriser til tider er for stor til å kunne forklares av spot-futures-pariteten. Alternativt mener de at dette kan skyldes et overskudd av «long hedging demand» på Nord Pool, som følge av en sterk markedsrett på produksjonssiden.

Forbrukerne betaler i så fall en «risk premium», og det begrensede tilbudet av futureskontrakter skaper muligens en «reservoir rent». Videre finner de at den relative «time spread» mellom to ulike leveringsmåneder har et forutsigbart mønster, og er større enn «time spread» i andre råvaremarkeder. Futuresprisen ser med andre ord ikke ut til å reflektere all tilgjengelig informasjon, noe de tolker som at prisingen av månedskontrakter på Nord Pool ikke er effisient. De legger imidlertid vekt på at Nord Pool fortsatt var et ungt marked da analysen ble foretatt, og at disse sammenhengene vil kunne endre seg i fremtiden.

Tilsvarende finner Bessembinder & Lemmon (2002) risikopremie i futuresmarkedet for kraft i Pennsylvania, New Jersey, Maryland (PJM-markedet) og på California Power Exchange, med data fra henholdsvis april 1997 til juli 2000 og april 1998 til juli 2000. Videre finner de at risikopremien minker når forventet varians i spotpris øker. Forwardpris er høyere enn forventet etterfølgende spotpris når enten forventet etterspørsel eller etterspørselsvolatilitet er høy, på grunn av positiv skewness i spotprisfordelingen. Dessuten finner de en forskjell i risikopremie om sommeren og om vinteren, samt at risikopremien øker med gjennomsnittlig etterspørsel. De konkluderer med at risikopremien kan skyldes at kraftmarkedene ikke er godt nok integrert med resten av de finansielle markedene, da det kanskje finnes for få spekulanter til å gjøre markedet effisient.

Lucia & Torró (2005) finner også at det eksisterer en gjennomsnittlig signifikant positiv risikopremie i ukentlige futureskontrakter i perioden 1. januar 1998 til 31. desember 2005 på Nord Pool. Videre finner de at selv om risikopremien er gjennomsnittlig positiv, varierer

størrelsen på risikopremien over tid. Risikopremien er negativt relatert til spotprisvolatiliteten, slik også Bessembinder & Lemmon (2002) fant i sine studier av PJM-markedet og California Power Exchange. De finner også at futuresprisenes prediksjonsevne for etterfølgende spotpriser er dårlig, sammenliknet med en egenutviklet ARIMAX-modell basert på forklaringsvariablene temperatur, tilsig, reservoarnivå og basis (futurespris minus spotpris). Modellen predikerer virkelig spotpris bedre enn det futuresprisen gjør, i alle prediksjonshorizontene som ble benyttet: henholdsvis 1, 2, 3 og 4 uker frem i tid. Gjennomsnittlig risikopremie er positiv, signifikant og øker når futureskontraktene nærmer seg forfall (maturity). De mener likevel at det er mulig at «stasjonære tidsvarierende risikopremier» eksisterer og finner liknende resultater som Bessembinder og Lemon (2002) om at forventet volatilitet i spotpris er omvendt proporsjonal med risikopremien.

Benth et al. (2008) gjør en analyse av hva som forårsaker risikopremien i futuresmarkedet i det tyske elektrisitetsmarkedet. Generelt finner de at både produsentenes markedsrett og risikopremien tenderer til å reduseres når gjenværende tid til forfall (maturity) øker - både i månedlige-, kvartalsvise- og årlige futureskontrakter. Videre finner de at ved korte tidshorisonter, og når risiko for store prishopp er høy, er produsentenes markedsrett høyest. Denne markedsretten reflekteres også i risikopremien på futuresmarkedet. Månedlige kontrakter som har kort tid igjen til forfall handles med en høyere «premium», mens månedlige kontrakter som har forfall lengre frem i tid handles som oftest til en «high discount».

Redl et al. (2009) legger vekt på at forwardpriser dannes på grunnlag av markedsaktørens forventninger (da strøm ikke kan lagres) gjennom blant annet kalkulert risiko, risikopremie og neddiskontering. Deres resultater viser at prisdannelsen i EEX-markedet (European Energy Exchange) og på Nord Pool er relativt lik. De finner, ikke så uventet, at forventede produksjonskostnader har en signifikant betydning for prisdannelsen av futureskontrakter. Det oppsiktsvekkende funnet er imidlertid at gjeldende spotpris også har en signifikant betydning for årlige futureskontrakter for flere år frem i tid. Markedsaktørens handelsstrategier synes dermed å legge stor vekt på gjeldende spotpris i stedet for fundamentale modelleringer av fremtiden. De mener derfor at dette funnet sår tvil om forwardsprisens prognoseevne.

Botterud et al. (2010) analyserer ukentlige spot- og futurespriser på Nord Pool i perioden 1996-2006. De finner at futuresprisene for fremtidig levering i gjennomsnitt er høyere enn spot (contango), og at gjennomsnittlig eierfordel (convenience yield) er negativ, varierer avhengig av sesong og avhenger av vannnivåene i kraftverkens vannreservoarer. Videre finner de at gjennomsnittlig avkastning av en kjøpsposisjon i futuresmarkedet er negativ i hele dataperioden på 11 år. Denne risikopremien avhenger mindre av sesong enn basis. Men de påviser likevel en sterk statistisk sammenheng mellom risikopremie i futuresmarkedet og avvikene fra normalt vanntilsig og etterspørsel under hold- perioden (perioden mellom kjøp og salg) og den gjennomsnittlige spotprisen i handelsuken. Den negative eierfordelen og risikopremien er uvanlig sammenliknet med andre råvaremarkeder. Botterud et al. (2010) argumenterer for at dette kan forklares av forskjellen mellom tilbud og etterspørsel, med tanke på risikopreferanser og muligheten for å utnytte kortsiktig prisvariasjon. Dessuten finner de at forholdet mellom spot- og futurespriser henger tydelig sammen gjennom den fysiske tilstanden til systemet, slik som vanntilsig, reservoarnivå og etterspørsel. Likevel har variablene for den observerte eierfordelen og risikopremien begrenset forklaringskraft, noe de mener kan være et tegn på at markedet fortsatt er relativt ungt, og at spot- og terminprisene ikke bare kan forklares ut i fra markedsforholdene.

Gjolberg & Brattested (2011) finner at Nord Pools fireukes- og seksukeskontrakter har overvurdert etterfølgende spotpris i perioden 1995–2008. De finner en gjennomsnittlig prognosefeil (forecast error) på 7-9 % per måned, som trolig er høyere enn i noe annet råvaremarked. De mener mye av dette kan forklares av en massiv nettoetterspørsel av «long»-sikring. De nevner også at det kan skyldes et såkalt «peso problem», der markedsaktørene forventer et prissjokk i fremtiden. I så fall kunne det være rasjonelt å betale mer for å sikre seg mot dette. Likevel konkluderer de med at så store prognosefeil gjennom flere år vanskelig kan skyldes et «peso problem» alene. Videre finner de at prognosefeilen ikke endrer seg signifikant fra sesong til sesong, og ser også ut til ikke å være korrelert med variasjon i fremtidig risiko. De konkluderer med at dette kan tyde på at det eksisterer elementer av ineffektivitet i futureskontrakter med kort tidshorisont på Nord Pool.

Lucia & Torró (2011) finner også signifikant positiv risikopremie på futurespriser med kort tidshorisont på Nord Pool. De finner imidlertid at graden av signifikans og størrelsen på

risikopremien varierer sesongvis gjennom året, med størst risikopremie om vinteren og ingen om sommeren. Dessuten finner de at risikopremien er signifikant knyttet til uforutsette lave reservoarnivåer.

3 Data og beskrivende statistikk

Kjøp og salg av nordisk kraft gjøres på Nord Pool og NASDAQ OMX. Vi har analysert både ukeskontrakter (base load futures) og månedskontrakter (base load DS futures) på NASDAQ OMX som gjøres opp finansielt mot systemprisen på Nord Pool for den aktuelle uken eller måneden. Ukeskontraktene vi har analysert kan handles opp til 6 uker før kontraktens forfallsuke, mens månedskontraktene kan handles opp til 6 måneder før kontraktens forfallsmåned.

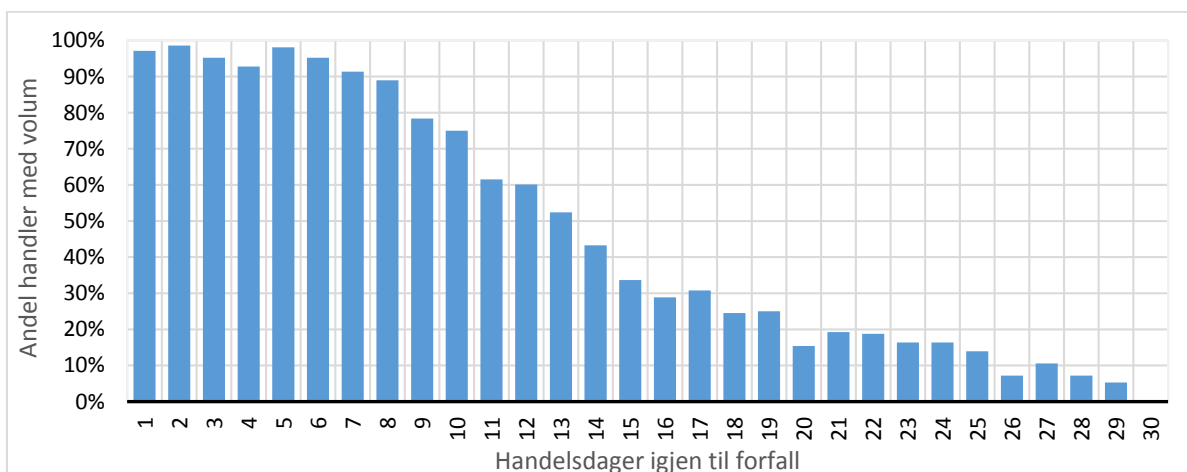
Ukeskontrakter gjøres opp daglig (mark-to-market) i den daglige sluttkursen for hver kontrakt. Endelig oppgjør, som begynner ved levering, dekker differansen mellom den endelige sluttkursen på futureskontrakten og systempris i leveringsperioden. Gjennom den endelige oppgjørsperioden, som starter på utløpsdatoen, blir medlemmet kreditert/debitert et beløp tilsvarende differansen mellom systempris og futureskontraktens endelige sluttkurs.

Månedskontraktene vi har analysert blir akkumulert (men ikke realisert) gjennom hele handelsperioden som daglig tap/gevinst, og realisert i leveringsperioden. Gjennom leveringsperioden, som starter på utløpsdatoen, kreves kontanter i medlemmenes kontantbeholdninger. Oppgjør i hele leveranseperioden er utført på samme måte som for ukeskontrakter.

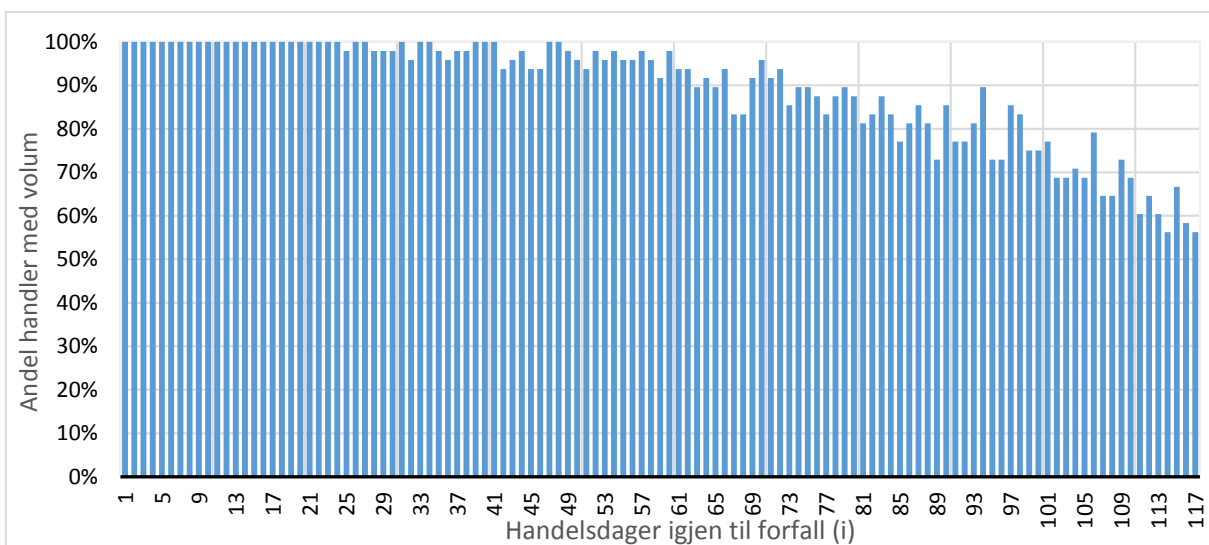
Systemprisen kontraktene gjøres opp mot har vi kalkulert ved hjelp av det aritmetiske gjennomsnittet av systemprisene for det antallet timer kontraktene omfatter. For ukeskontrakter er dette $24 \cdot 7 = 168$ timer, mens timene i månedskontraktene varierer ut i fra antallet dager i den aktuelle måneden.

Ved beregningen av avkastninger må det avgjøres hvilken futureskurs kontraktene skal handles på i løpet av dagen. Vi har valgt å benytte den daglige sluttkursen for ukes- og månedskontrakter når vi beregner avkastninger. Det kan imidlertid diskuteres om dette er den mest korrekte kursen å benytte som kjøpspris, da det kan være vanskelig å handle på den nøyaktige sluttkursen. I vårt datasett har vi også hatt tilgang til dagens høyeste og laveste pris («high» og «low»). Man kunne derfor tenke seg at en pris midt i mellom disse prisene også kunne være representativ som virkelig kjøps- og salgskurs.

Videre er mange av kontraktene uten volum på ulike datoer. Kursene vi *da* har benyttet er de kalkulerte kursene NASDAQ OMX opererer med. Dette gjelder først og fremst observasjoner for kontrakter med levering langt frem i tid, noe som kan gjøre resultatene av analysene upresise. Det er spesielt lite volum for ukeskontrakter med mange handelsdager igjen til forfall, der flere av sluttkursene er kalkulert uten virkelig volum. Dermed kan både resultatene av analysene og handelsstrategiene i denne oppgaven gi resultater som ikke nødvendigvis er i tråd med hva som virkelig ville være mulig å oppnå i perioden. Dette gjelder først og fremst for futures med mange handelsdager igjen til forfall, og dermed ikke handelsstrategiene i kapittel 6.1 i like stor grad. For å få en forståelse av omfanget av kontrakter uten volum har vi i figur 1 og figur 2 kartlagt andelen handler *med* volum for henholdsvis ukeskontrakter og månedskontrakter med ulikt antall handelsdager igjen til forfall:



Figur 1: Sammenheng mellom volum og antallet handelsdager igjen til forfall for ukeskontrakter i perioden 2010-2013.

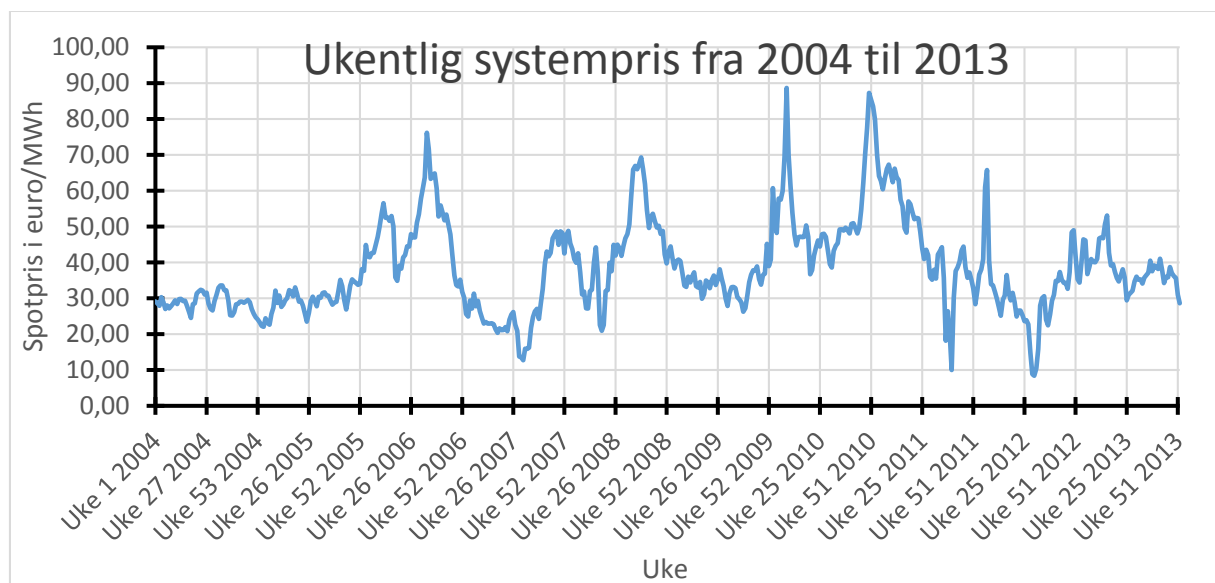


Figur 2: Sammenheng mellom volum og antallet handelsdager igjen til forfall for månedskontrakter i perioden 2010-2013.

Hvis vi for eksempel ser på søyle nummer 10 i figur 1, ser vi at ukeskontrakter med levering 10 handelsdager frem i tid (2-ukesfutures) har hatt volum i rundt 75 % av ukene i løpet av perioden 2010-2013. Ukeskontrakter med levering 15 handelsdager frem i tid (3-ukesfutures) har på den annen side kun hatt volum i rundt 35 % av ukene fra 2010 til 2013. I analysekapittelet, der en av kontraktene vi analyserer er 3-ukesfutures, vil resultatene følgelig ikke nødvendigvis reflektere virkeligheten. Dette gjelder også i delkapittel 6.2.1 der vi tester «spread»-handelsstrategier basert på ukeskontrakter med lang tid igjen til forfall.

3.1 Prisutvikling i perioden 2004-2013: Beskrivende statistikk

Vi vil her starte med å gi et overordnet bilde av utviklingen i pris og prisendringer i den ukentlige systemprisen i perioden 2004-2013. Deretter vil vi oppsummere de viktigste årsakene til systemprisens utvikling i henhold til Norges vassdrags- og energidirektorats ukentlige- og kvartalsvise rapporter (*Rapporter og analyser 2014*).

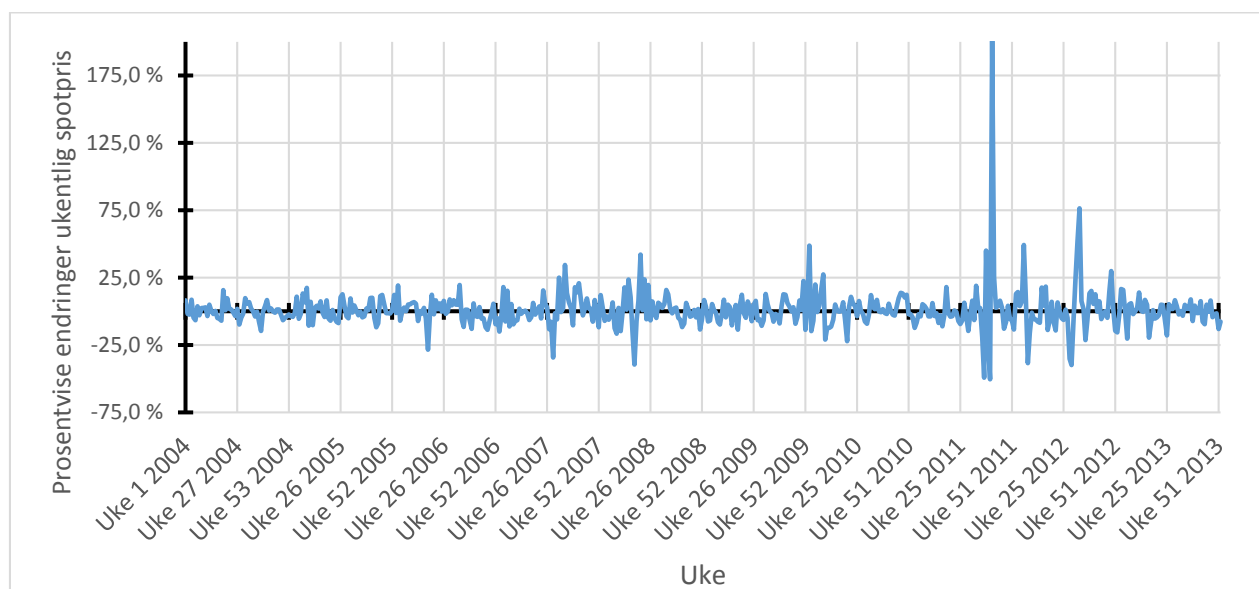


Figur 3: Ukentlig systempris i perioden 2004-2013.

Prisutviklingen gir et godt innblikk i hva man kan forvente seg av risiko og utvikling i markedet dersom man ønsker å ta del i handel på Nord Pool eller NASDAQ OMX. Figur 3 viser historisk utvikling av den ukentlige systemprisen på Nord Pool i perioden 2004-2013. Systemprisen er preget av store plutselige endringer i visse år, spesielt i vinterhalvåret. Likevel var den ukentlige systemprisen nesten den samme i begynnelsen av 2004 som den endte opp med i slutten av 2013. Den gjennomsnittlige ukentlige systemprisen for hele perioden var 38,41, mens den var 35,90 i perioden 2004-2009 og 40,91 i perioden 2010-2013. Av figur 3 kan det kanskje se ut til å eksistere en «mean reversion»-effekt, der

plutselige høye eller lave priser er midlertidige endringer som oftest vil bevege seg tilbake til gjennomsnittet over tid.

De ukentlige prosentendringene i systemprisen, som er illustrert i figur 4, illustrerer de plutselige endringene bedre. Den største positive prosentendringen i ukentlig systempris var en økning på 200,6 % i 2011 og den største reduksjonen i prosent var -50,4 % i 2011. I tabell 2 ser vi gjennomsnittlig prosentendring i de ukentlige systemprisene for hvert år, sammen med standardavvik og største reduksjon og økning i pris. I løpet av perioden på 522 uker har det forekommet 121 tilfeller der systemprisen fra én uke til en annen har endret seg med over 10 %, 30 tilfeller der endringen har vært over 20 %, 15 tilfeller der endringen har vært over 30 % og 9 tilfeller der endringen var over 40 %. Dette illustrerer risikoen i det nordiske kraftmarkedet.



Figur 4: Ukentlige endringer i systemprisen i prosent for perioden 2004-2013 ($(Spot_{t+1}/Spot_t)-1$).

Ukentlig prosentendring i systempris											
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2004-2013
Mean	-0,2 %	0,7 %	-0,1 %	0,6 %	-0,1 %	0,0 %	1,4 %	-2,1 %	0,4 %	-0,4 %	0,0 %
St. Dev.	5,4 %	6,9 %	8,6 %	11,3 %	12,5 %	7,5 %	10,8 %	22,8 %	19,0 %	7,9 %	12,5 %
Skewness	0,05	0,20	-0,95	-0,47	-0,67	0,11	0,47	1,42	-0,05	-0,76	0,61
Excess kurtosis	0,92	-0,76	3,27	3,04	4,63	-0,30	2,62	12,72	2,20	1,29	16,94
Størst positiv endring	15,7 %	17,4 %	19,5 %	34,4 %	42,1 %	22,5 %	48,8 %	200,6 %	76,5 %	16,5 %	200,6 %
Størst negativ endring	-14,6 %	-11,8 %	-28,4 %	-34,2 %	-39,4 %	-13,8 %	-22,2 %	-50,4 %	-39,8 %	-20,3 %	-50,4 %

Tabell 2: Gjennomsnittlig prisendring i prosent¹, tilhørende standardavvik og størst og minst prosentvis prisendring for ukentlig systempris i perioden 2004-2013.

¹ Gjennomsnittlig prisendring i prosent er det geometriske gjennomsnittet av de ukentlige prosentendringene.

Standardavviket til de ukentlige prosentvise endringene i systemprisen gir også en indikasjon på prisrisikoen i markedet. Denne risikoen har variert fra år til år, men har i gjennomsnitt vært 12,5 % for ukentlige systempriser. 2011 var preget av ekstrem prisrisiko, der det gjennomsnittlige ukentlige standardavviket var hele 22,8 %. Fordelingen av avkastninger i hele perioden har hatt signifikant større risiko for ekstreme observasjoner i forhold til en normalfordeling, med en excess kurtosis på hele 16,94.

I figur 3 ser vi at fra begynnelsen av 2006 startet en stigende trend i systemprisen. Årsakene til dette var blant annet at det var mindre vann i de norske og svenske magasinene enn vanlig. Dessuten forventet markedet at tilsiget til vannkraftsystemene i Norge skulle synke til 70 % av normalnivå. Samtidig var det lavere temperaturer enn normalt i Norge og resten av Norden, noe som bidro til et høyt kraftforbruk og økende systempris. Det var også begrensinger i overføringskapasiteten mellom områder, spesielt mellom Norge og Sverige.

Fra slutten av 2006 og frem til midten av 2007 brytes den stigende trenden med en kraftig prisnedgang. Dette skyldtes blant annet høy norsk vannkraftproduksjon gjennom perioden. Dessuten var tilsiget til magasinene i Norge om lag 20 % over normalen. Samtidig hadde de svenske kjernekraftverkene en gjennomgående høy produksjon i deler av perioden.

I siste halvdel av 2007 beveget systemprisen seg i en bratt trend frem til starten av 2008. Hovedsakelig skyldtes prisoppgangen lavere tilsig til vannmagasinene, generelt lavere kraftproduksjon, samt økt kraftforbruk. Prisetallet tidlig 2008 hadde sammenheng med høy vindkraftproduksjon i Danmark og lavt forbruk av kraft i juleuken. Nedgangen videre skyldtes oppsparte vannreservoarer og mildvær i mange av vinterukene.

I andre kvartal 2008 begynte prisene igjen å stige. Høyere priser på olje, kull, naturgass og CO₂- utslippskvoter, samt gjennomgående mindre nedbør enn normalt for hele kvartalet, kan være forklarende faktorer for økende systempris. Gjennom hele det tredje kvartalet fortsatte den stigende trenden i systemprisen. Dette var blant annet et resultat av vedvarende høye priser på kull, olje og gass, og mindre nedbør enn normalt. Mot slutten av kvartalet økte kraftforbruket både i Sverige og Finland grunnet kaldere vær. Ved siden av varslere om tørt vær, bidro dette til å øke systemprisen ytterligere. Fra fjerde kvartal 2008 frem til fjerde kvartal 2009 sank systemprisen. Dette hadde sammenheng med store mengder nedbør og betydelig tilsig til vannmagasinene, samt lavere kraftforbruk i de

nordiske landene. I tillegg bidro kraftig reduserte brenselpriser til at systemprisen falt i alle deler av Norden. Hovedårsaken til prisnedgangen var imidlertid generelt lavere kraftteterspørsel, som et resultat av lavere økonomisk aktivitet grunnet den finansielle krisen verden sto overfor.

I fjerde kvartal 2009 steg systemprisen, blant annet som følge av lav kjernekraftproduksjon i Sverige. I starten av 2010 steg systemprisen ytterligere, preget av langvarig kaldt og tørt vær som førte til en nedgang i norsk kraftproduksjon. Dessuten var det lav vindkraftproduksjon i Danmark, og Finland hadde redusert importkapasitet fra Russland. I andre kvartal 2010 startet en fallende trend. Denne reduksjonen hadde blant annet sammenheng med temperaturer over normalen. Mot slutten av året ble den fallende trenden brutt av en stigende trend, noe som hadde sammenheng med kaldt og tørt vær (rekordkalde november- og desembermåned). Andre medvirkende årsaker var økte brenselpriser og periodevis redusert produksjonskapasitet i to svenske kjernekraftverk.

I begynnelsen av 2011 var systemprisen fremdeles høy, men den begynte raskt å synke. De høye prisene skyldtes blant annet at vannreservoarene ikke hadde vært lavere siden 1982. Siden ressursituasjonen var knapp, verdsatte produsentene vannet høyt og sparte derfor på reservoarene. Reduksjonen i systemprisen kom som følge av milde januar- og marsmåned, mer nedbør enn normalt og lavere kraftforbruk. I andre kvartal normaliserte magasinnivåene seg etter rekordlave nivåer tidligere på året. Importen til det nordiske kraftmarkedet avtok og det var en nedgang i prisen på tysk kraft. Både tredje og fjerde kvartal var preget av uvanlig mildt og vått vær. Mye nedbør ga høy magasinfylling i tredje kvartal, og førte til tvungen vannkraftproduksjon fra flere kraftverk. Samtidig ga mildere vær enn normalt redusert kraftteterspørsel. Til sammen førte disse forholdene til en lang nedadgående trend frem mot slutten av 2011. Prisen på kraft steg imidlertid utover i kvartalet før den igjen avtok. Denne stigningen hadde blant annet sammenheng med kaldere vær.

Etter prisnedgangen mot slutten av fjerde kvartal 2011, steg systemprisen betydelig i starten av 2012. Dette hadde sammenheng med lite nedbør og lave temperaturer over hele Norden, og redusert svensk kjernekraftproduksjon i deler av det første kvartalet. Likevel begynte systemprisen allerede i løpet av første kvartal å avta betraktelig da det ble uvanlig mildt, høye tilsig og våtere enn normalt. I andre kvartal 2011 fortsatte den fallende systemprisen,

blant annet som følge av høy vannkraftproduksjon for å rydde plass til smeltevannet som ville komme senere på sommeren. I midten av mai og i slutten av juni økte prisene, grunnet varsler om tørrere vær. I det tredje kvartal falt systemprisen kraftig og den nådde sitt laveste nivå i perioden 2004-2013 før den steg fra begynnelsen av fjerde kvartal. Prisreduksjonen hadde sammenheng med sen snøsmelting til vannmagasinene både i Sverige og Norge. Det fjerde kvartalet var preget av noe kaldere vær og lavere tilsig enn normalt. Dette medførte høy produksjon og normalisering av magasinutfyllingen.

Grunnet høy etterspørsel etter strøm og redusert tilsig sank fyllingsgraden i vannmagasinene det første kvartalet av 2013, noe som bidro til en økning i systemprisen. Prisoppgangen hadde også sammenheng med lave temperaturer i deler av Norden, spesielt i marsmåned, og mindre nedbør enn normalt. I slutten av andre kvartal 2013 beveget systemprisen seg i en synkende trend, som følge av høye vannmagasinnivåer og økt nedbør. I tredje kvartal økte systemprisen noe, som følge av blant annet lavere tilsig og tørrere vær enn normalt for årstiden. Fjerde kvartal var mye varmere mange steder i Norden enn normalt og bidro til en reduksjon i systemprisen.

4 Teori

4.1 Teorier om forholdet mellom spot og futures

Det eksisterer to generelle teorier om forholdet mellom spotpriser og futurespriser (Botterud et al. 2010). Den første teorien legger størst vekt på kostnaden og eierfordelen av å sitte fysisk med varen, mens den andre teorien ser på forholdet mellom spot- og futurespriser som et resultat av prognoserte spotpriser og en risikopremie. En viktig forskjell mellom teoriene er at teorien om risikopremie kan benyttes fullt ut i et marked der råvaren ikke kan lagres, slik som i strømmarkedet (Emmons og Yeager 2002). Lagringsteorien kan ikke benyttes fullt ut, ettersom det er umulig å oppnå en risikofri posisjon i markedet ved å kjøpe råvaren i spotmarkedet og selge den i futuresmarkedet.

Teorien om blant annet eierfordel og lagringskostnad har eksistert siden oppstarten av handel i terminkontrakter på midten av attenhundretallet. Teorien forklarer forskjellen mellom spotpris og futurespris gjennom påløpt rente ved å investere i råvaren, lagringskostnader og den fordelene eier av råvaren måtte ha ved å ha varen på lager (Dorsman et al. 2011):

$$F_t = S_t e^{(r+u-d)(T-t)}$$

der F_t er futuresprisen på tid t , S_t er spotprisen på tid t , r er den risikofrie renten, u er lagringskostnaden, d er eierfordelen, T er forfallsdatoen til futureskontrakten og $T-t$ er tiden til futureskontraktens forfallsdato. Teorien forutsetter følgelig at det ikke kan eksistere arbitrasjemuligheter mellom futuresmarkedet og spotmarkedet. I strømmarkedet er det i utgangspunktet umulig å lagre strøm direkte, noe som gjør teorien om eierfordel og lagringskostnader problematisk. Derfor vil det i utgangspunktet være umulig å kjøpe strøm i dag, lagre det, og konsumere det i fremtiden for å utnytte prisforskjeller i futuresmarkedet (Dorsman et al. 2011). For vannkraftverk vil imidlertid eierfordelen kunne dreie seg om fordelene ved å ha vann i magasinene. Å ha vann i magasinene betyr at kraftverkene kan utnytte uventet etterspørselsøkning i fremtiden. Lagringskostnaden kan på den annen side dreie seg om alternativkostnaden når vannmagasinene er fulle og faren er stor for at vann går til spille.

Den andre teorien forklarer futuresprisen gjennom forventet etterfølgende spotpris og en risikopremie for å holde den underliggende råvaren (Dorsman et al. 2011):

$$F_t = E(S_{t+T})e^{(r-i)}$$

der i er den risikostjusterte diskonteringsrenten for råvaren. I følge denne teorien er futurespriser et resultat av forventet etterfølgende spotpris når risikopremien er lik null (den risikostjusterte diskonteringsrenten er lik den risikofrie renten). $(r-i)$ tilsvarer følgelig risikopremien i denne modellen. Vi vil ha en positiv risikopremie dersom avkastningen til råvaren i er større enn den risikofrie renten r ($i > r$).

Dersom vi forutsetter at kraft ikke kan lagres hverken direkte eller indirekte (for eksempel heller ikke i form av vann), ville futuresprisene kunne fungere som en perfekt prognose for etterfølgende spotpris (Emmons og Yeager 2002). Da vil ikke den første teorien om lagringskostnader og eierfordel kunne forklare sammenhengen mellom spot og futures. I stedet ville teorien om risikopremie være gjeldende. I så fall ville det kunne oppstå betydelige forskjeller mellom spotpris og futurespris uten at dette ville blitt «korrigert» som følge av arbitrasjemuligheter. Hvis markedet for eksempel forventer at tilbudet av strøm vil reduseres i fremtiden, vil futuresprisen kunne bli betydelig høyere enn spotprisen. I det nordiske kraftmarkedet har imidlertid kraftprodusenter mulighet til å lagre strøm indirekte i form av vannreservoarer. Hvis markedet for eksempel forventer et høyt tilbud av kraft i fremtiden, kan futuresprisene falle noe relativt til spotprisen. Dette skyldes at kraftprodusentene kan spekulere i å benytte mer av vannreservoarene i dag, til å produsere mer strøm nå som prisene er høyere enn forventet etterfølgende spotpris. Likevel vil denne effekten være begrenset, da kraftprodusentene kun har begrensede vannreservoarer tilgjengelig. På den annen side vil futurespriser kunne bli høyere enn nåværende spotpriser dersom tilbudet av kraft er forventet å være lavt i fremtiden. Denne effekten er imidlertid også noe begrenset, da kraftselskaper kan velge å vente med å produsere kraft, og dermed spare vannreservoarer i håp om at prisen vil bli høyere i fremtiden.

En måte å forklare risikopremien på er å vurdere tilstanden på det aktuelle råvaremarkedet. Dersom strømmarkedet domineres av risikoaverse produsenter som ønsker å sikre produktene sine i futuresmarkedet, ville det resultere i et overskudd av tilbud «long-term»-futureskontrakter og futuresprisene ville være lavere enn forventet etterfølgende systempris. Det omvendte ville være tilfelle dersom etterspørselssiden var den mest risikoaverse, og dermed skapte et «overskudd» av etterspørsel.

4.2 Teknisk analyse

Teknisk analyse er ved siden av fundamental analyse et verktøy innen investeringsanalyse. Kort oppsummert er det en form for markedsanalyse som baserer seg på å analysere historiske priser og identifisere trender som benyttes til å gjøre prognoser om fremtidig prestasjoner. Røttene til dagens tekniske analyse stammer fra Dow Theory, utviklet rundt 1900 av Charles Dow (Achelis 2001) .

Ulike former for teknisk analyse er mye brukt på aksjer, valuta og i råvaremarkedene. Mer enn 90 % av de spurte valutaforhandlerne i London rapporterte at de bruker en form for teknisk analyse i sine beslutninger i en undersøkelse gjort i 1992 (Neely 1997). Likevel hersker det stor uenighet om hvor effektiv teknisk analyse er, og hvorvidt man kan påvise at den fungerer. Til tross for den utstrakte bruken av teknisk analyse i valutahandel og i andre markeder, har økonomer tradisjonelt sett vært skeptiske til metodens verdi og validitet (Neely 1997). Dersom teknisk analyse fungerer, sår den tvil om hypotesen om effektive markeder, da den forutsetter at offentlig tilgjengelig informasjon, som historiske priser, ikke kan hjelpe tradere med å oppnå høyere avkastning (Neely 1997). Tilhengere av teknisk analyse vil imidlertid hevde at aktivakurser ikke alltid bestemmes av fundamentale forhold som forventinger om fremtiden, men også av irrasjonelle aktører. All informasjon ligger i tidligere priser, slik at trender tenderer til å holde seg og mønstre tenderer til å repetere seg.

I en av handelsstrategiene i kapittel 6.2 har vi benyttet «spread-trading». Dette er en investeringsstrategi som også kan kombineres med teknisk analyse. «Spread-trading» refererer til samtidig kjøp og salg av to forskjellige futureskontrakter, der investoren drar nytte av en absolutt endring i pris. Disse kontraktene kan være i samme vare, to relaterte varer eller råvarer på forskjellige børser (Murphy 1986). I vårt tilfelle har vi handlet samme vare; futureskontrakter i det nordiske kraftmarkedet med ulik tid til forfall. Denne formen for «spread-trading» kalles «calendar spread». Ved bruk av «spreads» håper investoren å tjene på endringer i spredningen mellom de to kontraktene. Traderen satser enten på en utvidelse eller en innsnevring av spredningsforholdet. «Spread-trading» er ansett som mindre kostbart og risikofyllt enn en vanlig posisjon i futuresmarkedet, da både en lang og en kort posisjon holdes samtidig. Med en lavere risiko følger imidlertid også en lavere potensiell fortjeneste (Murphy 1986).

5 Statistiske analyser av systempris og terminstruktur

5.1 Utvikling av basis ($F_t - S_t$) i perioden 2004-2013

I teorikapittelet 4.1 om sammenheng mellom futurespris og spotpris drøftet vi blant annet hvorvidt det nordiske kraftmarkedet kan anses som en lagringsbar- eller en ikke-lagringsbar råvare. Vi fant at sammenhengen mellom spotpris og futurespris i det nordiske kraftmarkedet hovedsakelig bør styres av forventninger om fremtidig spotpris, da strøm ikke er direkte lagringsbart. Likevel kan teorien om lagringskostnad og eierfordel påvirke spot-futures-pariteten, som følge av blant annet muligheten til å lagre strøm indirekte gjennom vannreservoarer. I figur 5 og figur 6 ser vi relativ basis ($\ln(F_t^i) - \ln(S_t)$) i perioden 2004-2013 for henholdsvis månedsfutures med 40 dager igjen til forfall (2-månedsfutures) og ukesfutures med 10 dager igjen til forfall (2-ukesfutures). Av figurene ser det ut til at begge kontraktene vanligvis har en positiv basis. Likevel har basis vært negativ flere ganger i løpet av perioden. Vi har også studert de resterende kontraktene i tabell 3 grafisk, som ser ut til å gi liknende sammenhenger. Ved kun å studere figurene ser det imidlertid ikke ut til at observasjonene med ekstrem basis har noen sammenheng med sesong, da det forekommer ekstrem positiv og negativ basis gjennom ulike uker eller måneder gjennom årene. I tabell 3 har vi fremstilt deskriptiv statistikk av relativ basis for ukeskontrakter med henholdsvis 5, 10 og 15 handelsdager igjen til forfall, samt månedskontrakter med henholdsvis 20, 40 og 60 handelsdager igjen til forfall. Gjennomsnittlig basis har vært signifikant positiv (i contango) for alle disse kontraktene gjennom hele perioden. Dessuten har alle kontraktens relative basis en fordeling med tykke haler og en positiv skewness. Dette bekrefter det vi så grafisk med en overvekt av positive ekstreme basis-observasjoner. Både skewness og excess kurtosis er signifikant forskjellige fra en normalfordeling². I den samme tabellen vises antallet futureskontrakter som har en relativ basis som er større enn 0,1, og hvor mange observasjoner med en relativ basis som er mindre enn -0,1 (i tabell 3: # obs.: basis>0,1) i løpet av perioden. Her er det tydelig at relativ basis vanligvis er positiv ved ekstreme basisverdier. Likevel har det forekommet betydelig negativ basis (backwardation) for både ukes- og månedskontrakter i perioden, der dagens futurespris har vært opp til 60 % lavere enn dagens systempris.

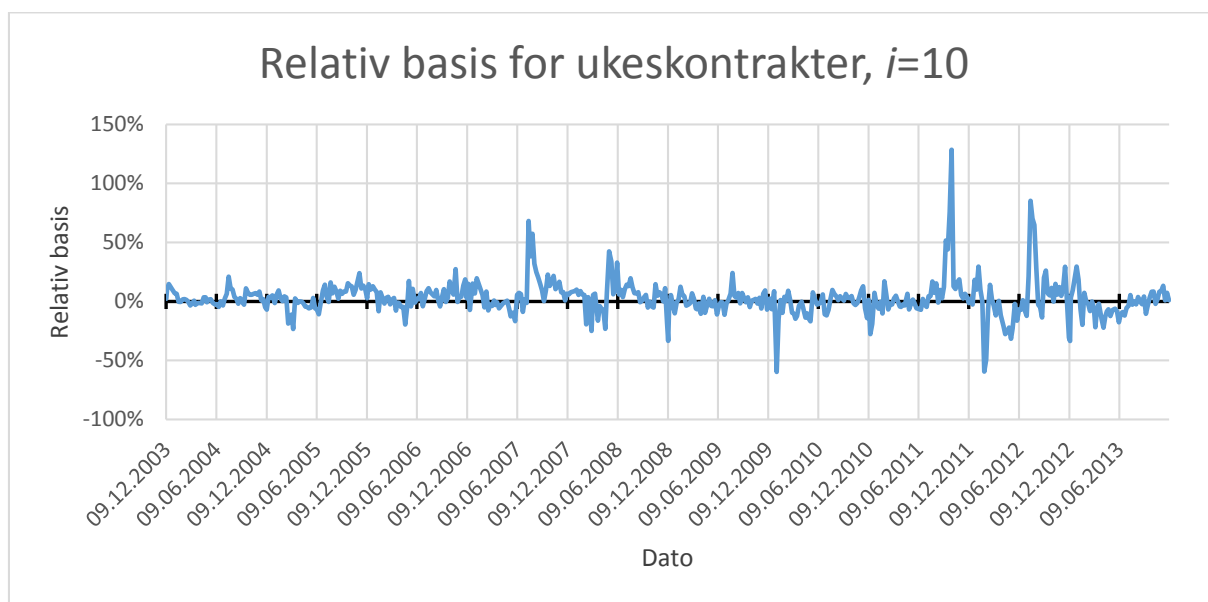
² Skewness og excess kurtosis er testet med STATA-testen «sktest».

Ln(F(t)) - Ln(S(t))	Mean	StDev	Standard error	T-value	Skewness	Excess kurtosis	# obs.: basis>0,1	# obs.: basis<-0,1
1-ukesfutures (i=5)	0,02*	0,12	0,01	3,26	1,75	17,32	23	8
2-ukesfutures (i=10)	0,03*	0,15	0,01	3,93	2,02	15,91	29	18
3-ukesfutures (i=15)	0,03*	0,16	0,01	4,11	2,21	14,73	37	22
1-månedsfutures (i=20)	0,04*	0,19	0,02	4,99	2,16	11,49	10	6
2-månedsfutures (i=40)	0,07*	0,25	0,02	6,73	2,74	16,95	18	7
3-månedsfutures (i=60)	0,08*	0,28	0,03	6,84	2,23	11,79	27	9

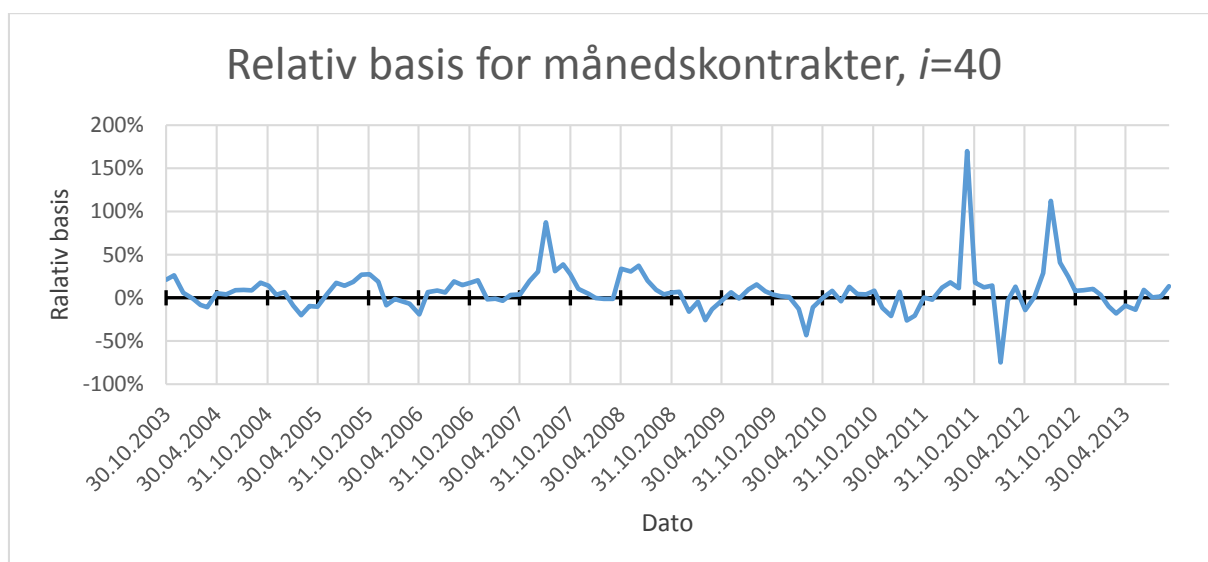
Observasjoner uker: 522, Observasjoner måneder: 1200

* Signifikant forskjellig fra 0 ved 0,01-nivå

Tabell 3: Relativ basis i perioden 2004-2013 for ukeskontrakter med 5, 10 og 15 handelsdager igjen til forfall, samt månedskontrakter med 20, 40 og 60 handelsdager igjen til forfall.



Figur 5: Relativ basis for ukeskontrakter med 10 handelsdager igjen til forfall i perioden 2004-2013.



Figur 6: Relativ basis for månedskontrakter med 40 handelsdager igjen til forfall i perioden 2004-2013.

5.2 Sammenheng mellom futurespris (F_t^i) og etterfølgende systempris (S_{t+i})

I dette kapitlet har vi analysert sammenhengen mellom futurespriser og gjennomsnittlig systempris i den aktuelle uken ved kontraktens forfallsdato. Futuresprisen på tidspunkt t med levering fra tidspunkt $t+i$ sammenliknes med systemprisen fra tidspunkt $t+i$. Den eventuelle gjennomsnittlige forskjellen mellom futuresprisen med levering i $t+i$ og systempris i $t+i$ representerer et avvik som kan forklares gjennom en risikopremie eller en feilprising. Som nevnt i kapittel 2 om tidligere studier har både Gjolberg & Johnsen (2001), Lucia & Torró (2005), Botterud et al. (2010) og Gjolberg & Brattested (2011) funnet gjennomsnittlige avvik mellom futurespris og etterfølgende systempris. Gjolberg & Brattested (2011) argumenterte blant annet for at dette positive avviket for futureskontrakter mellom 4 og 6 uker i perioden 1995-2008 var så stort at det vanskelig kan forklares gjennom en risikopremie (risk premium) alene.

Vi har derfor undersøkt hvorvidt det fortsatt eksisterer en slik systematikk etter 2010. Vi har sett på perioden 2004-2013 og testet prediksjonsegenskapene til ukesfutures og månedsfutures med 1, 2 og 3 uker³/måneder⁴ igjen til forfall. Senere i oppgaven vil vi bruke eventuelle systematiske avvik hos de ulike futureskontraktene til å skape handelsstrategier i futuresmarkedet. Malkiel & Fama (1970) og flere senere studier har testet slike teorier om markedseffisiens ved hjelp av regresjonsanalyser, der forventet spotpris i $t+i$ er en funksjon av futurespris i t (med levering i $t+i$) og en risikopremie:

Modell 1

$$S_{t+i} = \alpha + \beta F_t^i + u_{t+i}$$

Vi har analysert ukeskontraktene med 5, 10 og 15 handelsdager (i) igjen til forfall og månedskontrakter med 20, 40 og 60 handelsdager (i) igjen til forfall. For ukeskontrakter eller månedskontrakter med 2 eller flere uker/måneder igjen til forfall vil vi imidlertid ha overlappende observasjoner, som trolig vil generere seriekorrelasjon og gjøre hypotesetester upålitelige. 2-ukesfutures vil generere førsteordens seriekorrelasjon, mens 3-ukesfutures vil generere annenordens seriekorrelasjon. Vi har unngått dette problemet ved å fjerne overlappende observasjoner for kontrakter med forfallsdato 2 og 3 uker/måneder

³ 5, 10 og 15 handelsdager igjen til forfall tilsvarer henholdsvis 1, 2 og 3 uker i uker uten helligdager.

⁴ 20, 40 og 60 handelsdager tilsvarer ca. 1, 2 og 3 måneder avhengig av antall dager i måneden og om måneden inneholder helligdager.

frem i tid. For 2-ukeskontrakter (ukeskontrakter med 10 handelsdager igjen til forfall) og 2-månedskontrakter (månedskontrakter med 40 handelsdager igjen til forfall) vil vi dermed fjerne annenhver uke eller måned gjennom årene. Vi sitter dermed kun igjen med observasjoner for oddetallsuker. Ulempen ved denne tilnærmingen er at vi halverer antall observasjoner, og dermed gjør det vanskeligere å forkaste nullhypoteser. For 3-ukeskontrakter (ukeskontrakter med 15 handelsdager igjen til forfall) og 3-månedskontrakter (60 handelsdager igjen til forfall) vil vi redusere antall observasjoner til 1/3 ved kun å analysere prisene i uke (eller måned) 1, 4, 7, 10 osv. Videre vil det naturligvis også kunne oppstå problemer med hetroskedastisitet, men det har vi ikke tatt hensyn til i denne analysen.

Vår nullhypotese er at futuresprisen er en forventningsrett estimator for etterfølgende systempris, med $\beta=1$ og $\alpha=0$. Alfa representerer en eventuell (konstant) risikopremie som er forskjellig fra 0 dersom for eksempel etterspørselen etter nettosikring ikke er i balanse. Dersom alfa er signifikant forskjellig fra 0 og beta er signifikant forskjellig fra 1, er ikke futuresprisen en forventningsrett estimator for etterfølgende systempris. «adj. R²» representerer et estimat av futuresprisens forklaringskraft (explanatory power) for etterfølgende systempriser. Høye R²-verdier indikerer derfor en sterk sammenheng mellom futurespris og etterfølgende systempris. Tabell 4 viser resultatene av regresjonen av modell 1 for ukeskontrakter med 5, 10 og 15 handelsdager igjen til forfall og månedskontrakter med 20, 40 og 60 handelsdager igjen til forfall i perioden 2004-2013.

Kontrakt	α	β	Adj. R ²	Observasjoner
1-ukesfutures ($i=5$)	1,98*	0,92*	0,85	521
2-ukesfutures ($i=10$)	3,13**	0,88*	0,75	260
3-ukesfutures ($i=15$)	3,17	0,88**	0,66	173
1-månedsfutures ($i=20$)	6,22**	0,80*	0,56	119
2-månedsfutures ($i=40$)	11,54*	0,64*	0,40	59
3-månedsfutures ($i=60$)	18,16*	0,48*	0,24	39

$$\text{Modell 1: } S_{t+i} = \alpha + \beta F_t^i + u_{t+i}$$

2004-2013, H₀: $\beta=1$ og $\alpha=0$

* Signifikant ved 0,01-nivå

** Signifikant ved 0,05-nivå

Tabell 4: Estimeringsresultat av modell 1 for ukentlige og månedlige kontrakter i perioden 2004-2013.

Av tabell 4 ser vi at beta og alfa, for alle ukes- og månedskontrakter, er signifikant forskjellig fra henholdsvis 1 og 0 ved et signifikansnivå på 0,05, og har dermed forklaringskraft. Ut i fra denne modellen kan vi følgelig forkaste hypotesen om at futureskontraktene vi testet er

forventningsrette estimatorer for etterfølgende systempris i perioden 2004-2013. Videre indikerer de positive alfa-parameterne at det eksisterer en konstant risikopremie for disse futureskontraktene. Risikopremien synes å være større for kontrakter med forfall lenger frem i tid og lavere for kontraktene som har kortere tid til forfall. Justert R² er lavere for kontraktene med flere uker/måneder til forfall. Dette indikerer lavere forklaringskraft for kontraktene med flere uker til forfall.

Det kan tenkes at en eventuell risikopremie (alfa) ikke har en konstant verdi i euro, men heller er relativ til spot- og futuresprisen. Flere studier har derfor benyttet modeller som forklarer relativ endring i spotprisen med relativ basis (relativ forskjell mellom futurespris og spotpris):

Modell 2

$$(S_{t+i} - S_t) = \alpha + \beta(\ln F_t^i - \ln S_t) + u_{t+i}$$

Vår nullhypotese er fortsatt at beta er lik 1 og at alfa er lik 0. Resultatene av denne regresjonen finnes i tabell 5:

Kontrakt	α	β	Adj. R ²	Observasjoner
1-ukesfutures (i=5)	-0,01	0,28*	0,06	520
2-ukesfutures (i=10)	-0,02**	0,52*	0,14	259
3-ukesfutures (i=15)	-0,04**	0,73*	0,26	172
1-månedsfutures (i=20)	-0,02	0,41*	0,10	118
2-månedsfutures (i=40)	-0,05	0,63**	0,21	58
3-månedsfutures (i=60)	-0,05	0,73	0,24	38

Modell 2: $(S_{t+i} - S_t) = \alpha + \beta(\ln F_t^i - \ln S_t) + u_{t+i}$

H₀: $\beta=1$ og $\alpha=0$

* Signifikant ved 0,01-nivå

** Signifikant ved 0,05-nivå

Tabell 5: Estimeringsresultat av modell 2 for ukentlige og månedlige kontrakter.

Når vi benytter regresjonsmodellen med relativ alfa, er kun alfa signifikant forskjellig fra null for 2-ukesfutures og 3-ukesfutures. Vi får imidlertid beta som er signifikant forskjellig fra 1 for alle futureskontrakter vi testet, med unntak av 3-månedersfutures der vi har veldig få observasjoner. For kontraktene med signifikant negativ alfa kan det dermed se ut til at avviket mellom futurespris og etterfølgende systempris øker med økende basis og økende prisnivå. Selv om samtlige alfa er negative, er imidlertid ikke de fleste signifikante. Denne regresjonsmodellen indikerer derfor ikke signifikante risikopremier for de fleste kontraktene vi testet. R² er dessuten svært lav i forhold til den første regresjonsmodellen, noe som indikerer at relativ basis er en upresis måte å predikere endringer i systempris med.

I løpet av datasettet vårt har vi flere situasjoner der relativ basis er mye større enn gjennomsnittlig relativ basis. Det kan for eksempel være situasjoner der systemprisen er veldig lav fordi det er umulig å holde tilbake vann for vannkraftverkene. En hypotese kan derfor være at en eventuell risikopremie vanligvis er relativ i forhold til basis, men at denne sammenhengen ville endres i situasjoner med ekstrem høy eller lav basis. For å hindre at slike ekstreme situasjoner gir oss upålitelige alfa- og beta-verdier har vi inkludert en dummyvariabel, gamma, som fanger opp situasjoner der absoluttverdien av relativ basis er større enn 20 %:

Modell 3

$$(\ln S_{t+i} - \ln S_t) = \alpha + \beta(\ln F_t^i - \ln S_t) + \gamma(dummy) + u_{t+i}$$

der dummy=1 hvis absoluttverdien av relativ basis er større enn 20 % og 0 i situasjoner der absoluttverdien av relativ basis er mindre eller lik 20 %. Vi har benyttet de samme observasjonene som vi benyttet i modell 1 og 2, da vi ellers kunne fått problemer med seriekorrelasjon som følge av overlappende observasjoner. Resultatet av denne regresjonen er vedlagt i tabell 6:

Kontrakt	α	β	γ	Adj. R ²	Obs.
1-ukesfutures (i=5)	-0,01	0,37*	-0,1*	0,08	520
2-ukesfutures (i=10)	-0,02	0,54*	-0,01	0,14	259
3-ukesfutures (i=15)	-0,04**	0,79	-0,07	0,27	172
1-månedsfutures (i=20)	-0,03	0,34*	0,06	0,11	118
2-månedsfutures (i=40)	-0,07	0,54**	0,09	0,23	58
3-månedsfutures (i=60)	-0,04	0,80	-0,05	0,24	38

modell 3

H₀: $\beta=1$ og $\alpha=0$

* Signifikant ved 0,01-nivå

$$(\ln S_{t+i} - \ln S_t) = \alpha + \beta(\ln F_t^i - \ln S_t) + \gamma(dummy) + u_{t+i}$$

** Signifikant ved 0,05-nivå

Tabell 6: Estimeringsresultat av modell 3 for ukentlige og månedlige kontrakter.

Ved bruk av en slik dummyvariabel får vi en noe høyere forklaringsgrad (adj. R²) for 1-ukesfutures, 3-ukesfutures, 1-månedsfutures og 2-månedersfutures. Gamma er imidlertid kun signifikant forskjellig fra null for 1-ukesfutures, noe som indikerer at den relative risikopremien ikke er signifikant forskjellig i situasjoner med ekstrem basis for de resterende kontraktene vi har testet. Vi har eksperimentert med flere ulike regler for dummyvariabelen (absoluttverdi til relativ basis større enn 10, 20, 30 % osv.) uten at det har gitt signifikant gamma for de resterende kontraktene.

De ulike regresjonsmodellene har gitt oss blandede resultater når vi har forsøkt å forklare en eventuell risikopremie for futures i det nordiske kraftmarkedet i perioden 2004-2013. Den enkleste regresjonsmodellen som forklarte etterfølgende systempris med dagens futurespris ga signifikant alfa forskjellig fra null for nesten alle futureskontraktene vi testet. Beta var også signifikant forskjellig fra både 0 og 1, og modellen forklarte fremtidige systempriser mye bedre. R^2 var betydelig høyere den var i de resterende regresjonsmodellene vi benyttet. Av denne regresjonsmodellen kan vi dermed forkaste nullhypotesen og konkludere med at futurespriser ikke har vært forventningsrette estimatorer for etterfølgende systempris i perioden 2004-2013. Følgelig ser det ut til å eksistere en positiv risikopremie ved å selge futures, eller eventuelt en systematisk feilprising av futureskontrakter. I modell 2, som forklarer relativ endring i systempris gjennom relativ basis, fant vi imidlertid kun én kontrakt med signifikant alfa forskjellig fra null, slik at vi ikke kunne forkaste hypotesen om at det ikke eksisterer en risikopremie som er relativ til basis. Denne regresjonsmodellen hadde dessuten mye lavere R^2 . Med så svak forklaringskraft er det følgelig vanskelig å forklare futuresprisers prognoseevne for etterfølgende systempriser. Modell 3, der vi også inkluderte en dummyvariabel for høy relativ basis, fikk heller ikke store forbedringer i forklaringskraft (R^2) og hadde få signifikante parametere.

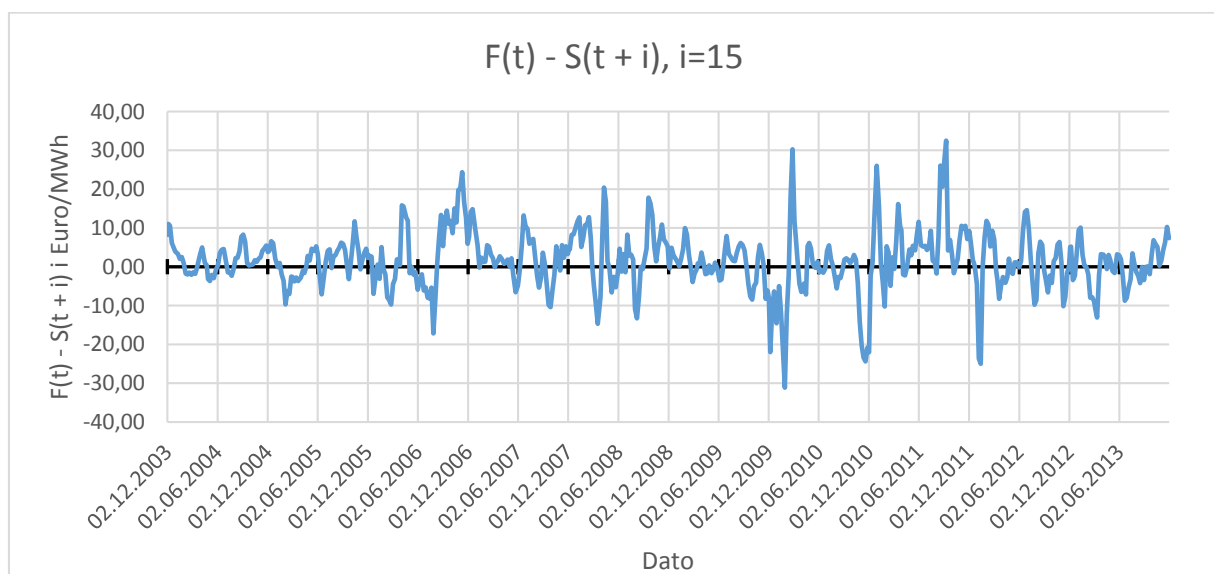
Videre har vi også kartlagt størrelsen på det eventuelle avviket mellom futurespris (F_t^i) og etterfølgende systempris (S_{t+i}) for de samme ukeskontraktene og månedskontraktene i perioden 2004-2013. Deskriptiv statistikk av fordelingen av avviket er oppsummert i tabell 7. Vi har også fremstilt det ukentlige avviket grafisk for ukeskontrakter med 15 handelsdager igjen til forfall i figur 7.

Kontrakt	Mean	StDev	Standard error	T-value	Skewness	Excess kurtosis	Obs.
1-ukesfutures ($i=5$)	1,05*	5,15	0,23	4,67	0,41	5,66	521
2-ukesfutures ($i=10$)	1,48*	6,60	0,29	5,14	0,51	3,29	260
3-ukesfutures ($i=15$)	1,71*	7,95	0,35	4,91	-0,04	4,01	173
1-månedsfutures ($i=20$)	1,87*	8,45	0,37	5,06	-0,60	2,71	119
2-månedsfutures ($i=40$)	3,29*	10,50	0,46	7,15	0,54	1,01	59
3-månedsfutures ($i=60$)	2,92*	11,77	0,51	5,66	0,98	2,79	39

Avvik mellom futurespris og etterfølgende systempris: $(F_t^i - S_{t+i})$ * Signifikant forskjellig fra 0 ved 0,001-nivå 2004-2013

Tabell 7: Deskriptiv statistikk av avviket mellom futurespris og etterfølgende systempris $F(t) - S(t + i)$ i perioden 2004-2013.

Det gjennomsnittlige avviket mellom futurespris og etterfølgende systempris er signifikant forskjellig fra null (og positivt) for alle ukeskontrakter vi testet⁵. Deler av det gjennomsnittlige positive avviket mellom futurespris og etterfølgende systempris kan tolkes som en risikopremie, eller eventuelt en systematisk feilprising av futureskontrakter. Dette avviket har imidlertid variert over analyseperioden. Skewness og excess kurtosis kan indikere risikoen for ekstreme avvik. Skewness for de ulike kontraktene vi har testet er ikke spesielt stor, og det er bare 1-ukesfutures, 1-månedersfutures og 2-månedersfutures som har skewness som er signifikant forskjellig fra en normalfordeling. Blant disse er det kun 1-månedersfutures som har negativ skewness, der risikoen for negative ekstreme avvik dermed er større enn ved en normalfordeling. Alle kontraktene har imidlertid høy excess kurtosis som er signifikant forskjellig fra en normalfordelt populasjon. Dermed vil det være større sannsynlighet for å få ekstreme avvik fra gjennomsnittlig forskjell mellom futures og etterfølgende systempris enn det skulle ha vært ved en normalfordelt populasjon. Dette illustreres i figur 7, som viser avviket mellom futurespris og etterfølgende systempris for 3-ukesfutures i perioden 2004-2013, der det største negative avviket er på 32 euro/MWh.



Figur 7: Avvik mellom futurespris $F(t)$ og etterfølgende systempris $S(t+1)$ for ukeskontrakter med 15 handelsdager igjen til forfall i perioden 2004-2013.

5.3 Analyse av terminstrukturen

Vi har undersøkt om det finnes systematikk i terminstrukturen i det nordiske kraftmarkedet som kan utnyttes til «spread-trading» (se kapittel 4.2 om teknisk analyse). Vi har analysert

⁵ Ved et signifikansnivå på 0,1% for alle kontrakter vi testet.

både ukes- og månedskontrakter i dette kapittelet, men vi vil først gjennomgå funnene våre i terminstrukturen blant ukeskontrakter. Mot slutten av kapittelet vil vi også fremlegge tilsvarende resultater for månedskontraktene, denne gang med en mindre omfattende forklaring av tabellene og figurene som oppsummerer resultatene.

Med terminstrukturen mener vi hvor høy eller lav futureskontraktene for levering lengre frem i tid er i forhold til frontkontrakten. Hvis vi for eksempel befinner oss i uke 1, vil frontkontrakten som handles denne uken være uke 2. Kontraktene som kan handles lenger frem i tid er da kontrakter for uke 3, 4, 5 osv. Antall uker frem i tid som kan handles har imidlertid variert de siste 10 årene, men det har vært mulig å handle kontrakter for opptil 6 uker/måneder frem i tid gjennom alle årene. Derfor har vi sett på terminstrukturen mellom frontkontrakten og kontrakter 5 uker/måneder lenger frem i tid. Vi har valgt å navngi futureskontraktene 1, 2, 3, 4 og 5 uker etter frontkontrakten som henholdsvis «uke1+», «uke2+», «uke3+», «uke4+» og «uke5+». Tilsvarende har vi navngitt månedskontraktene som befinner seg 1, 2, 3, 4 og 5 måneder etter frontkontrakten for henholdsvis «måned1+», «måned2+», «måned3+», «måned4+» og «måned5+».

5.3.1 Ukeskontrakter

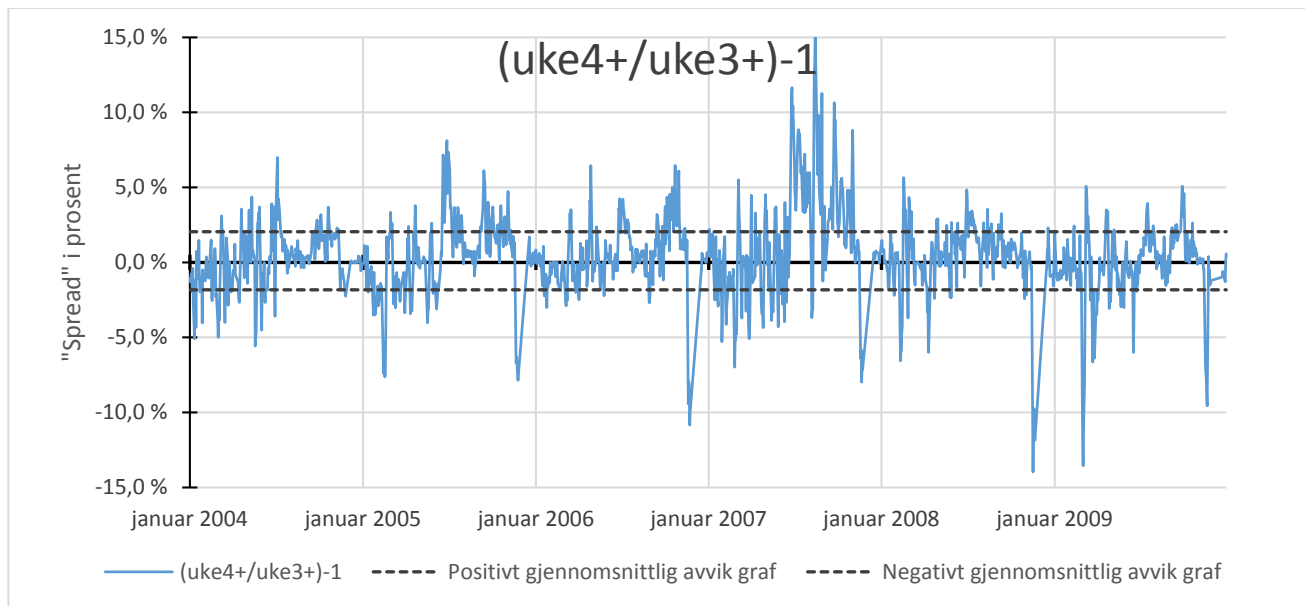
Terminstrukturen varierer fra dag til dag. I kapittel 5.1 så vi blant annet hvordan forholdet mellom futurespris og systempris (basis) varierte både ukentlig og månedlig i perioden 2004-2013. Selv om den relative basisen i kortere perioder var betydelig større eller mindre enn gjennomsnittet, beveget dette forholdet seg vanligvis innenfor et område rundt gjennomsnittet. Det kan derfor være nærliggende å tro at differansen mellom to futureskontrakter («spread»), for eksempel med levering 3 og 4 uker frem i tid, vanligvis også beveger seg relativt jevnt i forhold til hverandre. Likevel vil det forekomme avvik, der forskjellen («spread») blir unormalt høy eller lav i en periode.

Hvis dette er tilfellet, kan det være muligheter for fortjeneste ved å selge den ene kontrakten og samtidig kjøpe den andre kontrakten, for så å reversere posisjonene etter en gitt periode. Denne sammenhengen har vi benyttet i utviklingen av handelsstrategier basert på terminstrukturen i kapittel 6.2 om strategier. Slike strategier blir innenfor teknisk analyse omtalt som «calendar spread», som vi omtalte i kapittel 4.2 om teknisk analyse. Det vil derfor være interessant å kartlegge hvilke kontrakter som har sterkest systematisk forhold til hverandre, samt hvor mange dager det gjennomsnittlig tar før to kontrakter returnerer

tilbake til normale forhold etter at de har avveket fra gjennomsnittlig prosentvis forskjell fra hverandre («spread»).

To futureskontrakter som det kunne være interessant å analysere er, for eksempel, kontraktene med forfall 3 og 4 uker etter frontkontrakten. Disse kontraktene kaller vi «uke3+» og «uke4+». Hvis vi ser på hvor mange prosent større eller mindre futureskontrakten «uke4+» gjennomsnittlig har vært i forhold til «uke3+» i perioden 2004-2009 (figur 8), kan det se ut som om de to kontraktene vanligvis beveger seg innenfor en slags «korridor» rundt +2 % og -2 % i forhold til hverandre. Ut i fra figur 8 kan det se ut til at avviket mellom kontraktene «uke3+» og «uke4+» beveger seg relativt raskt tilbake innenfor «korridoren» etter avvik utenfor «korridoren». Av tabell 8 ser vi at dersom «spread» mellom disse kontraktene bryter ut av «korridoren», tar det gjennomsnittlig 3 dager før «spread» faller tilbake innenfor gjennomsnittlig prosentvis positivt avvik fra «spread». Det kan med andre ord se ut til at en fornuftig handelsstrategi ville være å systematisk selge futureskontrakten «uke4+» og kjøpe futureskontrakten «uke3+» hver gang «spread» mellom «uke4+» og «uke3+» er større enn gjennomsnittlig positivt avvik i «korridoren», 2,1 %, og reversere posisjonene 3 dager senere, for perioden 2004-2009.

Tilsvarende kunne en utført en motsatt strategi hver gang det negative avviket var mindre enn -2 %, ved å systematisk kjøpe futureskontrakten «uke4+» og selge futureskontrakten «uke3+», og reversere posisjonene 2 dager senere (som er gjennomsnittlig antall dager før prisen beveger seg tilbake innenfor «korridoren» dersom forholdet bryter ut av den negative delen av korridoren). Det skulle imidlertid være lett å oppnå gode resultater ved å kalkulere slike korridorer når vi allerede vet hvordan «spread» mellom de to kontraktene har utviklet seg i perioden. Derfor vil det være mer interessant å se hvordan en slik strategi ville ha prestert i perioden etter, gitt at vi fortsetter å benytte de gjennomsnittlige prosentavvikene fra den første perioden som kjøp/salg-signal. Dette tester vi nærmere i kapittel 6.2 om handelsstrategier.



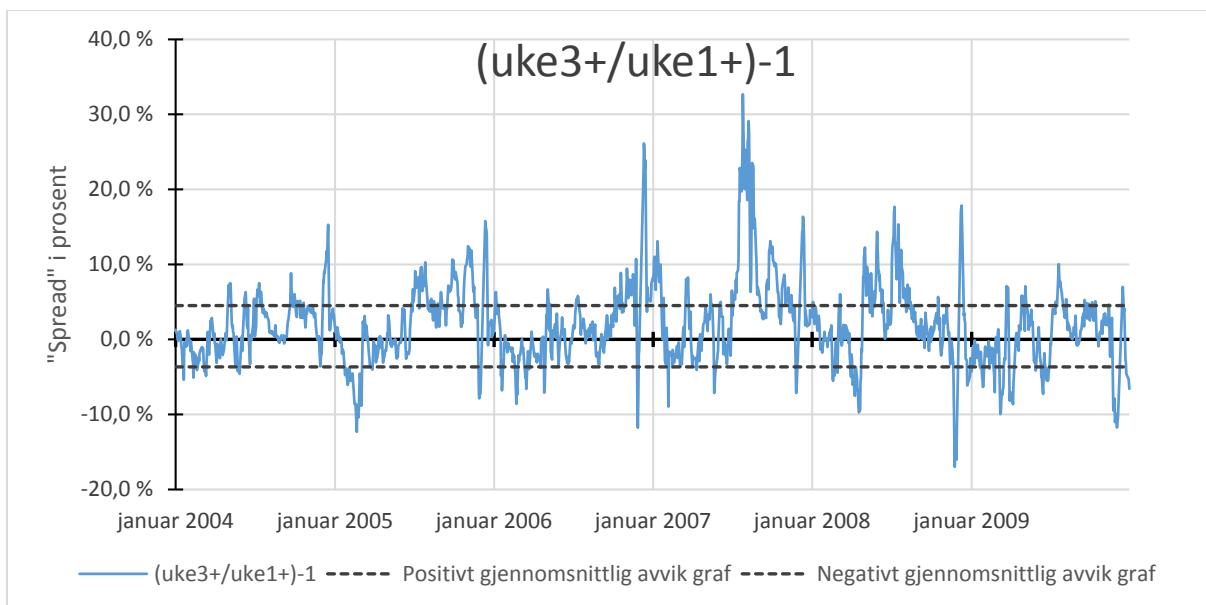
Figur 8: «Spread» mellom rullende ukeskontrakter med forfall 3 og 4 uker etter frontkontrakten med gjennomsnittlig positivt og negativt avvik fra «spread». Avvikene er markert med stiplet linje.

I tabell 8 har vi kalkulert tilsvarende prosentvis «spread» mellom alle mulige kombinasjoner av kontraktene «uke1+», «uke2+», «uke3+», «uke4+» og «uke5+» i perioden 2004-2009. Dessuten har vi kalkulert tilhørende gjennomsnittlig positivt og negativt avvik fra «spread» (som danner «korridoren») i kolonnene «positivt gj.sn. avvik» og «negativt gj.sn. avvik». I tillegg har vi kalkulert gjennomsnittlig antall dager før forholdet mellom kontraktene beveger seg tilbake innenfor «korridoren» ved avvik utenfor «korridoren».

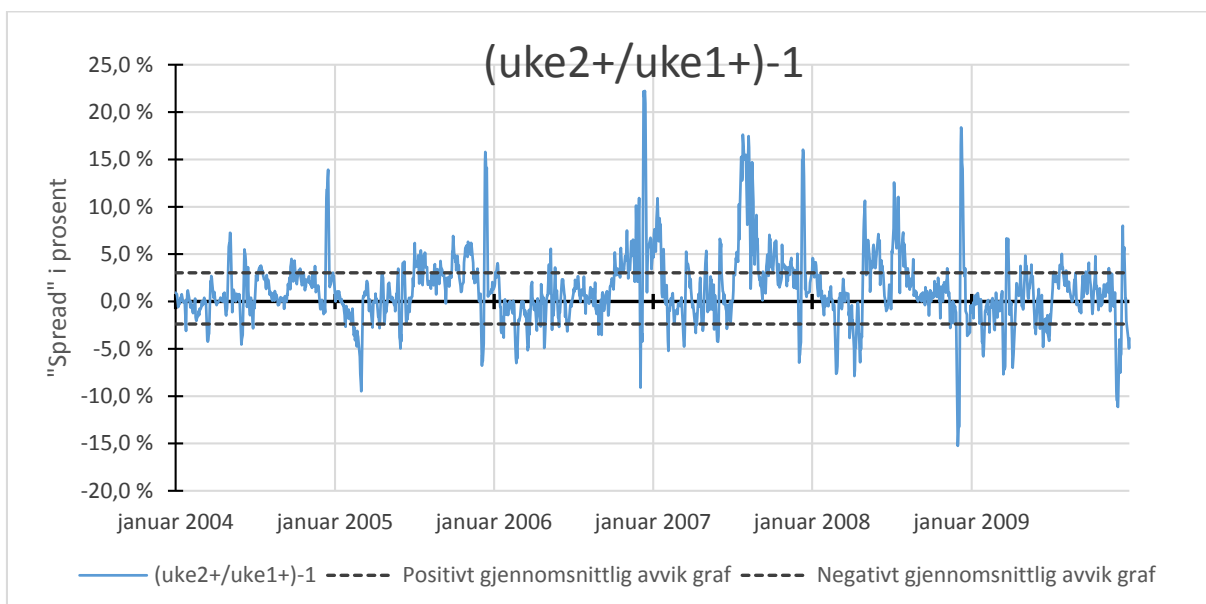
Kontrakter	Gj.sn. spread	Positivt gj.sn. avvik	Negativt gj.sn. avvik	Gj.sn. dager før tilbakevending innenfor positivt avvik	Gj.sn. dager før tilbakevending innenfor negativt avvik	Antall obs.
Uke1+ og uke2+	1,3 %	3,0 %	-2,4 %	4	3	1502
Uke1+ og uke3+	2,0 %	4,5 %	-3,7 %	5	3	1477
Uke1+ og uke4+	2,5 %	5,7 %	-4,5 %	7	4	1422
Uke1+ og uke5+	3,1 %	7,2 %	-5,2 %	9	4	1365
Uke2+ og uke3+	0,5 %	2,2 %	-2,0 %	4	3	1477
Uke2+ og uke4+	1,1 %	3,5 %	-3,0 %	4	3	1422
Uke2+ og uke5+	1,8 %	5,2 %	-3,7 %	7	3	1365
Uke3+ og uke4+	0,4 %	2,0 %	-1,8 %	3	2	1422
Uke3+ og uke5+	1,0 %	3,4 %	-2,7 %	5	3	1365
Uke4+ og uke5+	0,4 %	2,1 %	-1,8 %	4	2	1365

Tabell 8: Gjennomsnittlig «spread» mellom alle mulige kombinasjoner av kontraktene i perioden 2004-2009.

Vi benytter disse tallene til å teste handelsstrategier i kapittel 6.2.1. «Spread» mellom to utvalgte rullende kontrakter gjengis grafisk i figur 9 og figur 10, med tilhørende positivt og negativt gjennomsnittlige avvik markert med stiplet linje.



Figur 9: «Spread» mellom de to kontraktene «uke3+» og «uke1+» med tilhørende positivt og negativt gjennomsnittlig avvik markert med stiplet linje.



Figur 10: «Spread» mellom de to kontraktene «uke2+» og «uke1+» med tilhørende positivt og negativt gjennomsnittlig avvik markert med stiplet linje.

5.3.2 Månedskontrakter

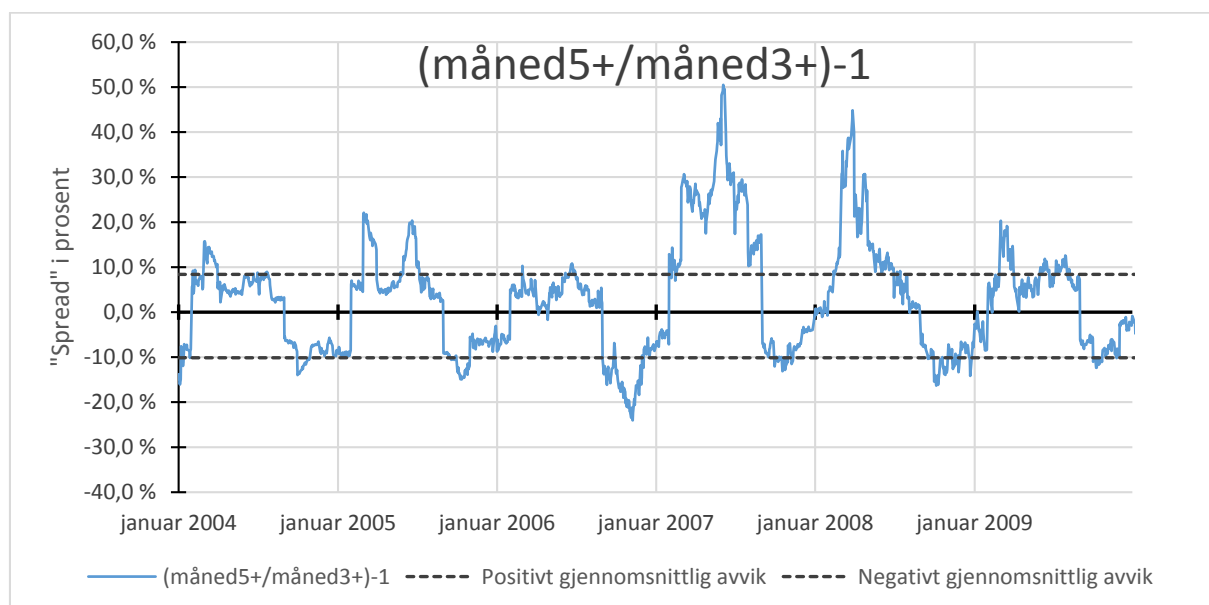
Vi har også analysert tilsvarende sammenhenger for månedskontrakter. I tabell 9 har vi kalkulert «spread» (prosentvis prisforhold mellom ulike kontrakter) for alle mulige kombinasjoner av kontraktene «måned1+», «måned2+», «måned3+», «måned4+» og «måned5+». Vi har også kalkulert gjennomsnittlig positivt og negativt avvik fra «spread» (som danner «korridoren») og gjennomsnittlig antall dager før «spread» er tilbake innenfor korridoren etter avvik utenfor «korridoren» i perioden 2004-2009. Dette har vi kalkulert på

samme måte som vi gjorde for ukeskontrakter. Kolonnene er derfor grundigere forklart i det foregående delkapittelet.

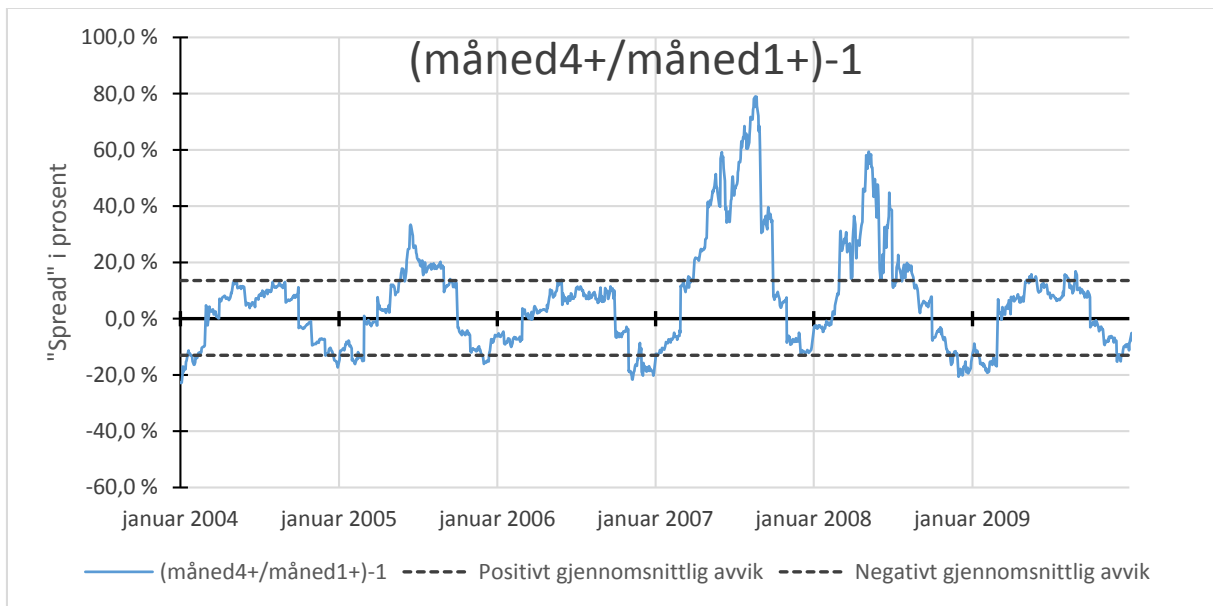
Kontrakter	Gj.sn spread	Positivt gjennomsnittlig avvik	Negativt gjennomsnittlig avvik	Gj.sn dager før tilbakevending innenfor positivt avvik	Gj.sn dager før tilbakevending innenfor negativt avvik
Måned1+ og måned2+	2,4 %	6,0 %	-4,8 %	15	7
Måned1+ og måned3+	4,3 %	9,8 %	-9,5 %	19	12
Måned1+ og måned4+	6,2 %	14,0 %	-13,1 %	18	13
Måned1+ og måned5+	7,8 %	19,0 %	-15,2 %	21	12
Måned2+ og måned3+	1,7 %	5,7 %	-5,1 %	13	7
Måned2+ og måned4+	3,3 %	9,7 %	-9,7 %	14	10
Måned2+ og måned5+	4,9 %	12,9 %	-13,9 %	12	9
Måned3+ og måned4+	1,4 %	5,8 %	-5,0 %	13	10
Måned3+ og måned5+	2,7 %	9,2 %	-10,5 %	15	9
Måned4+ og måned5+	1,1 %	5,5 %	-5,4 %	9	8

Tabell 9: Gjennomsnittlig «spread» mellom alle ulike kontraktkombinasjoner i perioden 2004-2009.

«Spread» mellom noen utvalgte kombinasjoner av månedskontrakter med ulik distanse fra frontkontrakten er illustrert i figur 11 og figur 12. De stiplede linjene representerer gjennomsnittlig positivt og negativt avvik fra gjennomsnittlig «spread» mellom kontraktene. Disse linjene danner det vi omtaler som «korridoren». I kapittel 6.2.2 om strategier benytter vi utbrudd fra «korridoren» som kjøps- og salgssignaler.



Figur 11: «Spread» mellom rullerende månedskontrakter med forfall 5 og 3 måneder etter frontkontrakten i prosent i perioden 2004-2013.



Figur 12: «Spread» mellom rullende månedskontrakter med forfall 4 og 1 måneder etter frontkontrakten i prosent i perioden 2004-2013.

6 Handelsstrategier

Vi har benyttet sammenhengene vi fant i kapittel 5 til å utforme handelsstrategier for testperioden 2010-2013. Perioden 2010-2013 har vi ikke vurdert når vi har utformet handelsstrategiene. Denne perioden vil dermed bli brukt til å teste hvor robuste strategiene ville være i en «ukjent» periode.

Vi har utformet to ulike typer handelsstrategier: strategier basert på sammenhengene vi har funnet mellom futurespris og etterfølgende systempris i kapittel 5.2, og strategier på bakgrunn av sammenhengene vi har funnet i terminstrukturen mellom ulike futureskontrakter i kapittel 5.3.

6.1 Selge ukes- og månedskontrakter og holde posisjonen til forfall

På bakgrunn av de signifikante positive avvikene mellom futurespris og etterfølgende systempris som vi fant i kapittel 5.2, har vi konstruert en enkel handelsstrategi for både måneds- og ukeskontrakter som kun består av å selge futureskontrakter og holde dem frem til forfall. Avkastning per handel for denne strategien beregnes derfor av prosentforskjellen mellom futuresprisen som handles i tid t (salgsposisjon) og systemprisen ved forfall i tid $(t+i)$. Systemprisen ved forfall $(t+i)$ tilsvarer den etterfølgende gjennomsnittlige systemprisen for alle timene kontrakten omfatter. For ukeskontrakter omfatter dette gjennomsnittlig systempris for de 168 timene (7 dager * 24 timer) tilhørende uken kontrakten omfatter, mens månedskontraktene omfatter gjennomsnittlig systempris for mellom 672 og 745 timer avhengig av hvor mange dager det er i den aktuelle måneden.

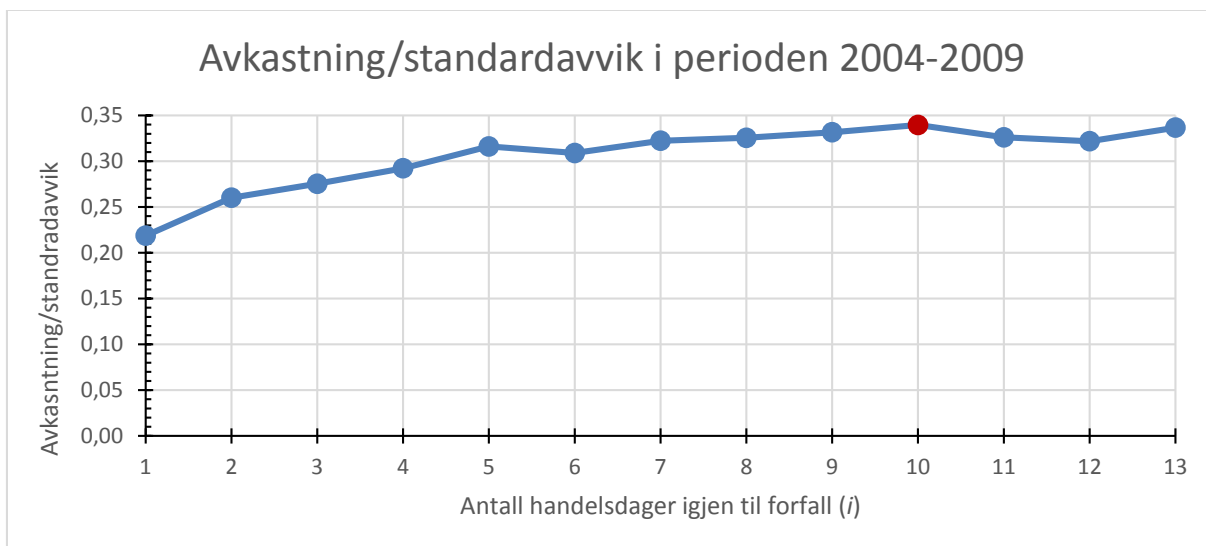
Vi har valgt ut de ukes- og månedskontraktene som ville maksimert avkastningen i perioden 2004-2009. Deretter har vi vurdert hvordan denne strategien ville ha prestert i perioden 2010-2013, gitt at vi handler kontrakter med likt antall dager til forfall som ville maksimert avkastning i forhold til risiko i perioden 2004-2009.

Gjennomsnittlig avkastning per handel måler vi gjennom det geometriske gjennomsnittet av den prosentvise endringen mellom futurespris og systempris. Systempris er den gjennomsnittlige systemprisen i perioden den aktuelle kontrakten gjøres opp mot. Hvis for eksempel futuresprisen for en tilfeldig ukeskontrakt ble 11 euro/MWh og den gjennomsnittlige systemprisen for leveringsperioden ble 10 euro/MWh, oppnås det en prosentvis avkastning på $(11 \text{ euro}/10 \text{ euro})-1= 10 \%$. Vi går med andre ord ut i fra at vi

virkelig må betale det futureskontrakten koster dersom vi kjøper eller selger en kontrakt. På NASDAQ OMX handles futureskontrakter som kjent «på margin», slik at vi kun ville trenge å deponere en liten andel av totalbeløpet kontraktene handles for. Følgelig ville de reelle prosentvise avkastningene og standardavvikene være betydelig større dersom denne strategien hadde foregått på NASDAQ OMX. Videre behandler vi, for enkelhets skyld, kontraktene som om én kontrakt tilsvarer 1 MWh, ikke 1 MWh multiplisert med antall timer som skal leveres for hver kontrakt – slik det gjøres på NASDAQ OMX.

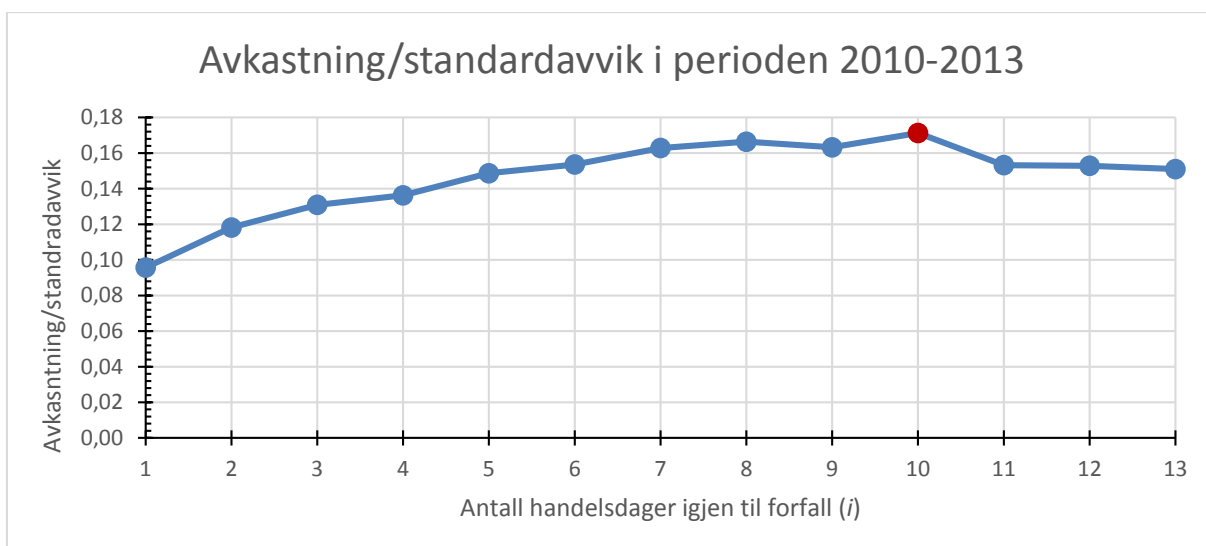
6.1.1 Strategi basert på ukeskontrakter

Vi har utformet en handelsstrategi som ville ha maksimert avkastning i forhold til risiko i den første dataperioden 2004-2009, og utført denne strategien i den etterfølgende perioden 2010-2013. Det er imidlertid flere ukeskontrakter som ikke har blitt handlet gjennom denne perioden. Det gjelder spesielt kontrakter som har hatt lang tid igjen til forfall (*i*). Vi har derfor kun sett på kontrakter som har hatt volum i minst 50 % av ukene gjennom testperioden 2010-2013. Dette viste seg å være kontrakter med mellom 1 og 13 handelsdager igjen til forfall. Blant ukeskontraktene med mellom 1 og 13 handelsdager igjen til forfall, var det kontraktene med 10 handelsdager igjen til forfall som ga høyest gjennomsnittlig avkastning i forhold til risiko i første dataperiode. Denne strategien, med 10 handelsdager igjen til forfall, tilsvarer systematisk inngåelse av salgsposisjoner på ukeskontrakter som har 10 handelsdager (2 uker) igjen til forfall én gang i uken gjennom hele perioden. Sammenhengen mellom ukeskontrakter med mellom 1 og 13 handelsdager igjen til forfall og avkastning i forhold til risiko i perioden 2004-2009 er gitt i figur 13.



Figur 13: Gjennomsnittlig avkastning dividert på standardavvik ved salg av ukeskontrakter med ulik antall handelsdager igjen til forfall i perioden 2004-2009. «10-dager-strategien» er markert med rødt.

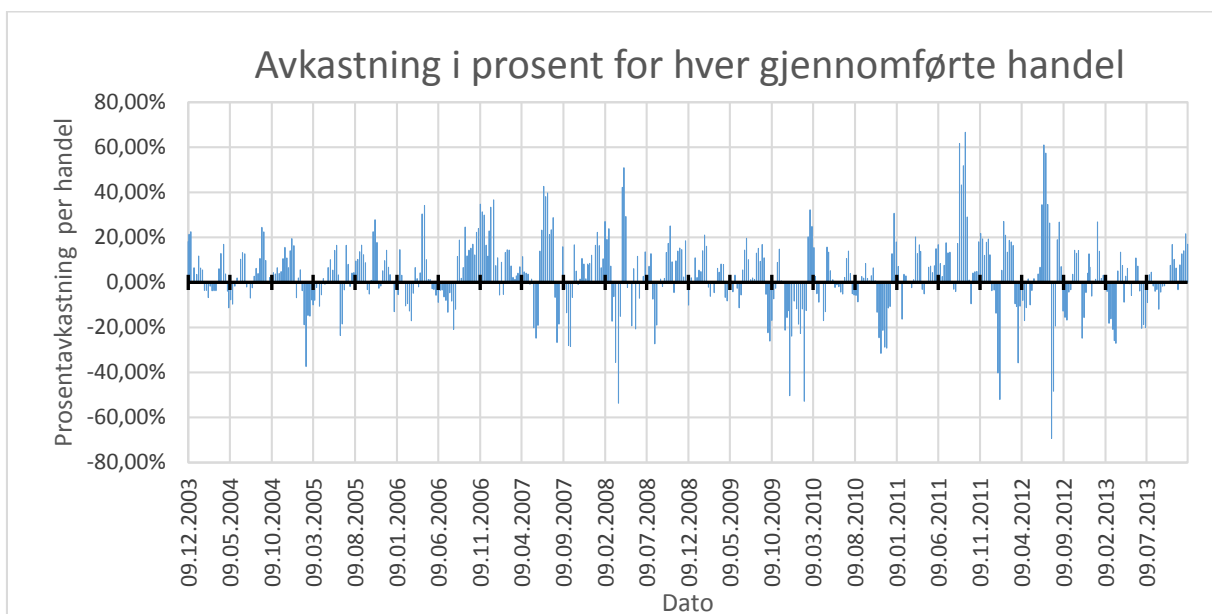
Når vi utfører denne strategien i testperioden 2010-2013 ser vi av figur 14 at sammenhengen mellom antallet handelsdager igjen til forfall når salgsposisjonen inntas og avkastning i forhold til risiko er nokså lik som den i foregående periode. Likevel er forholdet mellom avkastning og risiko betydelig lavere i testperioden 2010-2013 sammenliknet med perioden 2004-2009. Salg av ukeskontrakter som har 10 handelsdager igjen til forfall viser seg å være de kontraktene som gir høyest avkastning i forhold til risiko i både perioden 2004-2009 og i perioden 2010-2013:



Figur 14: Gjennomsnittlig avkastning dividert på standardavvik ved salg av ukeskontrakter med ulik antall handelsdager igjen til forfall i perioden 2010-2013. «10-dager-strategien» er markert med rødt.

I testperioden ville «10-dager-strategien» (selge futureskontrakter med 10 dager igjen til forfall) gitt en annualisert⁶ avkastning på 92,0 % fra 2010 til 2013. Selv om avkastningene i både testperioden 2010-2013 og i perioden 2004-2009 er ekstremt høye, ser risikoen knyttet til avkastningen ut til å være betydelig. Annualisert⁷ standardavvik i testperioden 2010-2013 var hele 107,0 %.

Selv om risikoen vurdert etter standardavvik var høyere i testperioden, betyr det ikke nødvendigvis at risikoen for et *tap* var høy. Det har naturligvis sammenheng med at standardavviket ikke forteller om de store svingningene i avkastning skyldes store positive avkastninger, store negative avkastninger, eller en kombinasjon av positive og negative avkastninger. Derfor vil det være nødvendig å se på strategiens fordeling av avkastninger for videre å vurdere hvordan strategien presterte i testperioden. I figur 15 kan vi se resultatet av «10-dager-strategien» både gjennom testperioden og perioden 2004-2009. Ut i fra figuren ser det ut til at denne strategien opplever noen få handler i perioden 2010-2013 som gir betydelige tap, der det største tapet er på nesten 70 % i løpet av én handel. Likevel ser det ut til at det er en større andel av ekstreme resultater som gir positive resultater enn negative resultater.

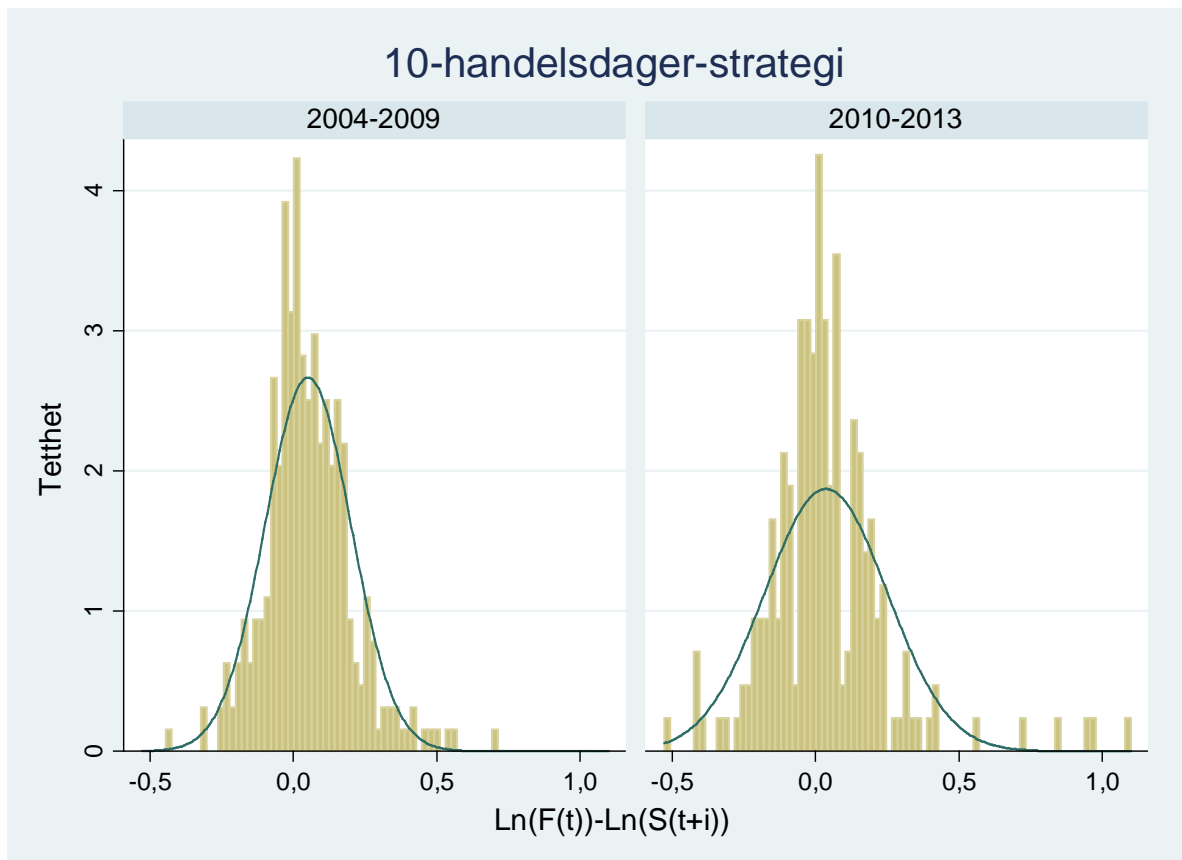


Figur 15: Forløpet av prosentavkastning for hver handel i «10-dager-strategien» i perioden 2004-2013 (($futurespris_t/systempris_{t+1}$)-1).

⁶ Annualisert avkastning beregnet ved geometrisk gjennomsnitt av hver periodes avkastning, multiplisert med (252/antall handelsdager posisjonen holdes).

⁷ Annualisert standardavvik beregnet ved standardavvik multiplisert med kvadratroten av (252/antall handelsdager posisjonen holdes).

Ved å se på et histogram over tettheten av avkastningsresultatene i perioden 2004-2009 sammenliknet med en tilhørende normalfordelingskurve (til venstre i figur 16) får vi et bedre overblikk over fordelingen av risikoen. Det er tydelig i den første perioden er det flest handler som ender med en avkastning på litt over 0 %. Ut i fra histogrammet ser det ellers ikke ut til å være mange flere ekstreme positive avkastninger enn negative avkastninger i perioden.



Figur 16: Histogram over tettheten av avkastningsresultatene i perioden 2004-2009 og 2010-2013 sammenliknet med en tilhørende normalfordelingskurve.

Til høyre i figur 16 har vi en tilsvarende sammenheng for risikoen i testperioden 2010-2013. Her finner vi i likhet med den første perioden også den største konsentrasjonen av observasjoner med litt høyere enn 0 % avkastning. Videre ser det i denne perioden ut til å være flere ekstreme positive avkastninger enn negative avkastninger. Det statistiske målet skewness indikerer i hvilken grad distribusjonen ligger symmetrisk rundt gjennomsnittet; hvis verdiene avviker fra null er dette en indikasjon på at verdiene ikke ligger symmetrisk rundt gjennomsnittet. Av tabell 10 ser vi at skewness er 0,64 for perioden 2004-2009 og 1,60 i testperioden 2010-2013. Dette indikerer at kvadrerte positive avkastninger over

gjennomsnittsavkastningen dominerer observasjonene. Det kan dermed tyde på at standardavviket overestimerer risikoen for negative observasjoner.

	2004-2009	2010-2013
Obs.	314	208
Mean	5,08 %	3,65 %
Std. Dev.	14,97 %	21,31 %
Skewness	0,64	1,60
Excess Kurtosis	1,92	6,30
Hit rate	63,7 %	59,1 %

*Signifikant forskjellig fra null ved et 0,01-nivå

*Signifikant forskjellig fra null ved et 0,05-nivå

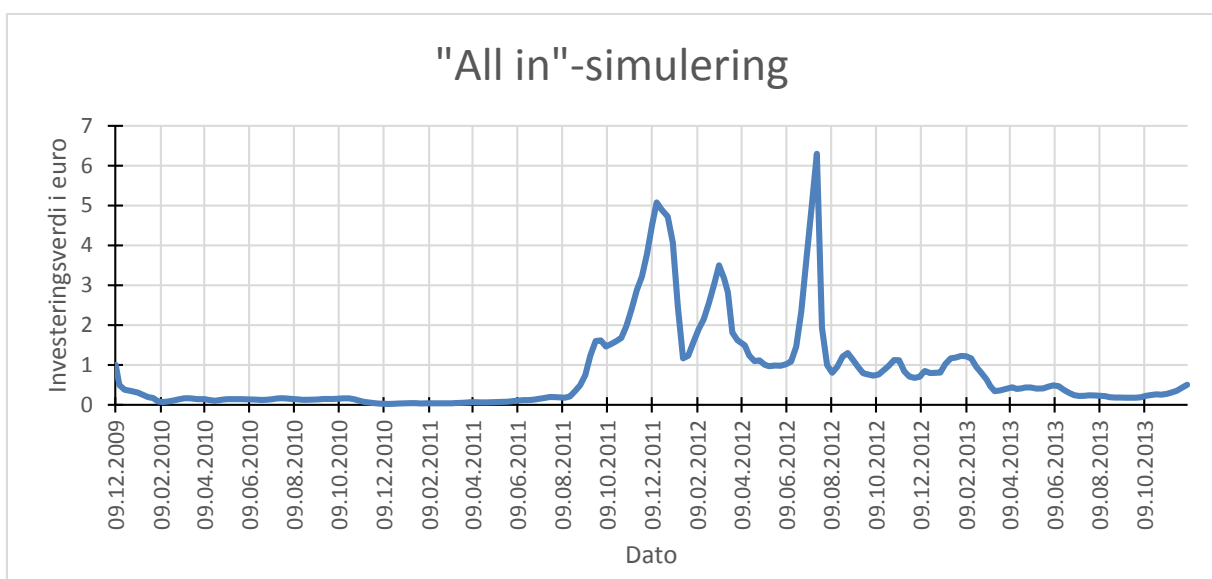
Tabell 10: Resultat av 10-handelsdager-strategi; selge futureskontrakter med 10 handelsdager igjen til forfall, for perioden 2004-2009 og for testperioden 2010-2013.

Det statistiske målet excess kurtosis indikerer hvorvidt fordelingen av dataene har en kurve som er spissere enn kurven til en normalfordeling. I testperioden 2010-2013 gir strategien en sannsynlighetsfordeling med excess kurtosis lik 6,30. En normalfordeling ville til sammenlikning gitt en excess kurtosis lik 0. En slik positiv excess kurtosis indikerer følgelig at sannsynligheten for ekstreme observasjoner er betydelig høyere enn ved en normalfordelt avkastningsfordeling. I figur 16 ser vi også at det er flere ekstreme positive avkastninger enn negative. Følgelig kan det tyde på at risikoen målt gjennom standardavvik overvurderer risikoen for tap i testperioden.

Det kan også være interessant å kalkulere «hit rate», det vil si hvor mange ganger vi oppnådde en positiv avkastning når vi fulgte denne strategien. Andelen handler som ga positiv avkastning i testperioden var 59,1 %. Denne andelen positive resultater er signifikant forskjellig fra 50 % ved et signifikansnivå på 0,01, gitt en binomisk fordeling.

Til slutt har vi sett på hvordan denne strategien ville ha prestert dersom vi hadde investert én euro ved første handel og reinvestert all tilgjengelig kapital etter hver handel. Ved denne formen for investering økes risikoen hver gang investeringen øker. Resultatet av «all in»-simuleringen er gitt i figur 17. Allerede etter de første 8 handlene reduseres investeringen til under 0,1 euro. Videre, frem til august 2011 gir strategien fortsatt store svingninger i investeringsverdi, med positive og negative prosentendringer på over 30 %. Dette er imidlertid vanskelig å se av figuren, da investeringsverdien ikke er mer enn 0,023 euro på sitt laveste. Mot slutten av 2011 opplever strategien en rekke handler som gir positiv avkastning på rad og investeringsverdien er over 5 euro i desember 2011. Deretter følger noen

ekstreme negative- og positive avkastninger som beveger investeringsverdien mellom 1 euro og 6,3 euro frem til slutten av juli 2012. Da gir strategien flere betydelige tap på rad, og investeringsverdien varierer fra 1,6 til 0,2 euro mot slutten av 2013. Investeringen ender til slutt opp med 0,5 euro i slutten av 2013. Dette illustrerer hvor risikabel en slik «short-strategi» er i det nordiske kraftmarkedet. Selv om gjennomsnittlig avkastning er relativ høy dersom man investerer et likt beløp i hver handel, kan bare noen få handler føre til at hele investeringen tapes dersom all kapital investeres på en gang. Dersom vi imidlertid hadde startet denne strategien på nytt etter de 8 første handlene med ekstreme tap, ville vi fått et sluttresultat på 6,27 euro.



Figur 17: Resultatet av «all in»-simuleringen for «10-dager-strategien» (salgsposisjon for ukeskontrakter med 10 dager igjen til forfall).

Oppsummert ville denne strategien gitt en annualisert⁸ avkastning på 92,0 % og et annualisert⁹ standardavvik på 107,0 % i testperioden 2010-2013. Dette ville gitt en Sharpe-ratio¹⁰ på 0,834, gitt at vi legger norske 10-års statsobligasjoner¹¹ til grunn for risikofri rente i perioden. Til sammenlikning har Oslo børs benchmark index kun hatt en Sharpe-ratio på 0,337. Gjennomsnittlig avkastning i begge periodene er signifikant forskjellig fra 0 ved et signifikansnivå på 0,05. Positiv «hit rate» er også signifikant forskjellig (høyere) fra 50 %. Annualisert avkastning er lavere i testperioden enn i perioden vi brukte til å utforme

⁸ Annualisert avkastning beregnet ved geometrisk gjennomsnitt av hver periodes avkastning, multiplisert med (252/antall handelsdager posisjonen holdes).

⁹ Annualisert standardavvik beregnet ved standardavvik multiplisert med kvadratroten av (252/antall handelsdager posisjonen holdes).

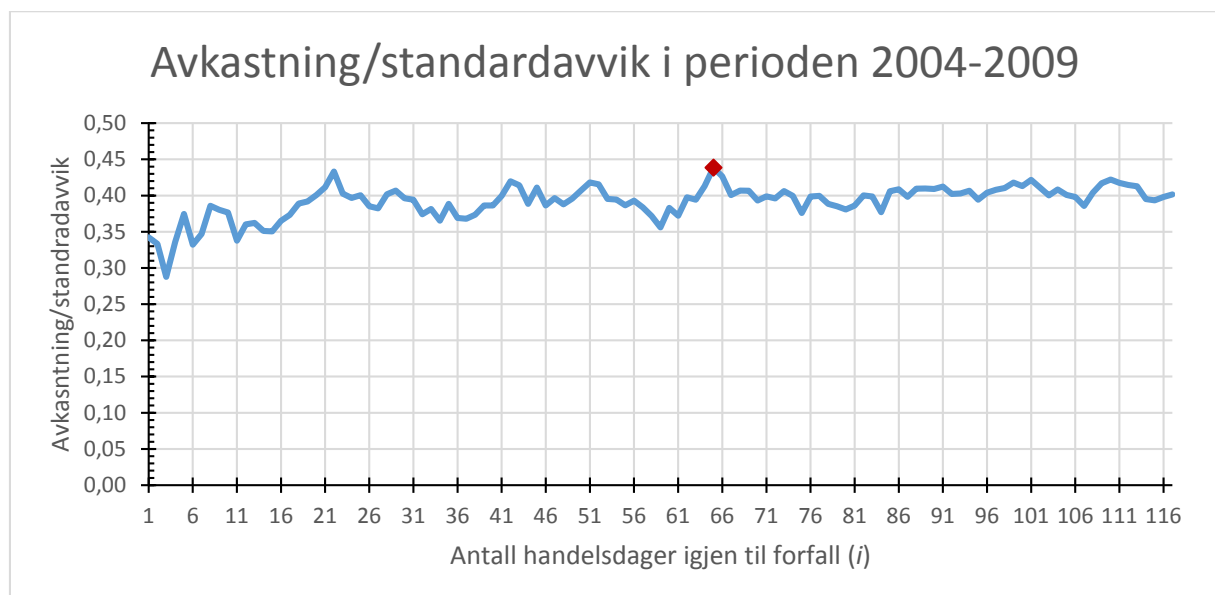
¹⁰ Sharpe-ratio: (gjennomsnittlig avkastning-risikofri rente)/gjennomsnittlig standardavvik.

¹¹ Den gjennomsnittlige norske renten for 10-års statsobligasjoner har vært 2,83% i perioden 2010-2013.

strategien, men den risikojusterte avkastningen var likevel betydelig høyere enn det OSEBX oppnådde i samme periode.

6.1.2 Strategi basert på månedskontrakter

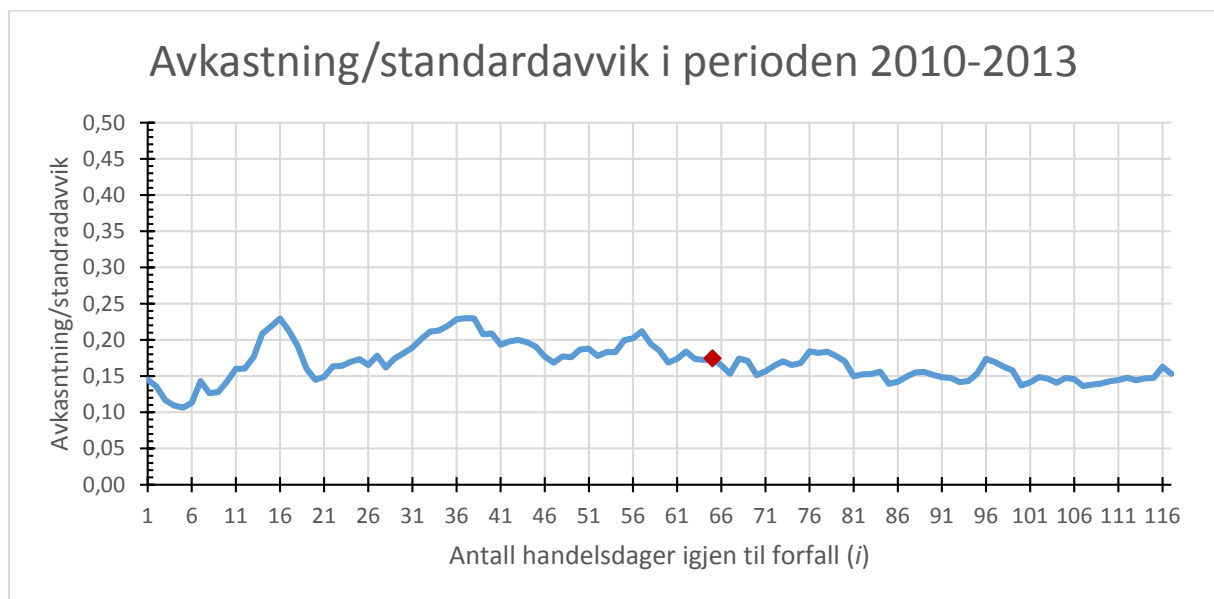
For månedskontraktene har vi utformet en handelsstrategi som ville maksimert avkastning i forhold til risiko i den første perioden 2004-2009, og utført denne strategien i den etterfølgende testperioden 2010-2013. Det er generelt færre månedskontrakter enn ukeskontrakter uten volum i denne perioden. Kontrakter med mellom 1 og 84 handelsdager igjen til forfall har hatt volum i mellom 80 og 100 % av månedene i perioden. Kontrakter med mer enn 84 handelsdager igjen til forfall (*i*) har hatt en lavere andel handler med volum; ned mot 50 % for kontrakter med 117 handelsdager igjen til forfall. Vi har derfor kun vurdert kontrakter som har mellom 1 og 84 handelsdager igjen til forfall. Blant kontraktene med mellom 1 og 84 handelsdager igjen til forfall ga kontraktene med 65 handelsdager igjen til forfall høyest gjennomsnittlig avkastning i forhold til risiko i den første perioden 2004-2009 (markert rødt i figur 18). Det vil si at månedskontrakter med 65 handelsdager igjen til forfall systematisk selges én gang i måneden og holdes frem til forfall. Avkastning i forhold til risiko for månedskontrakter som selges mellom 1 og 84 handelsdager før forfall i perioden 2004-2009 er gitt i figur 18.



Figur 18: Gjennomsnittlig avkastning dividert på standardavvik ved salg av månedskontrakter med ulik antall handelsdager før forfall i perioden 2004-2009. «65-dager-strategien» er markert med rødt.

Når vi utfører denne strategien i testperioden 2010-2013, ser vi av figur 19 at sammenhengen mellom antall handelsdager til forfall når salgsposisjonen inntas og

avkastning i forhold til risiko er nokså ulik i de to periodene. Forholdet mellom avkastning og risiko er også betydelig lavere i testperioden 2010-2013 enn i perioden 2004-2009. Selv om futureskontrakter som har 65 handelsdager igjen til forfall var de kontraktene som ga høyest avkastning i perioden 2004-2009, var det ikke slik i testperioden. Da var det månedlig salg av kontrakter med 37 handelsdager igjen til forfall som ville gitt høyest avkastning i forhold til risiko. Likevel ga strategien med 65 dager igjen til forfall en positiv gjennomsnittlig avkastning i forhold til risiko (markert med rødt i figur 19) også i testperioden 2010-2013.



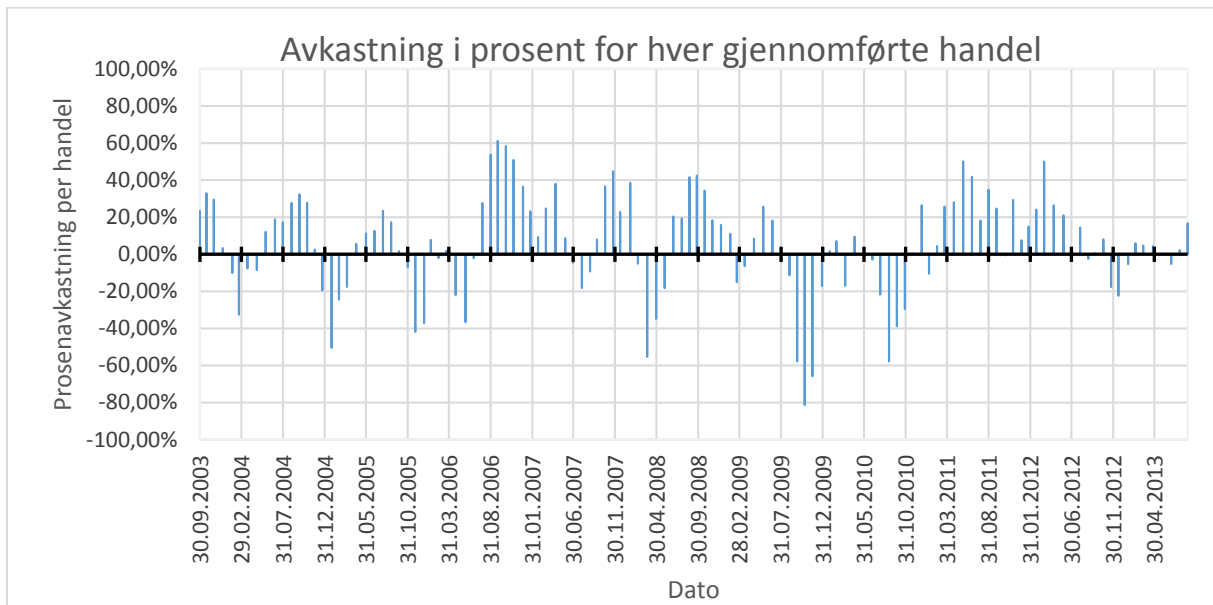
Figur 19: Gjennomsnittlig avkastning dividert på standardavvik ved salg av månedskontrakter i tid (antall dager) før forfall i perioden 2010-2013. «65-dager-strategien» er markert med rødt.

For hvert år i perioden ville «65-dager-strategien» (selge månedskontrakter med 65 handelsdager igjen til forfall) gitt en annualisert¹² avkastning på 18,7 % fra 2010 til 2013. Selv om avkastningen i testperioden 2010-2013 er høy, ser risikoen knyttet til avkastningen ut til å være betydelig. Annualisert standardavvik i testperioden var 54,4 %. Andelen av de gjennomførte handlene som ga positiv avkastning var imidlertid helt lik i begge periodene; 65 % i både testperioden 2010-2013 og i perioden 2004-2009.

Vi har også analysert risikoen knyttet til strategiene ut over det standardavviket kan fortelle oss. I figur 20 kan vi se resultatet av «65-dager-strategien» for hver handel i både testperioden 2010-2013 og i perioden 2004-2009. Ut i fra figuren ser det ut til at denne

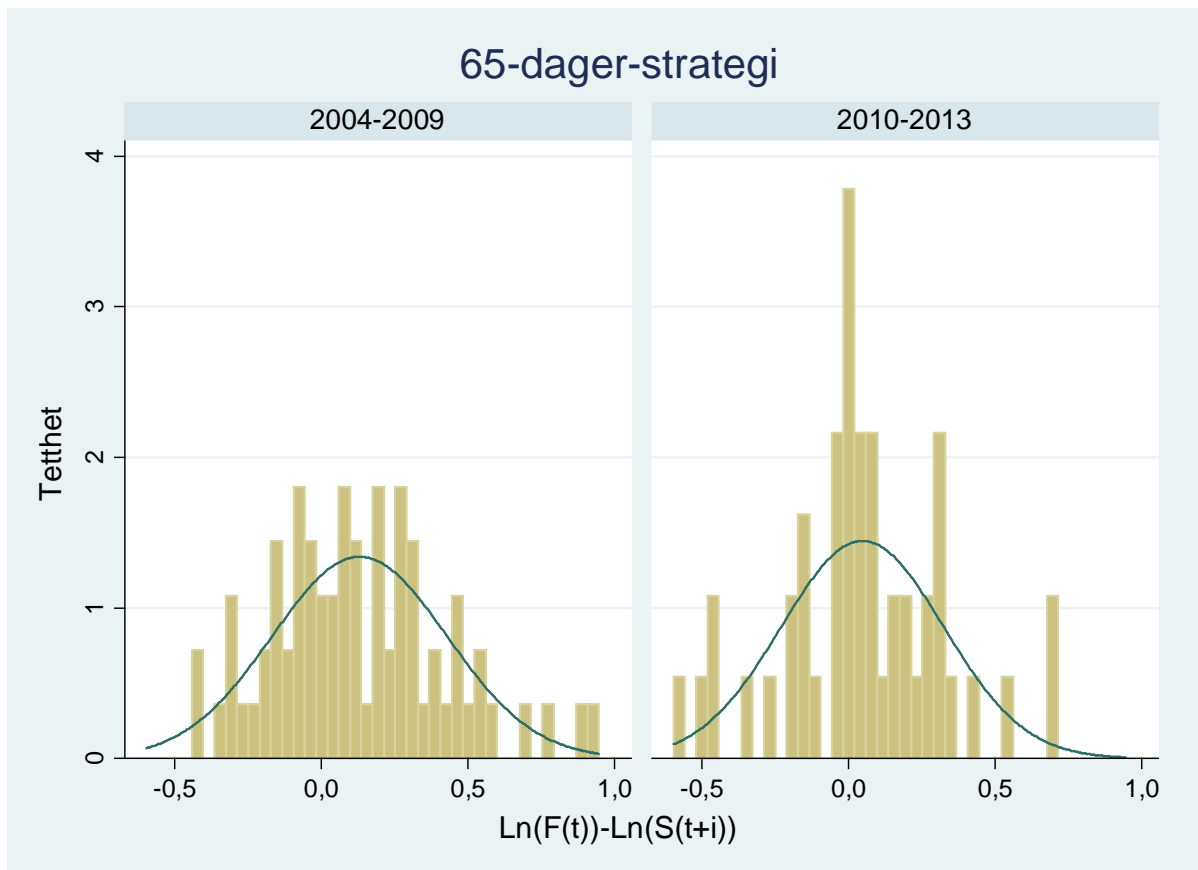
¹² Annualisert avkastning beregnet ved geometrisk gjennomsnitt av hver periodes avkastning, multiplisert med (252/antall handelsdager posisjonen holdes).

strategien opplever flere handler som gir betydelige tap, der det største tapet er over 80 % i løpet av én handel.



Figur 20: Prosentavkastning for hver handel i «65-dager-strategien» i perioden 2004-2013 ($(\text{futurespris}_t/\text{systempris}_{t+i})-1$).

Ved å se på et histogram over tettheten av avkastningsresultatene i perioden 2004-2009 og i perioden 2010-2013 sammenliknet med en tilhørende normalfordelingskurve (i figur 21) får vi et annet overblikk over risikofordelingen. Det er tydelig at det er størst konsentrasjon av handler som har gitt en avkastning på rett over 0 % i begge periodene.



Figur 21: Histogram over tettheten av avkastningsresultatene i perioden 2004-2009 og 2010-2013 sammenliknet med en tilhørende normalfordelingskurve.

I testperioden 2010-2013 ser det ut til å være litt flere ekstreme negative avkastinger enn positive. Av tabell 11 ser vi også at excess kurtosis er 0,37 og signifikant forskjellig fra en normalfordeling. Testperioden har med andre ord litt tykkere haler enn ved en normalfordelt populasjon, og sannsynligheten for ekstreme avkastninger er litt høyere enn den ville vært dersom avkastningen var normalfordelt. I testperioden 2010-2013 er ikke skewness signifikant forskjellig fra en normalfordelt avkastningsfordeling. Standardavviket i disse periodene er likevel et bedre risikomål enn det var for strategien med ukeskontrakter i forrige delkapittel.

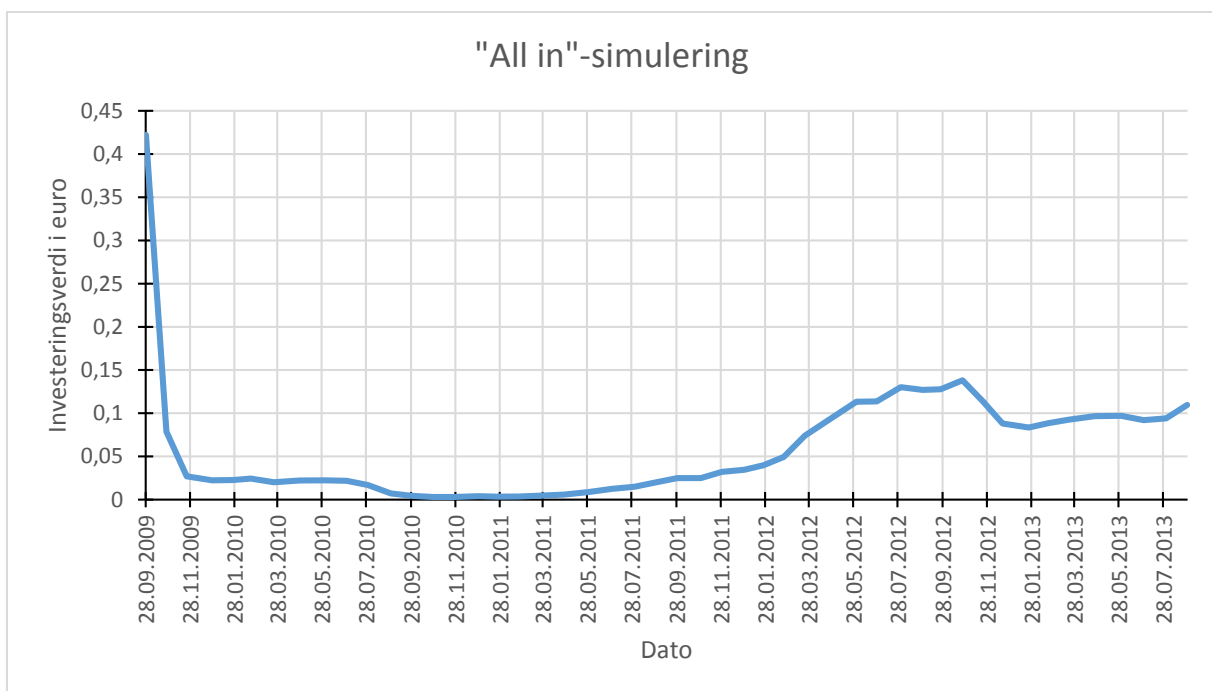
	2004-2009	2010-2013
Obs.	72	48
Mean	13,06 %*	4,82 %
Std. Dev.	29,78 %	27,62 %
Skewness	0,46	0,02
Excess Kurtosis	0,06	0,37
Hit rate	65,3 %	64,6 %

*Signifikant forskjellig fra null ved et 0,01-nivå

Tabell 11: Resultat av 65-dager-strategi.

Videre fant vi at «hit rate», andelen av handlene som ga positiv avkastning, var 64,6 %. Denne andelen positive resultater er signifikant forskjellig fra 50 % ved et signifikansnivå på 0,05, gitt en binomisk fordeling.

Vi har også sett hvordan denne strategien ville prestert i en «all in»-simulering. Her starter vi med én euro og reinvesterer deretter resultatet av hver handel i hver nye handel gjennom perioden. Investeringsbeløpet i hver nye handel er dermed forrige investering pluss tap eller gevinst fra forrige handel. Resultatet av «all in»-simuleringen er gitt i figur 22. Allerede etter de 3 første månedene er mesteparten av pengene tapt. I de neste 11 månedene reduseres investeringen ytterligere ned mot 0,003 euro. Fra slutten av april 2011 øker imidlertid investeringen med over 160 % frem til slutten oktober 2012. Deretter faller investeringen med rundt 40 % ned til 0,08 euro, for så å øke nesten 40 % til 0,11 euro i den siste handelen. Dette illustrerer også hvor risikabel en slik «short»-strategi i det nordiske strømmarkedet er. Selv om gjennomsnittlig avkastning er relativt høy dersom man investerer et likt beløp i hver handel, kan bare noen få handler føre til at store deler av investeringen tapes dersom all kapital investeres på en gang.



Figur 22: Resultat av en «all in»-simulering for «65-dager-strategien» (salgsposisjon for månedskontrakter med 65 dager igjen til forfall).

Oppsummert ville denne strategien (systematisk salg av månedlige futureskontrakter 65 dager før de forfaller, og holde posisjonene frem til forfall) gitt en annualisert¹³ avkastning på 18,7 % og et annualisert standardavvik¹⁴ på 54,4 % i testperioden. Dette ville gitt en Sharpe-ratio¹⁵ på 0,292, gitt at vi legger norske 10-års statsobligasjoner¹⁶ til grunn for risikofri rente i perioden. Til sammenlikning har Oslo børs benchmark index hatt en Sharpe-ratio på 0,337. Gjennomsnittlig avkastning i begge periodene er signifikant forskjellig fra 0 ved et signifikansnivå på 0,05. Positiv «hit rate» er også signifikant (høyere) forskjellig fra 50 %. Avkastningen i forhold til risiko er betydelig lavere i testperioden 2010-2013 enn i perioden vi brukte til å utforme strategien. Dessuten er risikojustert avkastning lavere enn det Oslo børs opplevde i tilsvarende periode.

6.2 Kjøp av ukes- og månedskontrakter basert på hvor stor prisforskjell («spread») det er mellom to ulike terminkontrakter

På bakgrunn av sammenhengene vi fant i kapittel 5.3, har vi konstruert noen enkle handelsstrategier. Her fant vi blant annet gjennomsnittlig «spread» mellom to og to futureskontrakter, samt gjennomsnittlig positivt og negativt avvik fra dette forholdet. Området innenfor gjennomsnittlig positivt og negativt avvik fra gjennomsnittlig «spread» omtaler vi som «korridoren». Vi så på forholdet mellom kontrakter fra den «nærmeste» kontrakten (frontkontrakten) til kontraktene lengst frem i tid (5 uker/måneder etter frontkontrakten). Kontrakten etter frontkontrakten for ukeskontrakter kaller vi for «uke1+», kontrakten 2 uker etter frontkontrakten for «uke2+» osv. frem til «uke5+». Tilsvarende kaller vi månedskontraktene etter frontkontrakten for «måned1+», «måned2+» osv. frem til «måned5+». Dessuten fant vi gjennomsnittlig antall dager før «spread» var tilbake innenfor «korridoren», dersom den beveget seg utenfor den positive eller negative delen av «korridoren». På bakgrunn av disse tallene fra 2004 til 2009, har vi konstruert handelsstrategier som går ut på å kjøpe og selge to futureskontrakter med forskjellig leveringstid dersom forholdet mellom kontraktene bryter ut av «korridoren». Deretter reverserer vi kontraktene etter det antallet dager det gjennomsnittlig tok før «spread»

¹³ Annualisert avkastning beregnet ved geometrisk gjennomsnitt av hver periodes avkastning, multiplisert med (252/antall handelsdager posisjonen holdes).

¹⁴ Annualisert standardavvik beregnet ved standardavvik multiplisert med kvadratroten av (252/antall handelsdager posisjonen holdes).

¹⁵ Sharpe-ratio: (gjennomsnittlig avkastning-risikofri rente)/gjennomsnittlig standardavvik.

¹⁶ Den gjennomsnittlige norske renten for 10-års statsobligasjoner har vært 2,83% i perioden 2010-2013.

beveget seg tilbake innenfor «korridoren». Her benytter vi også beregninger fra første periode 2004-2009 og utfører strategien i testperioden 2010-2013. En slik strategi blir, som nevnt i kapittel 4.2 om teknisk analyse, omtalt som en «calander spread».

Utrekning av avkastning blir vanskeligere enn for strategiene i kapittel 6.1, som kun dreide seg om å selge futureskontrakter med (*i*) antall handelsdager igjen til forfall og holde kontraktene til forfall. Da hadde vi også problemer med at futureskontrakter handles «på margin». Men med «spread»-strategien, der vi selger og kjøper to kontrakter på samme tidspunkt, er det i tillegg tilknyttet en svært liten investeringskostnad ettersom vi ville mottatt penger for salget av kontrakten vi selger, samtidig som vi måtte betalt penger for kjøpet av den andre kontrakten. På NASDAQ OMX foregår det imidlertid mark-to-market, slik at vår investering kun er differansen mellom kjøpskontraktsprisen og salgskontraktsprisen og utviklingen av dette forholdet for hver dag vi holder kontraktene. Dessuten handles kontraktene på margin, slik at den reelle investeringssummen vil være enda mindre. Vi har valgt å kalkulere prosentvis avkastning av kjøpesummen på kjøpskontrakten i hver handel. Vi illustrerer dette med et eksempel. La oss si at vi kjøper «uke1+»-kontrakten til 10 euro/MWh i periode (*t*) og samtidig selger «uke3+»-kontrakten til for eksempel 20 euro/MWh. Etter (*i*) dager reverserer vi posisjonene. Hvis «uke+1»-kontrakten nå koster 15 euro/MWh, mens «uke3+» koster 30 euro/MWh vil vår absolutte avkastning av denne handelen være $(20-30)+(15-10) = -5$, mens vår prosentvise avkastning ville være $(-5)/10 = -50\%$. I realiteten ville den absolutte avkastningen blitt multiplisert med antall MWh kontrakten omfattet.

6.2.1 «Spread»-strategi for ukeskontrakter

I tabell 12 har vi oppsummert sammenhengene vi fant i det foregående kapittelet om terminstrukturen mellom ulike ukeskontrakter i perioden 2004-2009. I kolonnen «Gj.sn spread» finner vi gjennomsnittlig differanse i prosent («spread») mellom to futureskontrakter i den første perioden. Hvis vi eksempelvis ser på kontraktene «uke1+» og «uke2+», ser vi at gjennomsnittlig «spread» er 1,3 %. Det vil si at ukeskontrakter med levering to uker etter frontkontrakten gjennomsnittlig har vært 1,3 % høyere priset enn ukeskontrakter med levering én uke etter frontkontrakten. «Positivt gj.sn. avvik» beskriver positivt gjennomsnittlig prosentavvik fra gjennomsnittlig «spread» mellom kontraktene. For kontraktene «uke1+» og «uke2+» var gjennomsnittlig positivt avvik 3,0 %, mens negativt gjennomsnittlig avvik var -2,4 %. Disse avvikene danner grunnlag for kjøp og salg i strategien,

og området innenfor disse avvikene er det vi omtaler som «korridoren». Dersom «spread» mellom to kontrakter blir større enn det positive gjennomsnittlige avviket, skal kontrakten med flest dager til levering selges, og kontrakten med færrest dager til levering kjøpes: selg «uke2+», kjøp «uke1+». Tilsvarende ville vi solgt kontrakten med kortest tid til forfall og kjøpt kontrakten med forfallsdato lengst frem i tid dersom «spread» ble mindre enn gjennomsnittlig *negativt* avvik fra gjennomsnittlig «spread». Deretter ville vi holdt kontraktene det antallet dager det gjennomsnittlig tok før «spread» mellom kontraktene beveget seg tilbake innenfor positivt avvik (i korridoren) igjen. For kontraktene «uke1+» og «uke2+» ser vi av kolonnen «gj.sn antall dager før tilbakevending innenfor positivt avvik» at det gjennomsnittlig tok 4 dager før «spread» beveget seg innenfor den positive delen av korridoren igjen. For det negative avviket tok det gjennomsnittlig 3 dager.

Kontrakter	Gj.sn spread	Positivt gj.sn avvik	Negativt gj.sn avvik	Gj.sn antall dager før tilbakevending innenfor positivt avvik	Gj.sn antall dager før tilbakevending innenfor negativt avvik
Uke1+ og uke2+	1,3 %	3,0 %	-2,4 %	4	3
Uke1+ og uke3+	2,0 %	4,5 %	-3,7 %	5	3
Uke1+ og uke4+	2,5 %	5,7 %	-4,5 %	7	4
Uke1+ og uke5+	3,1 %	7,2 %	-5,2 %	9	4
Uke2+ og uke3+	0,5 %	2,2 %	-2,0 %	4	3
Uke2+ og uke4+	1,1 %	3,5 %	-3,0 %	4	3
Uke2+ og uke5+	1,8 %	5,2 %	-3,7 %	7	3
Uke3+ og uke4+	0,4 %	2,0 %	-1,8 %	3	2
Uke3+ og uke5+	1,0 %	3,4 %	-2,7 %	5	3
Uke4+ og uke5+	0,4 %	2,1 %	-1,8 %	4	2

Tabell 12: Gjennomsnittlig «spread» mellom alle mulige kombinasjoner av kontraktene i perioden 2004-2009.

Vi har utført «spread»-strategien for alle kontraktskombinasjonene vi analyserte i tabell 12. Resultatene i perioden 2004-2009 er gjengitt i tabell 13. Her har vi oppsummert gjennomsnittlig avkastning, standardavvik og avkastning i forhold til standardavvik (i kolonnen « μ/σ ») for tre ulike versjoner av strategien: Én versjon der det kun handles dersom prosentavviket mellom to kontrakter beveger seg utenfor den *positive* delen av korridoren, én der det bare handles dersom prosentavviket mellom to kontrakter beveger seg utenfor den *negative* delen av korridoren, og til slutt hovedstrategien som benytter både den *positive og negative* delen av korridoren som handleregel (fullstendig spread-strategi). Det er den fullstendige «spread»-strategien vi ønsker å vurdere i dette kapittelet, men ved å se på resultatene fra den positive og negative delen av korridoren individuelt vil det være lettere å forstå resultatene av den fullstendige strategien.

2004-2009									
Kontrakt	Kun positive avvik fra korridor som handleregel			Kun negative avvik fra korridor som handleregel			Fullstendig spread-strategi		
	Mean	StDev	μ/σ	Mean	StDev	μ/σ	Mean	StDev	μ/σ
Uke1+ og uke2+	0,1 %	3,2 %	0,028	1,4 %	3,2 %	0,450	0,5 %	3,3 %	0,154
Uke1+ og uke3+	-0,9 %	4,2 %	-0,208	1,6 %	4,0 %	0,399	-0,2 %	4,2 %	-0,042
Uke1+ og uke4+	-1,5 %	5,0 %	-0,291	1,4 %	4,9 %	0,278	-0,5 %	4,5 %	-0,104
Uke1+ og uke5+	-1,7 %	5,7 %	-0,301	0,6 %	4,1 %	0,140	-0,3 %	3,9 %	-0,088
Uke2+ og uke3+	0,2 %	2,6 %	0,095	0,9 %	2,2 %	0,424	0,5 %	2,5 %	0,188
Uke2+ og uke4+	0,0 %	3,1 %	-0,016	0,6 %	2,4 %	0,266	0,2 %	2,9 %	0,057
Uke2+ og uke5+	-0,8 %	4,0 %	-0,195	0,6 %	2,8 %	0,210	-0,4 %	3,7 %	-0,097
Uke3+ og uke4+	0,8 %	2,1 %	0,385	0,9 %	2,0 %	0,463	0,9 %	2,1 %	0,415
Uke3+ og uke5+	0,4 %	2,6 %	0,146	0,6 %	2,4 %	0,244	0,5 %	2,6 %	0,177
Uke4+ og uke5+	0,9 %	2,2 %	0,378	0,8 %	2,2 %	0,366	0,8 %	2,3 %	0,374

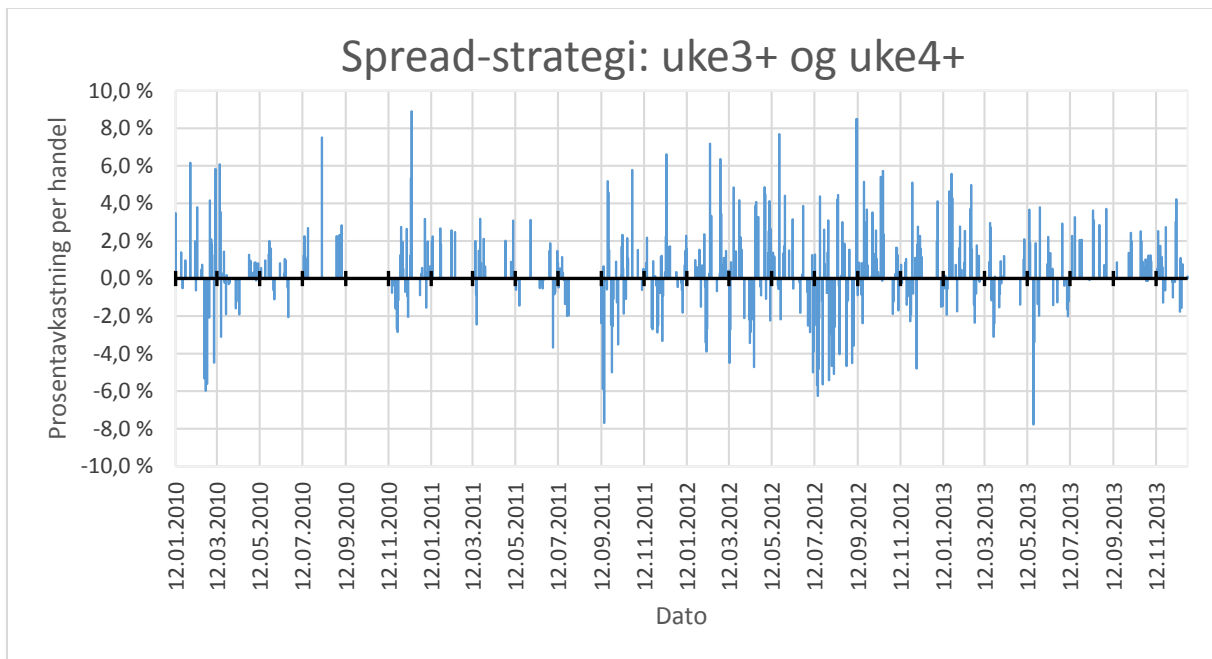
Tabell 13: Resultat av tre versjoner av «spread»-strategien for alle kontraktkombinasjoner i perioden 2004-2009.

I tabell 13 ser vi at handlene basert på *negative* avvik utenfor «korridoren» ga høyere avkastning i forhold til risiko (kolonnen « μ/σ ») enn handlene basert på *positive* avvik utenfor korridoren for samtlige kontraktkombinasjoner i perioden 2004-2009. Gjennomsnittlig avkastning dividert på standardavvik er høyest ved bruk av kontraktene «uke3+» og «uke4+» når vi benytter *hele* korridoren som handleregel i perioden 2004-2009. Vil utfører derfor strategien med denne kontraktkombinasjonen i testperioden 2010-2013:

2010-2013									
Kontrakt	Kun positive avvik fra korridor som handleregel			Kun negative avvik fra korridor som handleregel			Fullstendig spread-strategi		
	Average	StDev	μ/σ	Average	StDev	μ/σ	Average	StDev	μ/σ
Uke3+ og uke4+	0,4 %	2,5 %	0,159	0,5 %	2,3 %	0,216	0,5 %	2,5 %	0,183

Tabell 14: Resultat av «spread»-strategi i testperioden 2010-2013.

I tabell 14 ser vi at kontraktkombinasjonen «uke3+» og «uke4+», som ga høyest avkastning i forhold til risiko i perioden 2004-2009, ville gitt positiv avkastning i forhold til risiko i testperioden 2010-2013. Både den negative og den positive delen av korridoren som handleregel bidro til positiv gjennomsnittlig avkastning per handel. Resultatene for hver handel av den fulle strategien i testperioden 2010-2013 ser vi i figur 23.



Figur 23: Avkastning per handel i «uke3+» og «uke4+»-strategien fra 2010-2013.

Ut i fra figur 23 og figur 24 ser strategien ut til å gi en overvekt av positive resultater i perioden 2010-2013. I tabell 15 ser vi beskrivende statistikk av resultatet i begge periodene. Her ser vi at strategien ville gitt en signifikant positiv gjennomsnittlig avkastning på 0,45 % per handel i testperioden 2010-2013 med et standardavvik på 2,49 %.

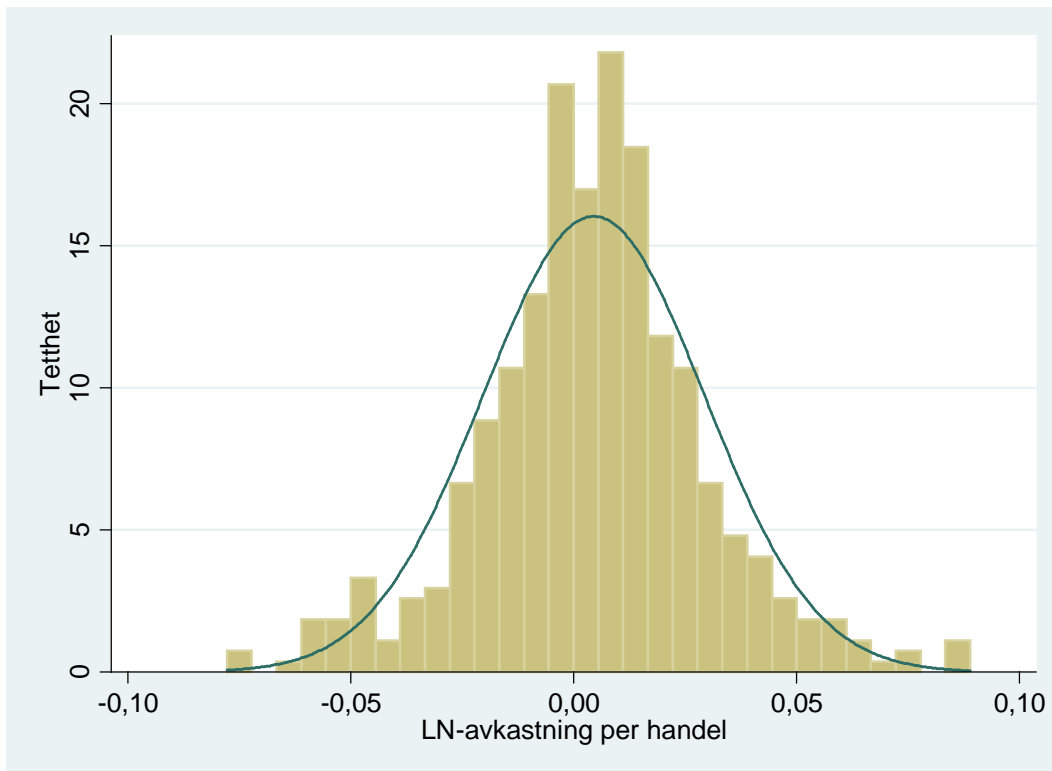
	2004-2009	2010-2013
Observations	556	487
Mean	0,88 %*	0,45 %*
Std. Dev.	2,11 %	2,49 %
Skewness	0,37	0,01
Excess kurtosis	1,22	1,04
Hit rate	67,1 %	60,3 %

*Signifikant forskjellig fra null ved et 0,01-nivå

Tabell 15: Resultat av «uke3+ og uke4+»-strategien».

Fordelingen av avkastningsresultatet med en tilhørende normalfordelingskurve er gitt i figur 24. Av figurene og de statiske målene excess kurtosis og skewness (tabell 15) ser vi at avkastningsfordelingen i testperioden ikke er veldig langt fra å være normalfordelt. Likevel er excess kurtosis signifikant forskjellig¹⁷ fra en normalfordeling. Dermed vil det være en litt større sannsynlighet for ekstreme observasjoner enn det ville vært dersom avkastningene hadde vært normalfordelt.

¹⁷ Testet gjennom STATAs «sktest».

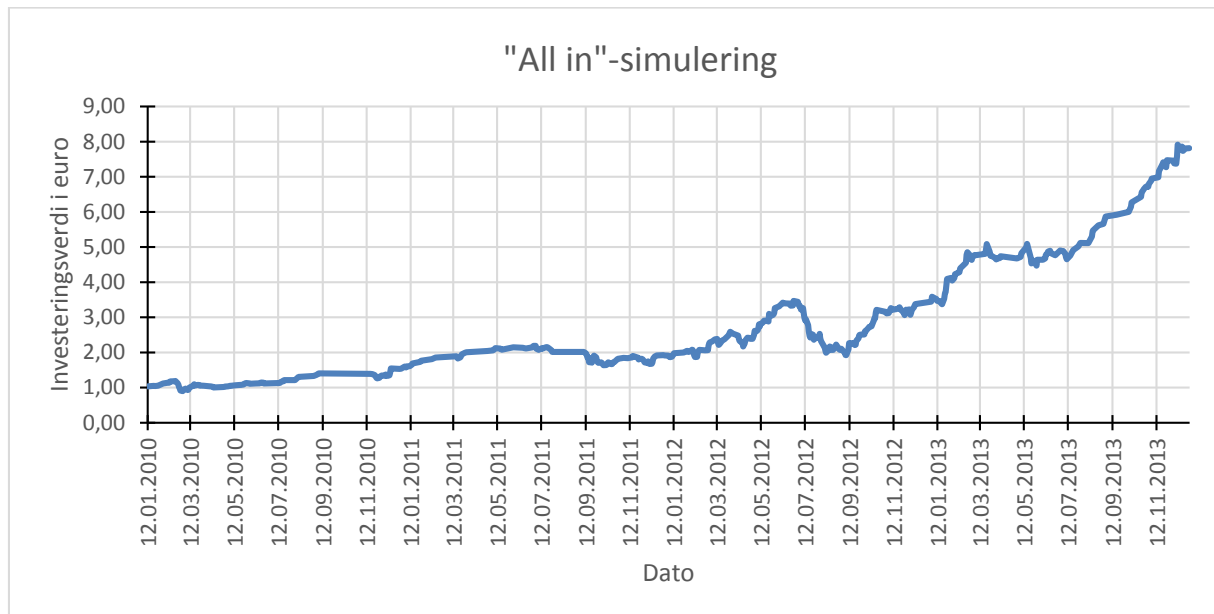


Figur 24: Tettheten av avkastningsresultatene i perioden 2010-2013 med tilhørende normalfordelingskurve.

Videre ga strategien en «hit rate», andelen av handlene som ga positiv avkastning, på 60,3 %. Denne andelen positive resultater er signifikant forskjellig fra 50 % ved et signifikansnivå på 0,001, gitt en binomisk fordeling.

Til slutt har vi testet ut hvordan denne strategien ville ha prestert dersom vi investerer én euro ved første handel og reinvesterer all tilgjengelig kapital etter hver nye handel. Vi har imidlertid forenklet utregningen per handel ved å benytte den kalkulerte prosentavkastningen i stedet for å selge én kontrakt samtidig som å kjøpe en annen kontrakt og reversere posisjonen. Vi vil dermed få et tilnærmet riktig avkastningsforløp. Ved denne formen for investering øker vi risikoen hver gang investeringen øker. Resultatet av «all in»-simuleringen er gitt i figur 25. Etter 487 handler stiger investeringen med nesten 700 % på 4 år. I løpet av perioden forekommer det noen større tap like etter hverandre, med det største fallet i begynnelsen av juli 2012 frem til midten av august 2012, der investeringen reduseres med om lag 40 %. Selv om det forekommer noen betydelige fall i investeringsverdien i løpet av perioden, var det ikke mange nok tap rett etter hverandre til at investeringen falt mye under opprinnelig investeringsverdi på én euro. Dette illustrerer hvilken oppside denne strategien kan gi, hvis innsatsen økes hver gang investeringen gir positiv avkastning. Samtidig

kunne denne strategien gitt betydelige tap, dersom det hadde vært flere handler med negativ avkastning på rad.



Figur 25: Resultat av «all in»-simulering for ukeskontrakter.

Oppsummert ville vi ved å følge «spread»-strategien for kontraktene 3 og 4 uker etter frontkontrakten oppnådd en annualisert¹⁸ avkastning på 47,5 % med et annualisert¹⁹ standardavvik på 24,9 % i perioden 2010-2013. Gjennomsnittlig avkastning er signifikant forskjellig fra 0 ved et signifikansnivå på 0,01. Positiv «hit rate» er også signifikant (høyere) forskjellig fra 50 %. Strategien ville gitt en Sharpe-ratio²⁰ på 1,792, gitt at vi legger norske 10-års statsobligasjoner²¹ til grunn for risikofri rente i perioden. Til sammenlikning har Oslo børs benchmark index hatt en Sharpe-ratio på 0,337 i den samme perioden. Ved å følge denne strategien i perioden 2010-2013 ville man dermed fått en mye høyere risikojustert avkastning enn det benchmarkindeksen på Oslo børs hadde i samme periode. Det er imidlertid med forbehold om at det virkelig var mulig å handle på sluttkursene vi har lagt til grunn i analysen. Som vi drøftet i kapittel 3 har det vært spesielt lite likviditet i ukeskontrakter med lang tid til forfall i analyseperioden, noe som ville ha gjort det vanskelig å følge strategien nøyaktig slik vi har simulert den.

¹⁸ Annualisert avkastning beregnet ved geometrisk gjennomsnitt av hver periodes avkastning, multiplisert med (252/antall handelsdager posisjonen holdes).

¹⁹ Annualisert standardavvik beregnet ved standardavvik multiplisert med kvadratroten av (252/antall handelsdager posisjonen holdes).

²⁰ Sharpe-ratio: (annualisert avkastning-risikofri rente)/annualisert standardavvik.

²¹ Den gjennomsnittlige norske renten for 10-års statsobligasjoner har vært 2,83% i perioden 2010-2013.

6.2.2 «Spread»-strategi for månedskontrakter

I tabell 16 har vi oppsummert sammenhengene vi fant i det foregående kapittelet om terminstrukturen mellom ulike månedskontrakter i perioden 2004-2009. Tabellen kan tolkes på samme måte som forklart i delkapittel 6.2.1 om ukeskontrakter.

Kontrakter	Gj.sn spread	Positivt gjennomsnittlig avvik	Negativt gjennomsnittlig avvik	Gj.sn dager før tilbakevending innenfor positivt avvik	Gj.sn dager før tilbakevending innenfor negativt avvik
Måned1+ og måned2+	2,4 %	6,0 %	-4,8 %	15	7
Måned1+ og måned3+	4,3 %	9,8 %	-9,5 %	19	12
Måned1+ og måned4+	6,2 %	14,0 %	-13,1 %	18	13
Måned1+ og måned5+	7,8 %	19,0 %	-15,2 %	21	12
Måned2+ og måned3+	1,7 %	5,7 %	-5,1 %	13	7
Måned2+ og måned4+	3,3 %	9,7 %	-9,7 %	14	10
Måned2+ og måned5+	4,9 %	12,9 %	-13,9 %	12	9
Måned3+ og måned4+	1,4 %	5,8 %	-5,0 %	13	10
Måned3+ og måned5+	2,7 %	9,2 %	-10,5 %	15	9
Måned4+ og måned5+	1,1 %	5,5 %	-5,4 %	9	8

Tabell 16: Gjennomsnittlig «spread» mellom alle mulige kombinasjoner av kontraktene i perioden 2004-2009.

Vi har utført «spread»-strategien for alle kombinasjoner av kontraktene som vi analyserte i tabell 16. Resultatene av strategien i perioden 2004-2009 er gjengitt i tabell 17. Her har vi oppsummert gjennomsnittlig avkastning, standardavvik og avkastning i forhold til standardavvik (i kolonnen « μ/σ ») for tre ulike versjoner av strategien: Én strategi der det kun handles dersom «spread»²² mellom to kontrakter beveger seg utenfor den *positive* delen av korridoren, én der det bare handles dersom «spread» mellom to kontrakter beveger seg utenfor den *negative* delen av korridoren, og til slutt strategien som benytter både den *positive og negative* delen av korridoren som handleregel (fullstendig «spread»-strategi). Det er den fullstendige «spread»-strategien vi ønsker å vurdere i dette kapittelet. Likevel vil vi også legge ved resultatene av den positive og negative delen av korridoren, slik at det vil være lettere å forstå resultatene av den fullstendige strategien.

²² Prosentavviket mellom to kontrakter.

2004-2009

Kontrakt	Kun positive avvik fra korridor som handleregel			Kun negative avvik fra korridor som handleregel			Fullstendig spread-strategi		
	Average	StDev	μ/σ	Average	StDev	μ/σ	Average	StDev	μ/σ
Måned1+ og måned2+	0,0 %	3,1 %	0,016	1,3 %	2,1 %	0,617	0,5 %	2,8 %	0,169
Måned1+ og måned3+	-0,6 %	4,9 %	-0,127	2,3 %	3,4 %	0,692	0,3 %	4,7 %	0,064
Måned1+ og måned4+	-1,0 %	7,0 %	-0,146	3,7 %	4,8 %	0,775	0,6 %	6,7 %	0,097
Måned1+ og måned5+	-1,2 %	6,2 %	-0,193	4,2 %	5,6 %	0,739	0,8 %	6,5 %	0,118
Måned2+ og måned3+	0,1 %	2,6 %	0,047	1,0 %	2,2 %	0,453	0,5 %	2,5 %	0,204
Måned2+ og måned4+	0,1 %	3,3 %	0,042	1,9 %	3,3 %	0,576	0,8 %	3,4 %	0,229
Måned2+ og måned5+	-0,7 %	4,3 %	-0,168	2,7 %	4,2 %	0,645	0,5 %	4,5 %	0,104
Måned3+ og måned4+	0,2 %	2,6 %	0,069	0,8 %	1,9 %	0,449	0,5 %	2,3 %	0,222
Måned3+ og måned5+	-0,2 %	4,0 %	-0,043	2,0 %	3,4 %	0,592	0,6 %	3,9 %	0,141
Måned4+ og måned5+	-0,1 %	3,0 %	-0,047	1,1 %	2,7 %	0,396	0,4 %	3,0 %	0,133

Tabell 17: Resultat av tre versjoner av «spread»-strategien for alle kontraktkombinasjoner i perioden 2004-2009.

I tabell 17 ser vi at handlene basert på negative avvik utenfor «korridoren» ga mye høyere avkastning i forhold til risiko (kolonnen « μ/σ ») enn handlene basert på positive avvik utenfor korridoren for samtlige kontraktkombinasjoner i perioden 2004-2009. Gjennomsnittlig avkastning dividert på standardavvik var høyest ved bruk av kontraktene «måned2+» og «måned4+» når vi benyttet hele korridoren som handleregel i perioden 2004-2009. Vi utfører derfor strategien med denne kontraktkombinasjonen i testperioden 2010-2013:

2010-2013

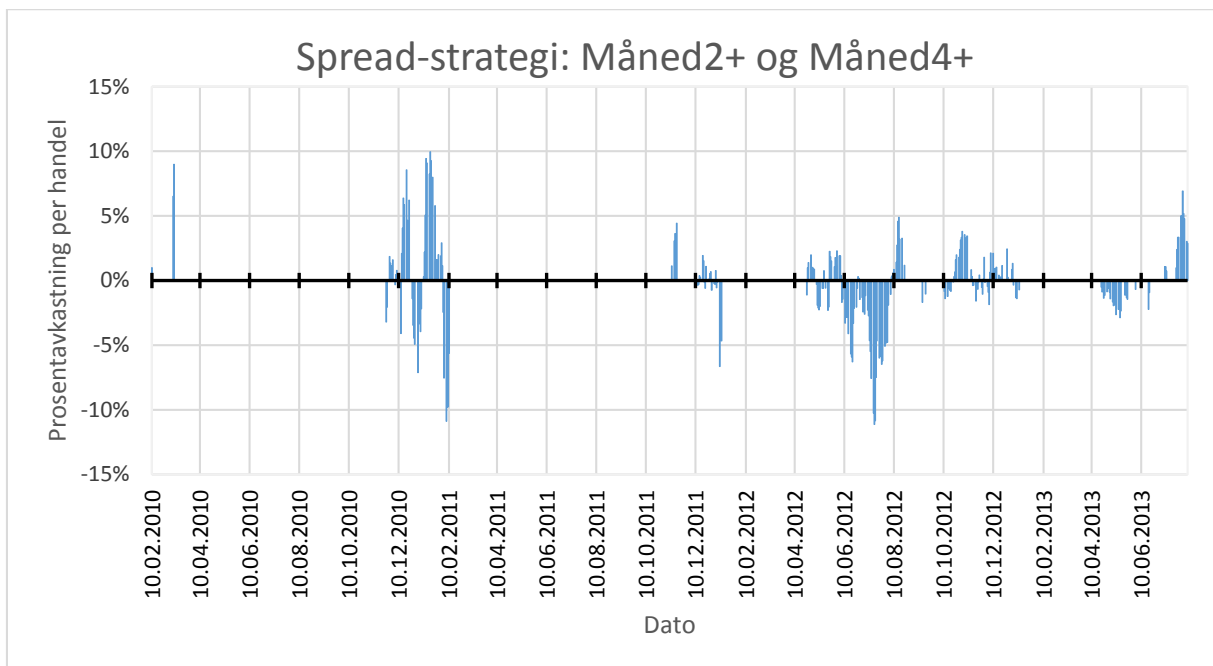
Kontrakt	Kun positive avvik fra korridor som handleregel			Kun negative avvik fra korridor som handleregel			Fullstendig spread-strategi		
	Average	StDev	μ/σ	Average	StDev	μ/σ	Average	StDev	μ/σ
Måned2+ og måned4+	-1,1 %	3,2 %	-0,335	0,7 %	3,6 %	0,202	-0,1 %	3,6 %	-0,034

Tabell 18: Resultat av «spread»-strategi i testperioden 2010-2013.

I tabell 18 ser vi at kontraktkombinasjonen «måned2+» og «måned4+», som ga høyest avkastning i forhold til risiko i perioden 2004-2009, ville gitt negativ avkastning i forhold til risiko i testperioden 2010-2013. Den negative avkastningen skyldtes den «positive» delen av korridoren som handleregel, som ga en gjennomsnittlig negativ avkastning per handel på -1,1 %. Dersom kun den «negative» delen av korridoren hadde blitt benyttet som handleregel, ville kontraktkombinasjonen på den annen side vært den nest beste strategien i testperioden 2010-2013, med en gjennomsnittlig avkastning per handel på 0,7 %.

Ved å følge den fullstendige «spread»-strategien for kontraktene 2 og 4 måneder etter frontkontrakten med handleregler fra perioden 2004-2009, ville man ha oppnådd en gjennomsnittlig avkastning per handel på -0,12 % og et tilhørende standardavvik på 3,56 % i

testperioden 2010-2013. Kontraktene ble holdt 8 eller 14 dager, avhengig av om forholdet mellom kontraktene var et brudd på den positive eller negative delen av «korridoren». I tabell 19 ser vi blant annet at den gjennomsnittlige avkastningen per handel ikke var signifikant forskjellig fra 0 i testperioden. I samme tabell ser vi også at andelen positive avkastninger («hit rate») var mindre enn 50 % i testperioden 2010-2013: kun 48,3 %. Denne andelen positive resultater er signifikant forskjellig fra (lavere) 50 % ved et signifikansnivå på 0,001, gitt en binomisk fordeling. Resultatene av hver handel for den fullstendige «spread»-strategien i testperioden 2010-2013 er oppsummert grafisk i figur 26.



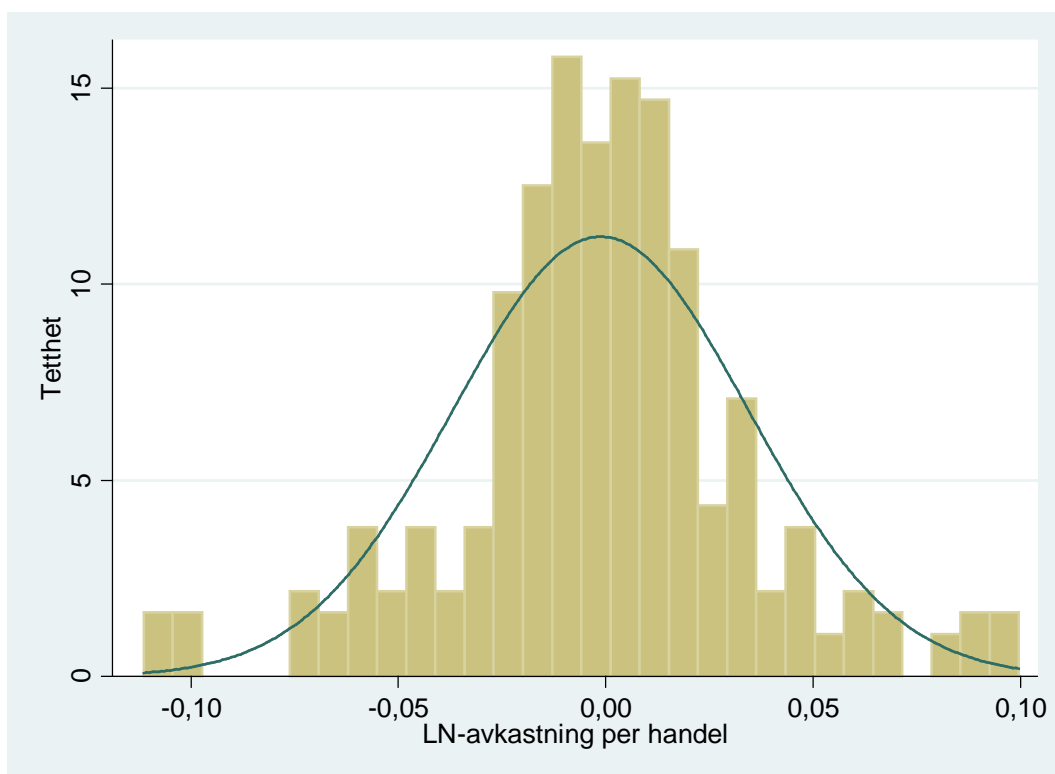
Figur 26: Avkastning per handel i «måned2+ og måned4+»-strategien fra 2010-2013.

Ut i fra figuren ser strategien ut til å gi en overvekt av handler med store tap. Dessuten ga avkastningsresultatene i testperioden 2010-2013 en negativ skewness og en positiv excess kurtosis. Dette indikerer en overvekt av negative ekstreme avkastninger. Dette kan vi også se av figur 27, som viser tettheten av avkastningsfordelingen med en tilhørende normalfordelingskurve.

	2004-2009	2010-2013
Observations	547	261
Mean	0,77 %*	-0,12 %
Std. Dev.	3,39 %	3,56 %
Skewness	0,21	-0,16
Excess Kurtosis	0,90	1,28
Hit Rate	57,6 %	48,3 %

*Signifikant forskjellig fra null ved et 0,01-nivå

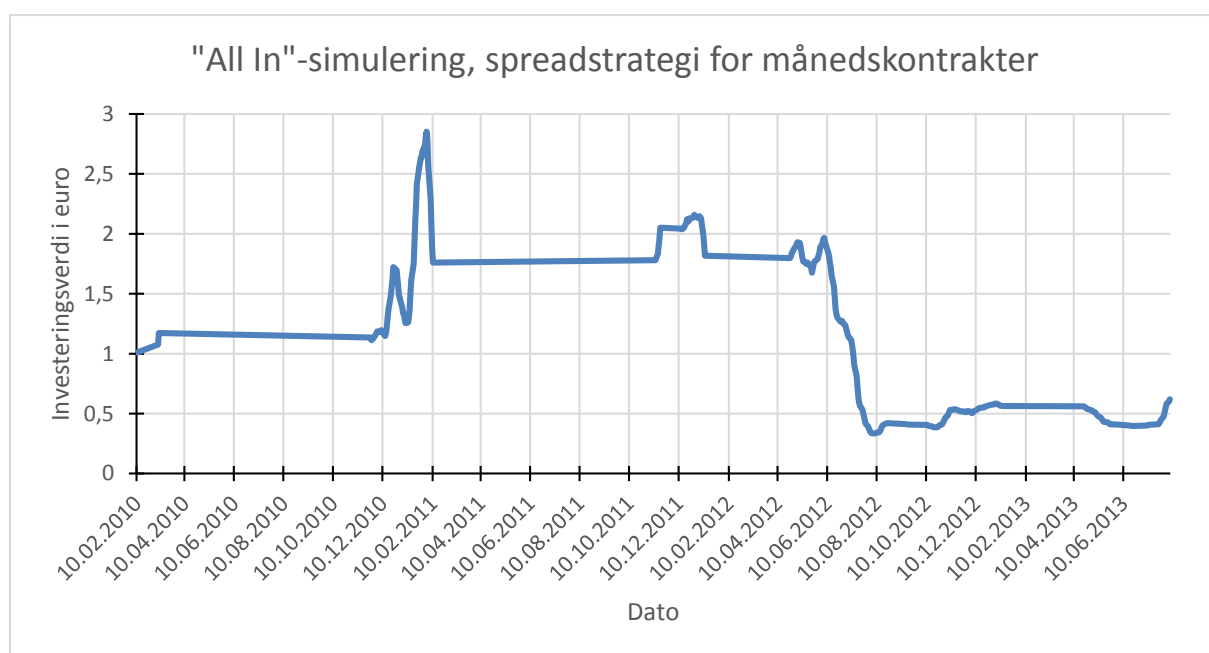
Tabell 19: Resultat av «måned2+ og måned4+»-strategien.



Figur 27: Tettheten av avkastningsresultatene for strategien «måned2+ og måned4+» i perioden 2010-2013 med tilhørende normalfordelingskurve.

Vi har også undersøkt hvordan strategien ville ha prestert dersom vi hadde investert én euro ved første handel og reinvestert all tilgjengelig kapital for hver etterfølgende handel. Vi har forenklet utregningen per handel ved å benytte den kalkulerte prosentavkastningen. Vi vil dermed få et tilnærmet riktig avkastningsforløp. Ved denne formen for investering øker vi risikoen for hver gang investeringen øker. Resultatet av denne «all in»-simuleringen er gitt i figur 28. Etter 261 handler reduseres investeringen fra 1 euro til 0,62 euro etter 4 år. Selv om det forekommer noen betydelige gevinster kort tid etter hverandre i begynnelsen av investeringen, der investeringen når sin høyeste verdi på 2,85 euro i begynnelsen av 2011, oppstår det en rekke tap på rad like etter dette. Deretter gjøres det få handler frem mot juni 2012, der investeringen synker med over 80 % i løpet av to måneder. I den resterende

perioden beveger investeringen seg mellom 0,33 og 0,56 euro, før den ender opp på 0,62 euro i slutten av 2013. I løpet av perioden opplevde investeringsverdien mange tap rett etter hverandre, noe som førte til at investeringen falt mye under opprinnelig investeringsverdi på én euro. Dette illustrerer at «spread»-strategien kan gi mange tap eller gevinster på rad, noe som kan føre til at store deler av investeringen tapes dersom innsatsen økes hver gang investeringen gir positiv avkastning.



Figur 28: Resultat av "all in"-simulering for månedsfutures.

Oppsummert ville «spread»-strategien for månedskontrakter gitt en annualisert²³ avkastning på 3,1 % og et tilhørende annualisert²⁴ standardavvik på 17,2 % i perioden 2010-2013. Dette ville gitt en Sharpe-ratio²⁵ på 0,014, gitt at vi legger norske 10-års statsobligasjoner²⁶ til grunn for risikofri rente i perioden. Til sammenlikning har Oslo børs benchmark index hatt en Sharpe-ratio på 0,337. Ved å følge denne strategien i perioden 2010-2013 ville man dermed fått en betydelig lavere risikojustert avkastning enn det benchmarkindeksen på Oslo børs ga i den samme perioden. Det er imidlertid forutsatt at det har vært mulig å handle på futureskontraktens sluttkurser, slik vi har lagt til grunn i analysen. Både ukeskontrakter og månedskontrakter med lang tid til forfall har hatt lite likviditet i analyseperioden, noe som

²³ Annualisert avkastning beregnet ved geometrisk gjennomsnitt av hver periodes avkastning, multiplisert med (252/antall handelsdager posisjonen holdes).

²⁴ Annualisert standardavvik beregnet ved standardavvik multiplisert med kvadratroten av (252/antall handelsdager posisjonen holdes).

²⁵ Sharpe-ratio: (annualisert avkastning-risikofri rente)/annualisert standardavvik.

²⁶ Den gjennomsnittlige norske renten for 10-års statsobligasjoner har vært 2,83% i perioden 2010-2013.

ville gjøre dette vanskelig. I kapittel 3 finnes en oversikt over ukes- og månedskontraktenes likviditet for ulike tidshorisonter.

7 Oppsummering og konklusjoner

Tidligere studier, blant andre Botterud et al. (2010) og Gjolberg & Brattested (2011), har funnet signifikante avvik mellom futurespris og etterfølgende systempris for ukentlige og månedlige futures i det nordiske kraftmarkedet. Vi har undersøkt hvorvidt det fortsatt eksisterer en slik systematikk når man inkluderer årene etter 2010. Vi så på perioden 2004-2013 og testet prediksjonsegenskapene til ukesfutures og månedsfutures med 1, 2 og 3 uker/måneder igjen til forfall. Deretter undersøkte vi om resultatene fra analysen gjorde det mulig å skape handelsstrategier som ga høyere risikojustert avkastning enn den risikojusterede avkastningen på Oslo Børs Benchmark Index (OSEBX) i perioden 2010-2013.

I analysen av kontrakter med henholdsvis 1, 2 og 3 uker/måneder igjen til forfall fant vi signifikante positive avvik mellom futurespris og etterfølgende systempris for samtlige futureskontrakter i analyseperioden. Den enkleste modellen vi benyttet indikerte at futuresprisen ikke var en forventningsrett estimator for etterfølgende systempris og påviste en signifikant risikopremie for alle kontraktene vi analyserte. Vi forsøkte også å forklare relativ endring i systemprisen med relativ forskjell mellom futurespris og systempris (relativ basis). Disse modellene indikerte også risikopremier, men var kun signifikante for 2-ukes- og 3-ukeskontrakter. Alle modellene forkastet imidlertid nullhypotesen om at futurespris er en forventningsrett estimator for etterfølgende systempris, da β var forskjellig fra 1 for de fleste kontraktene. Den eneste kontrakten som ikke hadde en β signifikant forskjellig fra null var 3-månedsfutures. Dette var imidlertid kontrakten med færrest observasjoner, da vi fjernet en tredel av observasjonene på grunn av faren for seriekorrelasjon.

På grunnlag av resultatene i kapittel 5 testet vi to handelsstrategier. Den første strategien bygget på våre funn av signifikante positive avvik mellom gjennomsnittlig futurespris og etterfølgende systempris ved kontraktens forfallsperiode. Den andre strategien er en «spread»-strategi som bygget på antakelsen om at relativ spredning mellom to futureskontrakter med ulik forfallsperiode vil holde seg relativt stabil over tid. I begge strategiene undersøkte vi hvilke ukes- og månedskontrakter som ville oppnådd høyest risikojustert avkastning i perioden 2004-2009 og vi testet hvordan disse kontraktene ville ha prestert i perioden 2010-2013.

Resultatet av handelsstrategiene varierte ut i fra hvilken strategi og hvilke kontrakter som ble benyttet. Den første strategien innebar å innta salgsposisjoner og holde kontraktene frem til forfall. Avkastning av denne strategien viste seg å øke desto tidligere kontraktene ble inntatt. Salg av ukeskontrakter med 10 dager igjen til forfall (2-ukeskontrakter) og månedskontrakter med 65 dager igjen til forfall ga høyest risikojustert avkastning i perioden 2004-2009. For å teste hvor robust denne strategien er, simulerte vi tilsvarende investeringsstrategi i den etterfølgende perioden 2010-2013. Gjennom å selge disse 2-ukeskontraktene og reversere posisjonen ved forfall (10 handelsdager senere) i perioden 2010-2013 oppnådde denne strategien en betydelig høyere risikojustert avkastning i forhold til OSEBX i samme periode – med en Sharpe-ratio på 0,834 mot 0,337 på OSEBX. Tilsvarende strategi for månedskontrakter med 65 handelsdager igjen til forfall ga på den annen side en lavere risikojustert avkastning enn Oslo-børs-indeksen i samme periode – en Sharpe-ratio på 0,292 mot 0,337 på OSEBX. Risikoen knyttet til denne strategien var imidlertid svært høy for både ukes- og månedskontrakter, noe vi illustrerte bedre ved en «all in»-simulering. Her investerte vi én euro i første handel og reinvesterte resultatet av hver handel i hver nye handel gjennom perioden. Dette endte med betydelige tap, selv om den gjennomsnittlige gevinsten per handel var positiv og signifikant forskjellig fra 0. Dette skyldtes hovedsakelig flere betydelige tap rett etter hverandre, som reduserte investeringen betydelig.

I «spread»-strategien, som forsøker å utnytte den relative forskjellen mellom to ulike futureskontrakter, var resultatene blandet. Strategien gikk ut på å selge futureskontrakten med lengst tid til forfall og kjøpe futureskontrakten med kortest tid til forfall dersom forholdet mellom de to kontraktene var større enn det positive avviket vi kalkulerte i den første delen av analysen. Posisjonene reverseres etter det gjennomsnittlige antallet dager det tok for å falle tilbake innenfor de gjennomsnittlige avvikene fra gjennomsnittlig «spread» i perioden 2004-2009. Tilsvarende kjøpte vi futureskontrakten med lengst tid til forfall og solgte futureskontrakten med kortest tid til forfall dersom forholdet mellom de to kontraktene var mindre enn det negative gjennomsnittlige avviket fra gjennomsnittlig «spread». Disse to posisjonene reverserte vi også etter det antallet dager det gjennomsnittlig tok for å komme innenfor gjennomsnittlig forhold. Kontraktene som ga høyest risikojustert avkastning i perioden 2004-2009 var ukeskontrakter med levering 3 og 4 uker etter frontkontrakten og månedskontrakter med levering 2 og 4 måneder etter

frontkontrakten. For ukeskontraktene ga denne strategien en betydelig høyere risikjustert avkastning enn det OSEBX ga i perioden 2010-2013, med en Sharpe-ratio på hele 1,792 mot 0,337 på OSEBX. Vi utførte også en «all in»-simulering for denne strategien, noe som ga en økning av investeringen på nesten 700 % i løpet hele perioden. Det skyldtes hovedsakelig færre tap rett etter hverandre, og en stor andel positive avkastninger. Tilsvarende strategi for månedskontrakter ga imidlertid ikke like gode resultater. Her var andelen handler med positiv avkastning lavere, og risikjustert annualisert avkastning var betydelig lavere enn OSEBX i samme periode, med en Sharpe-ratio på 0,014 mot 0,337 på OSEBX. «All in»-simuleringen endte også med en lavere verdi enn opprinnelig investeringsbeløp, preget av en periode med flere tap rett etter hverandre.

Kort oppsummert finner vi en signifikant forskjell mellom futurespris og etterfølgende systempris i hele perioden for samtlige kontrakter vi testet 2004-2013. Vi finner også at det har vært mulig å oppnå betydelig høyere risikjustert avkastning fra 2010 til 2013 i det nordiske kraftmarkedet enn det OSEBX har opplevd i tilsvarende periode, gjennom noen enkle handelsstrategier. Likevel oppnådde vi kun dette i 2 av 4 investeringsstrategier: systematisk salg av 2-ukesfutures og i «spread»-strategien for ukeskontrakter. Det er imidlertid problematisk å konkludere med at ukesstrategiene vi testet virkelig kunne oppnådd like god risikjustert avkastning som vi har beregnet, da likviditeten i ukeskontrakter har vært svært lav gjennom hele analyseperioden.

8 Litteraturliste

- Achelis, S. B. (2001). *Technical Analysis from A to Z*: McGraw Hill New York.
- Benth, F. E., Cartea, Á. & Kiesel, R. (2008). Pricing forward contracts in power markets by the certainty equivalence principle: explaining the sign of the market risk premium. *Journal of Banking & Finance*, 32 (10): 2006-2021.
- Bessembinder, H. & Lemmon, M. L. (2002). Equilibrium pricing and optimal hedging in electricity forward markets. *the Journal of Finance*, 57 (3): 1347-1382.
- Botterud, A., Kristiansen, T. & Ilic, M. D. (2010). The relationship between spot and futures prices in the Nord Pool electricity market. *Energy Economics*, 32 (5): 967-978.
- Dorsman, A., Karan, M. B., Westerman, W. & Arslan, O. (2011). *Financial Aspects in Energy*: Springer.
- Emmons, W. R. & Yeager, T. J. (2002). The futures market as forecasting tool: An imperfect crystal ball. *The Regional Economist*: 10-11.
- Gjolberg, O. & Johnsen, T. (2001). Electricity futures: inventories and price relationships at nord pool. *Norwegian School of Economics and Business Administration-Department of Finance and Management Science*.
- Gjolberg, O. & Brattested, T.-L. (2011). The biased short-term futures price at Nord Pool: can it really be a risk premium. *The Journal of Energy Markets*, 4 (1).
- Hjalmarsson, E. (2000). Nord Pool: A power market without market power. *rapport nr.: Working Papers in Economics* (28).
- Lucia, J. & Torró, H. (2005). Short-term electricity future prices at Nordpool: Forecasting power and risk premiums. *University of Valencia*.
- Lucia, J. J. & Torró, H. (2011). On the risk premium in Nordic electricity futures prices. *International Review of Economics & Finance*, 20 (4): 750-763.
- Malkiel, B. G. & Fama, E. F. (1970). Efficient capital markets: A review of theory and empirical work*. *The journal of Finance*, 25 (2): 383-417.
- Murphy, J. J. (1986). *Technical Analysis of the Futures Markets: A Comprehensive Guide to Trading Methods and Applications*.
- Neely, C. J. (1997). Technical analysis in the foreign exchange market: a layman's guide. *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, 79 (September/October 1997).
- Nord Pool Spot, Day-ahead trading at Elspot*. (2014). Tilgjengelig fra: <http://www.nordpoolspot.com/TAS/Day-ahead-market-Elspot/> (lest 16.02.2014).
- Nord Pool Spot, Intraday market*. (2014). Tilgjengelig fra: <http://www.nordpoolspot.com/How-does-it-work/Intraday-market-Elbas/> (lest 20.02.2014).
- Nord Pool Spot, Nordic production split* (2012). Tilgjengelig fra: http://www.nordpoolspot.com/Global/Download%20Center/TSO/Nordic-production-split_2004-2012.pdf (lest 01.02.2014).
- Rapporter og analyser*. (2014). Tilgjengelig fra: <http://www.nve.no/no/Kraftmarked/Analyser/> (lest 18.02.2014).

Redl, C., Haas, R., Huber, C. & Böhm, B. (2009). Price formation in electricity forward markets and the relevance of systematic forecast errors. *Energy Economics*, 31 (3): 356-364.

Skagerak Energi, Kraftmarkedet. (2009). Tilgjengelig fra:

http://skagerak.no/eway/default.aspx?pid=300&trg=MainRight_9146&MainArea_8872=9146:0:&MainRight_9146=9216:0:10,3526 (lest 17.01.2014).



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Postboks 5003
NO-1432 Ås
67 23 00 00
www.nmbu.no