

Opsjoner i kraftmarkedet

*En beskrivelse av det nordiske kraftmarkedet med fokus på
opsjoner*

Endre Refvik og Henrik Djupvik

Veileder: Frode Sættem

Utredning i hovedprofilen og fordypningsområdet: Finansiell økonomi

NORGES HANDELSHØYSKOLE

Dette selvstendige arbeidet er gjennomført som ledd i masterstudiet i masterstudiet i økonomi- og administrasjon ved Norges Handelshøyskole og godkjent som sådan. Godkjenningen innebærer ikke at Høyskolen inntar ansvar for de metoder som er anvendt, de resultater som er fremkommet eller de konklusjoner som er trukket i arbeidet.

Sammendrag

Formålet med utredningen er todelt. Først skal den beskrive kraftmarkedet ved å presentere den nordiske kraftbørsen Nord Pool. Videre vil utredningen fordype seg i opsjonshandelen på Nord Pool hvor den skal analysere hva som påvirket fallet i opsjonsvolumet i perioden 2005-2009.

I første del av utredningen blir kraftmarkedet presentert samt en beskrivelse av egenskapene til strømprisene. Videre blir opsjonspringsmodellen Black`76 drøftet og det blir foretatt en empirisk analyse av strømprisene. I andre del av utredningen analyseres opsjonsvolumet basert på to hypoteser om hvordan opsjonsvolumet beveger seg.

Resultatene vi fikk ved å foreta en korrelasjons- og regresjonsanalyse var at vi kunne se at opsjonsvolum og implisitt volatilitet hadde en tydelig og signifikant negativ korrelasjon. Gjennom multippel regresjonsanalyse fikk vi tallfestet en justert forklaringsgrad på over 50 %.

Resultatene for analysen av variablene viste at opsjonsvolumene ikke alltid beveget seg i samråd med hva hypotesene sa. I periodene hvor hypotesene ikke stemte kunne mye av fallet forklares ved andre markedsspesifikke hendelser.

Forord

Masterutredningen er et selvstendig arbeid som er obligatorisk for masterstudiet ved Norges Handelshøyskole. Hensikten med oppgaven er å gi studentene mulighet for å praktisere den kunnskapen de har opparbeidet seg i løpet av studietiden. Vi har valgt å fordype oss innenfor finansiell økonomi. For oss begge var det derfor naturlig å velge et sentralt emne innenfor denne profilen. Under arbeidet av denne oppgaven har vi fått dypere innsikt i hvordan teori fungerer i praksis. Kraftmarkedet er et "lærebok" eksempel på hvordan et finansielt marked fungerer, og det har derfor gjort at vi har kunnet knytte mye av kunnskapen vi har fått i fra andre fag inn i denne oppgaven.

Ved utformingen av problemstilling og under arbeidet med oppgaven, har vi samarbeidet med BKK Markets. Samtidig har vi samarbeidet tett med Geir Arne Mo som er kraftmegler i ICAP Energy. Han bidro spesielt med å veilede oss om hvordan utforme analysene i denne oppgaven. Vi har også fått god hjelp av Nord Pool som har gitt oss tilgang til FTP-server hvor vi har kunnet hente ut nødvendig datamateriale. Vi vil derfor rette en stor takk til Preben Olsen og hans kolleger ved BKK, Geir Arne Mo i ICAP Energy og Nord Pool.

Vi vil også rette en stor takk til vår veileder ved Norges Handelshøyskole Frode Sættem. Han har gjennom hele arbeidet gitt oss god faglig veiledning og alltid vært tilgjengelig når vi har kontaktet han.

Bergen, 11. juni 2010

Endre Refvik

Henrik Djupvik

Innholdsfortegnelse

1 Innledning	5
1.1 Motivasjon	5
1.2 Problemformulering	5
1.3 Avgrensninger	6
1.4 Oppgavens oppbygging og struktur	6
2 Kraftmarkedet - Nord Pool	7
2.1 Oppgaver, funksjon og ansvar	7
2.1.1 Historisk utvikling	8
2.1.2 Clearing	9
2.1.3 Valuta	9
2.2 Det fysiske markedet	11
2.2.1 Elspot	11
2.2.2 Elbas	13
2.3 Det finansielle markedet	14
2.3.1 Futures	15
2.3.2 Forward	17
2.3.3 Contracts for Difference	19
2.3.4 Opsjoner	20
2.4 OTC-markedet	23
2.5 Handel i markedet	23
3 Strømprisene	25
3.1 Hva forklarer prisen	25
3.1.1 Vær og temperatur	25
3.1.2 Kraftnettet	26
3.1.3 Økonomiske faktorer	26
3.1.4 Globalisert marked	27
3.1.5 Økte råvarepriser	28
3.1.6 Finanskrisen	29
3.2 Sesongvariasjoner	30
3.3 Convenience yield	30
3.4 Volatiliteten	31
3.5 Mean reversion	31
3.6 Samuelsonseffekten	32
4 Teori	33
4.1 Opsjoner	33
4.1.1 Verdsettelse av Flopeisk kjøpsopsjoner	33
4.1.2 Verdsettelse av europeisk salgsoption	34
4.1.3 Grekerne	35
4.2 Opsjonsprisindeksmodeller	36
4.2.1 Historie	36
4.2.2 Black-Scholes	36
4.2.3 Black'76	38
4.3 Volatilitet	40
4.3.1 Historisk volatilitet	40

4.3.2 Implisitt volatilitet.....	40
4.4 Hedging	42
4.4.1 Delta-hedging.....	42
4.4.2 Delta-hedging i kraftmarkedet.....	43
4.5 Korrelasjon	44
4.5.1 Tidsforskyvninger	44
4.5.2 Autokorrelasjon.....	44
4.6 Multipel regresjon.....	46
4.6.1 Regresjonsstatistikk.....	46
4.6.2 Testing av variablene	47
4.7 Nullsumspill.....	48
5 Black`76.....	49
5.1 Bruk av Black`76.....	49
5.2 Log-normalfordeling.....	50
5.3 Konstant volatilitet.....	51
5.4 Drøftelse	52
6 Empirisk analyse av strømprisen.....	53
6.1 Metode	53
6.1.1 Datamaterialet	53
6.1.2 Behandling av datamaterialet	53
6.1.3 Hvordan analysere.....	54
6.2 Analyse og resultater	55
6.2.1 Systemprisen	55
6.2.2 Volatilitet og Sesongvariasjoner.....	55
6.2.3 Normalfordeling, Skewness og kurtosis	58
6.2.4 Log-normalfordeling	59
6.2.5 Delkonklusjon	60
7 Analyse av opsjonsvolumet.....	61
7.1 Metode	61
7.1.1 Datamaterialet	61
7.1.2 Variabelen Implisitt volatilitet.....	64
7.1.3 Variabelen Differanse.....	65
7.1.3 Hvordan analysere.....	66
7.2 Analyse av opsjonsvolumet	69
7.2.1 DEL I - Korrelasjons- og Regresjonsanalyse.....	70
7.2.2 Del II - Analyse av variablene.....	83
8 Konklusjon.....	97
Litteraturliste.....	99
Appendiks	103

1 Innledning

Nord Pool er en Nordisk kraftbørs som tilbyr kjøp og handel av strøm, derivater, utslippsavtaler og utslippkreditter. Denne utredningen vil undersøke grunnene til at opsjonsvolumet på Nord Pool har falt i perioden 2005-2009. Dette vil bli gjort ved først å presentere det nordiske kraftmarkedet og videre foreta analyser av strømprisene, prisingen av opsjoner og historisk og implisitt volatilitet.

1.1 Motivasjon

Hovedmotivasjonen i det å skrive en oppgave som omhandler opsjonsvolumene i det nordiske kraftmarkedet, kommer først og fremst av vår interesse for hvordan finansiell teori fungerer i praksis. På grunn av at kraftmarkedet har et relativt oversiktlig og velfungerende finansielt marked, er det et velegnet marked til å teste hvordan finansiell teori fungerer i praksis.

En motiverende faktor for oss har vært samarbeidet med BKK Markets. Frem til nå har grunnene til fallet i opsjonsvolumet vært nokså uklare, og sammen med BKK Markets utarbeidet vi en problemformulering som skulle forsøke å belyse dette.

Kraftmarkedet er i seg selv et svært spennende marked å få innsikt i. For å kunne analysere opsjonsvolumene på Nord Pool må vi lære om hvordan kraftmarkedet fungerer, hva det består av, hvordan strømprisen dannes og forstå volatiliteten i kraftmarkedet. Samtidig må vi få oversikt over markedsforholdene de siste årene og hvordan økte råvarepriser og finanskrisen har påvirket strømprisene.

Finanskrisen er et tema som har inngått i de fleste fag ved Norges Handelshøyskole og har vært et svært spennende tema for oss. Dette er noe som har preget markedsforholdene i kraftmarkedet.

1.2 Problemformulering

I denne avhandlingen ønsker vi å fordype oss i kraftmarkedet. Problemstillingen vil bli todelt. For det første ønsker vi å beskrive det nordiske kraftmarkedet. Dette vil vi gjøre gjennom å presentere den nordiske kraftbørsen Nord Pool og strømprisene. Strømprisene har en del særtrekk vi ønsker å beskrive, både gjennom hva tidligere forskning sier og gjennom egne beregninger.

Med en god beskrivelse av markedet og strømprisene i bakgrunnen ønsker vi å fordype oss i opsjonshandelen på Nord Pool. Opsjonsvolumet på lå i 2009 på et svært lavt nivå. Vi ønsker å analysere hva som påvirket opsjonsvolumet i perioden 2005 til 2009.

1.3 Avgrensninger

Det nordiske kraftmarkedet er stort og omfattende. I oppgaven vil vi forsøke å gi en presentasjon av dette gjennom å belyse de deler av markedene vi mener er mest relevant for å få en god forståelse. Denne delen av oppgaven blir da avgrenset til å se på handel og produkter på Nord Pool og strømprisene.

I analysen av opsjonsvolumet vil vi avgrense analyseperioden til årene 2005 til 2009. Dette gjøres både med tanke på analysens omfang, samt at årlige kjøpsopsjoner for 2006 er første tidsserie oppgitt i euro. Analysen vil også legge hovedfokus på to variabler; implisitt volatilitet og differanse.

1.4 Oppgavens oppbygging og struktur

Denne oppgaven er delt inn i åtte kapitler. Kapittel to presenterer oppgavene og funksjonen Nord Pool har og hvordan markedet er delt inn i et fysisk og finansielt marked. Her blir også derivatene i det finansielle markedet beskrevet. Videre vil utviklingen Nord Pool har hatt og hvordan handelen fungerer bli beskrevet. Kapittel tre beskriver egenskapene til strømprisene. Relevant teori blir presentert i kapittel fire. Kapittel fem foretar en drøftelse av Black`76 opsjonsprisindeksmodell. I kapittel seks vil det bli foretatt en empirisk analyse av strømprisene. Her vil metode og datamateriale bli presentert i starten av kapitlet. Kapittel sju inneholder analysen av opsjonsvolumet. Metode og datamateriale blir presentert innledningsvis. Denne analysen består av en Del I - Korrelasjons- og regresjonsanalyse og en Del II- Analyse av variablene. Kapittel åtte inneholder konklusjonen til oppgaven.

2 Kraftmarkedet - Nord Pool

Dette kapitlet vil presentere oppgavene og historien til Nord Pool og det Nordiske kraftmarkedet. Kapitlet vil beskrive hvordan markedet er organisert og hvordan handel og prisdannelse fungerer. Informasjon og fakta tilknyttet dette vil bli hentet fra Nord Pools årsrapporter, Nord Pools hjemmeside og Linda Ruds rapport, *Essays on electricity markets*, fra 2009.

2.1 Oppgaver, funksjon og ansvar

”Målsetningen til Nord Pool ASA er å organisere, operere og utvikle en sikker og effektiv markeds plass for finansiell handel med elektrisk kraft, utslippstillatelser og utslipp kreditter og tjenester for effektiv handel.” (Nord Pool ASA, *Objectives*, 2010)

Nord Pool er et norsk selskap som ble opprettet i 1993 under navnet Statnett Marked AS. Nord Pools visjon er å være en ledende finansiell kraft- og utslippsavtalebørs som innehar et likvid, troverdig og transparent marked med solide medlemmer. Medlemmene kan handle i to markeder: Det fysiske og det finansielle markedet. Aktørene kan velge mellom å handle kraft på Nord Pool eller handle direkte mellom kjøper og selger i det bilaterale markedet. Transaksjoner fra det bilaterale markedet blir som regel *clearet* på Nord Pool.

Nord Pool har også et karbonmarked hvor standardiserte kontrakter for europeiske utslippskvoter (EUA) og sertifiserte utslippsreduksjoner (CER) blir handlet. Det ble startet i 2005 og ble da det første regulerte markedet som tilbyr globale karbonprodukter.

I det fysiske markedet settes det en felles nordisk systempris. Systemprisen som dannes i det fysiske markedet sikrer aktørene i det finansielle markedet god troverdighet og en sikker referansepris for de finansielle kontraktene. Dette gjør Nord Pool til den mest likvide markeds plassen for kraft i Europa.

En styrke ved det nordiske kraftmarked er at medlemslandene Finland, Sverige, Danmark og Norge kan hjelpe hverandre i perioder der behovet for krafttilførsel blir ekstra stort. Det bidrar også til å optimalisere bruken av tilgjengelig kraft og redusere lokale kraftunderskudd. Et slikt samarbeid øker samfunnsnyttene og den samfunnsøkonomiske gevinsten til hvert av landene (Nord Pool ASA, 2007).

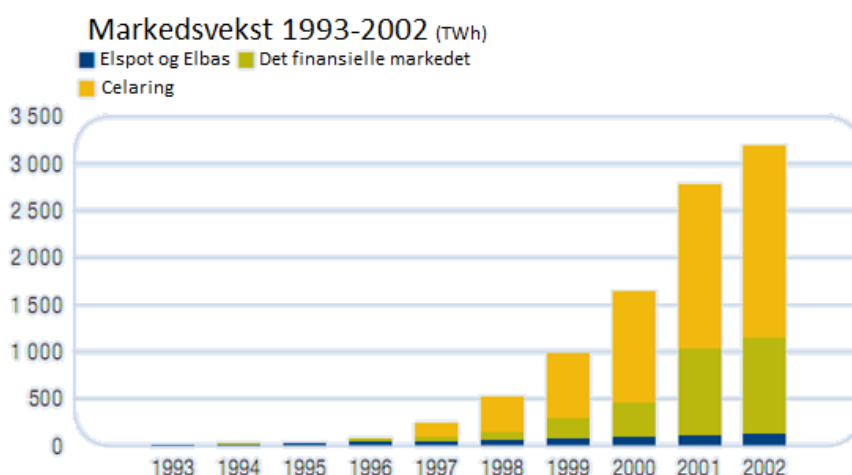
2.1.1 Historisk utvikling

1. januar 1991 trådte energiloven i kraft, noe som medførte fri konkurranse i handel av kraft. På bakgrunn av dette ble det norske selskapet Nord Pool opprettet i 1993, den gang med navnet Statnett Marked AS, for å dekke behovet for en nøytral part i krafthandel. Til å begynne med fungerte markedet som et auksjonsbasert handelssystem med fysisk levering av handlede kontrakter.

De påfølgende årene skjedde mange endringer og det ble etter hvert også opprettet et finansielt marked der handel av derivater som forwards og futures ble aktivt brukt.

1. januar 1996 sluttet Sverige seg til markedet og Statnett Marked AS fikk navnet Nord Pool. Dette ble det første flernasjonale handelsmarked for elektrisitet i verden. Noen år senere ble også Finland og Danmark integrert i Nord Pool. I tillegg til de fire nordiske landene finnes det aktører fra England, Tyskland, Nederland, Frankrike og USA som er delaktige.

I 1999 ble handel av opsjonskontrakter introdusert på Nord Pool. Dette bidro til stor aktivitet i det finansielle markedet, og flere store investeringsbanker ble delaktige i handelen i denne tidsperioden. Som figur 1.1 illustrerer økte handelen spesielt mye i det finansielle markedet etter årene 1998 og 1999. Samtidig ble det mer vanlig å cleare kontrakter som ble handlet i OTC-markedet hos Nordic Electricity Clearing House som er en del av Nord Pool i denne perioden.



Figur 2.1: Markedsvekst i Elspot & Elbas, det finansielle markedet og Nord Pool Clearing i perioden 1993 til 2002. Kilde: Nord Pool ASA (2003).

I 2001 og 2002 fikk Nord Pool konsesjon som børs og clearinghus. Nord Pool Clearing ASA ble i forbindelse med dette opprettet for å ta hånd om all clearingvirksomhet. Spotmarkedet ble også skilt ut i et eget selskap, Nord Pool Spot AS.

Handel av Svenske grønne sertifikater ble introdusert i 2004, og ble da det første markedet i verden som omsatte CO₂-utslippsavtaler (Nord Pool ASA, 2007).

I oktober 2008 kjøpte NASDAQ OMX hundre prosent av aksjene i Nord Pools internasjonale kraftderivater, karbonprodukter, clearing huset og konsulenttjenestene fra Nord Pool ASA. Oppkjøpet har hatt som mål å bygge verdens ledende derivatbørs innen energi med forankring i det nordiske markedet. Dette ved å tilby produktporteføljer av derivatkontrakter innen energi med strøm, CO₂, olje, gass, kull og frakt (Nord Pool ASA, *foredrag*, 2008).

2.1.2 Clearing

Nord Pool tilbyr clearing på alle finansielle kontrakter gjennom Nordic Electricity Clearing House (NEC). NEC tar på seg motpartsrisikoen og sørger dermed for å dempe den finansielle risikoen for de finansielle aktørene i markedet. Dette gjør Nord Pool til et effektivt og troverdig marked siden NEC stiller som juridisk motpart i all handel. Aktørene i markedet må registrere seg som medlemmer der det kreves garantistilling fra godkjent finansinstitutt og plassering av kontanter på pantsatt bankkonto. Likviditeten på en slik clearing-konto skal utgjøre et marginkrav som er en andel av den totale investeringen medlemmene har i kraftmarkedet. Marginkravet fra Nord Pool avhenger av hvordan volatiliteten beveger seg. Eksempelvis ble marginkravet doblet under finanskrisen som følge av en meget høy volatilitet (Nord Pool ASA, *About Clearing*, 2010).

2.1.3 Valuta

I 2003 ble den første kontrakten i euro introdusert, og fra og med 2006 ble all handel på Nord Pool gjort i euro. Tidligere kunne aktørene velge om de ville handle i norske, svenske eller danske kroner. Ved å gå over til å benytte euro som valuta har aktørene blitt mindre eksponert for valutarisiko. Samtidig har det også blitt enklere for utenlandske aktører å handle på Nord Pool siden de nå slipper å *swappe* til seg utenlandsk valuta for å delta i handelen. For kraftprodusentene er det viktig å ta hensyn til valutarisikoeksponeringen de utsetter seg for i

det finansielle markedet for å unngå store tap. I spotmarkedet opererer de norske kraftprodusentene med NOK i handelen. Man kan i spotmarkedet velge om man vil handle med EUR, NOK, SEK eller DKK valuta (Nord Pool Spot, *Settlement and Collaterals*, 2010).

2.2 Det fysiske markedet

På Nord Pool finnes det to markeder for kortsiktig handel med fysisk levering. Spotmarkedet *Elspot* og *intra-day* markedet *Elbas*. Sammen utgjør disse kjernen av den kortsiktige allokeringen av kraft i det nordiske kraftmarkedet. Det fysiske markedet har en viktig funksjon ved at det skal etablere en likevekt mellom tilbud og etterspørsel for det neste døgnet. Dette fordi kraft er et gode som ikke kan lagres, men må produseres samtidig som det skal forbrukes. Oppgaven er særdeles viktig for å unngå store samfunnsøkonomiske kostnader knyttet til forsyningssvikt eller overproduksjon av kraft. Det er også en målsetning for et velfungerende kraftmarked å produsere elektrisitet der produksjonskostnadene er lavest gjennom døgnet. To åpenbare kriterier for at kraftmarkedet skal fungere er at sluttbrukerne faktisk får kjøpt den strømmen de trenger når de trenger den og at de får den til riktig pris (Rud, 2009).

2.2.1 Elspot

Elspot markedet på Nord Pool blir brukt til å gjøre handler med fysisk levering for hver time i det påfølgende døgnet. I dag er ca. 75 % av den fysiske kraften som er omsatt i Norden prissatt i Elspot.

Handelen i Elspot gjøres gjennom en auksjon med bud på kjøp og levering av kontrakter som strekker seg over en time. Bud og tilbud i Elspot må være registrert innen kl 12:00 dagen før. Man kan da handle i perioden 12-36 timer før levering. Disse budene er delt inn i tre ulike former: bud på en *spesifikk time*, bud på flere timer i en *blokk* og bud på en *fleksibel time*. Hvert bud vil da spesifisere pris, leveringstime og volum for handelen. Spotprisen blir satt ut fra markedets tilbud og etterspørsel. (Rud, 2009)

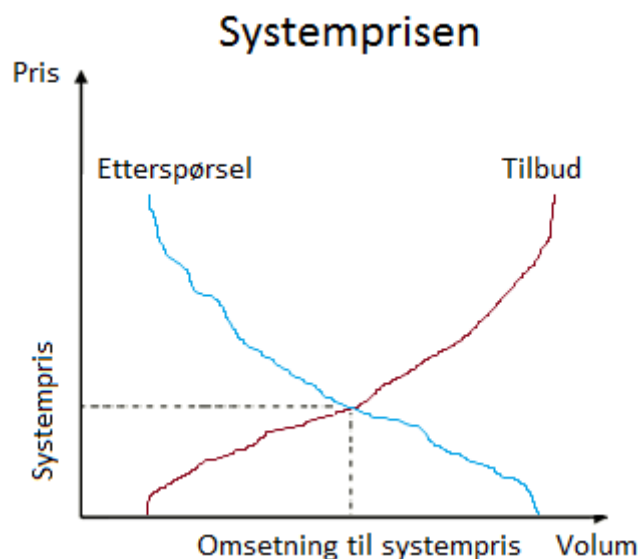
- *Spesifikk time* er den grunnleggende kontraktsformen. Hver aktør legger her inn sitt bud for de ulike timene den påfølgende dagen.
- *Blokk bud* gir aktørene muligheten til å handle alt eller ingenting i timene angitt i blokken. Dette er ment for å hjelpe der oppstart og stenging av produksjon er dyrt.
- *Fleksibel time* er bud på en enkelt time med bestemt pris og volum. Timen er ikke bestemt og budet vil bli akseptert i den timen med høyest pris, gitt at prisen er høyere enn grensen i budet. Formålet med dette er å gi kraftintensive bedrifter muligheten til å

selge kraft tilbake til markedet ved å stenge produksjon i den aktuelle timen. Dette skal hjelpe markedet i situasjoner med mangel på kraft som kan lede til høye priser. (Rud, 2009)

Systempris

Etter at alle budene fra den nordiske regionen er registrert, setter Nord Pool opp det aggregerte tilbudet og etterspørselen for hver kontrakt. Likevekten som skaper balanse mellom aggregert tilbud og -etterspørsel blir betegnet som *systemprisen*. Systemprisen er referansepris for oppgjør av futures og forwards i terminmarkedet på Nord Pool og i det bilaterale markedet.

Systemprisen blir også omtalt som den *ubegrensede clearingprisen*. Dette fordi linjekapasitetene og kostnadene knyttet til disse ikke er tatt hensyn til i beregningen. Når der ikke er begrensninger på kapasiteten vil områdeprisene tilsvare systemprisen.



Figur 2.2: *Systemprisen*. Figuren viser hvordan skjæringspunktet mellom aggregert tilbud og -etterspørsel angir systemprisen i spotmarkedet.

Områdepriser

Det geografiske markedet på Nord Pool er delt inn i forskjellige budområder. Om prognosen for forbruk mellom områdene overstiger strømmnettets kapasitet blir *områdepriser* beregnet. Aktørene legger inn bud i forhold til hvor produksjonen eller konsumet er fysisk koblet til det

nordiske nettet. Områdeprisene blir da beregnet ut ifra det aggregerte tilbudet og – etterspørselen fra hver side av den begrensede koblingen mellom områdene. Ved at det oppstår ulike områdepriser vil prissettingen i Elspot føre til en ny likevekt. Dette skjer gjennom økt pris i underskuddsområdet og redusert pris i overskuddsområdet. Kraftflyten vil da gå fra overskudds- til underskuddsområdet.

De nordiske landene er inndelt i flere områder. I Norge er det to eller flere områder, avhengig av omstendighetene. I dag er det delt inn i fem norske områder. De andre områdene i det nordiske kraftmarkedet er per 2010 Sverige, Finland, vest- og øst Danmark. Lokal inndeling på bakgrunn av kapasitet blir håndtert av ulike systemoperatører (TSOs). I Norge er dette Statkraft. (Nord Pool Spot, *The Elspot market*, 2010)

2.2.2 Elbas

Elspotmarkedet stenger 12-36 timer før levering. I denne perioden kan imidlertid aktørene få informasjon som endrer optimale og mulige strategier. For å gi aktørene mulighet til å tilpasse produksjonsnivået utenom spotprisen åpnet Elbas markedet for *intra-day* handel i 1999.

Når handelen i Elspot markedet slutter åpner handel i Elbas markedet. Dette er et kontinuerlig *intra-day* marked der kontrakter for hver individuelle time kan handles frem til en time før fysisk levering. En kan da gjøre handler opp til 36 timer før levering. Elbas er åpent 24 timer i døgnet hver dag i året og inkluderer de nordiske landene og Tyskland. Handelen foregår mellom alle markedene frem til kapasiteten mellom prisområdene er fylt opp. I det nordiske kraftmarkedet tilsvarer dette hva en normalt kaller et spotmarked. (Rud, 2009)

Gjennom Elbas har aktørene mulighet til å tilpasse produksjonsnivået utenom spotprisen, med times kontrakter helt frem til en time før levering. Dette kan hjelpe aktørene mot eventuell ubalanse de har i produksjonsbalansen etter handel i Elspot. Elbas skaper også muligheter for økonomisk profitt da det strekker seg ut til et større marked med ulik produktmik, marginalkostnader og markedsforhold. (Nord Pool Spot, *The Elbas markets*, 2010)

2.3 Det finansielle markedet

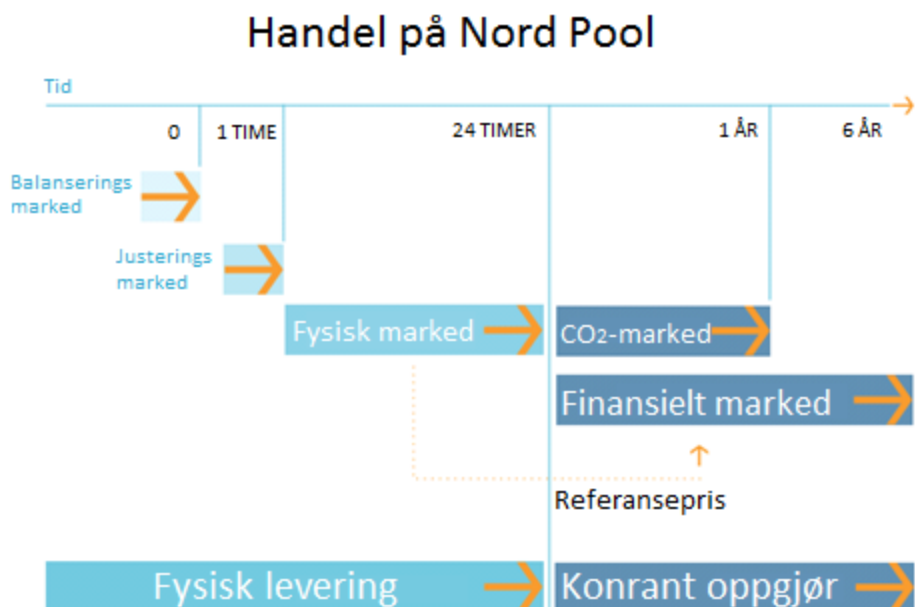
Energimarkedet, Eltermin, karakteriseres av en relativt høy volatilitet i spotprisen, og er i perioder preget av ekstrempriser. For å redusere risikoen knyttet til prisendringer i det fysiske markedet kan aktørene benytte seg av det finansielle markedet på Nord Pool. Aktørene kan endre risikoeksponeringen etter behov og prissikre fremtidig produksjon og forbruk ved å handle i forskjellige kraftderivater. I dette markedet skjer det ingen fysisk levering av kraft mellom aktørene, noe som medfører at det ikke oppstår noen tekniske begrensninger eller flaskehalsar med tanke på begrensninger i strømmettet. Oppgjøret av all handel blir utført av Nord Pools Clearing Service. Her kan også kontrakter fra det bilaterale markedet (OTC) bli cleared. Kontraktene er standardiserte av Nord Pool med hensyn til identitet, mengde, løpetid og innløsningspris. Systemprisen for hele det nordiske markedet samt det tyske og det hollandske markedet er referanseprisen for prisberegningen av disse derivatene.

Derivater som handles på Nord Pool:

- Futures
- Forwards
- Contracts for Difference
- Opsjoner

Kraftderivater ble innført hos Nord Pool i siste del av 90-tallet. Underveis og i etterkant har det skjedd en rekke struktur- og lovendringer med tanke på tidshorisont og volum for disse kontraktene.

Medlemmene som handler i det finansielle kraftmarkedet må søke om tilgang og oppfylle en rekke restriksjoner for å kunne delta i markedet. Nord Pool ønsker å inneha en tillitsfull og troverdig medlemsportefølje, og setter derfor klare retningslinjer som må bli oppfylt for å kunne bli medlem. Dette bidrar til et transparent marked for medlemmene som handler på Nord Pool. Det er relativt få aktører i kraftmarkedet sammenlignet med aksjemarkedet. De fire største aktørene i Norden har til sammen under 50 % av markedsandelen, noe Nord Pool uttaler er tilstrekkelig for et velfungerende marked i følge økonomisk teori.



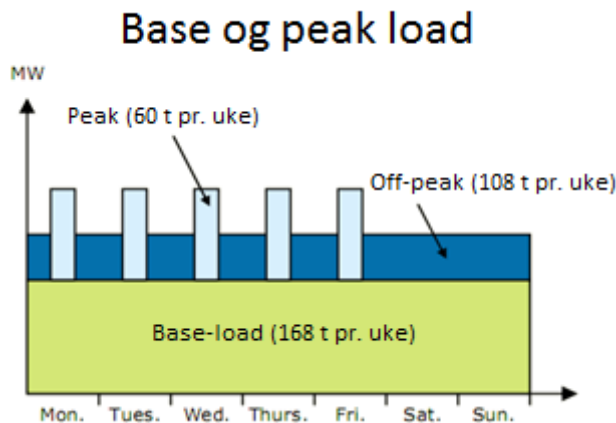
Figur 2.3: Tidsforløpet i handelen på Nord Pool.
Kilde: Nord Pool ASA (2009).

Figur 2.3 oppsummerer mekanismene i det fysiske og finansielle markedet på Nord Pool. Til venstre i figuren ser man tidsperspektivet i det fysiske markedet som strekker seg over 24 timer. Systemprisen som blir dannet her blir referansepris for det finansielle markedet, som vist til høyre i figuren. Tidsperspektivet til karbon- og det finansielle markedet strekker seg til 6 år, og pengeoppgjøret blir gjort ved forfall og/eller i løpet av perioden før forfall (Nord Pool ASA, 2007).

2.3.1 Futures

Futureskontraktene på Nord Pool er finansielle og innebærer ingen fysisk leveranse av strøm. Kontraktene bygger på en *base load* eller *peak load*. Det handles i både daglige kontrakter med levering for 24 timer og ukentlige kontrakter med levering for 7 dager. Daglige kontrakter kan settes sammen opp til fem dager og ukentlige kontrakter opp til seks uker.

Levering av en base load viser til en kontrakt med lik levering av strøm for alle timene i produktet. Peak load er perioder på dagen da overføring og distribusjon på strømmettet er eksponert for en høyere belastning. Dette er kl. 08.00 til 20.00 mandag til fredag, som vist i figur 2.4.

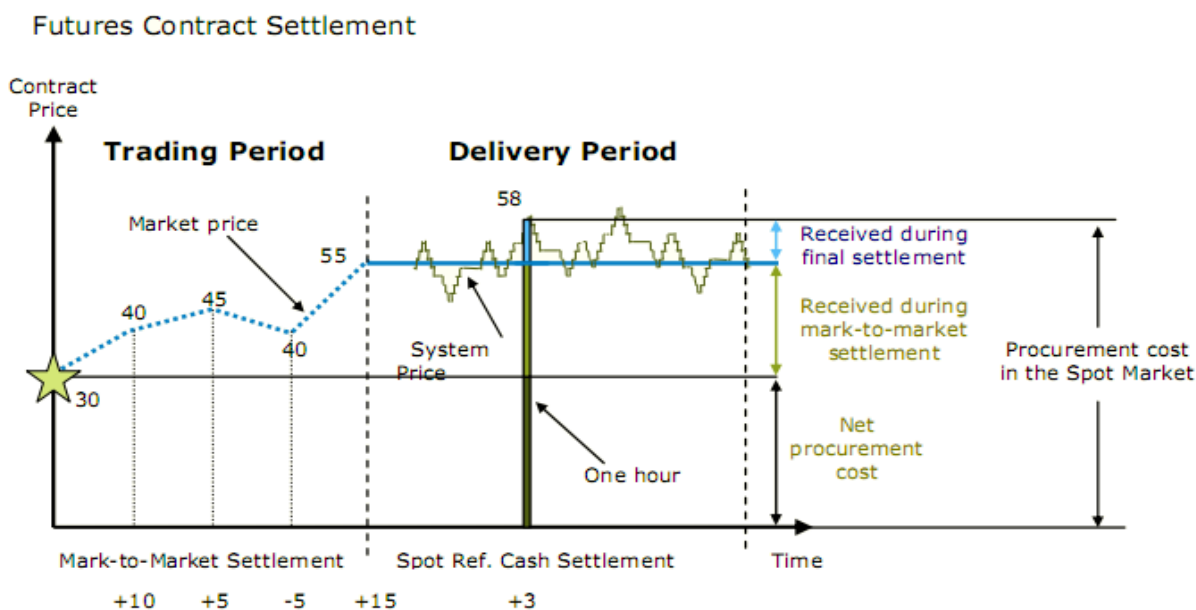


Figur 2.4: Illustrerer base og peak load kontrakter
Kilde: Nord Pool ASA, Trade at Nord Pool [NP], 2008)

En forskjell mellom futures på elektrisitet og futures på andre råvarer er at levering av kontantstrømmen korresponderer med en tidsperiode og ikke et spesielt tidspunkt. Futureskontrakter gjøres opp både med en daglig *mark-to-market* samt et endelig kontantoppgjør med referanse til spotprisen når kontrakten forfaller. Dette gir oppgjør for daglige endringer i markedsprisen i handleperioden og forskjellen mellom sluttkursen på futures, f_T , og systempris, S_T^n , i leveringsperioden. Kontantoppjøret, X_T for en futureskontrakt med 24 timers levering for hver spesifikk time kan da uttrykkes som:

$$\text{Ligning 2.1: } X_T = \sum_{n=1}^{24} (S_T^n - f_T)$$

Kontraktoppjøret illustreres i figur 2.5. En futureskontrakt blir kjøpt for 30 EUR/MWh. Ved forfall har verdien av denne kontrakten steget til 55 EUR/MWh. Gjennom handleperioden tjener kjøper en mark-to-market fra oppgang på 25 EUR/MWh. Dette beløpet blir debittert selger av kontrakten. Gjennom leveringsperioden, som starter ved kontraktens forfall, blir kjøper og selger debittert/kreditert forskjellen mellom systemprisen og futures kontraktens sluttkurs. I figuren er dette vist for en spesifikk time der systemprisen er 58 EUR/MWh. Kjøper har da tjent 25 EUR/MWh fra handleperioden og 3 EUR/MWh (58-55 EUR/MWh) fra sluttoppgjøret (Nord Pool ASA, *Product specification*, 2010), (Nord Pool ASA, *Trade at NP*, 2008).



Figur 2.5: Futures Contract settlement. Illustrerer oppgjøret til en futures kontrakt.

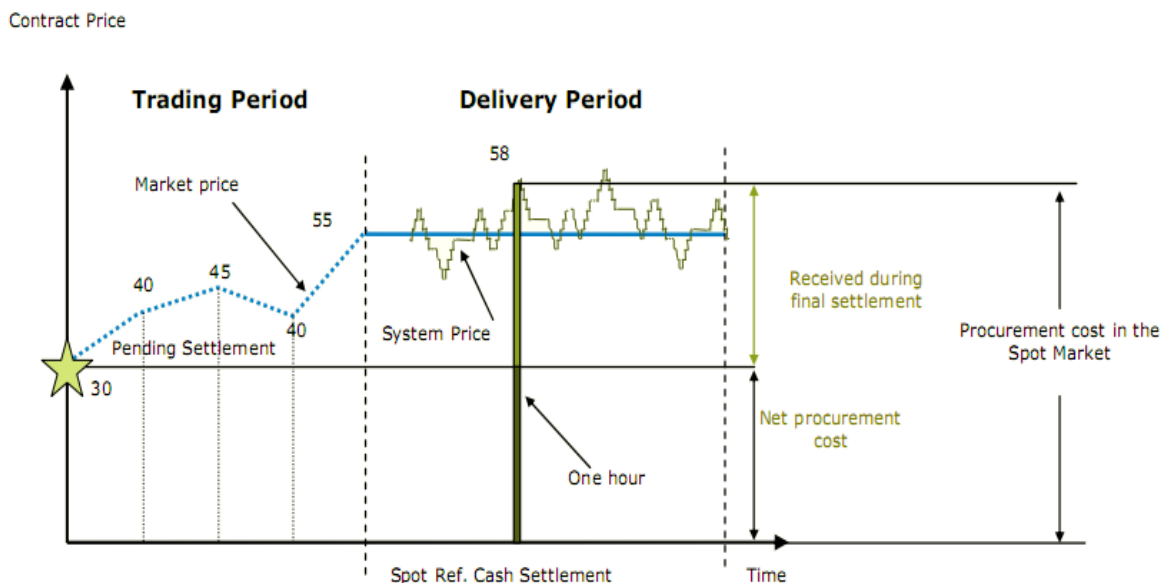
Kilde: Nord Pool ASA, Trade at NP, (2008)

2.3.2 Forward

Nord Pool tilbyr også handel av finansielle forwardkontrakter. Tidligere handlet man disse i sesongkontraktene vinter 1, sommer og vinter 2, men i 2004 ble det innført handel i kvartalskontrakter. Forwardkontraktene inneholder en base- eller peak load og handles i månedlige, kvartalsvise og årlige kontrakter. Kvartal forwards blir splittet til månedlige forwards og årlige forwards blir splittet til kvartal forwards.

Månedskontrakter blir listet på en rullerende seksmåneders basis og årlige kontrakter kan handles fem år frem i tid. De nordiske forwardene er listet for de nærmeste fem ukene, to månedene, tre kvartalene og det nærmeste året.

Forward Contract Settlement



Figur 2.6: Forward Contract Settlement. Illustrerer oppgjøret til en forwardkontrakt.
Kilde: Nord Pool ASA, Trade at NP, 2008

I motsetning til futures er der ingen *mark-to-market* oppgjør i handleperioden for forwardkontraktene. Daglig tap og profitt blir akkumulert, men ikke realisert før det endelige oppgjøret i leveringsperioden. Sikkerhet er påkrevd i leveringsperioden og oppgjøret gjennom leveringsperioden skjer på samme måte som for futures.

Figur 2.6 viser likheten med oppgjøret i en futures, der de samme tallene blir brukt. Kontrakten er kjøpt for 30 EUR/MWh og stiger i en spesifikk time i leveringsperioden til 58 EUR/MWh. Både den akkumulerte verdien fra handleperioden og verdien i forhold til endringer i systemprisen blir utbetalt hver dag i leveringsperioden. Dette gir et endelig oppgjør i den spesifikke timen på 28 EUR/MWh (58-30EUR/MWh). Om vi setter den akkumulerte verdien fra handleperioden til CF_T kan oppgjøret for en månedlig forward da uttrykkes som:

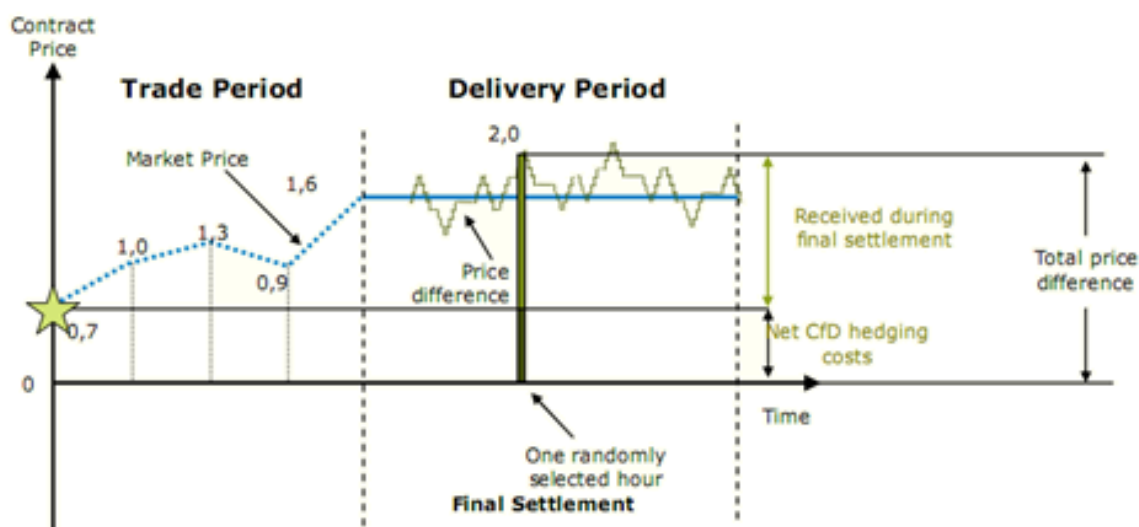
$$\text{Ligning 2.2: } X_T = \sum_{m=1}^{30} \sum_{n=1}^{24} (S_m^n - f_T) + CF_T$$

Dette uttrykket inkluderer både handels og leveringsperioden (Nord Pool ASA, Trade at NP, 2008).

2.3.3 Contracts for Difference

Selv om Nord Pool er et velfungerende kraftmarked oppstår det likevel problemer når det gjelder distribusjon av kraft til de forskjellige områdene i *high peak* perioder, til tross for at markedet har nok kraft til å dekke etterspørselen. Dette medfører at prisen på kraft blir dyrere i noen områder enn andre og prisen vil avvike fra spotprisen på Nord Pool. *Contracts for Difference* (CfD) ble derfor innført som et nytt derivat på Nord Pool i 2000. CfD-kontrakten skulle bidra til å sikre en perfekt *hedge* i mot områdeprisisikoen. Markedsprisen på en CfD-kontrakt reflekterer antakelsen markedet har til prisforskjellen mellom systempris og områdepris. Selve mekanismen ved å foreta en perfekt hedge kan gjøres ved å kjøpe ønsket volum via en forwardkontrakt og deretter sikre prisforskjellen for samme periode og volum ved å benytte en CfD. Til slutt fullfører man sikringen ved å kjøpe eller selge kraft i det området motparten tilhører.

Contract for differences (CfD)



Figur 2.7: Tidsforløpet til en Contract for Difference

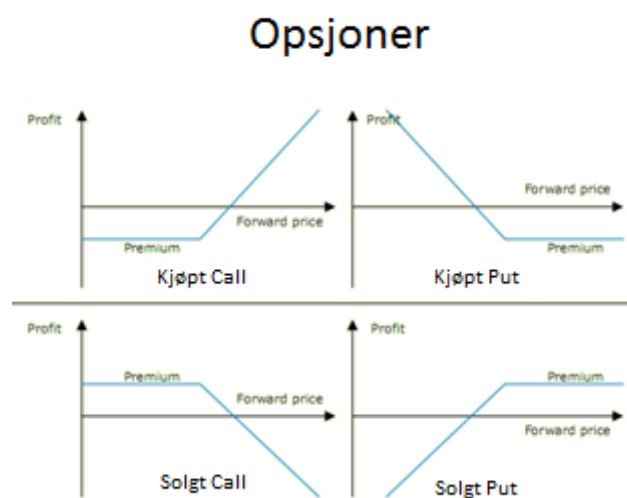
Kilde: Nord Pool ASA, *Trade at NP*, (2008)

Figuren viser tidsforløpet til en CfD-kontrakt hvor en aktør går til anskaffelse av en CfD til en pris på EUR 0,7/MWh, der det ikke ble kjøpt en forwardmarkeds hedge for kraftvolumet. Videre i tidsløpet stiger verdien på CfD-kontrakten til EUR 1,6/MWh. I spotmarkedet er prisen for å handle tilsvarende volum lik EUR 2,0/MWh i en tilfeldig valgt time i leveringsperioden. Som vist i figuren vil eieren av kontrakten i denne timen motta (EUR (2,0-0,7) MWh =) EUR 1,3/MWh i gevinst.

Markedsprisen på en CfD kan bli både positiv, negativ eller null. Kontrakten vil bli positiv dersom markedet forventer at en spesifikk områdepris blir høyere enn systemprisen. Motsatt blir den negativ dersom markedet forventer at områdeprisen blir lavere enn systemprisen (Nord Pool ASA, *Trade at NP*, 2008).

2.3.4 Opsjoner

En opsjon er en rett til å kjøpe (Call) eller selge (Put) en gitt mengde av det underliggende aktivumet. Kjøper av kontrakten betaler en opsjonspremie ved inngåelse av kontrakten som vederlag for retten til å utøve opsjonen. Man skiller mellom to typer opsjoner; kjøps- og salgsoptsjoner. Disse kan både kjøpes og selges, og man får derfor fire alternative grunnposisjoner man kan ta.



Figur 2.8: Viser gevinst- og tapskurver for en opsjoner på forfallsdag.
 Kilde: Nord Pool ASA, *Trade at NP*, (2008).

På forfallsdagen har opsjonen fire gevinst- og tapskurver, som vist i figur 2.8, der gevinsten eller tapet for hver opsjonskontrakt avhenger av prisen på underliggende forwardkontrakt, striken og opsjonspremien.

Kraftopsjoner ble innført på Nord Pool i 1999. I dag handles disse for de to nærmeste kvartalene og årene, med forwardkontrakter som underliggende. På Nord Pool handles det europeiske opsjoner som er standardiserte i forhold til identitet, mengde, løpetid og

innløsningspris. Innløsningsprisen omtales som *strike* videre i oppgaven. Europeiske opsjonskontrakter kan bare innløses på innløsningsdatoen som er tredje torsdag i måneden før leveringsperioden for underliggende forwardkontrakt. Når en opsjonsserie forfaller blir nye opsjonsserier listet for handel samme dag. Det benyttes en såkalt *delivery to strike* ved opsjonsoppgjøret. Dette er en forhåndsbestemt strike på underliggende kontrakt. Den bestemmes ved at Nord Pool setter 5 strikepriser når en opsjonsserie blir listet for handel. Strikeprisen blir basert på sluttprisen til underliggende forwardkontrakt. Nye striker blir automatisk generert når den handlede prisen eller sluttkursen for den underliggende forwardkontrakten er lik eller under (over) den nest laveste (høyeste) striken.

Opsjonspremien er markedsverdien til opsjonen på det tidspunktet kontrakten inngås. Opsjonspremien blir handlet i euro pr. MWh og ticker størrelsen er EUR 0,01. Premien blir avgjort dagen etter at opsjonen er handlet. Størrelsen på opsjonskontrakten blir beregnet ved å multiplisere antall MW med antall timer i den underliggende kontrakten. I Teorien er opsjonspremien summen av realverdi og tidsverdi til en opsjon. Opsjonens realverdi bestemmes av forskjellen mellom innløsningskurs og aksjekurs, og er minsteprisen en investor må betale for opsjonen. Tidsverdien reflekterer markedets prising til hva investor kan tjene på opsjonen innen forfallsdag. Tidsverdien faller ikke lineært men faller lite i starten og deretter kraftig for opsjoner som nærmer seg forfall.

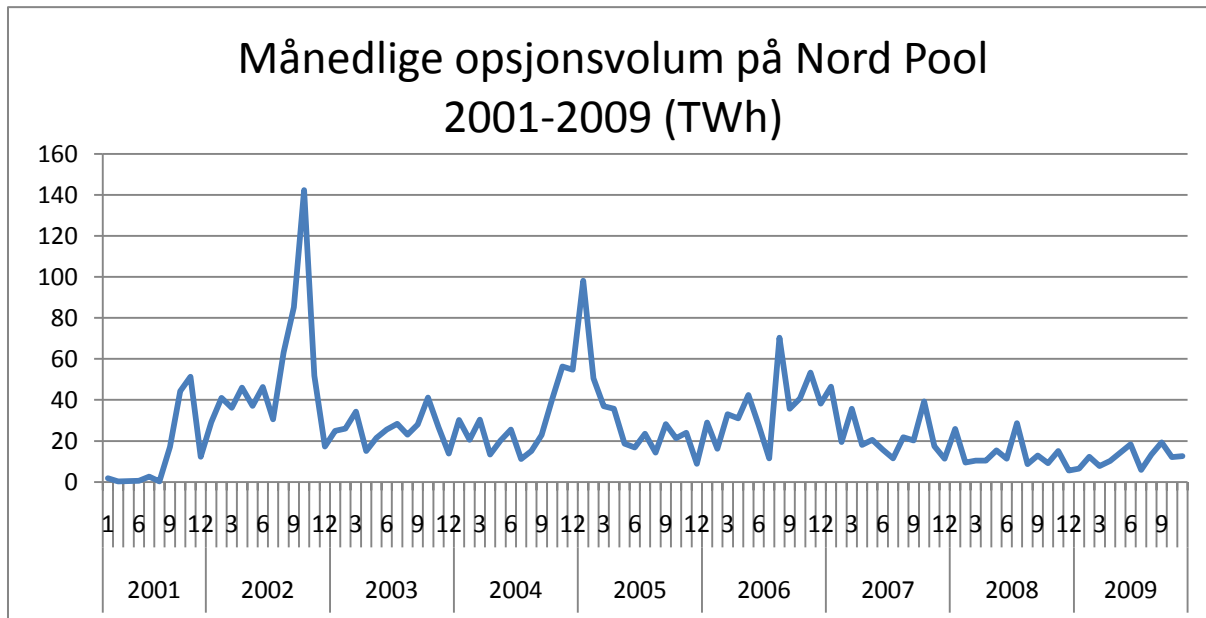
Bruk av opsjoner i kraftmarkedet

Opsjoner brukes først og fremst som et instrument for risikostyring og budsjettering. De kan brukes til eksempelvis å sikre en kraftportefølje mot kursfall, eller til å øke avkastningen til en portefølje. Siden opsjoner er meget fleksible kan man posisjonere seg uansett hva markedsforsventningen eller risikoprofilen er. Man kan tjene både når kursen faller, stiger eller når den står stille.

En aktør som ønsker å forsikre seg mot en prisstigning i forwardkontraktene for energi kan kjøpe en kjøpsopsjon. Med denne kjøpsopsjonen kan han sikre at prisen på fremtidig energi ikke vil overstige et visst nivå. En kjøpsopsjon vil i dette tilfellet sikre mot oppsiderisiko.

Produsenter ønsker gjerne å forsikre seg at de får solgt energien de produserer i fremtiden. De kan da kjøpe en salgsoptions som gir retten til å selge kraften på et fremtidig tidspunkt.

Opsjoner kan også benyttes for hedgingstrategier i kraftmarkedet. Opsjoner er et nokså fleksibelt derivat som gjør det nyttig både for de som trader og de som hedger i markedet (Nord Pool ASA, *Trade at NP*, 2008).



Figur 2.9: månedlig opsjonsvolum på Nord Pool. De månedlige observasjonene i perioden 2001 til 2009 er oppgitt i TWh.

Kilde: Nord Pool FTP-server (2010).

Figur 2.9 illustrerer det månedlige opsjonsvolumet på Nord Pool i perioden 2001 til 2009. Volumet har variert mye i perioden. Spesielt var det stort i 2002. De to siste årene ligger opsjonsvolumet på et svært lavt nivå. Dette skal studeres nærmere i analysen av opsjonsvolumet.

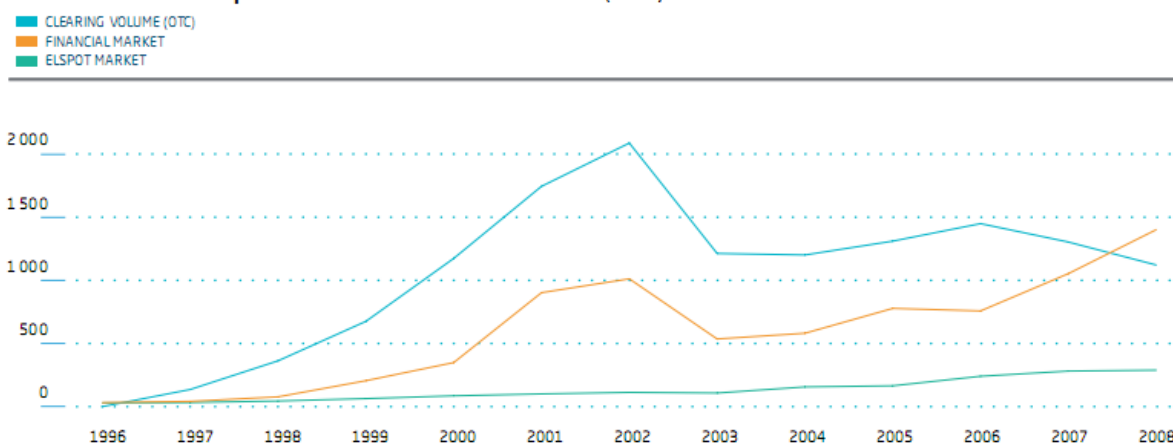
2.4 OTC-markedet

Det handles også kraft i det bilaterale markedet. Dette betegnes som *over the counter markedet* (OTC). Her omsettes både fysiske og finansielle kontrakter inngått direkte mellom to avtaleparter. Aktørene kan være produsenter, forhandlere eller sluttbrukere og de fleste kontraktene blir forhandlet og sluttet via en megler. En fordel med OTC-markedet er at aktørene kan forhandle mer på pris med megler enn hva de kan gjennom Nord Pool. Nesten 100 % av handelen som skjer i OTC meldes inn til Nord Pool Clearing.

2.5 Handel i markedet

Som nevnt må man være medlem hos Nord Pool for å kunne handle og delta i markedet. Dette bidrar til et åpent og sikkert marked på grunn av relativt få aktører sammenlignet med aksjemarkedet. All tilgjengelig informasjon om volum, bud og priser publiseres åpent i handelen og er tilgjengelig for alle medlemmene. Utførte handler, både i det finansielle markedet og på OTC markedet, blir registrert hos Nord Pool Clearing service og bidrar dermed til å få et godt transparent marked. Også nasjonale konkurranse- og reguleringsmyndigheter overvåker markedet for å sikre tilstrekkelig konkurranse. For at handelen i markedet skal fungere er det sentralt at medlemmene har tillit til prisdannelsen som skjer i det fysiske markedet. Figur 2.10 viser clearet volum på Nord Pool i 2009, både for handel på Nord Pool og i OTC markedet.

Volum omsatt på Nord Pool 1996-2008 (TWh)



Figur 2.10: Volum omsatt på Nord Pool. Figuren viser omsetningen i OTC-, det finansielle- og elspotmarkedet Kilde: Nord Pool ASA (2009).

Elektrisitetsmarkedet er lite utsatt for innsideinformasjon siden produktet, strøm, som blir handlet er likt for alle. Likevel kan innsideinformasjon oppstå ved at aktører får informasjon om for eksempel vannmagasinlagrene eller tidlig informasjon om etterspørsel og behov for energi i markedet.

Nord Pool har et velutviklet handlesystem kalt PowerClick. Dette er et kontinuerlig elektronisk handlesystem som ble innført i 1996 med en direkte linje til Nord Pool Clearing Service. Systemet har kapasitet til å foreta over 1000 handler og 10 000 ordre pr minutt. Etter at Nord Pool åpnet i 1993 har handlet volum i det finansielle markedet økt betraktelig.

3 Strømprisene

Dette kapitlet vil ta for seg strømprisene, forklare hvordan de beveger seg og beskrive hva som påvirker dem. Globaliseringen i kraftmarkedet og endringer i markedsforhold som i dag påvirker kraftprisene i Norden vil også bli beskrevet i denne delen. Dette gjelder økningen i råvarepriser frem til 2008 og finanskrisen. Hendelsene vil være viktig bakgrunn i forhold til analysen av opsjonsprisene.

Strømprisene i kraftmarkedet er svært volatile og har flere unike karakteristika sammenlignet med andre finansielle markeder. Det er gjort flere studier angående egenskapene til strømprisene hvor det er observert viktige egenskaper som sprang i pris, *mean reversion*, tunge haler i prisfordelingen og sesongavhengighet (Lucia og Schwartz, 2001). Strømprisene er derfor vanskelig å beskrive på samme måte som for eksempel priser i aksjemarkedet, nettopp på grunn av strømprisenes særegne egenskaper (Knittel og Roberts, 2001). Det er også utfordrende å modellere strømprisene fordi prisen på elektrisitet ikke alltid er lik marginalkostnaden for produksjon av elektrisitet. Strøm kan heller ikke lagres, men må benyttes i det den blir produsert. Andre faktorer som påvirker strømprisene er nedbørsmengde, temperatur, etterspørsel og brenselspriser.

3.1 Hva forklarer prisen

Systemprisen, også kalt spotprisen, i kraftmarkedet varierer stokastisk gjennom dager, uker, sesonger og år. Noe av dette er gjenkjennelige sesongvariasjoner. Usikkerheten knyttet til spotprisen kommer av faktorer knyttet til tilbud og etterspørsel. Videre vil oppgaven gi noen eksempler og forklaringer på dette.

3.1.1 Vær og temperatur

Vannkraft står for rundt halvparten av strømproduksjonen i det nordiske kraftmarkedet. Dette innebærer at tilgangen på vann i magasinene er den viktigste faktorene for tilbudssiden. Mengden vann i magasinene varierer mye fra år til år og innad i hvert år, som følge av nedbør og snøsmelting. Tidligere forklarte nedbøren opp imot 80 % av kraftprisen, men dette har endret seg de siste 5-10 årene og blir i dag sagt å forklare omtrent 20 % av prisen. Dette

kommer blant annet av mer globaliserte energimarkeder som blir diskutert senere. I og med at nordiske hjem bruker omkring 30 % strøm i oppvarming blir temperaturen en viktig faktor for etterspørselen i kraftmarkedet.

3.1.2 Kraftnettet

Overføringskapasiteten til kraftnettet vil påvirke prisen dersom etterspørsel i et område overskrider kapasiteten som kan tilbydes gjennom kraftnettet. Det nordiske kraftnettet er også knyttet til Tyskland, Russland, Nederland, Estland og Polen. Dette gjør at tilbud og etterspørsel i disse markedene kan påvirke prisen på det nordiske kraftmarkedet.

3.1.3 Økonomiske faktorer

Energikilder som kull, gass og kjernekraft står for en stor del av den totale strømproduksjonen i Danmark, Sverige og Finland. Kostnaden for disse råvarene har derfor stor betydning for prisen. En rekke store atomkraftverk i Norden står for nesten 25 % av kraftproduksjonen. Avbrudd eller nedskjæringer i produksjonen fra kjernekraft vil redusere tilbudet og kan dermed øke prisene. Dette ble observert i markedet januar og februar 2010.

Produksjonskapasiteten de ulike aktørene i markedet har vil påvirke prisene gjennom tilbudssiden. Dersom det kommer en økning i etterspørselen utover produksjonskapasiteten kan dette bli balansert av økte priser.

Det nordiske kraftmarkedet påvirkes av svingninger i andre råvaremarkeder og valutamarkeder. Primært påvirker forhold i det europeiske gass- og CO₂-markedet, men også globale markeder innen kull og olje. Generelle økonomiske svingninger gjennom oppgangs- og nedgangstider vil kunne påvirke strømforbruket i Norden og dermed handel i spotmarkedet.

De fleste råvarer er priset i amerikanske dollar. En lavere dollarkurs reduserer eksempelvis kostnaden for kull, og vil kunne gi bedre vilkår for produksjon av elektrisitet i tyske kullkraftverk. Om de nordiske prisene er høye kan økt eksport fra det tyske kraftmarkedet til Norden bidra til å redusere prisene.

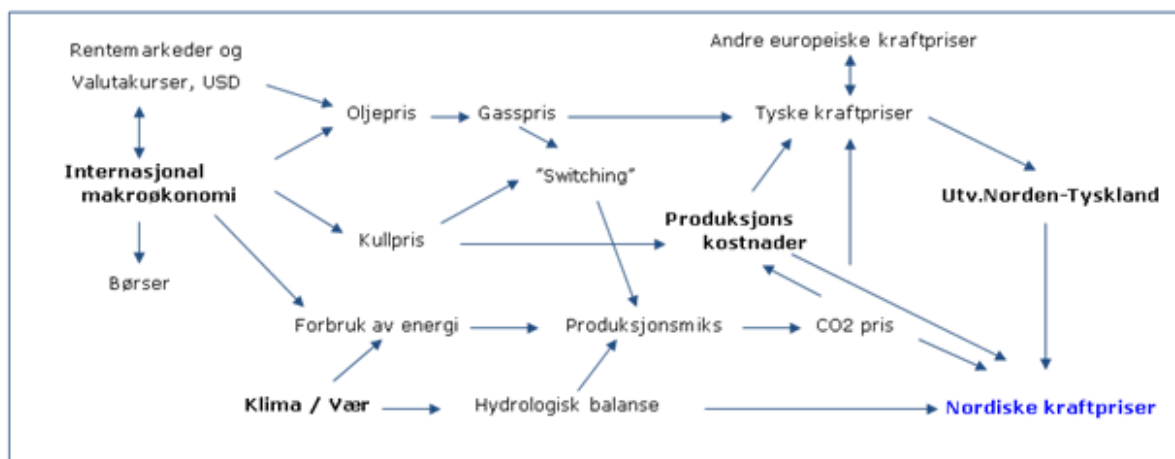
Kraftverk med CO₂-utslipp får tildelt en kvote på 50-80 % av utslippene. De resterende utslippskvotene må handles i CO₂-markedet. Hvis prisen på disse rettighetene er høye blir det dyrere å generere elektrisitet fra brensel som kull og gass, og prisen kan stige. Kraftprisen kan øke med mengden av utslippstillatelser, da disse er innsatsfaktorer. Kraftmarkedet fungerer på en slik måte at den billigste elektrisiteten genereres først, men dyrere strøm faser inn ettersom forbruket øker. I praksis betyr dette at prisen er satt av den dyreste genererte strømmen. Siden det er perioder i det nordiske markedet når kull blir forbrukt, vil kraftprisen også inkludere kostnaden for utslipp (Nord Pool ASA, Markets, 2010), (Nord Pool ASA, 2007)

3.1.4 Globalisert marked

Den globale etterspørselen etter energi ble i 2008 dekket gjennom produksjon av 35 % olje, 24 % gass, 29 % kull, 6 % kjernekraft, 6 % hydrogen og 1 % fornybar energi, i følge BP Statistical review of World Energy (2009). En utfordring har vært å frakte energi på tvers av landegrenser og ut til sluttbruker på grunn av begrensninger i elektrisitetsnett, gassrør og annen kostnad knyttet til logistikk. Dette har gjort markedene for energi nokså nasjonale. I de senere år har energimarkedet blitt mer globalisert ettersom utbyggingen av gassrør på tvers av landegrenser og kontinenter har økt og frakt av kull og olje har blitt enklere å gjennomføre.

Kraftprisene i Norden blir påvirket av flere globale forhold, noe figur 3.1 oppsummerer. Tidligere var vær og temperatur den desidert viktigste forklaringsfaktoren til strømprisen. Dette har endret seg, og i dag forklarerer faktorer som råvarepriser, andre europeiske kraftpriser, produksjonskostnader og internasjonale makroøkonomiske forhold mer av kraftprisene i Norden.

Faktorer som påvirker de nordiske kraftprisene

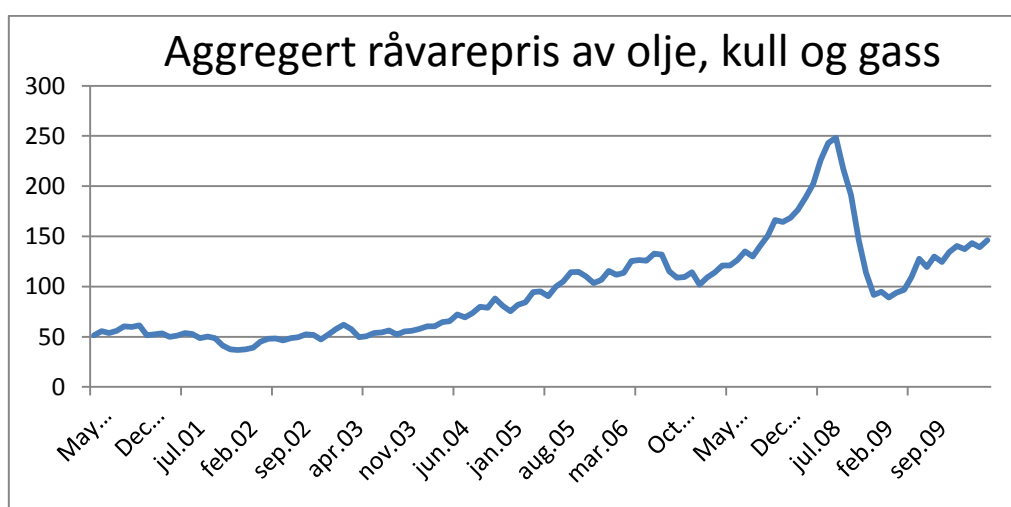


Figur 3.1: Faktorer som påvirker de Nordiske kraftprisene.

Kilde: Preben Olsen, personlig kommunikasjon, 26. februar 2010

3.1.5 Økte råvarepriser

Figur 3.2 viser at råvareprisene på olje, kull og gass økte betraktelig etter 2002 og fram til finanskrisen i 2008. Prisene eksploderte etter 2005, noe som bidro til økonomisk press verden over og skapte ringvirkninger til kraftmarkedet i Norden. Da finanskrisen slo til i 2008 stupte råvareprisen. Mye av råvareprisveksten forklares ved at store industrimakter som USA, Tyskland og Kina benyttet 50-80 % kull i produksjon av elektrisitet, noe som krever stor tilgang på CO₂-utslippsavtaler (TEMA kilowatt, 2010).



Figur 3.2: Aggregert råvarepris av olje, kull og gass.

Kilde: IndexMundi (2010).

Den sterke oljeprisveksten i perioden 2003-2008 kan i stor grad forklares av fremvoksende økonomier som Kina og India. Kina alene sto for en tredjedel av den totale økningen i verdens oljeforbruk. Dette ledet til sterk vekst i etterspørselen etter råolje. Den høye veksten ble ytterligere forsterket som følge av lavere produksjon av olje fra land utenfor OPEC-kartellet. Samtidig var det stor usikkerhet knyttet til fremtidig oljeleveranse fra produsentland som Irak, Iran, Nigeria og Venezuela som opplevde politiske uroligheter. Disse forholdene kan forklare at man så en vekst i oljeprisen fra 30 dollar fatet i 2003 til hele 147,27 dollar fatet i juli 2008 (Finansdepartementet, 2009).

Etterspørselen etter kull økte også mye på grunn av Kinas økonomisk utvikling i denne perioden.

Et resultat av dette var at kullprisene og produksjonskostnadene økte, noe man kunne se påvirket kraftprisen i Norden i 2005, ettersom et marked for CO₂-utslippsavtaler ble dannet. Vannverdiene økte på grunn av at vannkraftprodusentene optimaliserte sin produksjon etter termiske produksjonskostnader. Kull-, gass- og oljeprisen påvirket CO₂-markedet, noe som fikk store konsekvenser for kraftprisene på Nord Pool (Preben Olsen, personlig kommunikasjon, 26. februar 2010).

3.1.6 Finanskrisen

Da finanskrisen kom i 2007-2008 slo den direkte inn i kraftmarkedet ved at finansielle aktører måtte selge seg ut av råvarer. Dette ledet til resesjon ettersom lavere etterspørsel etter råvarer medførte lavere aktivitet og mindre CO₂-utslipp. Valutamarkedet endret seg også enormt som følge av uroen i det globale finansielle markedet. Lavere råvarepriser gav lavere produksjonskostnader og vannverdier. Som figur 3.1 illustrerer vil den globale økonomien og makroforhold i verden påvirke kraftprisene i Norden. Da finanskrisen kom ble dermed kraftbalansen i Norden endret som følge av lavere forbruk av elektrisk kraft.

3.2 Sesongvariasjoner

Strømprisene i kraftmarkedet er i stor grad preget av sesongvariasjoner med tanke på nedbør og temperatur. Kombinasjonen av høyt forbruk og lavt tilsig om vinteren og tilsvarende lavt forbruk og høyt tilsig om sommeren fører til disse sesongvariasjonene. Clewlow og Strickland (2000) påviste at slike sesongvariasjoner gjaldt spesielt for strømprisene i Norden, mye på grunn av klare sesongskiller mellom vinter og sommer. Hydrologisk balanse er summen av snø, markvann og vann i kraftmagasinene målt som avvik fra normalsituasjonen for gjeldende uke. Ved dårlig hydrologisk balanse blir sesongvariasjonene mindre fordi mangel på energi i sommerhalvåret øker prisen (Johnsen og Lindh, 2001).

Av det årlige oppvarmingsbehovet i Norge, på omlag 52 TWh, dekkes 30 TWh av elektrisitet, noe som utgjør om lag 60 % av oppvarmingsbehovet. Dette medfører at klima og sommer/vintersesong i stor grad bestemmer konsumet av elektrisk kraft (Olje- og Energidepartementet, 1999).

3.3 Convenience yield

Convenience yield er en fordel eller ulempe knyttet til å ha en råvare tilgjengelig. Strøm kan være en slik råvare. Som tidligere nevnt er utfordringen til kraftprodusentene at strøm ikke kan lagres, noe som gjør at produksjon og forbruk må skje tilnærmet samtidig. Kraftprodusentene får kostnader forbundet med oppstart og nedstengning av produksjon som følge av svingninger i etterspørselen etter energi. Dette påvirker igjen elektrisitetsprisen og medfører at sluttbrukerne ønsker å sikre seg nok energi ved å betale en ekstra premie, eksempelvis ved å kjøpe en forwardkontrakt. I Norge, hvor vannkraft står for det meste av elektrisitetsproduksjonen, har kraftprodusentene mulighet til å lagre elektrisiteten i vannmagasiner. Den kan da selges på et senere tidspunkt når etterspørselen og kraftprisene er høyere. I følge Gjøølberg og Johansen (2001) har ikke sluttbrukerne denne lagringsmuligheten.

3.4 Volatiliteten

Prisene i kraftmarkedet er kjent for å være meget volatile. Fleten, Tomasgard og Wallace (2001) argumenterer for at noen av grunnene til den høye volatiliteten er at elektrisitet ikke kan lagres og må brukes i det den produseres, og at etterspørselen er lite priselastisk på kort sikt. Endringene i elektrisitetsprisen er stokastiske, og volatiliteten er den som viser størrelsen på denne endringen. Aktørene i kraftmarkedet risikerer å få finansielle problemer på grunn av den høye risikoen for ekstrempriser i elektrisitetsmarkedet. Bessembinder & Lemmon (2002) sier at ekstremprisene kan i verste fall lede til konkurser. Derfor opptrer aktørene med stor forsiktighet med tanke på risikoeksponering ved kjøp og salg av kraft. Aktørene kan velge å hedge seg ved hjelp av derivater i det finansielle markedet, for å redusere risikoeksponeringen de blir utsatt for.

Lucia & Schwartz (2001) argumenterer for at høyere volatilitet leder til en lavere etterspørsel av opsjoner på grunn av at opsjonspremien stiger. I følge Pilipovic (1998) beregnes ofte volatiliteten som en konstant, selv om den i seg selv kan være volatil, burde den kanskje heller ha blitt modellert som en kombinasjon av tidsvarierende og stokastisk ledd.

3.5 Mean reversion

Mean reversion vil si at det er en viss sannsynlighet for at råvarepriser vil ha en tilbakegang til et gitt likevektsnivå dersom det oppstår ekstremverdier. Knittel og Roberts (2001) observerte i sin rapport at strømprisene viser en sterk trend til mean reversion i motsetning til hva en observerer i aksjemarkedet. Schwartz gav i sin artikkel fra 1997 en naturlig forklaring på hvorfor mean reversion i råvareprisene forekommer. Han forklarte det med at når prisene er relativt høye forventer man at tilbudet av varer øker som en følge av at flere produsenter med høye kostnader kommer inn i markedet. Dette presser dermed ned prisene tilbake til likevektsnivå. Om prisene er relativt lave forventer man at tilbudet avtar og at prisene dermed presses opp. Mean reversion kan ifølge Philipovic (1998) også være en indikator på hvor fort spesielle hendelser avtar og forventes å avta i markedet.

3.6 Samuelsonseffekten

Dersom det er lite asymmetrisk informasjon mellom aktørene i markedet vil forwardprisene øke når tid til forfall nærmer seg. Samuelson (1965) utledet denne hypotesen som går ut på at mer informasjon blir tilgjengelig i markedet når forfallstidspunkt nærmer seg, noe som bidrar til høyere volatilitet og høyere priser på forwardkontraktene. Koekebakker og Ollmar (2001) har påvist at dette er tilfelle også i det nordiske elektrisitetsmarkedet.

4 Teori

I dette kapittelet vil nødvendig teori for analysen bli presentert. Dette vil i all hovedsak dreie seg om opsjoner, hedging og volatilitet. I forhold til opsjoner vil det fokuseres på europeiske opsjoner ettersom det er disse som blir tilbudt på Nord Pool. Teori og korrelasjons- og multippel regresjonsanalyse vil også bli forklart.

4.1 Opsjoner

I opsjonsprisindeksen Black-Scholes blir den teoretiske opsjonsprisen satt med hensyn på følgende fem faktorer: Kursen på underliggende (S), strike (K), risikofri rente (r_f), tid til forfall ($T - t$) og volatiliteten til underliggende (σ).

Verdsettelsen av kjøps- og salgsoptjoner er funksjoner av disse faktorene:

$$\text{Ligning 4.1:} \quad \text{Call} = f(S, K, r_f, T - t, \sigma)$$

$$\text{Ligning 4.2:} \quad \text{Put} = g(S, K, r_f, T - t, \sigma)$$

Alle faktorene utenom volatiliteten er observerbare i markedet. Denne kan estimeres gjennom en opsjonsprisindeksmodell ved å bruke de andre faktorene (Wilmott, 2007).

4.1.1 Verdsettelse av europeisk kjøpsoppsjoner

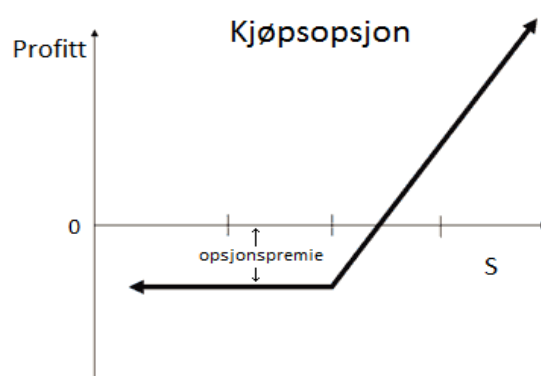
Ved innløsningsdatoen vil verdien av kjøpsoppsjonen med strike K være:

$$\text{Ligning 4.3:} \quad \text{Call}_T = \text{Maks}(S_T - K, 0)$$

På innløsningsdatoen er det bare striken og kursen på underliggende som har noe å si. Verdien er null om striken er høyere enn kursen på underliggende, og $S_T - K$ om den er lavere. Dette følger av at det vil oppstå en arbitrasje gevinst dersom $\text{Call}_T - S_T - K > 0$. En kunne da kjøpt oppsjonen og solgt den med en gang med gevinst. Vi forutsetter at investorene er pristakere i markedet underliggende handles i, og at alle investorer er nyttemaksimerende og rasjonelle. Prisen vil da presses i den retning som gjør at likheten $\text{Call}_T = S_T - K$ er oppfylt.

Dersom kursen til underliggende er høyere enn striken ved innløsningsdatoen har opsjonen en positiv verdi. Den som holder kjøpsopsjonen er da *in-the-money* og vil velge å innløse opsjonen. Dersom striken er høyere eller lik kursen til underliggende vil verdien av kjøpsopsjonen være negativ eller null. Med en opsjonsverdi på null er den som holder kjøpsopsjonen indifferent mellom å løse eller ikke løse inn opsjonen. En negativ opsjonsverdi fører til at opsjonen ikke blir innløst. Opsjonskontrakten er henholdsvis *at-the-money* eller *out-of-the-money* når verdien er null eller negativ. Profitten en får av å holde den lange kjøpsopsjonen avhenger imidlertid også av hvor stor opsjonspremien er.

Når man holder lang posisjon i en kjøpsopsjon har man forventninger om en kursoppgang. Avkastningen til opsjonskontrakten vil da bli som illustrert i figur 4.1. Figuren viser også det begrensede tapet opsjonspremien kan gi, og den ubegrensede profitten en teoretisk kan oppnå ved å holde opsjonen.



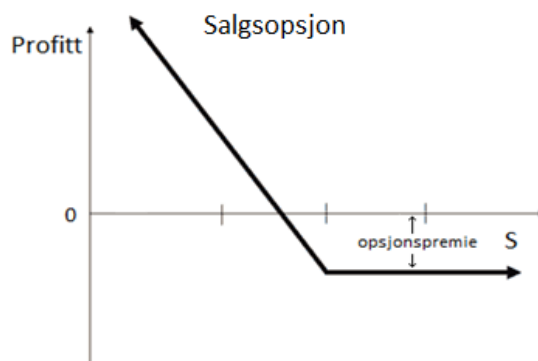
Figur 4.1: Kjøpsopsjon. Illustrerer avkastningen til en kjøpsopsjon.

4.1.2 Verdsettelse av europeisk salgsopsjon

Ved innløsningsdatoen vil verdien av salgsopsjonen med strike K være:

$$\text{Ligning 4.4:} \quad Put_T = Maks(K - S_T)$$

Denne sammenhengen gjelder på samme måte som for kjøpsopsjonen bare at man nå har retten til å selge underliggende til prisen K . Med forventninger om fall i kursen på underliggende vil man holde en lang salgsopsjon. Både tapet og profitten ved å holde en kjøpsopsjon vil være begrenset av opsjonspremien og hvor mye kursen til underliggende kan synke (Wilmott, 2007).



Figur 4.2: Salgsopsjon. Illustrerer avkastningen til en salgsopsjon.

4.1.3 Grekerne

Opsjonsprisens sensitivitet til endringer i de underliggende faktorene uttrykkes gjennom grekerne *delta*, *gamma*, *vega* og *theta*. Disse er definert som den deriverte opsjonsverdien med hensyn på de ulike faktorene.

Deltaverdien måler opsjonens sensitivitet til endringer i underliggende, og viser hvordan verdien på opsjonen vil endre seg når underliggende endres. Kursen på underliggende har stor betydning for opsjonsprisen fra opsjonen utstedes til den utløper.

Gammaverdien er den andre deriverte av opsjonsverdien med hensyn på underliggende. Gamma viser da hvor mye deltaverdien til en opsjon vil endre seg relativt til 1 % endring i underliggende.

Vegaverdien viser opsjonens sensitivitet til endringer i underliggendes implisitte volatilitet. Etter hvert som tiden går vil vegaverdien synke og volatiliteten ha mindre å si for prisen.

Thetaverdien, også kjent som tidsverdien, er hvor mye opsjonsprisen vil synke for hver dag. Dersom tiden til innløsning øker vil verdien på både salgs- og kjøpsopsjoner øke. Grunnen til dette er at sannsynligheten for å havne *in-the-money* eller *out-of-the-money* blir større.

I tillegg til grekerne spiller den risikofrie renten inn på opsjonsverdien. En høy risikofri rente vil redusere nåverdien av kostnadene knyttet til innløsning av opsjonen. Dette vil øke dagens verdi på opsjonen. For en salgsopsjon vil det motsatte være tilfellet (Wilmott, 2007).

4.2 Opsjonspringsmodeller

4.2.1 Historie

Opsjoner har vært et attraktivt og mye brukt derivat siden det på 70-tallet ble opprettet markeder for standardiserte opsjonskontrakter. Fischer Black og Myron Scholes har vært to store bidragsytere til teori knyttet til opsjonsprising etter at de publiserte sin artikkel *The pricing of options and corporate liabilities* i 1973. I fortsettelsen bidro også Robert Merton med å videreutvikle modellene for opsjonsprising. Oppgaven vil fokusere på Black-Scholes modellen som Black og Scholes utviklet og på den modifiserte utgaven Black76 som Fischer Black introduserte i 1976.

4.2.2 Black-Scholes

Black-Scholes opsjonspringsmodell ble utviklet for å prise aksjeopsjoner, og er sett på som den fundamentale opsjonspringsmodellen. Mange opsjonspringsmodeller har sitt utspring fra denne modellen.

Modellen bygger på forutsetningene:

1. Risikofri rente er lik for alle aktører og konstant over tid.
2. Det eksisterer ingen risikofri profitt.
3. Ingen skatter eller transaksjonskostnader.
4. Kontinuerlig handel over tid.
5. Ingen begrensninger i kortsalg.
6. $(S_{t+1})/S_t$ er stokastisk uavhengig av S og historie for t.
7. S_{t+1} har log-normalfordeling.
8. Volatiliteten er konstant. Variansen til underliggende aktivum er: $\text{var} \ln\left(\frac{S_{t+1}}{S_t}\right) = \sigma_{t+1}^2$
9. Enhver utfallsbane: $\{S_t\}_{t=0}^T$ er kontinuerlig over tid.

Black-Scholes modellen baserer seg på risikonøytral verdsettelse. Modellen utledes ved at man har mulighet til å konstruere en risikofri portefølje bestående av korte og lange

posisjoner i opsjonen, og i dens underliggende aktivum. Black-Scholes vil gi den teoretisk korrekte prisen på en europeisk opsjon, gitt at forutsetningene holder. Prisprosessen til det underliggende aktivumet forutsetter å følge en *geometrisk brownsk bevegelse*. Dette er en kontinuerlig stokastisk prosess, hvor logaritmen til den tilfeldig varierte underliggende følger en brownsk bevegelse. Brownsk bevegelse, også kjent som Wienerprosess, er en matematisk modell som beskriver tilfeldig bevegelse. Botanikeren Robert Brown (1827) var den første som belyste dette fenomenet. Prisprosessen er gitt på formen:

$$\text{Ligning 4.5: } dS = \mu S d_t + \sigma S d_z$$

der μ er forventet avkastning på underliggende aktivum, og d_z er endringen fra t til $t+d_t$ ved en brownsk bevegelse med forutsetningene:

$$\text{Ligning 4.6: } E(d_z) = 0$$

$$\text{Ligning 4.7: } \text{Var}(d_z) = d_t$$

Variablene i Black-Scholesmodellen er: Aksjeprisen (S), strikeprisen (X), risikofri rente (r), tid til forfall (T), den kumulative standard normalfordelingen ($N(x)$) og standardavviket (σ).

Disse variablene danner formelen:

$$\text{Ligning 4.8: } \text{Call} = SN(d_1) - Xe^{-rT}N(d_2)$$

som er en call opsjon hvor:

$$\text{Ligning 4.9: } d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$\text{Ligning 4.10: } d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

$$\text{Ligning 4.11: } P = C - S + Xe^{-rT}$$

Gitt at *put-call-pariteten* i ligning 4.11 holder, vil prisen på puten bli:

$$\text{Ligning 4.12: } \text{Put} = e^{-rT}N(-d_2) - SN(-d_1)$$

Variablene i modellen er observerbare og gitte, bortsett fra volatiliteten til underliggende aktivum, noe som også er grunnen til hvorfor den forventende volatiliteten til markedet, også kalt implisitt volatilitet, spiller en så viktig rolle når det gjelder opsjonsprising (Black og Scholes, 1973).

4.2.3 Black'76

En utfordring i forbindelse med opsjonsprising i elektrisitetsmarkedet er sesongvariasjoner og ikke-tilfeldigheten i elektrisitetsprisene gjennom året. Elektrisitetsprisen vil være høyere om vinteren når det er kaldt enn om sommeren når det er varmt. På grunn av dette blir det ikke relevant å benytte seg av en standard Black-Scholes opsjonspringsmodell med geometrisk Brownsk bevegelse, som er beregnet for aksjer. Fischer Black modifiserte Black-Scholes i 1976 til en modell som i dag er kjent som Black'76. Denne modellen benytter forwardpriser som underliggende, i stedet for aksjepriser. Dette fordi forwardpriser ikke følger den samme ikke-tilfeldige bevegelsen gjennom året, slik som alternativt spotprisene i elektrisitetsmarkedet gjør. Black'76 forutsetter at forwardprisen ($F(t, T)$) følger en geometrisk brownsk bevegelse. Den underliggende forwardkontrakten forutsettes å følge en stokastisk prosess og ha en konstant volatilitet (σ). Dersom man skal benytte seg av Black'76 er det viktig å undersøke om disse forutsetningene er i samsvar med virkeligheten. Man må også teste om logaritmen til den underliggende forwardprisen er normalfordelt, noe som forutsettes i Black'76.

En annen forskjell som skiller Black-Scholes og Black'76 fra hverandre er at det ikke er noe renteledd i uttrykket d_1 i Black'76. Dette fordi det er medregnet et renteledd i terminkontrakten. Black'76 krever heller ikke at opsjonen og forwarden har samme forfallsdato.

Formelen til Black'76 er gitt ved:

$$\text{Ligning 4.13: } C^R(t) = e^{-r(T-t)} (F^{T^*}(t, T) * N(d_1) - K * N(d_2))$$

hvor

$$\text{Ligning 4.14: } d_1 = \frac{\left(\ln\left(\frac{F^{T^*}(t, T)}{K}\right) + \left(\frac{\sigma^2}{2}\right) \times (T-t) \right)}{\sigma \sqrt{(T-t)}}$$

$$\text{Ligning 4.15: } d_2 = d_1 - \left(\sigma \sqrt{(T-t)} \right)$$

$$\text{Ligning 4.16: } T^* > T > t$$

Her er $N(d_1)$ og $N(d_2)$ sannsynlighetene for at opsjonen er *in-the-money* ved forfall, hvor N står for den kumulative normalfordelingsfunksjonen.

Dersom opsjonsprisen er kjent kan man benytte Black`76 modellen til å finne den implisitte volatiliteten ($\sigma^{implisitt}$) ved hjelp av uttrykket:

$$\text{Ligning 4.17: } V_{opsjon}^{markeds} = f(F_t, K, t, T, r, \sigma^{implisitt})$$

Dette er gitt at opsjonsprisen $V_{opsjon}^{markeds}$, dagens forwardpris F_t , strike prisen K , tid til forfall $(T - t)$ og risikofri rente r er observerbar (Black, 1976).

Hull (2000) påpeker i sin artikkel at verdien til opsjonen vil bli endret på grunn av *cost of carry*, ved at verdien av en opsjon med en forward som underliggende vil være lavere enn verdien på en opsjon med en vare som underliggende. Volatiliteten til forwarden vil være den samme som underliggende, dersom *cost of carry* og eierfordelsraten kun er avhengig av tid.

4.3 Volatilitet

Et vanlig mål på volatilitet er standardavvik som blir beregnet fra følgende formel:

Ligning 4.18:
$$\sigma_x = \sqrt{E(X - \bar{X})^2} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{t=1}^N (X - \bar{X})^2}$$

der X_i er variabel i og N er antall målinger. Det er vanlig å beregne årlig volatilitet, og volatilitet for andre tidsenheter kan enkelt korrigeres ved hjelp av at

Ligning 4.19:
$$\sigma = \sigma_e \sqrt{t_t - t_{t-1}}$$

der σ_e er årlig volatilitet og t er tiden gitt i år. Det er verdt å merke seg at en ofte kun er interessert i virkedager for volatiliteten, og at året da regnes til 250 dager. Denne formelen beregner historisk volatilitet, med en normalfordelt variabel. Volatiliteten sier noe om hvordan underliggende aktivum beveger seg, og blir derfor viktig i forbindelse med opsjonsprising. I Black-Scholes og Black'76 er det bare implisitt volatilitet som ikke kan observeres direkte i markedet, og må derfor beregnes ut i fra de andre variablene (Eydeland og Wolyniec, 2003).

4.3.1 Historisk volatilitet

Historisk volatilitet kan defineres som det annualiserte standardavviket til prisendringen og blir estimert ut i fra historiske priser. Det forteller hvor volatilt et aktiva har vært frem til nå. Samtidig er det en forskjell på volatilitet og standardavvik, ved at volatiliteten til en prisprosess brukes til å måle den annualiserte fordelingsbredden til prisendringene, mens standardavviket måler bredden på alle valgte fordelinger. Dersom prisene er normalfordelte, for eksempel ved en geometrisk brownsk bevegelse, vil variansen til prisendringene vokse over tid.

4.3.2 Implisitt volatilitet

Implisitt volatilitet forteller hva markedet tror at volatiliteten til et aktiva vil bli i fremtiden. Dersom man benytter seg av iterasjon kan man beregne nivået volatilitetsfaktoren må ha for at

den teoretiske opsjonspremien skal være lik den observerte opsjonspremien som er i markedet. Dette gjøres ved å ta utgangspunkt i en valgt opsjonsprisindemodell. Noe som skiller implisitt volatilitet fra historisk volatilitet er at man kan få forskjellig implisitt volatilitet avhengig av hvilken opsjonsserie man tar utgangspunkt i.

4.4 Hedging

Hedgingstrategier blir brukt for å redusere risikoeksponeringen investorer blir utsatt for i forskjellige finansielle markeder, og kan sees på som en forsikring mot et negativt utfall. Strategiene går som regel ut på å ta en motsatt posisjon i markedet ved å benytte derivater.

4.4.1 Delta-hedging

Deltaverdien til en opsjon eller en portefølje av opsjoner, er opsjonens sensitivitet til underliggende. Dette er størrelsen av endring i verdi med hensyn på underliggende. Deltaverdien til en opsjon kan uttrykkes som: $\Delta = \frac{\partial V}{\partial S}$ der V er verdien på en opsjon, og S er verdien på underliggende.

Grovt sett kan man dele aktørene i et finansielt marked inn i spekulanter og hedgere. En spekulant tar et syn på retningen til et mål som for eksempel pris, volatilitet el. til et aktivum, og implementerer en strategi for å realisere gevinsten ved sitt syn. Slike aktører trenger nødvendigvis ikke hedge seg i det hele tatt. Hedgere på den andre siden kan videre deles inn i to: De som allerede holder en posisjon og vil redusere risikoen og de som tror de har en bedre pris på opsjonen og vil tjene penger på dette ved å hedge vekk all risiko. Det er det siste tilfellet som blir betegnet som delta-hedging.

Delta-hedging innebærer å holde en opsjon og samtidig gå kort i et kvantum, Δ , i underliggende. Delta kan uttrykkes som en funksjon av S og t , der t er et tidspunkt en kan handle opsjonen. Deltaverdien vil variere ettersom S og t varierer. Dette medfører at kvantumet en skal holde i underliggende vil forandre seg kontinuerlig om en skal holde en deltanøytral posisjon. Denne prosedyren kalles dynamisk hedging. Å kjøpe eller selge underliggende for å oppnå den deltanøytrale posisjonen omtales som rebalansering av porteføljen. Ved delta-hedging tar man motsatt posisjon i opsjonen og underliggende. Under er beregningen av deltaverdien for call- og putt opsjoner beskrevet (Wilmott P, 2007).

Ligning 4.20: Call: $e^{-D(T-t)}N(d_1)$, Ligning 4.21: Put: $e^{-D(T-t)}(N(d_1) - 1)$

Delta-hedging forekommer ofte i markeder med stor likviditet og lave transaksjonskostnader. Selv om Black og Scholes' antakelse om fortløpende hedging kan være svært presis, vil det i mindre likvide markeder være tap knyttet til *bid-ask spreadene*. Det kan også hende at en ikke

har mulighet til å kjøpe det ønskede kvantumet i markedet. En lavere frekvens på hedgingen vil da bli tilfellet. Dette vil i neste omgang gjøre hedgingen mindre presis, noe som kan gi tap.

Et annet tilfelle som gir en mindre perfekt hedge, er kontrakter som gir en veldig høy delta ved spesielle aktivaverdier eller perioder. En kan da få en delta som tilsier at en skal kjøpe mer av underliggende enn det finnes i markedet. Dette oppstår ved utgangspris nærme striken for binære opsjoner.

4.4.2 Delta-hedging i kraftmarkedet

Aktørene som benytter delta-hedging i kraftmarkedet kan eksempelvis kjøpe eller utstede en opsjon og delta-hedge, ved å kjøpe og selge underliggende forwardkontrakt. Aktørene rebalanserer delta-hedgen med en lavere frekvens der underliggende ligger stabilt. Dersom prisen til underliggende svinger mye, risikerer aktørene tap på delta-hedging når de rebalanserer.

Opsjonspremien inneholder en tidsverdi som synker jo nærmere den kommer forfallsdato. Denne verdien gjenspeiler risikopremien en selger krever av kjøper av opsjonen, fordi kjøper da får mulighet til å selge eller kjøpe underliggende frem til forfalldato. Tidsverdien blir bestemt ut i fra volatiliteten markedet forventer underliggende vil ha frem til forfallstidspunkt. Tidsverdien faller spesielt mye og brattere jo nærmere forfall opsjonen kommer, og utgjør da også en større andel av opsjonsprisen. Dette resulterer i at tidsverdien faller prosentvis mer enn tidligere. Bevegelsene til underliggende påvirker hvordan tidsverdien endrer seg.

Verdien til opsjonen vil også endre seg i forhold til hvordan implisitt volatilitet beveger seg. Eksempelvis vil lange posisjoner tjene på at implisitt volatilitet stiger, da opsjonen blir mer verdt (Wilmott, 2007).

4.5 Korrelasjon

Korrelasjonsanalyse blir brukt for å måle graden av lineær sammenheng mellom to variabler. Korrelasjonskoeffisienten er et absolutt mål med verdi mellom -1 og 1, og kan defineres som ligning 4.22 under.

$$\text{Ligning 4.22: } \rho_{xy} = \frac{\text{COV}(X,Y)}{\sqrt{\text{Var}(X)} * \sqrt{\text{Var}(Y)}}$$

Dersom: $\rho_{xy} > 0$ varierer variablene prosyklisk med hverandre

Dersom: $\rho_{xy} < 0$ varierer variablene motsyklisk med hverandre

Dersom: $\rho_{xy} = 0$ beveger variablene seg uavhengig av hverandre

Fordelen ved å bruke korrelasjonsanalyse er at korrelasjonskoeffisienten er et begrep som er enkelt å forstå. Man må samtidig være bevist på at den ikke forteller noe om hvilke av variablene som påvirker den andre, eller om den observerte sammenhengen er kausal. I en korrelasjonsanalyse vil det derfor være hensiktsmessig på forhånd å gjøre seg opp en mening om hva sammenhengene mellom variablene er.

4.5.1 Tidsforskyvninger

For å gå nærmere inn på hvordan de ulike variablene påvirker hverandre, kan det være nyttig å benytte seg av tidsforskyvninger i korrelasjonsanalysen. Dette kan gjøres ved å sammenligne variabelen Y med variabelen X som er observert n dager tidligere. Dette kalles *laggs*. Variabler kan lagge med hverandre i både positiv- og negativ retning. Korrelasjonskoeffisienten kan nå uttrykkes som $\rho(X_{t-n}, Y_t)$ for positive laggs og $\rho(X_{t+n}, Y_t)$ for negative. Ved å se på tidsforskyvninger i korrelasjonene, kan man se hvilke perioder av variabelen X som påvirker variabelen Y mest.

4.5.2 Autokorrelasjon

Autokorrelasjon viser om observasjoner korrelerer over tid. Om autokorrelasjonskoeffisienten, $\rho(X_t, X_{t-n})$, er signifikant større enn null for flere positive verdier av n sier vi at variabelen er presistent. At den er presistent betyr altså at variabelens

observerte verdi i periode t ikke er uavhengig av verdien variabelen hadde i tidligere perioder. En persistent variabel vil da forventes å ha en høy verdi i periode t , dersom verdien var høy i perioden $t - 1$ (Pindyck og Rubinfeld, 1991).

4.6 Multippel regresjon

Multippel regresjonsanalyse er en regresjon der utviklingen i en variabel forklares ved hjelp av flere andre variabler. Multippel regresjonsanalyse skiller seg på den måten fra enkel regresjonsanalyse ved at den benytter mer enn en variabel. Den avhengige variabelen settes som Y_t og er en funksjon av de forklarende variablene X_1, X_2, \dots, X_k , med k parametere. Regresjonskoeffisientene er den deterministiske delen av sammenhengen mellom X og Y . Disse betegnes som $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$. Konstantleddet i modellen er β_0 . Feilleddet, ϵ , inkluderer alt som påvirker den avhengige variabelen Y , men som ikke kan forklares av de forklarende variablene X_i . Dette kan være målefeil, utelatte variabler, feil funksjonsform eller elementer av stokastisk adferd. Regresjonsmodellen kan da formuleres som:

$$\text{Ligning 4.23: } Y_i = \beta_0 + X_1\beta_1 + X_2\beta_2 + \dots + X_k\beta_{ki} + \epsilon_i$$

Modellen benytter seg av minste kvadraters metode (OLS). Denne finner regresjonslinjen ved å gjøre forskjellene mellom de observerte verdiene og beregnet forventningsverdi for de n observasjonene minst mulig.

$$\text{Ligning 4.24: } ESS = \sum \epsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2$$

Ved å sette inn for Y_i finner man verdiene for $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ som minimerer ESS . Forutsetningene denne modellen bygger på er listet under:

1. Y skal være relatert til X_i og ϵ_i i en lineær sammenheng i populasjonsmodellen.
2. X -variablene skal ikke være stokastiske og de skal være lineært uavhengige av hverandre.
3. Forventningsverdien til feilleddene, σ_ϵ , skal være null. Det skal også være en konstant varians for alle observasjoner (*homoskedastisitet*).
4. Forventningsverdiene til feilleddene er uavhengige og ukorrelerte.
5. Feilleddene skal være normalfordelte.

4.6.1 Regresjonsstatistikk

Forklaringsgraden R^2 viser hvor sterk den lineære sammenhengen mellom den avhengige variabelen Y og de forklarende variablene X . Dette er andelen av den totale variasjonen som

kan forklares av forklaringsvariablene. Når vi bruker mer enn en variabel i regresjonen vil det imidlertid være en tendens til at forklaringsgraden øker med antall variabler i modellen. Dette skjer selv om de nye variablene ikke har forklaringskraft. En naturlig løsning som blir presentert gjennom den justert forklaringsgraden \bar{R}^2 , er å bruke varians istedenfor variasjon. Dette eliminerer forklaringsgradens avhengighet av antall variabler.

I multippel regresjon er det også nyttig å se på F-verdien. Denne tester hypotesen om at ingen av de forklarende variablene kan forklare variasjonene i den avhengige variabelen. Om nullhypotesen er sann vil vi forvente en forklaringsgrad og F-verdi nærme null.

4.6.2 Testing av variablene

Regresjonsanalysen kan testes for sammenhenger mellom forklaringsvariablene og den avhengige variabelen. Nullhypotesen er at det finnes ingen lineær sammenheng mellom forklaringsvariablene og den avhengige variabelen. Det innebærer at β -verdiene er null. Alternativhypotesen blir da at det finnes en lineær sammenheng. Dette innebærer at minst en av β -verdiene er større eller mindre enn null. I en regresjonsanalyse finner man t-verdier og tilhørende p-verdier for hver variabel. T-verdien viser om det er en sammenheng mellom variablene. En høy t-verdi målt i absolutte tall, taler for at variabelen er signifikant. For store utvalg vil den kritiske grensen ligge på 1,96 ved et 95 % konfidensintervall.

P-verdien viser sannsynligheten for å observere en testverdi som er minst like ekstrem som den vi har funnet, gitt at nullhypotesen er sann. Ved konfidensintervall på 95 % vil en p-verdi lavere enn 5 % si at det er en signifikant sammenheng mellom den avhengige og den forklarende variabelen

Durbin-Watson testen (DW) kan brukes for å teste hypotesen om at det ikke er autokorrelasjon eller seriekorrelasjon tilstede. Det vil si at det er korrelasjon mellom observasjoner over tid. Testen innebærer teststatistikk basert på feilleddene fra OLS modellen. Durbin-Watson verdien vil ligge mellom 0 og 4, der en verdi nærme 2 indikerer at det ikke er autokorrelasjon. Positiv autokorrelasjon er assosiert med DW verdier under 2 og negativ autokorrelasjon med DW verdier over 2. Om autokorrelasjonen er positiv vil variansen bli underestimert og for lav. Teststatistikken defineres i ligning 4.25. Øvre og nedre grenser for statistikken finner man i tabeller.

Ligning 4.25:
$$DW = \frac{\sum_{t=2}^T (\hat{\epsilon}_t - \hat{\epsilon}_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^T \hat{\epsilon}_t^2}$$

(Pindyck og Rubinfeld, 1991).

4.7 Nullsumspill

I spillteori vil et nullsumspill innebære at deltakerne i spillet enten taper eller vinner den nøyaktig samme innsats de kom inn i spillet med, dersom en ser bort fra transaksjonskostnader. Nullsumspillet kan sees på som en konstant sum hvor fortjenesten og tapet til alle spillere summert er lik totalsum. Altså vil en aktør i et nullsumspill vinne (tape) det den andre taper (vinner). Spillerne har direkte motstridende preferanser. I en økonomisk kontekst blir ikke nødvendigvis utfallet et nullsumspill. Dette avhenger av valgt strategi.

Bruk av opsjoner er et nullsumspill fordi det den ene taper blir den andres gevinst. Det skapes ikke nye penger ved å bruke opsjoner, men blir et veddemål mellom den som har utstedt opsjonen og den som har kjøpt opsjonen (Aumann og Hart, 1992).

5 Black`76

Dette kapitlet vil drøfte om forutsetningene til Black`76 modellen holder, og om modellen kan benyttes til å prise opsjoner i kraftmarkedet. De store aktørene på Nord Pool benytter seg for det meste av Black`76 opsjonsprisindemodell når de skal prise elektrisitetsopsjoner. Dette er en modell som er beregnet for prising av råvarekontrakter, og ikke en spesifikk formell for prising av elektrisitetsopsjoner.

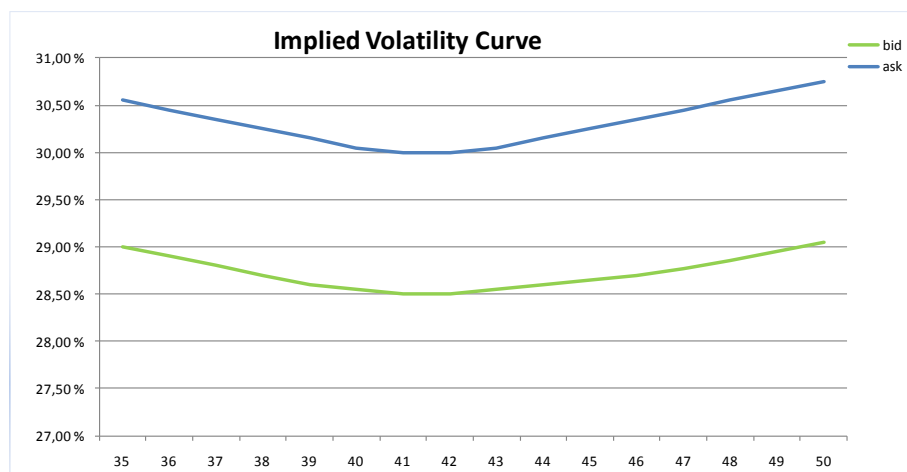
5.1 Bruk av Black`76

Modellen kan utvides på flere måter. For eksempel kan man anta at underliggende variabel/forwardkontrakt følger flere Wienerprosesser, i stedet for bare en. Opsjonsprisindemodellen kan også benyttes på flere måter. For eksempel kan den benyttes på en normativ måte, noe som vil si at noen av variablene i modellen blir satt av de største aktørene i markedet for å beregne hva prisen skal være. Aktørene ser for eksempel på historisk volatilitet og prisene på underliggende, og lager ut i fra dem antakelser om volatiliteten på opsjonen i dag. Deretter handler de ut i fra de estimatene de har gjort. En annen måte å benytte seg av opsjonsprisindemodellen er ved *quoting*.

Standardversjonen av modellen er presentert i kapittel 5.2.3. De to viktigste forutsetningene for modellen, er at underliggende forwardkontrakt følger GBM og en log-normalfordeling, og at volatiliteten er konstant. Om disse to forutsetningene stemmer vil oppgaven undersøke nærmere (Black 1976).

5.2 Log-normalfordeling

I virkeligheten forandrer volatiliteten seg over tid, og man kan derfor ikke benytte seg av historisk volatilitet når man priser opsjoner ut i fra Black 76. Implisitt volatilitet forteller hva markedet tror at volatiliteten til et aktivum vil bli i fremtiden. Dersom opsjonsprisen er kjent er det mulig å finne den impliserte volatiliteten. Man kan da plote den impliserte volatiliteten som en funksjon av strikeprisen og observere et fenomen kjent som *volatilitetssmil*.



Figur 5.1: Grafen viser implisitt volatilitet for en 2012-opisjon på Nord Pool som danner et volatilitetssmil.

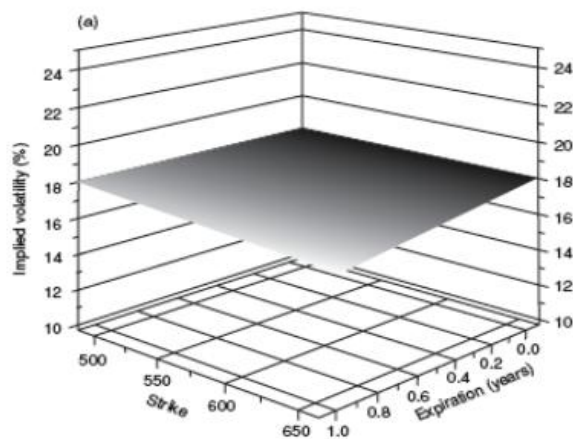
Kilde: Mo, Geir Arne (2010)

Volatiliteten gir traderene et estimat på hvor mye bevegelse et aktiva kan forventes å få i et gitt fremtidig tidsrom. Dette er derfor avgjørende i forhold til om en opsjon vil bli *in-the-money* eller *out-of-the-money* ved forfallsdato. Det å forstå volatiliteten hjelper også aktørene i markedet til å beregne om en opsjon er billig eller dyr relativt til historiske data for det underliggende instrumentet.

Volatiliteten til opsjoner som er *out-of-the-money* eller *in-the-money* er forskjellig. Ved å se på volatilitetssmilet observerer man at den impliserte fordelingen avviker fra log-normalfordelingen, som er antatt i Black-Scholes og Black`76. Dersom forutsetningen om log-normalfordeling hadde vært korrekt, ville man observert en flat linje, og ikke et volatilitetssmil som vist i figur 5.1.

5.3 Konstant volatilitet

En annen karakteristik til volatiliteten er at den også endrer seg når forfallsdato nærmer seg. Black76 forutsetter konstant volatilitet over tid. Dette skulle gi en flat terminstruktur som vist i figur 5.2.

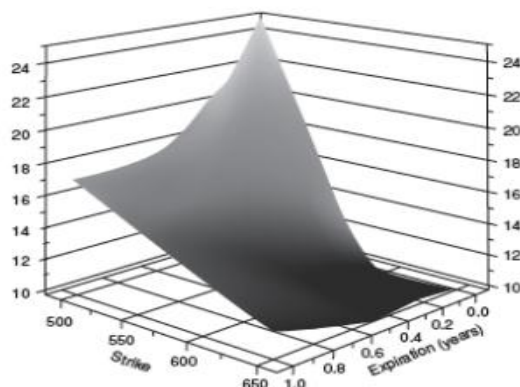


Black-Scholes

Figur 5.2: Flat terminstruktur dersom volatiliteten er konstant

Kilde: Derman (2006).

Ser man derimot på virkeligheten, vil den impliserte volatiliteten ikke være flat i det hele tatt, noe som indikerer at volatiliteten endrer seg over tid. Figuren under viser et eksempel på hvordan volatilitetens terminstruktur endres over tid på S&P 500. Det samme fenomenet blir observert i kraftmarkedet.



Figur 14.2 A typical implied volatility surface for the S&P 500 in mid-1995.

S&P 1995

Figur 5.3: Terminstrukturen varierer når volatiliteten ikke er konstant.

Kilde: Derman (2006).

5.4 Drøftelse

Black`76 er en modell som er utformet for å beregne opsjonsprisen til råvarer, men ikke til elektrisitet. Forutsetningene om konstant volatilitet og en log-normalfordeling er ikke oppfylt. Dette gjør at modellen ikke blir optimal når man skal estimere opsjonsprisen til elektrisitet. I følge intervju med Geir Arne Mo i ICAP Energy, er det tydelig at de fleste aktørene som handler opsjoner i det nordiske elektrisitetmarkedet benytter seg av Black`76, hvor de *quoter* opsjonene basert på implisitt volatilitet (Geir Arne Mo, personlig kommunikasjon, 3. mars 2010). Det blir derfor hensiktsmessig å anta at Black 76 finner den mest korrekte opsjonsprisen, ettersom aktørene i markedet godtar denne modellen og benytter den som en slags *benchmark*.

6 Empirisk analyse av strømprisen

For å utdype og forstå hvordan det nordiske kraftmarkedet virkelig fungerer, vil oppgaven foreta en empirisk analyse av strømprisen. Nord Pool benytter aritmetisk gjennomsnitt for alle 24 timene for en gitt systempris som referansepris til derivatene i det finansielle markedet. Analysen vil gi en forståelse av hvordan systemprisen oppfører seg. Dette vil være et godt grunnlag, da oppgaven videre ønsker å analysere opsjonsvolumet på Nord Pool.

I teorien ble det presentert en rekke egenskaper ved strømprisene. Lucia og Schwartz (2001) gjorde i sin artikkel *Electricity prices and power derivatives* fra 2001 en analyse av systemprisen på Nord Pool i perioden 1993 til 1999. Med utgangspunkt i denne analysen vil noen av egenskapene til strømprisen i perioden 1999 til 2010 bli tallfestet og avdekket.

6.1 Metode

6.1.1 Datamaterialet

Jan Foyn, som arbeider i Nord Pool Spot, har bidratt med tilgang til Nord Pools FTP-server (Jan Foyn, *personlig kommunikasjon*, 28. januar 2010). Etter hver handelsdag legger Nord Pool ut data om sluttnoteringer for alle spot, forward, futures og opsjonene som blir omsatt.

Data fra Nord Pools ftp-database:

- Systemprisen for hver time alle handelsdager i perioden 1. januar 1999 til 2. mars 2010. Prisene er oppgitt i EUR/MWh.

Nord Pool oppdaterer daglig Excel-filen med systempriser for hver time i alle handelsdager. Systemprisene er sortert i egne Excel-filer for hvert kalenderår. Datasettene er fullstendige og gode, noe som gjorde innsamlingen enkel og oversiktlig.

6.1.2 Behandling av datamaterialet

For å gjøre klart til analysen, ble systemprisene for alle kalenderår samlet i en Excel-fil. Daglige systempriser beregnes ved å ta gjennomsnittet av systemprisen for hver time.

Ved behandling av datamaterialet er det viktig å være obs på doble- og manglende verdier hver gang klokken blir stilt frem eller tilbake. Dette ble løst ved å finne gjennomsnittet av henholdsvis 25 og 23 timer, for de aktuelle handelsdagene.

I analysen deles datasettet inn i *hele perioden*, *kalde sesonger* og *varme sesonger*. Kalde sesonger er systemprisene for hvert år i månedene 1. oktober til 30. april og varme sesonger inneholder systemprisene fra 1. mai til 30. september.

I analysen benyttes tidsserien for systemprisen, endringen til systemprisen, logaritmen og endringen i logaritmen til systemprisen. Et utsnitt av tidsseriene som analyseres er vist i tabell 6.1.

Det blir også foretatt en analyse for daglige svingninger. Dummyvariabler blir brukt for å angi ukedagene. Matrisemultiplikasjon i Excel kan da beregne den gjennomsnittlige systemprisen for hver time i ukens syv dager.

Tidsserien

Dato	Pt	Pt- Pt-1	ln(Pt)	lnPt-lnPt-1
01/01/2010	39.67		3.68	
02/01/2010	43.00	3.33	3.76	0.08
03/01/2010	42.27	-0.73	3.74	-0.02

Tabell 6.1: Utsnitt av dataserien for analysen av systemprisen. Viser dagens sysetempris, endringen-, logaritmen- og endringen i logaritmen til systemprisen.
Kilde: Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.

6.1.3 Hvordan analysere

Analysen tar sikte på å avdekke noen av egenskapene til strømprisen som er beskrevet i teoridelen. Analysen vil bli ved å beregne beskrivende statistikk for tidsseriene av systemprisen. Fra statistikkprogrammet Minitab kan en beregne gjennomsnitt, standardavvik, minimums- og maksimumsverdier, skewness og kurtosis for tidsseriene. Oppgaven vil også gjøre en normalfordelingstest på datasettet. Analysen vil ta utgangspunkt i den beskrivende statistikken, og sammenligne dette med observasjonene i grafene.

6.2 Analyse og resultater

I tabell 6.2 er beskrivende statistikk for systemprisen og aktuelle tidsserier for hele perioden og sesongene. Tidsseriene for hele perioden er plottet i figur 6.1 og 6.2. I følgende avsnitt vil disse resultatene bli kommentert.

Beskrivende statistikk

Serier	N	Mean	StDev	Minimum	Median	Maximum	Skewness	Kurtosis
A: Hele perioden								
Pt	4079	30.237	14.773	3.887	28.651	134.804	1.240	3.080
Pt- Pt-1	4078	0.014	3.266	-47.568	-0.157	53.713	1.750	65.700
ln(Pt)	4079	3.290	0.503	1.358	3.355	4.904	-0.390	0.180
lnPt-lnPt-1	4078	0.000	0.102	-0.773	-0.006	1.189	1.420	19.890
B: Kalde sesonger								
Pt	2396	32.083	14.898	7.533	29.669	134.804	1.380	4.060
Pt- Pt-1	2395	0.024	3.721	-47.568	-0.153	53.713	2.060	67.690
ln(Pt)	2396	3.366	0.459	2.019	3.390	4.904	-0.150	-0.250
lnPt-lnPt-1	2395	0.001	0.095	-0.773	-0.006	1.189	1.970	33.640
C: Varme sesonger								
Pt	1530	25.818	12.883	3.887	25.301	80.415	1.140	2.080
Pt- Pt-1	1529	0.014	2.864	-38.848	-0.148	25.923	-0.520	31.390
ln(Pt)	1530	3.124	0.525	1.358	3.231	4.387	-0.460	0.100
lnPt-lnPt-1	1529	0.001	0.126	-1.140	-0.007	0.836	0.390	12.300

Tabell 6.2: Beskrivende statistikk av strømprisene. Standardavvik, median, minimums- og maksimumsverdier, skewness og kurtosis er beregnet. Tabellen viser også statistikken for kalde og varme sesonger isolert. Datamaterialet er gitt i euro/MWh.

Kilde: Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.

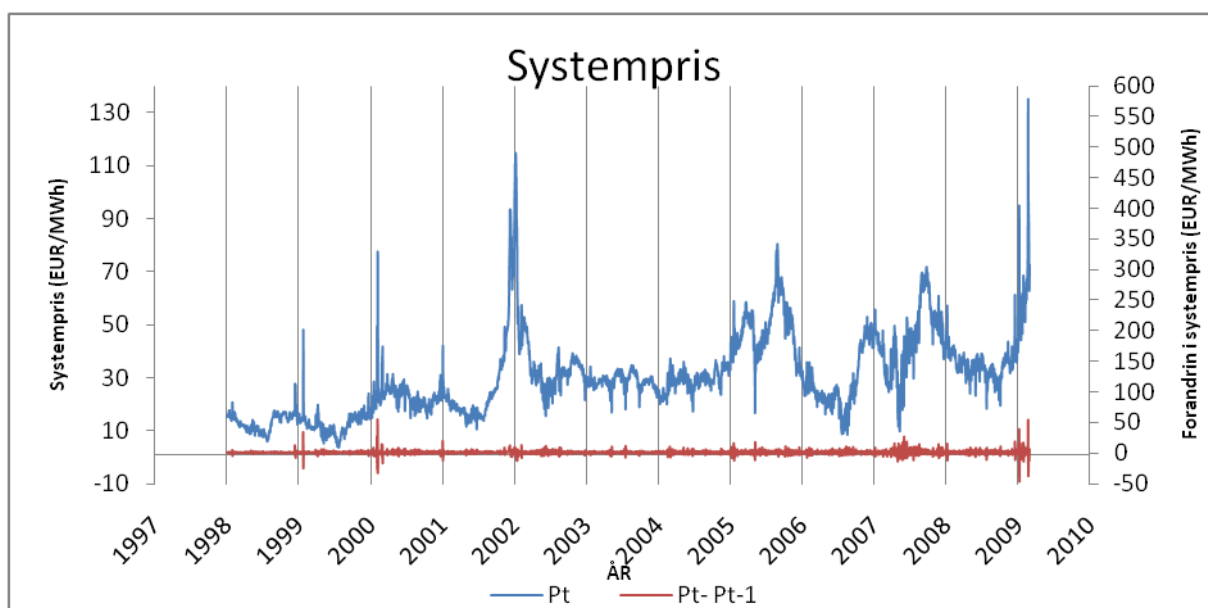
6.2.1 Systemprisen

I figur 6.1 observeres store svingninger i systemprisen i tidsperioden. Gjennomsnittet for perioden er 30,237 euro, med et maksimums- og minimumspunkt på 3,887 og 134,804 euro.

6.2.2 Volatilitet og Sesongvariasjoner

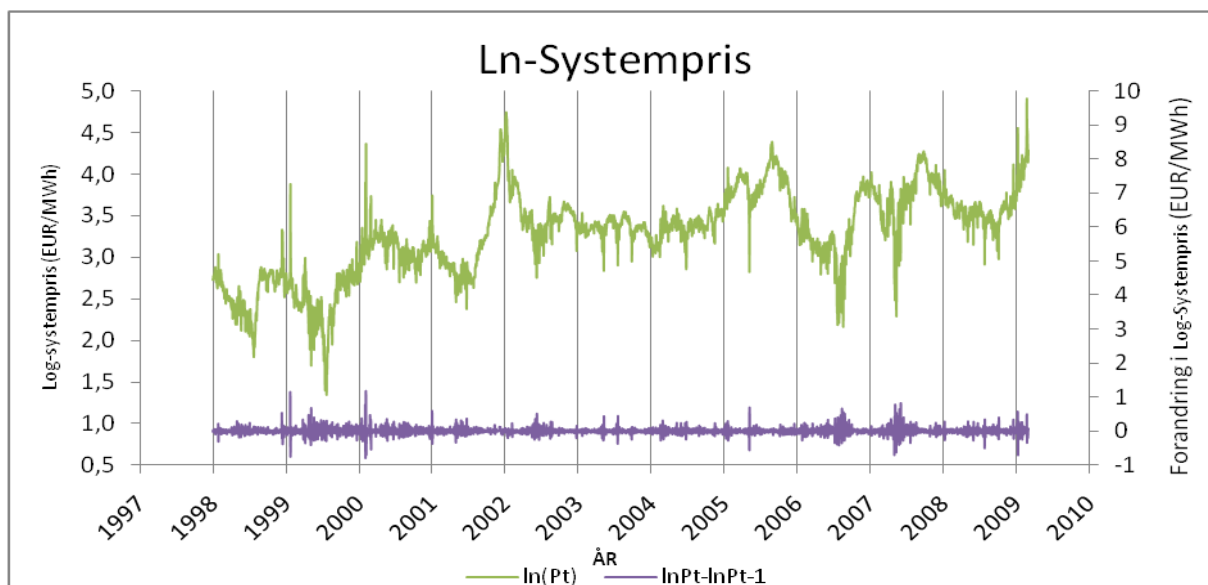
Store forskjeller observeres mellom kalde og varme sesonger. I figur 6.2 ser man en trend til svingninger i endringen til log-prisene i midten av årene. Lucia og Schwartz (2001)

argumenterer for at endringer i logaritmen til systemprisen kan tolkes som relativ eller prosentvis endring i pris. Volatiliteten kan altså se ut til å være høyest i disse periodene. Tabell 6.1 viser også store svingninger i systemprisen. Ved første øyeblikk kan det se ut som at prisen, med noen unntak, er høyest i begynnelsen og slutten av hvert år. Innad i dagene og ukene viser figur 6.3 tydelige gjentakende mønster for perioden.



Figur 6.1: Viser systemprisen og daglig endring i systempris på Nord Pool i perioden 1999 til 2010. Tallene er gitt i EUR/MWh.

Kilde: Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.



Figur 6.2: Viser ln-systempris og daglig endring i ln-systempris på Nord Pool i perioden 1999 til 2010.

Kilde: Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.

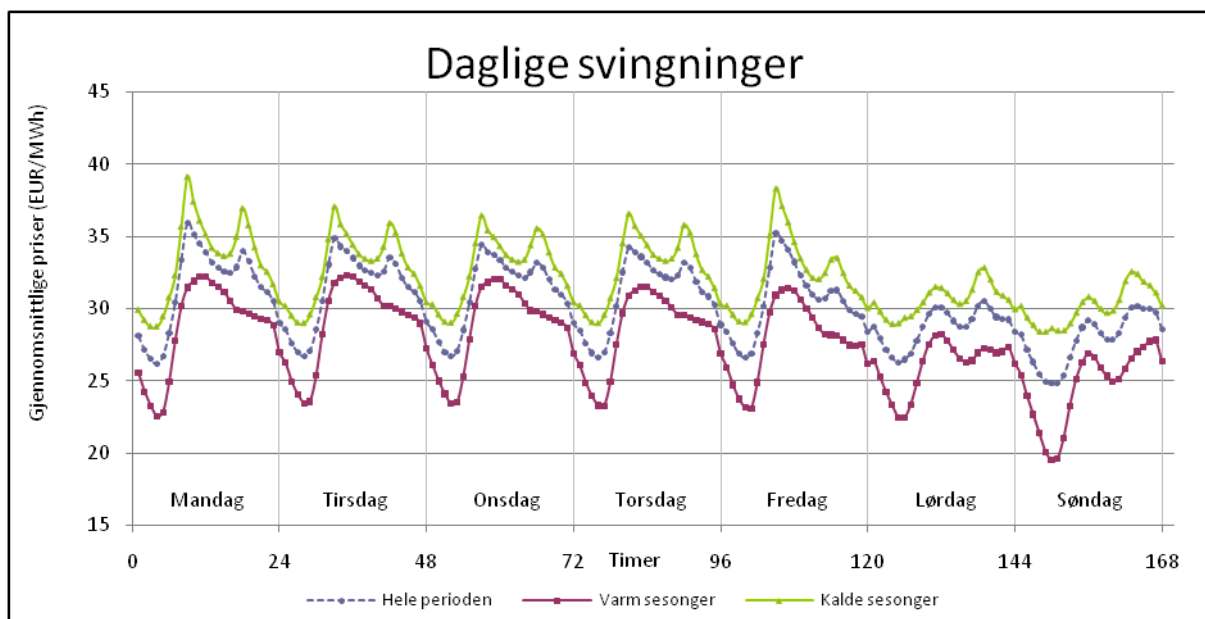
Målt i standard volatilitetsmål har systemprisen vært svært volatil. For hele perioden har standardavviket for daglige endringer i logaritmen til systemprisen er 0,102. Dette svarer til en årlig volatilitet på hele 195 % ($0,102 * \sqrt{365}$). Beregninger gjort for de siste fem årene alene (2005-2009), viser en tilnærmet lik volatilitet på 0,103.

Fra den beskrivende statistikken i tabell 6.2 kan de observerte sesongvariasjonene og volatilitetene utdypes. De viser en høyere og mindre volatil pris i de kalde sesongene, sett under ett. Gjennomsnittsprisen i kalde sesonger er 24 % høyere i kalde sesonger (32,083 euro) enn i varme sesonger (25,818 euro). Og standardavviket for endringene i log-systempris til kalde og varme sesonger er henholdsvis 0,095 og 0,126. Når en ser på forskjellene i endringen i log-systempris, er det viktig å merke seg at log-transformeringen forventes å øke volatiliteten til perioder med konsistent lave priser. Dette vil bidra til å øke forskjellene mellom sesongenes endring i log-systempris (Lucia og Schwartz 2001).

I figur 6.1 observeres sesongvariasjoner, ved at prisene ser ut til å være lavere i midten av årene. I den beskrivende statistikken ser en dette igjen ved en høyere median, gjennomsnitt, maksimumsverdi og minimumsverdi til systemprisen i de kalde sesongene. I all hovedsak skyldes dette etterspørsel etter oppvarming, belysning og værforhold, som beskrevet tidligere.

I den tilsvarende analysen som ble gjort av Lucia og Schwartz (2001) for perioden 1993 til 1999, var standardavviket til systemprisene høyere i de varme sesongene. For perioden 1999-2010 er dette ikke tilfellet. Noe av grunnen til dette kan være de høye toppene som observeres i de kalde sesongene. Spesielt i 1999, 2000, 2002 og 2009 er dette tilfelle.

I tillegg til sesongvariasjoner kan en tydelig observere regelmessige variasjoner innad i dager og uker. Disse mønstrene er hovedsakelig grunnet av forbrukermønster til bedrifter, industri og husholdninger. Figur 6.3 viser det gjennomsnittlige timemønsteret innad i dager gjennom uken. Man ser en klar forskjell i både form og gjennomsnitt mellom ukedager og helger.



Figur 6.3: Viser daglige svingninger i systemprisen på Nord Pool i perioden 1999 til 2010. Gjennomsnitt for hver spesifikk time hver uke dag i perioden er brukt. Tallene er gitt i EUR/MWh. Kilde: Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.

Autokorrelasjon

Lag	1	2	3	4	5	6	7	14	21	28	35
Pt	0.974	0.956	0.948	0.939	0.929	0.926	0.923	0.865	0.840	0.808	0.762
Pt-Pt-1	-0.137	-0.227	0.044	-0.010	-0.134	-0.019	0.285	0.268	0.337	0.294	0.245
ln(Pt)	0.979	0.963	0.955	0.949	0.946	0.950	0.953	0.919	0.895	0.870	0.846
lnPt-lnPt-1	-0.126	-0.200	-0.046	-0.076	-0.154	-0.010	0.421	0.386	0.415	0.382	0.346

Tabell 6.3: Viser autokorrelasjon for tidsverdiene.

Kilde: Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.

Tabell 6.3 viser de ukentlige variasjonene som kan observeres gjennom autokorrelasjonene til tidsserien. Både prisene og log-prisene har positive og signifikante korrelasjoner. Autokorrelasjonen med lag 7 for endringen i systemprisen har verdien 0,285. Dette viser at 8,1 % ($R^2=0,285^2$) av variasjonen i systemprisen kan forklares fra prisen 7 dager tidligere.

6.2.3 Normalfordeling, Skewness og kurtosis

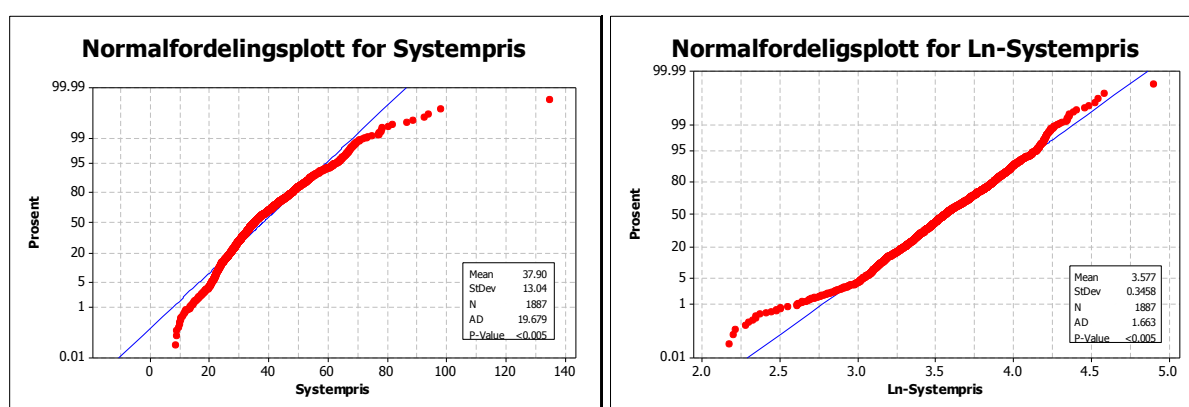
Ekstrempriser kan observeres relativt ofte i Elspot markedet de siste ti årene. I den beskrivende statistikken kommer dette frem gjennom kurtose verdiene. For hele perioden har systemprisen en kurtose på 3,080. Dette betyr at ekstremt høye og lave priser har større sannsynlighet for å oppstå enn for en normalfordelt distribusjon med samme standardavvik.

En slik fordeling med positiv kurtosis verdi blir betegnet som *leptokurtotic*. Kurtosis for systemprisen i kalde sesonger er nesten dobbelt så stor, sammenlignet med varme sesonger. Dette er også tilfellet i endringen i pris og log-prisen. De største positive og negative daglige prisendringene fant også sted i den kalde sesongen (-47,568 og 53,713). Mye av grunnen til disse bevegelsene ligger i hvordan tilbudskurven oppfører seg. Høyere etterspørsel om vinteren fører til at mindre effektiv strøm produsert med høyere marginalkostnad kommer på markedet.

Mange av prissprangene i kraftmarkedet skyldes også av midlertidige sjokk i etterspørsel, grunnet brå endringer i temperatur, før de vender tilbake til tidligere nivå (Mean reversion). En positiv Skewness verdi for systemprisen over hele perioden på 1,240, forteller at det er mer sannsynlig med høye enn lave ekstremverdier.

6.2.4 Log-normalfordeling

Den skjeve fordelingen viser klart at systemprisen ikke er normalfordelt. Log-systempris gir mye lavere verdier for kurtosis og skewness. Fra normalfordelingsplottene i figur 6.4 kan en se hvordan tidsseriene til systempris og ln-systempris sammenfaller med normalfordelingen. Selv om de logaritmiske prisene ikke sammenfaller helt, ligger de mye nærmere en normalfordeling enn hva systemprisen gjør.



Figur 6.4: Viser normalfordelingsplott for tidsseriene Systempris og Ln-Systempris.

Kilde: Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger

6.2.5 Delkonklusjon

Fra analysen av strømprisene på Nord Pool er de store svingningene i markedet i perioden 1999 til 2010 tallfestet. Systemprisen er svært volatil, og for hele perioden sett under ett er det årlige standardavviket for daglige endringer i logaritmen til systemprisen hele 195 %.

Analysen har også observert sesongvariasjoner gjennom forskjeller i pris, volatilitet og ekstremverdier mellom kalde og varme sesonger. Systemprisen ser også ut til å følge et mønster innad i dager og uker.

Høye skewness og kurtosis verdier forteller at ekstremverdier inntreffer relativt ofte, og at sannsynligheten er større for positive enn for negative ekstremverdier. Som følge av dette sammenfaller systemprisen bedre med en log-normalfordeling enn en normalfordeling.

7 Analyse av opsjonsvolumet

Opsjonsvolumet på Nord Pool har de siste årene falt og er på et svært lavt nivå sammenlignet med de siste åtte årene. I analysen av opsjonsvolumet vil oppgaven prøve å forklare bevegelsene i det observerte opsjonsvolumet i perioden 2005 til 2009. I analysen av opsjonsvolumet vil variablene *implisitt volatilitet* og *differanse* bli introdusert. Hva som ligger i disse variablene og analysens hypoteser til hvordan disse påvirker opsjonsvolumet, vil bli beskrevet.

Analysen består av to deler. I *del I* vil det bli foretatt en korrelasjons- og regresjonsanalyse med tanke på månedlig opsjonsvolum og de valgte variablene. Korrelasjoner kan si noe om hvordan og hvor mye de valgte variablene varierer i forhold til opsjonsvolumet. Resultatene vil bli diskutert i forhold til hypotesene. Dette kan være nyttig å gjøre før variablene i regresjonsanalysen benyttes. Ved å benytte multippel regresjonsanalyse vil analysen se på hvor mye av bevegelsene i opsjonsvolumet som kan forklares av forklaringsvariablene. Modellens signifikans og forutsetningene modellen bygger på vil bli diskutert.

Del II av analysen vil gå nærmere inn på variablene implisitt volatilitet og differanse. Analysen vil prøve å belyse mer av hvordan disse variablene virket på det observerte opsjonsvolumet i perioden. Bevegelser i opsjonsvolumet som ikke kan forklares av en regresjonsmodell må være grunnet andre variabler og forhold i markedet. Forholdet mellom variablene og opsjonsvolumet vil derfor bli studert i sammenheng med markedsspesifikk informasjon og – hendelser.

7.1 Metode

7.1.1 Datamaterialet

Datamaterialet som er benyttet i analysen er innhentet fra Geir Arne Mo som er *Head of Desk* i ICAP Energy AS og Nord Pools FTP-database.

Etter hver handelsdag legger Nord Pool ut data om sluttnoteringer for alle spot, forward, futures og opsjonene som blir omsatt. Forward kontrakter med sluttpriser oppgitt i euro ble en naturlig begrensning for datasettet, siden alle kontrakter på Nord Pool ble handlet i euro fra 2006. Fra FTP-databasen hentes sluttkursen for årlige - og kvartalsvise forward kontrakter for hver handelsdag.

Data fra Nord Pools ftp-database:

- Daglige sluttkurser for kvartalsvise forward kontrakter alle handelsdager i perioden 2. januar 2004 til 30. september 2009.
- Daglige sluttkurser for årlige forward kontrakter alle handelsdager i perioden 2. januar 2003 til 20. januar 2010.
- Månedlig og kvartalsvis opsjonsvolum som er clearert på Nord Pool. Data fra perioden januar 2001 til november 2009.

Nord Pool legger ut Excel filer med daglige sluttpriser for alle finansielle kontrakter som handles. De daglige sluttprisene for alle finansielle produkt i et kalenderår er samlet i en datafil. Datasettene er fullstendige og gode. Dette gjorde datainnsamlingen av sluttprisene lett og oversiktelig.

Geir Arne Mo er *Head of Desk* i ICAP Energy AS. Han har bidratt med tilgang til modellen ICAP Energy bruker for beregning av implisitt volatilitet. Modellen er laget i Excel. Utrengningene blir gjort ved å bruke opsjonsprisinde modellen Black'76.

ICAP AS gjør utregninger av implisitt *at the money* volatilitet hver handelsdag. De har gitt analysen tilgang til datasett med *bid ask* volatiliteter for opsjoner på årlige og kvartalsvise forwards handlet på Nord Pool. Disse er gjort for handler fra om med 24. januar 2000.

Data fra ICAP Energy AS:

- Implisitte *at the money* volatiliteter for opsjoner på kvartal forwards. Beregninger av implisitt *at the money* volatilitet for Q1 2006 til Q3 2010 er gjort i perioden 27. april 2006 til 7. januar 2010.
- Implisitte *at the money* volatiliteter for opsjoner på års forwards. Beregninger av implisitt *at the money* volatilitet for opsjoner på år 2002 til 2011.

Alle de beregnede bid og ask *at the money* volatilitetene for de ulike opsjonene er ført opp i et enkelt Excel ark.

Behandling av datamaterialet

For å gjøre datamaterialet klart til analyser ble data for de ulike kjøpsopsjonene sortert i egne regneark i Excel. Hver års- og kvartalskontrakt inneholder daglige implisitt volatiliteter og sluttpriser på underliggende forward. Den historiske volatiliteten til kontrakten ble utregnet fra sluttprisene.

Implisitt volatilitet

Datasettet med implisitt *at the money* volatiliteter inneholder tidsserier for alle årlige og kvartalsvise opsjoner handlet på Nord Pool tilbake til 2002. Hver handelsdag er det oppgitt en *bid ask spread* for den implisitte volatiliteten. Her benyttes gjennomsnittet av *bid ask spreaden* i beregningen av dagens implisitte volatilitet.

Før 18. september 2006 er ikke det gjort beregninger av implisitt volatilitet hver handelsdag. Dette gjelder både for opsjoner på års og kvartals kontrakter. I denne perioden inneholder datasettet beregningene gjort med en til fem dagers mellomrom. De største manglene er i de første dagene, ukene og månedene etter opsjonen er utstedt. Etter hvert som opsjonen nærmer seg forfall er volatilitetsberegningene gjort hyppigere.

For handelsdager med manglende data benyttes gjennomsnittet av de to nærmeste volatilitetsberegningene. Dette for å få en fullstendig tidsserie. Noe av bevegelsene i den implisitte volatiliteten er på grunn av dette ikke observerbar i analysen. Etter 18. september 2006 er datasettet med noen få unntak fullstendig. Åpenbare feil har blitt rettet opp og manglende observasjoner har blitt erstattet med gjennomsnittlige verdier.

Historisk volatilitet

Historisk volatilitet er de svingninger i markedet som observeres i ettertid. Tidsserier med de historiske sluttprisene for hvert produkt er datagrunnlag for å finne historisk volatilitet.

Først beregnes de relative endringene i forwardkontraktenes sluttkurser for hver handelsdag. Ettersom strømprisene på Nord Pool sammenfaller bedre med en log-normalfordeling enn vanlig normalfordeling beregnes logaritmen til prisendringene.

Fra logaritmen til de relative endringene beregnes kontraktens historiske volatilitet. Dette gjøres ved å ta 10, 20, 30 og 60 dagers rullende snitt. Analysen fokuserer på 20 dagers rullende snitt.

Ligning 7.1: $\sigma_{historisk\ 10\ dagers\ snitt} = \sqrt{\frac{\sum_{t=10}^t (x - \bar{x})^2}{(n-1)}}$,der $x_i = \ln\left(\frac{S_i}{S_{i-t}}\right)$

Dato	Forward11	Si/Si-1	Ln(Si/Si-1)	10d hist	20d hist	30d hist	Impl. vol
02/11/2009	39.75	1.0013	0.0013	15%	18%	18%	32%
03/11/2009	38.80	0.9761	-0.0242	16%	20%	20%	32%
04/11/2009	38.85	1.0013	0.0013	16%	20%	20%	32%
05/11/2009	39.10	1.0064	0.0064	16%	20%	19%	32%

Tabell 7.1: Viser et utdrag fra datasettet til Call 2011.

Kilde: Mo, Geir Arne (2010) og Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.

7.1.2 Variabelen Implisitt volatilitet

Hver opsjonskontrakt som handles på Nord Pool har en pris basert på blant annet kontraktens implisitte volatilitet. I analysen benyttes implisitt *at the money* volatiliteter fra kvartals- og årsopsjoner. Analysen antar at disse gir et godt bilde av markedets oppfatning av volatiliteten.

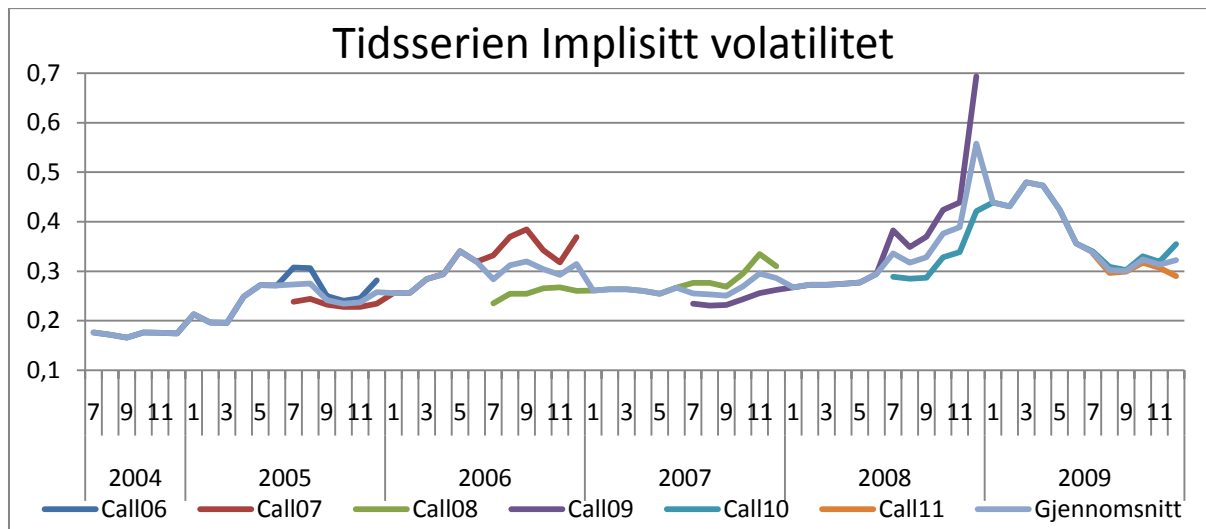
Ettersom volatilitet er den eneste ukjente faktoren i opsjonsprisindeksen Black'76 vil implisitt volatilitet angi opsjonsprisen om alt annet er likt. Et høyere nivå på implisitt volatilitet vil da kunne gi høyere priser og lavere etterspørsel ettersom kjøper ikke er villig til å betale prisen.

Hypotesen er: *Et høyt nivå på implisitt volatilitet vil redusere opsjonsvolumet.*

Datasettet inneholder daglige implisitte volatiliteter for ulike kjøpsopsjoner. Hver kjøpsopsjon har en tidsserie med implisitte volatiliteter fra opsjonen blir utstedt til den forfaller. Analysen vil foreta en korrelasjons- og regresjonsanalyse i perioden 2005 til 2009. For å bruke implisitt volatilitet som en variabel må det konstrueres en tidsserie som kan være en tilnærming til den implisitte volatiliteten over perioden.

Her er det valgt å lage en tidsserie for implisitt volatilitet ved å bruke årsopsjoner. Det første som gjøres er å finne det månedlige gjennomsnittet til implisitt volatilitet. I perioder hvor observasjonene fra de ulike kontraktene overlapper hverandre antar analysen at gjennomsnittet av disse er det beste estimatet. Volumet som handles i en opsjon øker mot

forfall til opsjonen. Observasjonene i de siste 12 månedene til en kjøpsopsjon på en årskontrakt blir derfor ansett som mest relevant.



Figur 7.1: Viser den konstruerte tidsserien Implisitt volatilitet sammen med implisitt volatilitet for forwardkontraktene Call06 til Call09.

Kilde: Mo, Geir Arne (2010) og Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.

7.1.3 Variabelen Differanse

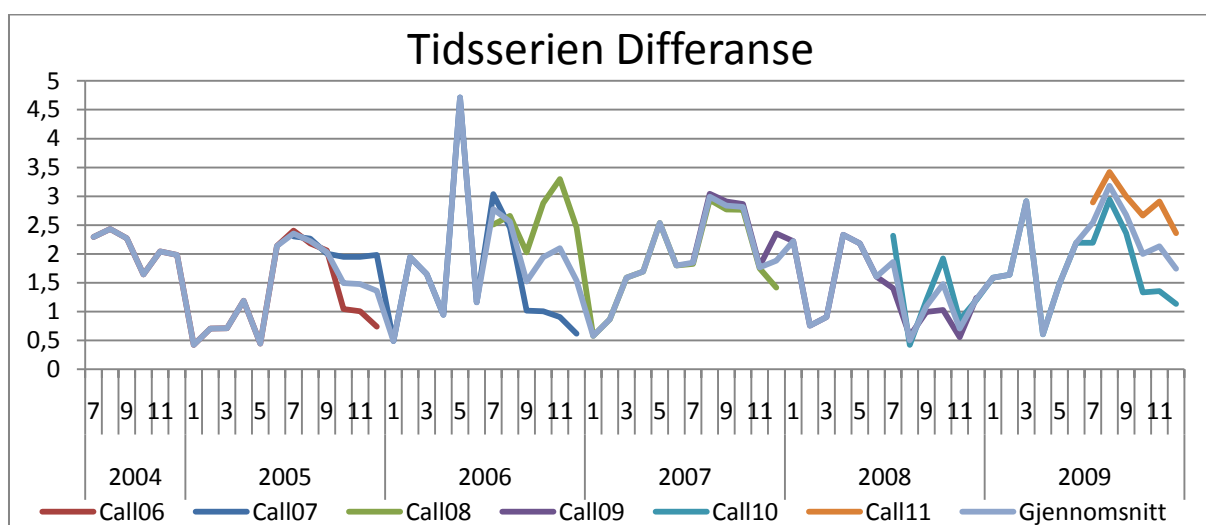
Den andre variabelen som skal studeres i analysen er avstanden mellom historisk- og implisitt volatilitet. Denne differansevariabelen måles i absolutte tall, og omtales som *differanse* videre i oppgaven.

Det blir tatt utgangspunkt i en posisjon der en utsteder eller kjøper opsjoner og delta-hedger ved å kjøpe og selge underliggende forward kontrakt. Tanken er at rebalansering av delta-hedgen gjøres med en lavere frekvens i perioder der underliggende ligger stabilt. Korte posisjoner i opsjoner kan tjene penger i perioder der implisitt ligger over historisk volatilitet og øke opsjonsvolumet gjennom tilbudssiden. På samme måte kan lange posisjoner i opsjoner tjene penger når historisk- ligger over implisitt og øke opsjonsvolumet gjennom etterspørselssiden. Perioder der prisen til underliggende svinger mye kan gi tap på delta-hedging når en rebalanserer, noe som kan redusere opsjonsvolumet. Analysen ser bort fra transaksjonskostnader og antar at disse ikke har innvirkning på opsjonsvolumet.

Hypotesen er: *Perioder der historisk- ligger stabilt over eller under implisitt volatilitet fører til økt opsjonsvolum.*

I beregningen av differansen brukes daglige data for historisk og implisitt volatilitet. Det antas at perioder der historisk- ligger mye over eller mye under implisitt volatilitet vil øke opsjonsvolumet. Det beregnes derfor absolutte forskjeller mellom daglige *historisk 20 dagers snitt* og *implisitte volatiliteter* for de årlige kjøpsopsjonene. De daglige differansene summeres for å finne månedlige differanser. På samme måte som for implisitt volatilitet blir differanse beregnet fra årlige opsjoner. Analysen antar at de siste 12 månedene er de mest relevante og at gjennomsnittsverdien av differansene er det beste estimatet når kontraktene overlapper.

Konstruksjonen av tidsseriene er ganske grove. Det antas imidlertid at de gir et greit bilde av nivået til implisitt volatilitet og differansen mellom historisk- og implisitt volatilitet i perioden. Mer informasjon fra kvartalsopsjoner og vektning i henhold til tid til forfall kunne blitt vurdert i en forbedring av tidsserien. I figur 7.1 er implisitt volatilitet for de ulike kontraktene og gjennomsnittet illustrert.



Figur 7.2: Viser konstruerte tidsserien Differanse sammen med absolutt differanse mellom historisk- og implisitt volatilitet for forwardkontraktene Call06 til Call09.

Kilde: Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.

7.1.3 Hvordan analysere

Del I – Korrelasjons og regresjonsanalyse

I korrelasjonsanalysen beregnes korrelasjonskoeffisientene mellom opsjonsvolumet og variablene implisitt volatilitet og differanse. Hele analyseperioden fra 2005 til 2010 vil bli

analysert under ett. Det benyttes tidsserier av månedlige observasjoner i statistikkprogrammet Minitab. Man kan da finne korrelasjonskoeffisienter med tilhørende p-verdier mellom variablene. Ulike tidsforskyvninger i tidsseriene vil også bli analysert for å finne hvilken periode av variablene som påvirker hverandre.

Regresjonsanalysen vil bli gjort på det samme datamaterialet og for den samme perioden som korrelasjonsanalysen. Multippel regresjonsanalyse blir også gjort i Minitab. Hvor mye av opsjonsvolumet i perioden som kan forklares av variablene vil bli vurdert og kommentert. Det vil også bli drøftet om dummyvariabler kan være med å styrke regresjonen. Diskusjonen av regresjonene vil ta utgangspunkt i regresjonsstatistikken Minitab gir. Forutsetningene regresjonsmodellen hviler på vil også bli diskutert.

Del II - Analyse av variablene

Del II av analysen ser mer på variablene i analysen. Analysen vil drøfte utviklingen i opsjonsvolumet fra 2005 til 2010. I denne perioden er det spesielt fire hendelser som fokuseres på: *Fallet i 2005, Veksten i 2006, Vendepunktet 2006/2007 og Finanskrisen*. Analysen tar sikte på å finne en sannsynlig forklaring på hvorfor opsjonsvolumet er som det er i disse periodene. Når variablene analyseres blir det sett på forholdet mellom historisk- og implisitt volatilitet og nivået på implisitt volatilitet.

Korrelasjons- og regresjonsanalysene gir en pekepinn på hvordan opsjonsvolumet kan forklares fra variablene. Videre vil analysen gå nærmere inn på hvordan implisitt volatilitet og differanse og analysere hvordan disse har påvirket opsjonsvolumet. Analysen ønsker å se på hvor godt hypotesene om de ulike variablers påvirkning på opsjonsvolumet stemmer. Samtidig vil analysen belyse svakheter med hypotesene der variablene ikke påvirker opsjonsvolumet slik de skulle forventes.

I de ulike periodene vil viktige forhold i markedet bli presentert. Dette vil spille inn på prisutviklingen underliggende og volatiliteten i underliggende. Markedsforholdene også kunne hjelpe til med å forstå hva som kan ha påvirket volumet utover det variablene i regresjonsanalysen kan forklare.

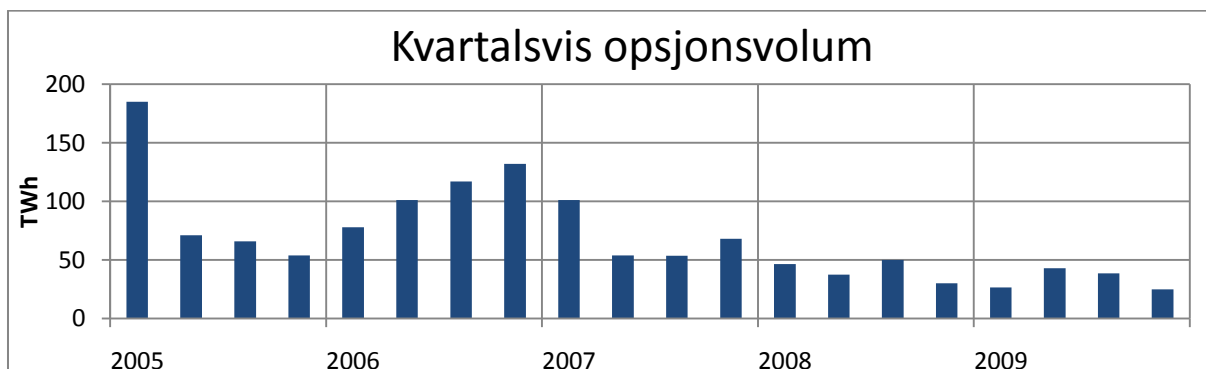
Analysen vil studere de grafiske fremstillingene av historisk- og implisitt volatilitet for kvartals- og årskontrakter. Her vil opsjonsvolumet og prisutviklingen i underliggende som observeres i grafene bli drøftet. Deretter vil analysen se på de grafiske fremstillingene av

variablene implisitt volatilitet og differanse. Forholdene i disse variablene vil bli sett på i sammenheng med opsjonsvolum, prisutvikling og markedsforhold.

Ettersom volumet som omsettes av en opsjon stiger mot forfall vil analysen se på de siste 12 månedene av årskontraktene og de siste 6 månedene av kvartalskontraktene. Et unntak her er volatiliteter for 2004, som må hentes fra årsopsjon Call 06. I forhold til kontrakter som er nærme forfall, er det imidlertid viktig å huske på samuelsonsseffekten når det analyseres. Den sier at pris og volatilitet øker når kontrakten nærmer seg forfall, ettersom mer informasjon blir tilgjengelig i markedet.

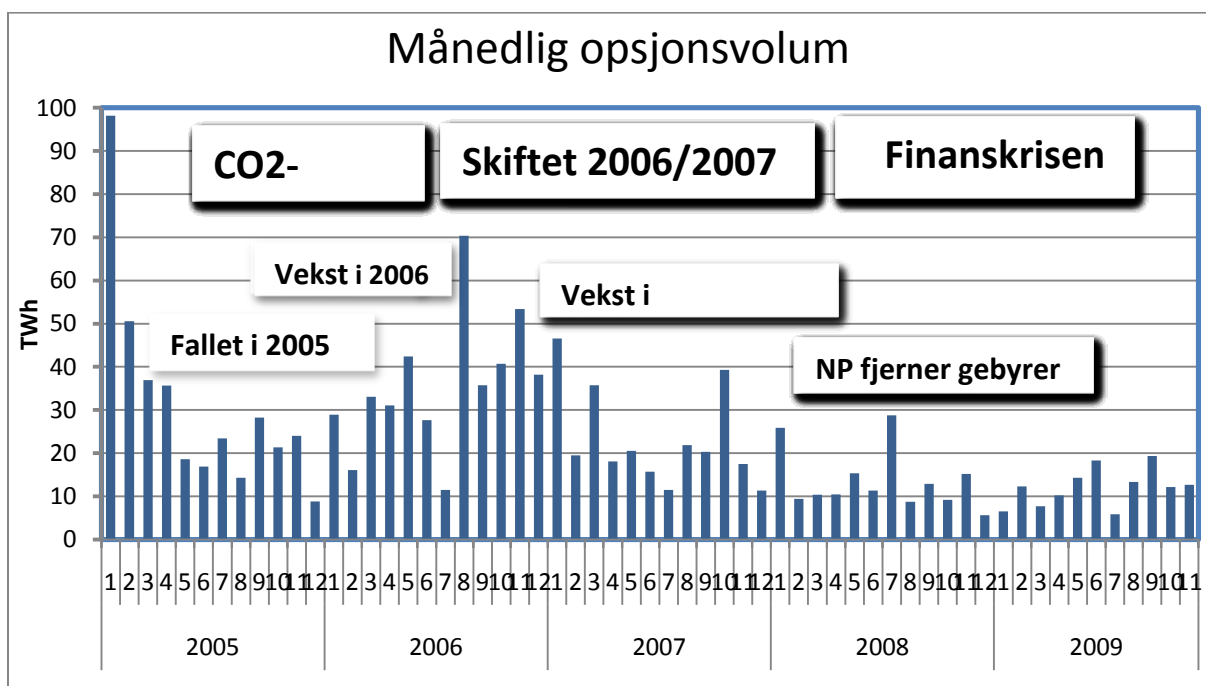
7.2 Analyse av opsjonsvolumet

Formålet med analysen er å forklare utviklingen i opsjonsvolumet som observeres i perioden mellom 2005 og 2009. Denne utviklingen er illustrert i figurene 7.3 og 7.4, med henholdsvis kvartalsvise og månedlige observasjoner. De viktigste hendelsene som blir kommentert i del II av analysen er vist sammen med de månedlige volumene. Gjennom analysen vil det jevnlig bli referert til opsjonsvolumene i disse figurene.



Figur 7.3: Kvartalsvis cleared opsjonsvolum på Nord Pool i perioden 2005 til 2009.

Kilde: Nord Pool FTP (2010).



Figur 7.4: Månedlig cleared opsjonsvolum på Nord Pool i perioden 2005 til 2009. Viktige hendelser i kraftmarkedet er også angitt.

Kilde: Nord Pool FTP-server (2010).

7.2.1 DEL I - Korrelasjons- og Regresjonsanalyse

Del I av analysen vil undersøke hvordan opsjonsvolumet korrelerer med og påvirkes av de presenterte variablene *implisitt volatilitet* og *differanse*. Dette gjøres ved korrelasjons- og regresjonsanalyser.

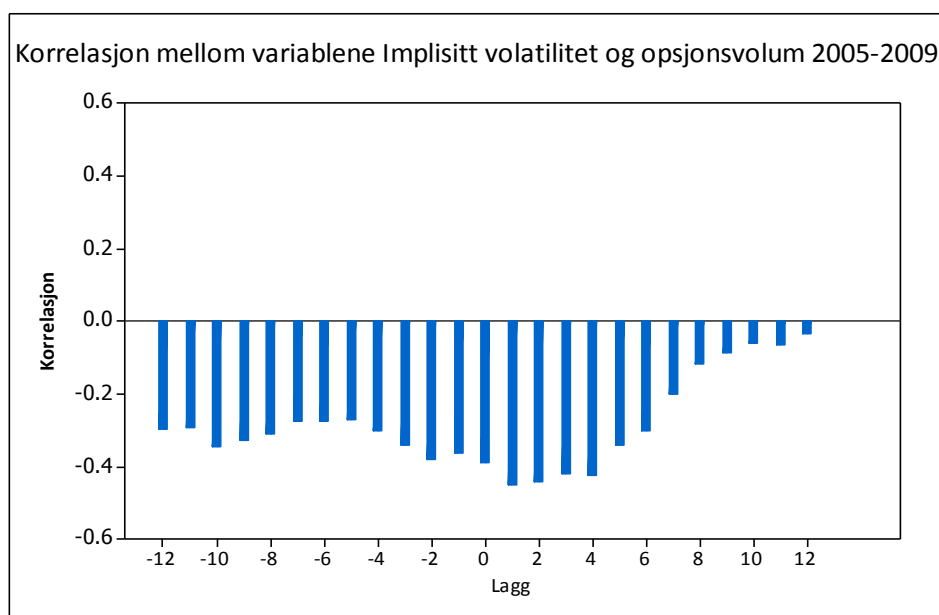
Korrelasjonsanalyse

Ved å gjøre en korrelasjonsanalyse kan man analysere hvordan variablene implisitt volatilitet og differanse opptrer i forhold til opsjonsvolumet. Analysen ønsker å avdekke om og hvordan disse driver opsjonsvolumet i kraftmarkedet. Dette vil være nyttig for vurderingen om hvordan disse skal inngå i regresjonsanalysen.

Analysen av implisitt volatilitet over perioden 2005 til 2009 viser at en tydelig motsyklisk variasjon i forhold til opsjonsvolum. En økning i implisitt volatilitet vil virke negativt på opsjonsvolumet. Fra tabell 7.2 observerer en at de fleste korrelasjonene har p-verdier under 5 % og er signifikante.

De høyeste korrelasjonene observeres ved lag 1 til 4, der korrelasjonen ved lag 1 er den sterkeste med 44,9 %. Dette vil si at implisitt volatilitet i observert en til fire måneder tilbake i tid virker mest på opsjonsvolumet i dag. De fire nevnte månedene er også signifikante.

Den tydelige negative og signifikante korrelasjonen mellom variablene taler for hypotesen om at et høyt nivå på implisitt volatilitet fører til et lavere opsjonsvolum.



Figur 7.5: Viser korrelasjoner mellom månedlig implisitt volatilitet og opsjonsvolum i analyseperioden 2005 til 2009. 12 laggs i begge retninger er vist.

Kilde: Mo, Geir Arne (2010), Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.

Implisitt volatilitet

Lagg	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Korrelasjon	-0.392	-0.449	0.443	0.422	0.425	0.343	0.301	0.203	-0.12	0.089	-0.06	0.065	0.033
P-verdi	0.001	0	0	0.001	0.001	0.005	0.011	0.025	0.118	0.162	0.233	0.159	0.166

Lagg	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12
Korrelasjon	-0.365	-0.382	0.342	0.302	0.273	0.276	0.275	0.310	0.329	0.344	0.292	0.298
P-verdi	0.002	0.001	0.003	0.008	0.013	0.009	0.008	0.002	0.001	0.000	0.001	0.001

Tabell 7.2: Viser korrelasjoner og tilhørende p-verdi for implisitt volatilitet og opsjonsvolum. 12 positive laggs er tatt med i tabellen. Disse viser hvordan implisitt volatilitet i tidligere og etterfølgende måneder har påvirket opsjonsvolumet i denne måneden.

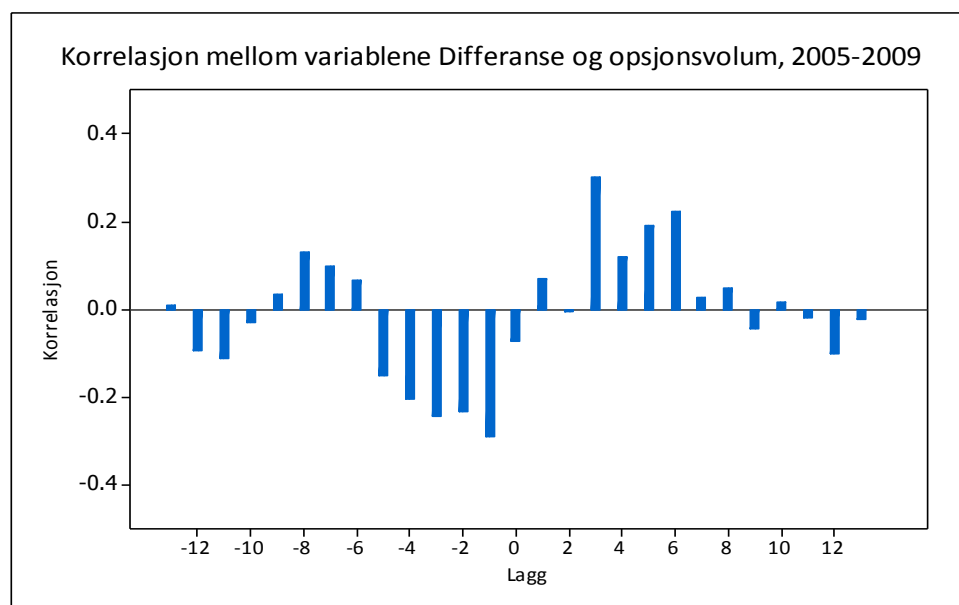
Kilde: Mo, Geir Arne (2010), Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.

Analysen av korrelasjoner mellom variabelen differanse og opsjonsvolumet viser et mer varierende forhold. For forskjellige laggs observeres både prosykliske og motsykliske variasjoner. En ser imidlertid en sammenheng i at observasjoner av differanse i tidligere perioder varierer i samme retning som opsjonsvolumet varierer i dag. Observasjoner av differanse i senere perioder varierer i motsatt retning av opsjonsvolumet i dag.

De største positive korrelasjonene er ved laggene 3 til 6. De største negative finner en mellom laggene -1 og -4. Av disse er det korrelasjonene for lag 3 og -1 som er størst med

korrelasjonskoeffisienter på 30,3 og 29,1 %. Disse to er også de eneste signifikante korrelasjonene med p-verdier på henholdsvis 1,4 og 1,9 %.

Eksempelvis kan man si at en stor avstand mellom historisk- og implisitt volatilitet for 3 måneder siden vil føre til en økning i opsjonsvolumet i dag. Noe som kan tale for at hypotesen om differanse stemmer. Et høyt opsjonsvolum i dag vil imidlertid påvirke differansen i neste måned i negativ retning.



Figur 7.6: Viser korrelasjoner mellom månedlig implisitt volatilitet og opsjonsvolum i analyseperioden 2005 til 2009. 12 laggs i begge retninger er vist.

Kilde: Mo, Geir Arne (2010), Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.

Differanse

Lagg	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Korrelasjon	-0.070	0.073	-0.003	0.303	0.122	0.192	0.225	0.027	0.05	-0.041	0.017	-0.017	-0.098
P-verdi	0.577	0.563	0.981	0.014	0.323	0.11	0.056	0.855	0.648	0.543	0.962	0.739	0.225

Lagg	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12
Korrelasjon	-0.291	-0.233	-0.244	-0.205	-0.150	0.067	0.101	0.133	0.037	-0.027	-0.110	-0.092
P-verdi	0.019	0.062	0.052	0.106	0.240	0.585	0.417	0.285	0.783	0.791	0.307	0.385

Tabell 7.3: Viser korrelasjoner og tilhørende p-verdi for differanse og opsjonsvolum. 12 positive laggs er tatt med i tabellen. Disse viser hvordan differansen i tidligere og etterfølgende måneder har påvirket opsjonsvolumet i denne måneden.

Kilde: Mo, Geir Arne (2010), Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.

Når en ser på hvordan de to variablene korrelerer med opsjonsvolumet må en også ha i tankene at begge inneholder tidsserien implisitt volatilitet. Dette kan gjøre at deler av korrelasjonen mellom differanse og opsjonsvolum kommer som følge av nivået på implisitt. En lav implisitt volatilitet kan for eksempel øke mellomrommet mellom historisk- og implisitt volatilitet.

Fra korrelasjonsanalysen finner en eksempler på signifikante observasjoner som stemmer overens med hypotesene. Korrelasjonene mellom implisitt volatilitet og differanse viser tydelige negative korrelasjoner. Lagg 1 har den største korrelasjonskoeffisienten, målt i absolutte tall. For variabelen differanse er resultatene mer spredte, men med lagg 3 observeres en relativt sterk og signifikant korrelasjonskoeffisient.

Regresjonsanalyse

Fra korrelasjonsanalysen ser man at det er en sammenheng mellom bevegelsene opsjonsvolumet og bevegelsene i variablene implisitt volatilitet og differanse. Analysen ønsker videre å si mer om hvordan disse påvirker opsjonsvolumet ved å benytte de som forklarende variabler for opsjonsvolumet i en regresjonsanalyse. Regresjonsmodellen vil utføres for hele analyseperiode, fra 2005 til 2009.

Variabelen implisitt volatilitet hadde en tydelig negativ korrelasjon med opsjonsvolumet. Analysen bruker først denne som eneste forklaringsvariabel, uten laggs. Regresjonsresultatene viser i dette tilfellet at variabelen er signifikant og har en justert forklaringsgrad på 14 %. Deretter legges det til lagg 1, slik at implisitt i sist måned blir sammenlignet med dagens opsjonsvolum. Dette gir en bedre p-verdi og den justerte forklaringsgraden stiger til 22,5 %.

Variabelen differanse hadde ikke like entydige resultater fra korrelasjonsanalysen. Analysen prøver også å bruke denne som eneste forklaringsvariabel, uten laggs. Regresjonsresultatene gir da en p-verdi på 0,577 og en justert forklaringsgrad på 0,0 %. Nullhypotesen om at $\beta_{\text{differanse}} = 0$ kan da ikke forkastes. Videre prøver analysen å la differansevariabelen lagge med 3, som gitt fra korrelasjonsanalysen. Dette gir en signifikant p-verdi på 0,014 og en justert forklaringsgrad på 8,1 %.

Regression Analysis: Opsjonsvolum versus Implisitt, l, Differanse,

The regression equation is

Opsjonsvolum = 46.3 - 107 Implisitt, lagg 1 + 5.53 Differanse, lagg 3

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	46.316	9.169	5.05	0.000
Implisitt, lagg 1	-106.75	25.55	-4.18	0.000
Differanse, lagg 3	5.530	2.359	2.34	0.022

S = 14.7890 R-Sq = 30.2% R-Sq(adj) = 27.9%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	5589.6	2794.8	12.78	0.000
Residual Error	59	12904.1	218.7		
Total	61	18493.8			

Tabell 7.4: Regresjonsresultater fra Minitab. Viser data for regresjonen med Opsjonsvolum som avhengig variabel, med Implisitt volatilitet og Differanse som forklarende variabler.

Kilde: Mo, Geir Arne (2010), Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.

Begge variablene ser ved første øyekast ut til å kunne forklare noe av opsjonsvolumet med signifikante verdier. Analysen implementerer derfor begge disse i en multippel regresjonsanalyse. Regresjonsresultatene er vist i tabell 7.4. Forklaringsvariablene er signifikante og gir modellen en justert forklaringsgrad på 27,9 %. Dette er mer enn hva hver av variablene gjør hver for seg. Som forventet angir regresjonsligningen at implisitt volatilitet reduserer opsjonsvolumet og at differansen øker det.

Analysen vil i tillegg se om det kan være dummyvariabler som kan øke forklaringsgraden til regresjonen. Ved å se på utviklingen i opsjonsvolumet gjennom perioden har analysen forsøkt å plukke ut spesielle hendelser som kan representeres ved bruk av dummy variabler. Nedenfor er dummyvariablene som ble prøvd i regresjonen listet.

- Finanskrisen
- Skiftet 2006/2007
- Kvartal
- Sesong, sommer og vinter

Av disse dummyvariablene er det bare *Skiftet 2006/2007* som gir signifikante forklaringsvariabler i regresjonsmodellen. Variabelen tar utgangspunkt i det store fallet i opsjonsvolum i årsskiftet mellom 2006 og 2007. Volumet har vært relativt lavt i årene etter dette. Analysen ønsker å inkludere dummyvariabelen for å kunne plukke opp noe av endringene i opsjonsvolumet som kan skyldes dårligere økonomiske tider, finanskrisen, større skepsis til opsjoner eller lignende i årene etter 2006.

Ligning 7.1: $Opsjonsvolum = 39.2 - 55.1 \text{ Implisitt} + 6.16 \text{ Differanse} - 16.7 \text{ skiftet } 2006/2007$

Tabell 7.5 viser at den nye regresjonsmodellen har en justert forklaringsgrad på 45,9 % og en høy F-verdi. Dette forteller at variablene kan si noe om hvordan opsjonsvolumet beveger seg. Ligning 7.1 viser at opsjonsvolumet har et konstantledd på 39,2 TWh i måneden. Implisitt volatilitet trekker ned opsjonsvolumet mens differansen trekker opp. Gitt at implisitt volatilitet og differanse har det samme nivået vil årene etter 2006 ha et opsjonsvolum på 16,7 TWh lavere enn årene før.

Alle variablene i modellen har p-verdier lavere enn 5 % og høye t-verdier målt i absolutte tall. En kan da si at det er en signifikant sammenheng mellom variablene og opsjonsvolumet. Hypotesen om at β -verdiene er 0 kan forkastes.

Regression Analysis: Opsjonsvolum versus Implisitt, 1, Differanse, , ...

The regression equation is

$$\text{Opsjonsvolum} = 39.2 - 55.1 \text{ Implisitt, lagg 1} + 6.16 \text{ Differanse, lagg 3} - 16.7 \text{ skiftet 2006/2007}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	39.221	8.088	4.85	0.000
Implisitt, lagg 1	-55.13	24.85	-2.22	0.030
Differanse, lagg 3	6.165	2.047	3.01	0.004
skiftet 2006/2007	-16.718	3.671	-4.55	0.000

S = 12.8019 R-Sq = 48.6% R-Sq(adj) = 45.9%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	8988.2	2996.1	18.28	0.000
Residual Error	58	9505.6	163.9		
Total	61	18493.8			

Source	DF	Seq SS
Implisitt, lagg 1	1	4387.4
Differanse, lagg 3	1	1202.2
skiftet 2006/2007	1	3398.5

Unusual Observations

Implisitt,							
Obs	lagg 1	Opsjonsvolum	Fit	SE Fit	Residual	St Resid	
4	0.174	98.14	39.74	3.20	58.39	4.71	R
15	0.237	8.80	38.71	2.52	-29.91	-2.38	R
23	0.284	70.36	52.63	6.65	17.73	1.62	X
52	0.558	6.50	0.86	6.16	5.64	0.50	X

R denotes an observation with a large standardized residual.

X denotes an observation whose X value gives it large leverage.

Durbin-Watson statistic = 1.30188

Tabell 7.5: Regresjonsresultater fra Minitab. Viser data for regresjonen med Opsjonsvolum som avhengig variabel, med Implisitt volatilitet, Differanse dummyvariabelen Skiftet 2006/2007 som forklarende variabler.

Kilde: Mo, Geir Arne (2010), Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.

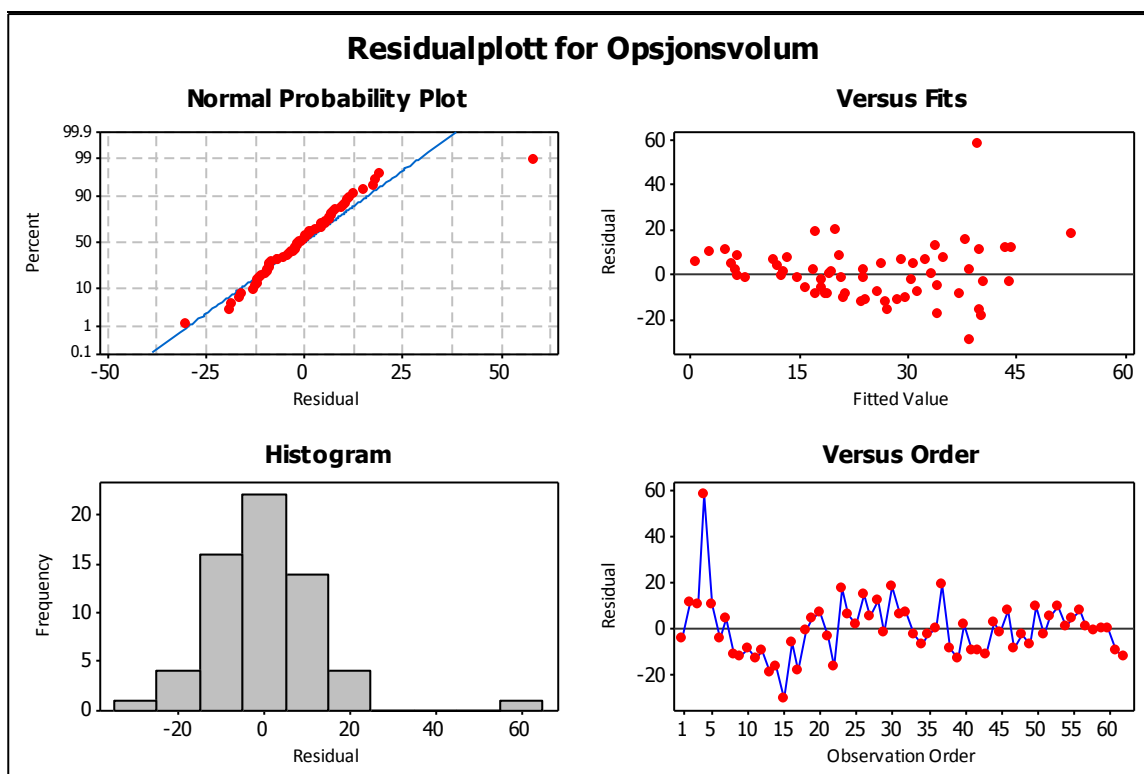
Regresjonsanalysen bygger på en rekke forutsetninger. Minitab gir residualplottet som vist i figur 7.7 der forutsetningene til regresjonsanalysen blir testet. Den første forutsetningen er normalfordelte feilledd. Fra normalfordelingsplottet og histogrammet ser det ut som at dette er oppfylt. Residualene ligger ganske godt på linje og histogrammet ser ut til å ha form som en normalfordeling. En legger imidlertid merke til avviket som kan observeres i begge figurene som hovedsakelig kommer fra det høye opsjonsvolumet i januar 2005.

Versus fits tester forutsetningen om konstant varians i feilleddene. Det kan se ut som om at feilleddene øker med økende verdier av X. Dette vil i så tilfelle være et eksempel på

heteroskedastisitet. Konsekvensen av dette vil være at minste kvadraters metode ikke er den beste estimatoren og at inferens ikke er gyldig. Estimatorene vil imidlertid fortsatt være forventningsrette.

Versus order forteller om feilleddene er innbyrdes uavhengige. Fra figuren kan det se ut som om deler av observasjonene inneholder autokorrelasjon. Dette blir også antydnet av Durbin-Watson verdien på 1,30. Utover i datasettet ser det ut til å være uavhengighet. Kravet om innbyrdes uavhengighet kan imidlertid ikke være sagt å være oppfylt sett under ett. Som for bruddet på konstant varians vil konsekvensen være at minste kvadraters metode ikke er den beste estimatoren, men estimatorene vil fortsatt være forventningsrette.

Kort oppsummert oppfylder regresjonen forutsetningen om normalfordelte feilledd. Forutsetningene om konstant varians og innbyrdes uavhengighet er imidlertid ikke oppfylt.



Figur 7.7: Residualplott fra Minitab. Minitab gir grafisk testing av forutsetningene knyttet til residualene i regresjonsanalysen.

Kilde: Mo, Geir Arne (2010), Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.

Regresjonsresultatene fra tabell 7.5 viser også fire avvikende observasjoner. Dette er enten observasjoner som har et stort residual eller har stor innflytelse på regresjonen. Man må da

gjøre en vurdering på om disse skyldes feil i datamaterialet eller er atypiske. I slike tilfeller kan det være fornuftig å fjerne de fra datasettet. Om det ikke er noe galt med observasjonene vil de være verdifulle å ha med videre.

Observasjonen med det største avviket finner en i januar 2005. Det observerte opsjonsvolumet, på 98,14 TWh, var her det klart høyeste i analyseperioden. Selv om opsjonsvolumet svinger mye vil dette være en atypisk observasjon, og det kan argumenteres for å fjerne denne fra analysen. Opsjonsvolumet i desember 2005 er også avvikende med residualer større 2 standardavvik. Opsjonsvolumet er i denne måneden 8,8 TWh, noe som er atypisk i en periode hvor opsjonsvolumene er relativt høye. På den andre siden er ikke 8,8 TWh uvanlig lavt om en ser på perioden under ett.

I den følgende regresjonsmodellen som er vist i tabell 7.6, er observasjonene fra januar og desember 2005 fjernet. En ser at modellens justerte forklaringsgrad øker til hele 58,1 %. Alle variablene er fremdeles signifikante, selv om implisitt volatilitet nå ligger helt på grensen. Fjerner en ytterligere observasjoner er denne ikke lengre signifikant.

Regression Analysis: Opsjonsvolum versus Implisitt, 1, Differanse, , ...

The regression equation is

$$\text{Opsjonsvolum} = 32.6 - 37.7 \text{ Implisitt, lagg 1} + 6.72 \text{ Differanse, lagg 3} - 16.7 \text{ Skiftet 2006/2007}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	32.611	6.166	5.29	0.000
Implisitt, lagg 1	-37.70	18.77	-2.01	0.049
Differanse, lagg 3	6.723	1.526	4.41	0.000
Skiftet 2006/2007	-16.737	2.755	-6.08	0.000

S = 9.53052 R-Sq = 60.2% R-Sq(adj) = 58.1%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	7704.7	2568.2	28.27	0.000
Residual Error	56	5086.5	90.8		
Total	59	12791.2			

Source	DF	Seq SS
Implisitt, lagg 1	1	2905.4
Differanse, lagg 3	1	1446.0
Skiftet 2006/2007	1	3353.2

Unusual Observations

Implisitt,							
Obs	lagg 1	Opsjonsvolum	Fit	SE Fit	Residual	St Resid	
21	0.284	70.36	53.59	4.98	16.76	2.06	RX
28	0.264	35.75	16.27	2.04	19.48	2.09	R
35	0.250	39.31	18.85	2.13	20.46	2.20	R
50	0.558	6.50	4.77	4.65	1.73	0.21	X

R denotes an observation with a large standardized residual.

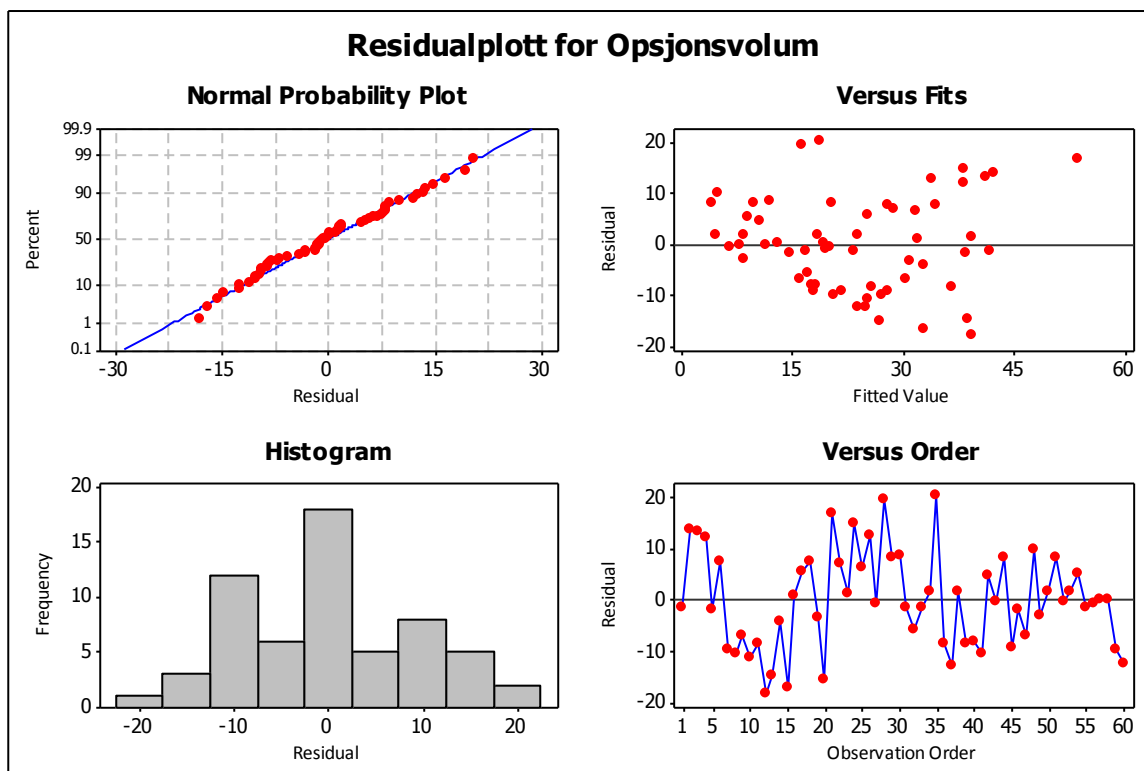
X denotes an observation whose X value gives it large leverage.

Durbin-Watson statistic = 1.39647

Tabell 7.6: Regresjonsresultater fra Minitab. Viser data for regresjonen med Opsjonsvolum som avhengig variabel, med Implisitt volatilitet, Differanse og dummyvariabelen Skiftet 2006/2007 som forklarende variabler. Ekstremverdiene fra observasjon 4 og 15 er tatt ut av regresjonen.

Kilde: Mo, Geir Arne (2010), Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.

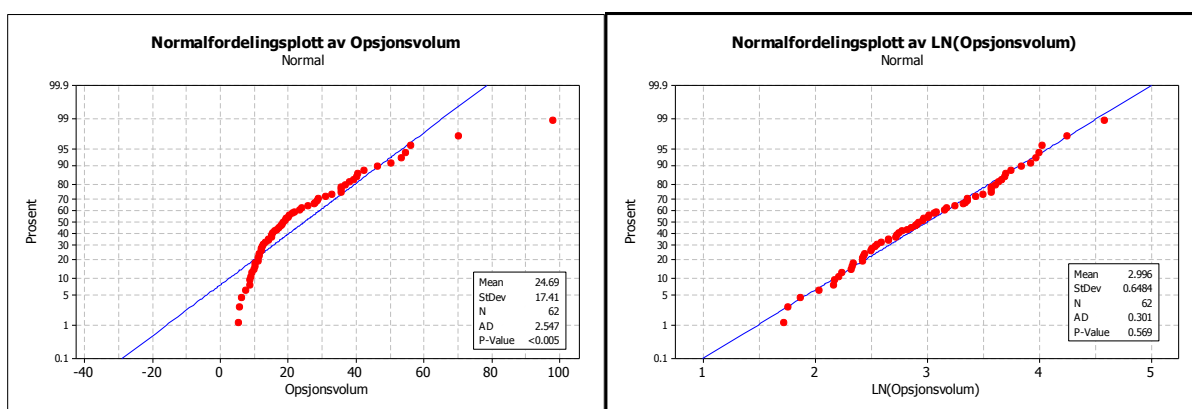
Om en analyserer forutsetningene for regresjonen ut i fra figur 7.8, ser en at antakelsen om normalfordeling fortsatt ser ut til å holde. Dette til tross for at histogrammet har mistet noe av sin fasong som normalfordelt. Forutsetningene om konstant varians i feilleddene og innbyrdes uavhengighet ser imidlertid ut til å ha forbedret seg noe. Versus fits viser en jevnere spredning av residualene, og ser i mindre grad ut til å være hetroskedastisk. Versus order som følger av fjerning av observasjonene noe mindre autokorrelasjon, selv om både plottet og Durbin-Watson verdien fortsatt viser at det er til stede.



Figur 7.8: Residualplott fra Minitab. Minitab gir grafisk testing av forutsetningene knyttet til residualene i regresjonsanalysen.

Kilde: Mo, Geir Arne (2010), Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.

Ved å gjøre en normalfordelingstest av månedlig opsjonsvolum kommer det tydelig frem at tidsserien sammenfaller bedre med en log-normalfordeling enn med en normalfordeling. På bakgrunn av dette gjøres en regresjonsanalyse der logaritmen til opsjonsvolumet er den forklarende variabelen. Det er viktig å huske at det er transformerte data som ligger til grunn om en skal tolke regresjonsresultatene.



Figur 7.9: Residualplott fra Minitab. Minitab gir grafisk testing av forutsetningene knyttet til residualene i regresjonsanalysen.

Kilde: Mo, Geir Arne (2010), Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.

Regression Analysis: LN(Opsjonsvolum) versus Differanse, Implisitt, ...

The regression equation is

$$\text{LN(Opsjonsvolum)} = 3.69 + 0.221 \text{ Differanse} - 2.43 \text{ Implisitt} \\ - 0.664 \text{ Skiftet 2006/2007}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	3.6937	0.2550	14.49	0.000
Differanse	0.22144	0.06309	3.51	0.001
Implisitt	-2.4348	0.7762	-3.14	0.003
Skiftet 2006/2007	-0.6641	0.1139	-5.83	0.000

S = 0.394055 R-Sq = 61.2% R-Sq(adj) = 59.2%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	13.7378	4.5793	29.49	0.000
Residual Error	56	8.6956	0.1553		
Total	59	22.4335			

Source	DF	Seq SS
Differanse	1	2.3344
Implisitt	1	6.1238
Skiftet 2006/2007	1	5.2797

Unusual Observations

Obs	Differanse	LN(Opsjonsvolum)	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
21	4.71	4.2536	4.0466	0.2058	0.2070	0.62 X
28	1.54	3.5766	2.7280	0.0844	0.8486	2.20R
35	1.85	3.6714	2.8290	0.0881	0.8425	2.19R
50	1.48	1.8717	1.9987	0.1921	-0.1270	-0.37 X

R denotes an observation with a large standardized residual.

X denotes an observation whose X value gives it large leverage.

Durbin-Watson statistic = 1.73770

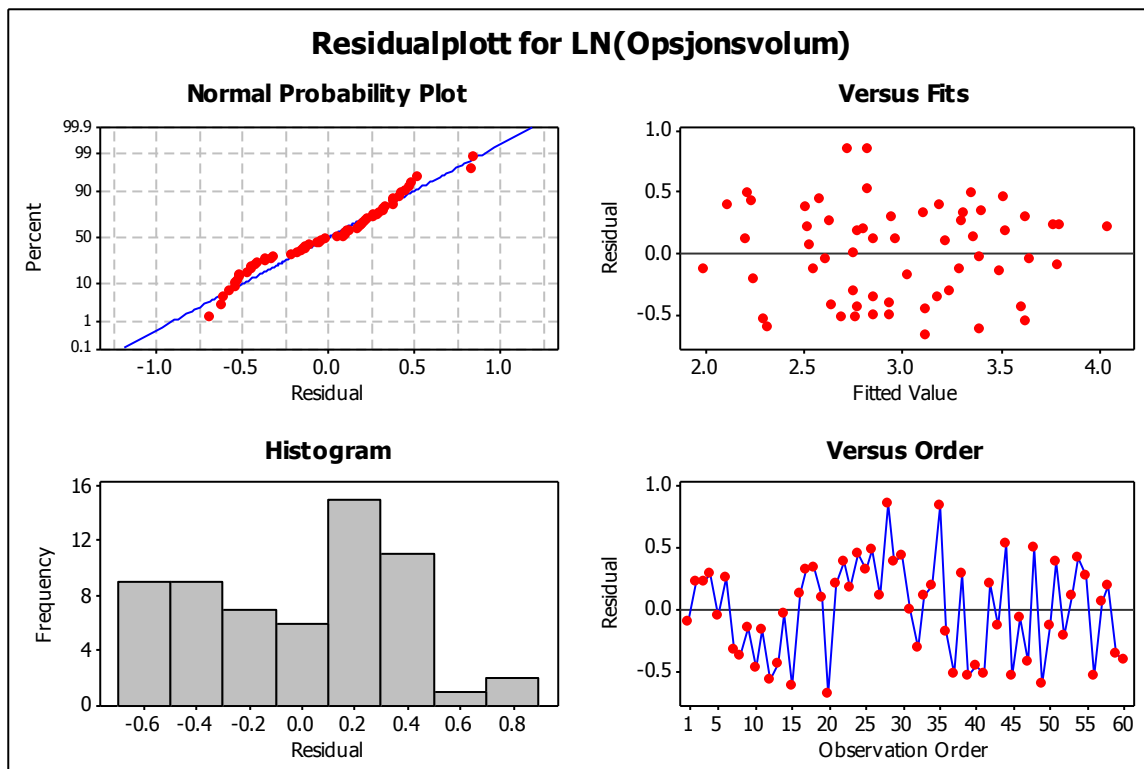
Tabell 7.7: Regresjonsresultater fra Minitab. Viser data for regresjonen med LN(Opsjonsvolum) som avhengig variabel, med Implisitt volatilitet, Differanse og dummyvariabelen Skiftet 2006/2007 som forklarende variabler. Ekstremverdiene fra observasjon 4 og 15 er tatt ut av regresjonen.

Kilde: Mo, Geir Arne (2010), Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.

Den logaritmiske transformeringen av månedlig opsjonsvolum gir oss regresjonen som vist i tabell 7.7. også her er ekstremverdiene fra observasjon 4 og 15 tatt bort. Alle variablene er fremdeles signifikante og regresjonen har en høy f- og lav p-verdi. Den justerte forklaringsgraden økes også ytterligere til 59,2 %.

Durbin-Watson verdien på 1,74 viser en svakere autokorrelasjon. Dette kan vi også observere under versus order i figur 7.10. forutsetningen om innbyrdes uavhengighet ser altså ut til å være oppfylt. Det samme gjelder forutsetningen om konstant varians, der vi under versus fits ser en mye jevnere spredning av residualene. Forutsetningen om normalfordelte feilledd blir imidlertid ikke oppfylt etter transformeringen. I normalfordelingsplottet ligger residualene

noenlunde på rett linje, men histogrammet har ikke lengre en form som skulle tilsi normalfordelte feilledd.



Figur 7.10: Residualplott fra Minitab. Minitab gir grafisk testing av forutsetningene knyttet til residualene i regresjonsanalysen.

Kilde: Mo, Geir Arne (2010), Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.

Regresjonsanalysen viser at store deler av det månedlige opsjonsvolumet som observeres i perioden 2005 til 2009 kan forklares fra variablene implisitt volatilitet, differanse og dummyvariabelen skiftet2006/2007. I regresjonene er uvanlige observasjoner tatt bort. Regresjonene med opsjonsvolum og Ln(opsjonsvolum) som avhengige variabler gir høye f- og lave p-verdier. Alle variablene i modellene er signifikante.

Ingen av de to modellene oppfyller alle forutsetningene regresjonsanalyse bygger på. Regresjonen med opsjonsvolum som avhengig variabel oppfyller forutsetningen om normalfordelte feilledd. Den viser imidlertid heteroskedastisitet og autokorrelasjon. Det motsatte er tilfellet for regresjonen med transformerte opsjonsvolum.

I en utvidelse av regresjonen kan det være hensiktsmessig å avdekke flere variabler som kan inkluderes. Andre transformeringer og funksjonsformer kan også bli benyttet for å finne en regresjon som tilfredsstill alle forutsetningene.

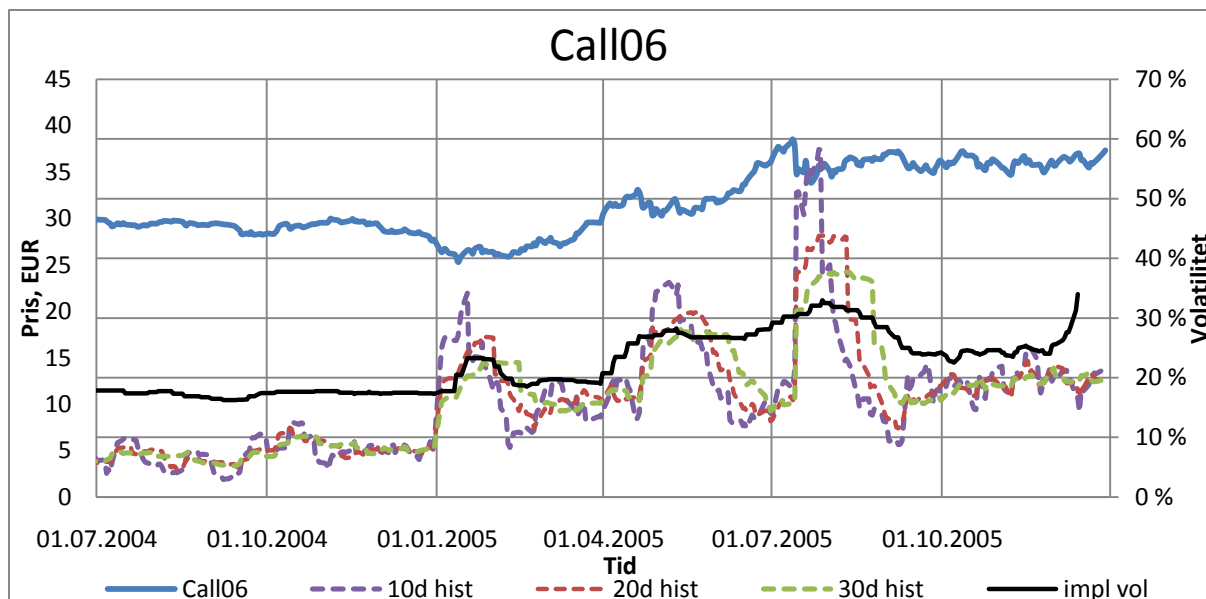
7.2.2 Del II - Analyse av variablene

Analysen vil ta for seg fire perioder: Fall i 2005, vekst i 2006, vendepunkt i 2006/2007 og Finanskrisen. I drøftelsen ser analysen på sammenhengen mellom opsjonsvolumet, prisutviklingen i underliggende, markedsforhold og variablene implisitt volatilitet og differanse. Informasjon om markedsforholdene er samlet inn fra årsrapportene til Nord Pool.

Fallet i 2005

Opsjonsvolumet clearert på Nord Pool steg fra 2004 til 2005. Hovedsakelig var det første kvartal av 2005 som bidro til økningen. Etter dette synker volumet frem til desember. Fra figur 7.9 ser en at prisutviklingen ligger mellom 25 og 30 euro i siste halvår av 2004, før den faller mot første kvartal 2005. I de to første kvartalene av 2005 har prisen en ujevn stigning før den i siste halvår legger seg i overkant av 35 euro. Januar 2005 hadde det klart høysete opsjonsvolumet i analyseperioden. Dette stuper imidlertid i februar, og synker ytterligere utover året.

Mye av prisutviklingen kan forklares fra et markedsmønster som indikerte stor usikkerhet rundt underliggende variabler. Markedspriser for kontinental europeisk kraft, karbonkontrakter, olje, naturgass og kull gjorde kraftmarkedet volatilt i 2005. I overgangen mellom 2004 og 2005 ble det også en normalisering i fyllingsgraden. Dette sammen med en økt bevissthet i sammenhengen mellom kvotepris og kraftpris bidro til en økt handel (Nord Pool ASA, 2006).



Figur 7.11: Kjøpsopsjon på forward 2006. Viser prisen på underliggende forwardkontrakt, Implisitt volatilitet til kjøpsopsjonen og 10-, 20- og 30- dagers snitt av historisk volatilitet for underliggende forwardkontrakt.

Kilde: Mo, Geir Arne (2010), Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.

Call 06 viser at arealet mellom historisk og implisitt volatilitet var relativt stor i de to siste kvartalene i 2004. Dette kom av en stabil pris i underliggende. I første og andre kvartal 2005 svinger både historisk og implisitt volatilitet mye grunnet usikkerheten i markedet. Siste kvartal ser imidlertid ut til å ha en noe jevnere pris og da en historisk volatilitet som ligger under implisitt.

Implisitt volatilitet ligger på et relativt stabilt og lavt nivå i underkant av 20 % i slutten av 2004. I 2005 svinger volatiliteten relativt mye. En ser først en liten stigning i første kvartal, før det igjen faller til rundt 20 %. I andre og tredje kvartal stiger volatiliteten relativt mye. Det høyeste nivået nåes i tredje kvartal før det faller ned mot 25 % i fjerde kvartal.

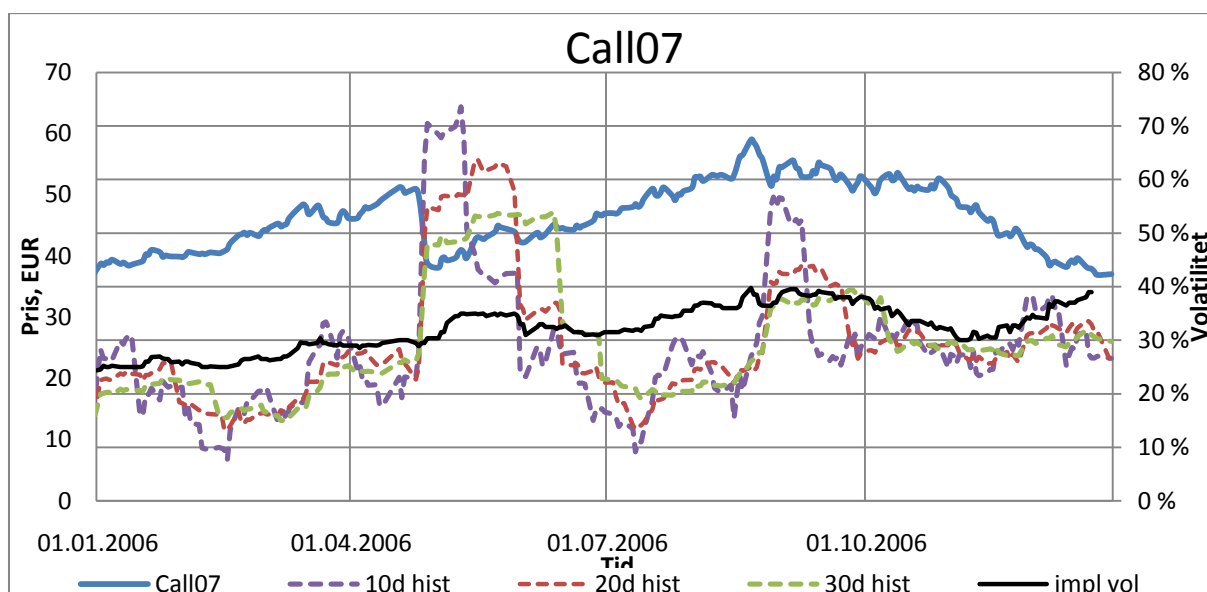
Første måned av 2005 har et høyt opsjonsvolum. Noe av dette kan forklares av at den lave og stabile priseutviklingen i slutten av 2004 kan gi gevinst for korte posisjoner i opsjoner. Implisitt volatilitet ligger også relativt lavt i slutten av 2004. Store svingninger i underliggende pris, vist som historisk volatilitet, og økning i implisitt volatilitet gjør delta hedging vanskeligere og opsjoner kan derfor bli dyrere. Dette vil kunne redusere tilbud av opsjoner ved at aktører kan ha tapt på korte posisjoner. En økt avstand mellom potensielle kjøpere og selgere av opsjoner kan også ha virket dempende på opsjonsvolumet.

Ved store svingninger i underliggende pris kan man få en situasjon der aktører som har tapt penger må stenge sine posisjoner umiddelbart. Som følge av dette vil det kunne komme en

økning i opsjonsvolumet i perioden etter at slike svingninger forekommer fordi aktørene benytter opsjoner til å stenge sine posisjoner. Når aktørene har fått stengt sin posisjon vil en imidlertid forvente at opsjonsvolumet faller. Dette kan være noe av grunnen til at opsjonsvolumet er relativt høyt i februar til april 2005.

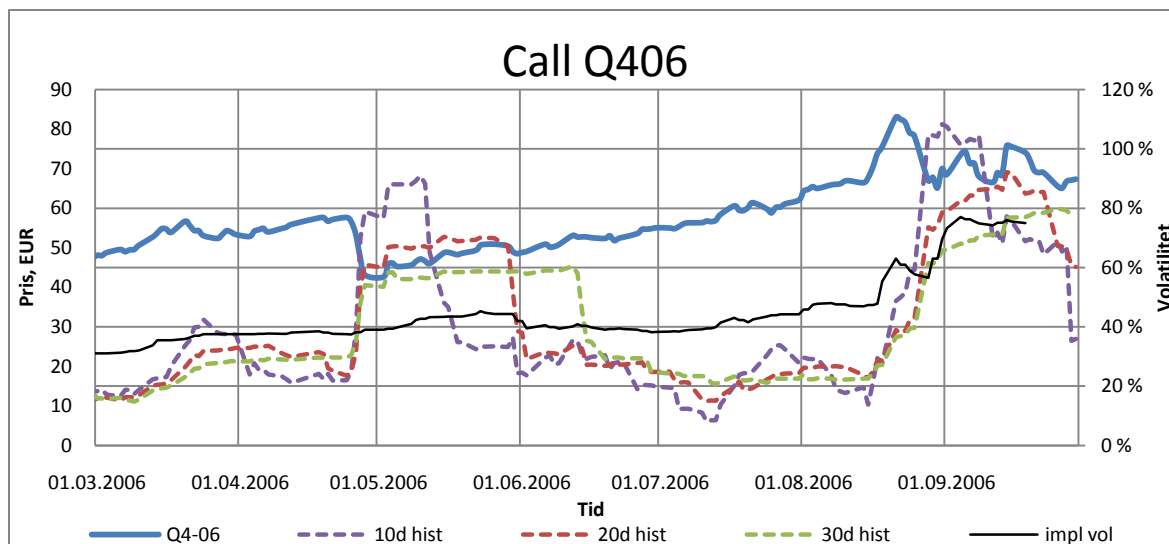
Vekst i 2006

Av de fem årene det fokuseres på i analysen har 2006 det høyeste opsjonsvolumet. Volumet stiger frem til mai, dette året. I sommermånedene faller det mye før det i slutten av året legger seg på et høyere nivå. Kvartalsvis er det en jevn økning gjennom hele 2006. Prisutviklingen i forwardkontrakten stiger jevnt fra 40 til 50 euro i første kvartal 2006. I slutten av april faller den brått og tilsvarende mye. Etter fallet stiger prisen frem til et vendepunkt på rundt 60 euro i tredje kvartal, etterfulgt av et fall i 4. kvartal frem til forfall.



Figur 7.12: Kjøpsopsjon på forward 2007. Viser prisen på underliggende forwardkontrakt, Implisitt volatilitet til kjøpsopsjonen og 10-, 20- og 30- dagers snitt av historisk volatilitet for underliggende forwardkontrakt.

Kilde: Mo, Geir Arne (2010), Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.



Figur 7.13: Kjøpsopsjon på forward Q4 2006. Viser prisen på underliggende forwardkontrakt, Implisitt volatilitet til kjøpsopsjonen og 10-, 20- og 30- dagers snitt av historisk volatilitet for underliggende forwardkontrakt.

Kilde: Mo, Geir Arne (2010), Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.

Prisstigningen i første kvartal 2006 fulgte av de økte prisene i kontinental Europa og CO₂-markedet. Prisen på EUA kontrakter steg jevnt fra februar 2005 til en topp i april 2006. Analyser gjort av EU landene hadde et forventet underskudd på 60 millioner tonn EUA kontrakter til den 15. mai. 26. april ble det imidlertid lekket beregninger som viste lavere utslipp enn forventet. De neste dagene kom flere andre aktører på banen og viste at det europeiske markedet faktisk hadde et overskudd av EUA kontrakter. Denne informasjonen ble ikke bekreftet av EU, men markedet responderte med et stort prisfall i de europeiske kraftmarkedene. I månedene etter var markedet preget av uoffisiell informasjon knyttet til utslippene. Dette førte til en høy volatilitet i både EUA-markedet og det finansielle markedet i denne perioden. For å unngå imperfekt informasjon i markedet ble det etterlyst reguleringer fra EU.

Antall transaksjoner i det finansielle markedet økte med 13,4 % fra 2005 til 2006. Som for EUA kontrakter fikk det finansielle markedet en vekst i første kvartal, etterfulgt av et fall som følge av kollaps i CO₂-markedet. I etterkant av dette fallet ble det en rekordhøy omsetning i det finansielle markedet (Nord Pool ASA, 2007).

Figur 7.11 viser avstanden mellom implisitt og historisk volatilitet i 2006. Tidvis jevne prisforandringer gjør at historisk volatilitet ligger under implisitt i deler av første tredje og fjerde kvartal. Prisfallet i karbonmarkedet førte til at historisk volatilitet lå over implisitt i mai

og utover i juni. Kjøpsopsjonen for fjerde kvartal i 2006 illustrerer også dette. Før og etter denne perioden er avstanden mellom volatilitetene mindre. Første del av tredje kvartal og siste del av fjerde kvartal gir en noenlunde jevn prisforandring en historisk volatilitet litt under den implisitte.

2006 er imidlertid preget av flere brå bevegelser i prisen på underliggende. Foruten om fallet i CO₂-markedet observeres det flere prishopp gjennom året. Dette gir brytninger mellom historisk- og implisitt volatilitet. Implisitt volatilitet er lavest i første kvartal 2006. Utover året svinger den mellom 30 og 40 %. Spesielt er nivået høyt mot slutten av tredje kvartal.

De som hadde korte posisjoner i opsjoner vil, etter hypotesen om differanse mellom historisk- og implisitt volatilitet, tjene på delta-hedge i det første og muligens de to siste kvartal i 2006. På samme måte skal lange posisjoner i opsjoner kunne gi avkastning i etterkant av kollapsen i CO₂-markedet. På en annen side kan en svingende og stigende implisitt volatilitet i 2006 ha ført til dyrere opsjoner og en avstand mellom potensielle kjøpere og selgere. De brå prisforandringene i underliggende, spesielt ved fallet i karbonmarkedet, kan ha ført til at aktører med tap måtte stenge sine posisjoner. Dette kan ha bidratt til det høye opsjonsvolumet som observeres i tredje kvartal. Vendepunktet i underliggende pris i tredje kvartal kan ha gitt noe av den samme effekten på opsjonsvolumet i fjerde kvartal.

Det kan være vanskelig å få et godt bilde av opsjonsvolumet i 2006 ut fra dette. Tydelig differanse mellom historisk- og implisitt volatilitet kan tale for økt volum, mens økning i implisitt taler mot. Samtidig kan prisendringer ha gitt kortvarige økninger i opsjonsvolum. Volumøkningen som observeres ser også ut til å være påvirket av andre faktorer i markedet. Gode økonomiske år og økt handel i kraftmarkedet kan være noen.

Vendepunktet 2006/2007

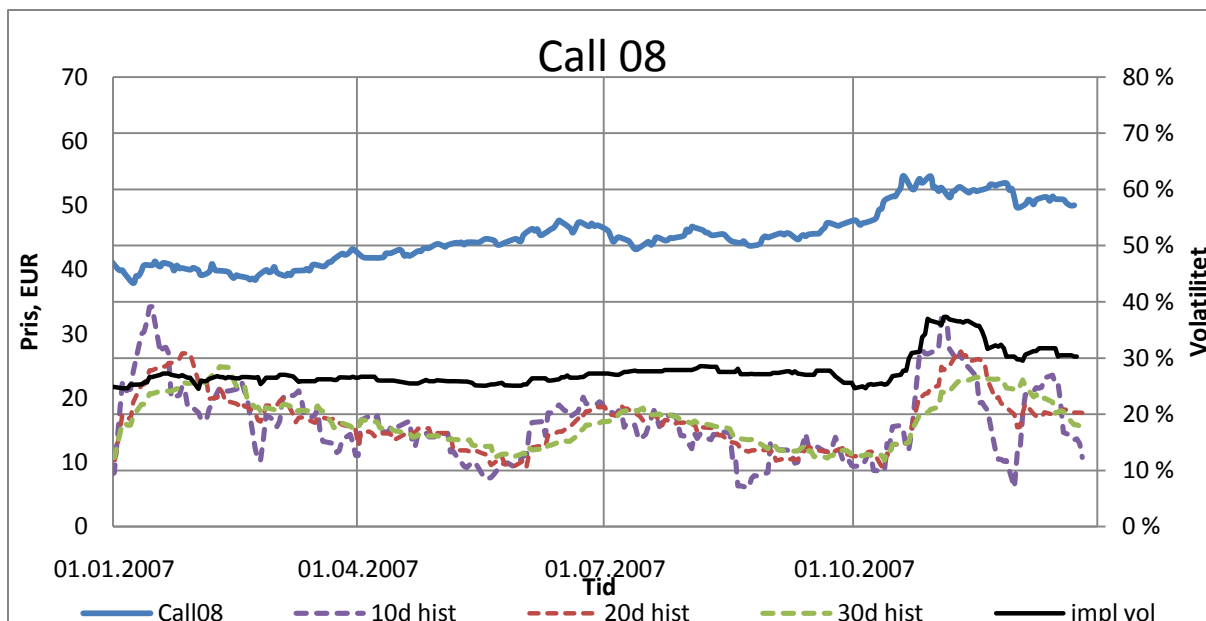
Opsjonsvolumet falt rundt 20 % i 1. kvartal 2007. Sammenlignet med samme kvartal året før økte imidlertid opsjonsvolumet med rundt 20 %. Dette skyldes relativt høyt volum i januar og mars. I 2. kvartal fortsetter nedgangen. Opsjonsvolumet halveres og holder seg med unntak av oktober lavt utover året. Forwardprisen falt mye i 4. kvartal 2006. I 2007 kan en se at prisen igjen stiger fra et nivå rundt 40 til 50 euro. Noen større prisforandringene kan observeres i perioden. Spesielt ser en dette i begynnelsen av 1. kvartal og i midten av 4. kvartal.

Elektrisitetsprisen var i gjennomsnitt 45,3 % lavere i første halvår av 2007 sammenlignet med samme periode i 2006. Selv om produksjonen økte hos leverandørene, falt elektrisitetsprisene så mye at den økte produksjonen ikke gav noe høyere resultat. I fjerde kvartal 2007 satte Nord Pool ned clearinggebyret på opsjoner samtidig som at minimumsgebyret ble tatt bort (Nord Pool, 2008).

I 2006 var det i mange perioder avstand mellom historisk- og implisitt volatilitet. Men som sagt var året også preget av flere brå prisendringer, spesielt ved karbonkrisen i april. I 2007 ligger historisk- relativt stabilt under implisitt volatilitet med unntak av korte perioder av 1. og 4. kvartal.

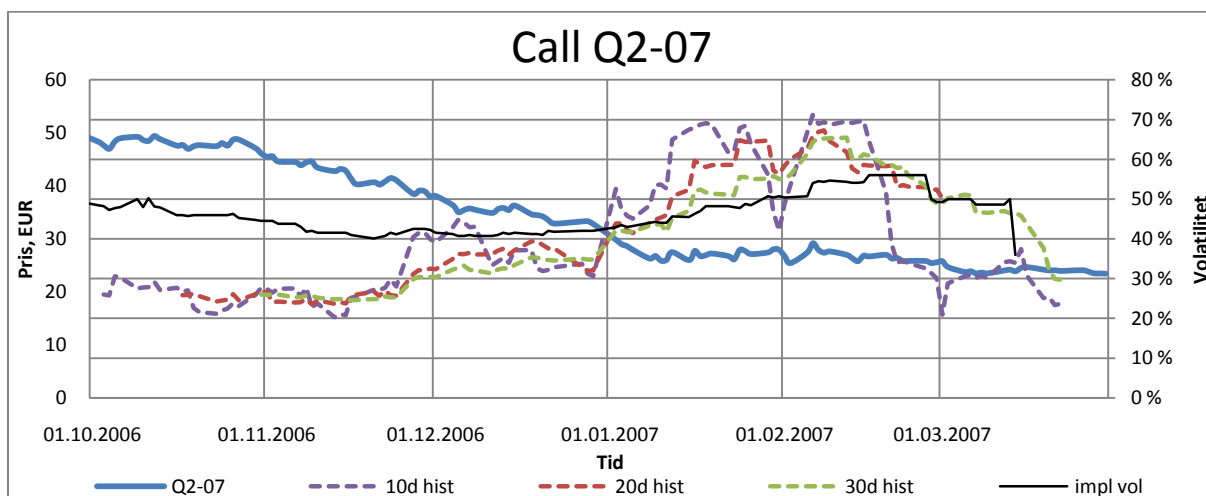
Prisfall i underliggende gjorde at historisk volatilitet steg brått forbi den implisitte volatiliteten i 1. kvartal 2007. En relativt jevn prisstigning gjør at historisk volatilitet ligger under implisitt hele 2. og 3. kvartal. En brå prisøkning i 4. kvartal gir et hopp i historisk volatilitet, men både 20- og 30 dagers snittet ligger under implisitt volatilitet også i dette kvartalet.

Den implisitte volatiliteten svinger relativt mye gjennom 2006, mellom et nivå på ca 25 til 40. I 2007 ligger implisitt volatilitet stabilt på et nivå rundt ca 25-28 % men stiger brått til ca 36 % i siste kvartal. Implisitt volatilitet i 2008 ligger stabilt mellom 26 og 29 euro frem til begynnelsen av 3. kvartal 2008 da finanskrisen slo til for fullt.



Figur 7.14: Kjøpsopsjon på forward 2008. Viser prisen på underliggende forwardkontrakt, Implisitt volatilitet til kjøpsopsjonen og 10-, 20- og 30- dagers snitt av historisk volatilitet for underliggende forwardkontrakt.

Kilde: Mo, Geir Arne (2010), Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.



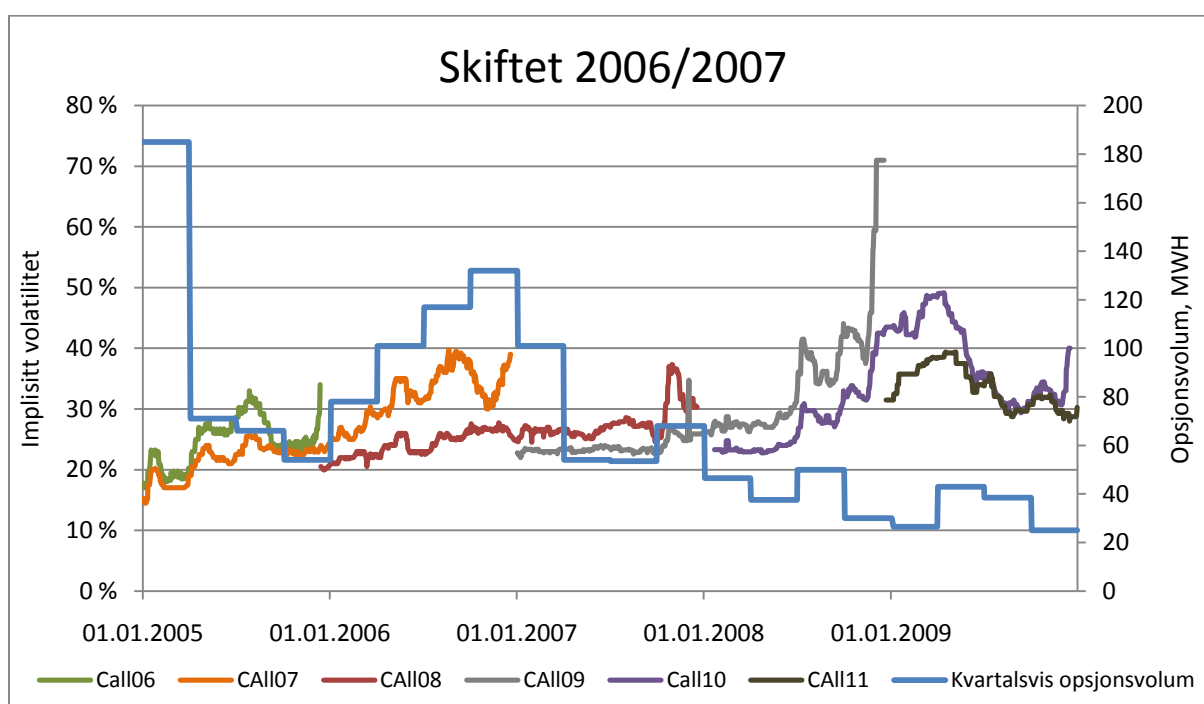
Figur 7.15: Kjøpsopsjon på forward Q2 2007. Viser prisen på underliggende forwardkontrakt, Implisitt volatilitet til kjøpsopsjonen og 10-, 20- og 30- dagers snitt av historisk volatilitet for underliggende forwardkontrakt.

Kilde: Mo, Geir Arne (2010), Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.

I kvartalsopsjonen for 2.kvartal 2007 ser man at historisk og implisitt volatilitet beveger seg i noen lunde samme grad som årsopsjonen for 2008, der historisk volatilitet ligger over implisitt volatilitet i første kvartal av 2007.

Fra drøftelsen av veksten i 2006 kan det være vanskelig å belyse veksten i opsjonsvolumet fra differansen mellom historisk- og implisitt volatilitet og nivået på implisitt volatilitet. De brå prisendringene og økningen i implisitt volatilitet kan muligens belyse fallet som kommer i 2007.

Med tanke på hypotesen om at avstand mellom historisk- og implisitt volatilitet gir økt opsjonsvolum, skulle en forvente at volumet økte i 2007. Implisitt volatilitet ligger relativt stabilt de tre første kvartalene i 2007 og ligger lavere enn samme periode i 2006. Dette skulle også tale for en økning i opsjonsvolum. Siden det observeres et stort fall i opsjonsvolum i 2007 tenkes det at hypotesene knyttet til de to variablene *differanse* og *implisitt volatilitet* ikke kan gi en god forklaring på utviklingen som observeres. Det lave og synkende opsjonsvolumet i 2007 må derfor forklares fra andre forhold i markedet. I avsnittene under vil det bli drøftet ulike forhold som kan bidra til å forstå hva som skjer i perioden.



Figur 7.16: viser endringen i volum sammen med den implisitte volatiliteten for årsopksjonene Call06 til Call11 i perioden 2005-2010.

Kilde: Mo, Geir Arne (2010), Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.

Skiftet 2006/2007

I regresjonsanalysen ble det avdekket at dummyvariabelen for årene etter 2006 var signifikant og styrket forklaringskraften. Effektene fra finanskrisen som kom i 2008 vil nok inngå i denne

variabelen, men dummyvariabelen for årene etter 2006 gav bedre resultater enn hva en dummyvariabel for finanskrisen gjorde alene. Fra figur 7.16 kan man se at opsjonsvolumet stiger i 2006 til tross for at det er en økt volatilitet i årsopsjonen. I etterkant av 2007 faller opsjonsvolumet for hvert år, samtidig som den implisitte volatiliteten øker gradvis for hver av årsopsjonene. Som drøftet over skulle forholdene for handel i opsjoner være gode gjennom hele 2007, men likevel falt opsjonsvolumet.

Gode økonomiske år

2005 og 2006 var relativt svært gode år sett i et økonomisk perspektiv. Mange aktører i markedet følte nok at de "tålte" å ta en høyere risiko i denne perioden. Dette kan ha bidratt til det stigende og relativt høye opsjonsvolumet i 2006. I de to første kvartalene av 2007 var systemprisen veldig lav sammenlignet med samme periode i 2006. Dette kan ha gjort behovet for å sikre seg mindre i denne perioden.

CO₂-kollapsen

Som følge av tap på posisjoner ved CO₂-kollapsen i april 2006 kan mange aktører i etterkant ha blitt tvunget til å stenge sine posisjoner. Dette kan ha bidratt til økt volatilitet og økt opsjonsvolum i slutten av 2006. Det store fallet som kommer i 2007 kan være et resultat av at aktørene sluttet eller ble mer avholdne i handel av opsjoner etter at posisjonene var stengt. Tap på posisjoner og økt volatilitet fører også til en økning i marginkravet fra Nord Pool. Dette kan også ha bidratt til at aktører også har måtte redusere sine posisjoner.

Aktører på Nord Pool består blant annet av investeringsbanker fra London og USA, og investeringsfond og hedge-fond. Om store aktører blir tvunget til å handle mindre eller trekke seg ut vil det føre til mindre likviditet i markedet til tross for at økonomien i Norden var særdeles god i 2007. CO₂-kollapsen så ut til å skremme mange av de som handlet opsjoner på Nord Pool og kan forklare noe av fallet i opsjonsvolumene i 2007, som til nå ikke har klart å hente seg tilbake til tidligere nivåer.

Nullsumspill

Handel av opsjoner er en form for nullsumspill som medfører at det den ene taper er den andres gevinst. Det gjør at opsjonsmarkedet som regel får en taper i hver handel som blir gjort. Om en aktør taper penger på en posisjon i opsjoner vil det bli mindre sannsynlig at han får investere videre i opsjoner. Aktørene som ikke er i stand til å sikre gevinst ved bruk av

opsjoner vil på sikt derfor falle ut av markedet. Dersom nye aktører ikke kommer inn, vil likviditeten i markedet kunne tørke mer og mer inn.

Kompetanse

Prisene i kraftmarkedet er som nevnt meget volatile. For å handle opsjoner i kraftmarkedet trenger man da en svært god forståelse for hvordan volatiliteten endrer seg. Mangel på kompetanse blant de som handler kraftopsjoner kan da tenkes å påvirke opsjonsvolumet i markedet.

Clearing gebyr

En faktor som kan ha bidratt til å styrke volumet i fjerde kvartal 2007 var at Nord Pool satte ned clearinggebyret på opsjoner samtidig som at minimumsgebyret ble tatt bort. Effekten av dette forsøket på å styrke opsjonsvolumet ble kortvarig da det ble etterfulgt av en ny reduksjon i volumet i 1.kvartal 2008.

Del konklusjon

Det er altså flere forhold i markedet som kan hjelpe til med å beskrive bevegelsen i opsjonsvolumet i 2006 og 2007. Gode økonomiske tider kan i 2005 og 2006 ha bidratt til at aktører tok på seg mer risiko gjennom større bruk av opsjoner. Dette kan ha bidratt til at fallet etter CO₂-kollapsen i april 2006 ble større. Aktører som tapte penger i denne perioden kan ha gitt reduksjon i opsjonsvolumet gjennom at de må stenge sine posisjoner. Økte clearing gebyrer kan også ha tvunget aktører til å redusere sine posisjoner. Det kan tenkes at effektene av dette kom for fullt i 2007, da en ser at opsjonsvolumet faller mye. I slutten av 2007 kan en også observere en tydelig økning i opsjonsvolumet som følger av reduksjon i gebyrer på Nord Pool.

Handel i opsjoner vil være et nullsumspill. Om aktørene som taper penger på opsjonshandel ikke får lov til å fortsette og det ikke kommer nye aktører inn, vil likviditeten i opsjonsmarkedet svekkes. Etersom volatiliteten i kraftmarkedet ser stor og vanskelig å forstå vil kompetansen hos aktørene kunne spille inn på opsjonsvolumet.

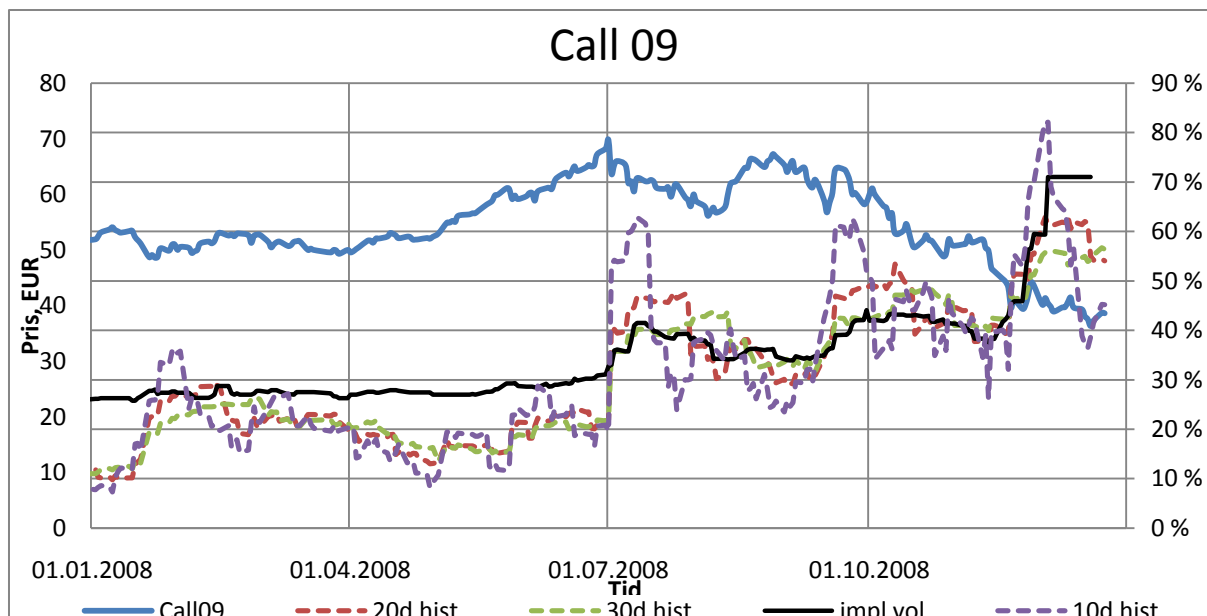
Finanskrisen

Etter en nedgang i opsjonsvolumet siden 2006 steg det i 3. kvartal 2008. i slutten av 2008 og begynnelsen av 2009 falt det imidlertid igjen. Først i 2. og 3. kvartal 2009 steg opsjonsvolumet til omtrent samme nivå som i tilsvarende periode i 2008. Likevel lå opsjonsvolumet på et relativt lavt nivå historisk sett. Volumet sank ytterligere i slutten av 2009.

Fra figur 7.17 kan en tydelig se hvordan finanskrisen skapte turbulens fra 3. kvartal 2008 og utover i 2009. Forwardprisen svinger mye og synker drastisk i slutten av 2008. Det samme gjelder kvartalsopsjonen i figur 7.19 som viser et fall i forwardpris fra rundt 60 til 30 euro. I 2009 svinger forwardprisen mellom 30 og 40 euro. Første kvartal er preget av brå prisbevegelser, men prisutviklingen er noe jevnere utover året.

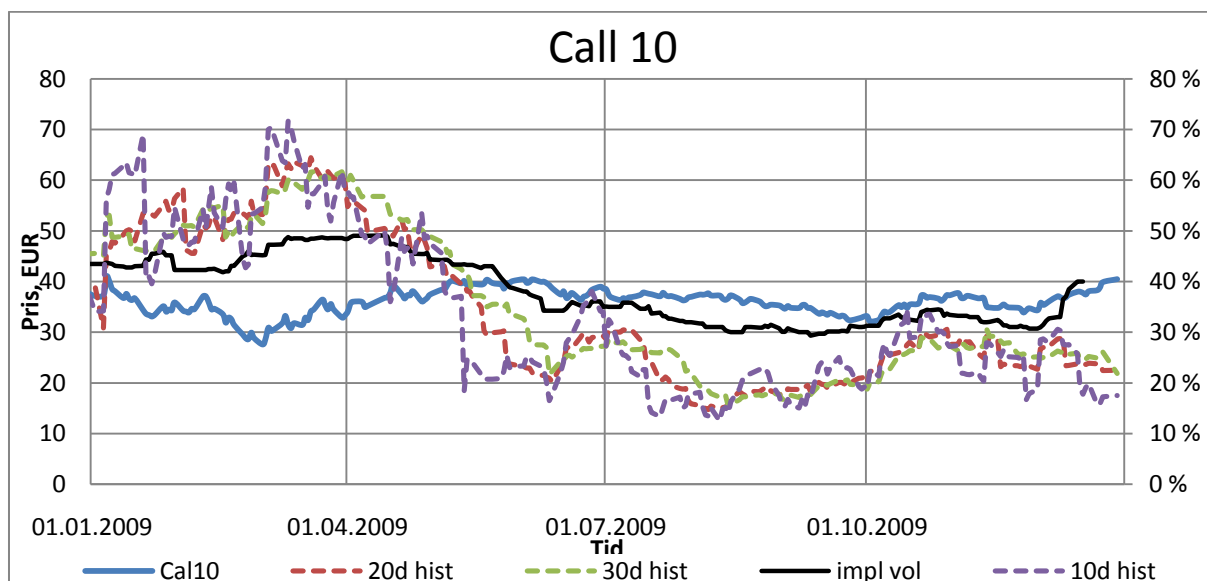
Fra 3. kvartal 2008 og frem til 3. kvartal 2009 beveger historisk volatilitet seg rundt og over den implisitte volatiliteten. Halvvegs i 2. kvartal 2009 begynner historisk volatilitet å falle under implisitt volatilitet igjen, og blir liggende under i resten av opsjonsperioden selv om den fortsatt svinger mye. Kvartalsopsjonen i figur 7.19 viser at historisk- ligger på og over implisitt volatilitet i finanskriseprosjektet.

Fra figur 7.17 ser en at implisitt volatilitet går fra å ligge på et nivå mellom 20 og 30 % til brått å stige og svinge mye etter 2. kvartal 2008. Mot slutten av 2008 stiger den implisitte volatiliteten til hele 70 %. I 1. og 2. kvartal 2009 svinger implisitt volatilitet mellom 40 og 50 % før den mot 3. kvartal faller til et nivå mellom 30 og 40 %. Før finanskrisens utbrudd lå implisitt volatilitet mellom 40 % og 50 % i de fleste av kvartalsopsjonene. Da finanskrisen kom steg volatiliteten og lå relativt høyt rundt 55 % til 65 % gjennom store deler kvartalsopsjonen, som vist i opsjon Q2-09 i figur 7.19.



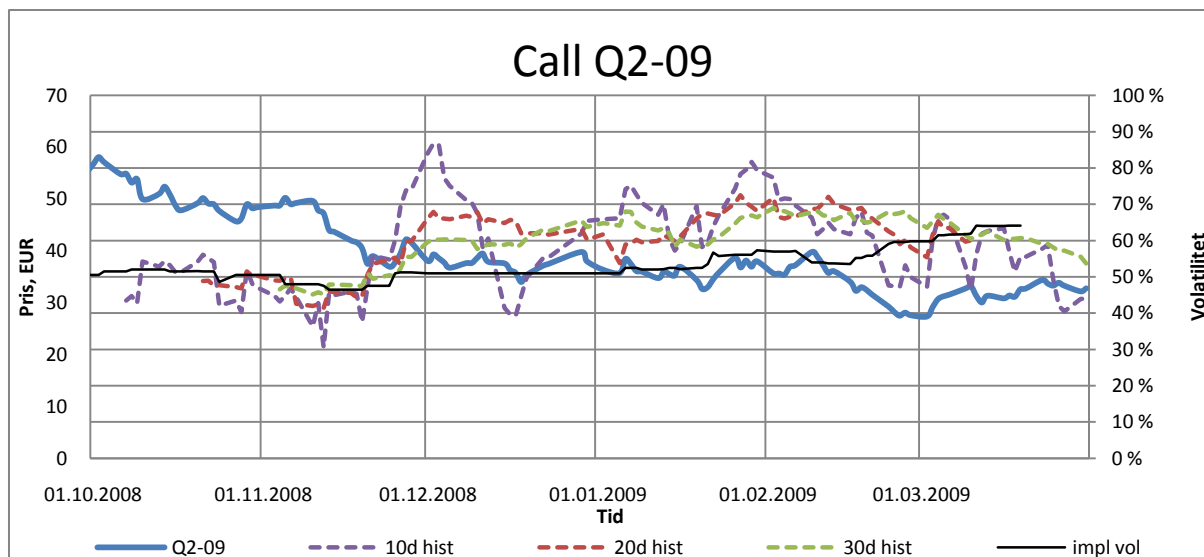
Figur 7.17: Kjøpsopsjon på forward 2009. Viser prisen på underliggende forwardkontrakt, Implisitt volatilitet til kjøpsopsjonen og 10-, 20- og 30- dagers snitt av historisk volatilitet for underliggende forwardkontrakt.

Kilde: Mo, Geir Arne (2010), Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.



Figur 7.18: Kjøpsopsjon på forward 2010. Viser prisen på underliggende forwardkontrakt, Implisitt volatilitet til kjøpsopsjonen og 10-, 20- og 30- dagers snitt av historisk volatilitet for underliggende forwardkontrakt.

Kilde: Mo, Geir Arne (2010), Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.



Figur 7.19: Kjøpsopsjon på forward Q2 2009. Viser prisen på underliggende forwardkontrakt, Implisitt volatilitet til kjøpsopsjonen og 10-, 20- og 30- dagers snitt av historisk volatilitet for underliggende forwardkontrakt.

Kilde: Mo, Geir Arne (2010), Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.

Etter mange år med god økonomi over hele verden så man i midten av 2007 at aktiviteten i det finansielle markedet ble svekket. Det finansielle markedet på Nord Pool hadde til da blitt et attraktivt marked for handel av derivater for blant annet hedge-fond, investeringsfond og utenlandske investeringsbanker. Da bankene og fondene begynte å få problemer med likviditeten ble de tvunget til å redusere posisjoner de hadde i alle markeder, og kraftmarkedet ble intet unntak. I 2008 traff finanskrisen til for fullt blant aktørene i Skandinavia. Dette bidro til at volatiliteten steg kraftig og man observerte at opsjonsvolumet falt. Grunnen til at volatiliteten steg så kraftig kan forklares ved at alle råvarepriser falt brått. Dette endret forventningen til fremtidig bruk av energi fordi sluttbrukerne stod i fare for konkurs og mislighold av kontrakter. Da finanskrisen kom gikk store investeringsbanker og selskaper konkurs, noe som medførte store mislighold av lån, kontrakter og andre finansielle papirer. Denne risikoen økte volatiliteten og gav mismatch mellom kjøp og salg i de fleste finansielle papirer verden over. Den økte volatiliteten gjorde at Nord Pool krevde et større marginkrav fra kundene. Kundene måtte da redusere posisjonene sine fordi de ikke hadde likviditet tilgjengelig til å oppfylle marginkravet som ble doblet i finanskrisen. Sluttbrukerne som var store industribedrifter og kommuner måtte derfor innskjerpe forbruket av elektrisitet siden det var eneste alternativ som følge av mangel på likviditet.

Som vist i figur 3.2 i kapittel 3.1.5, steg den aggregerte råvareprisene for olje, kull og gass enormt i forkant og inn mot finanskrisen. Denne stigningen førte til et økonomisk press globalt sett og fikk direkte innvirkning på kraftprisen på Nord Pool. Systemprisen steg over 100 % fra slutten 1. kvartal til 3. kvartal 2007. Da finanskrisen kom måtte finansielle aktører som investeringsbanker, hedge-fond og investeringsfond stenge sine posisjoner. Dette førte til at råvareprisene stupte fra et nivå på hele 250 til under 100.

Den globale uroen i finansmarkedene har også påvirket opsjonsvolumet på Nord Pool. Da finanskrisen kom var opsjonsvolumene på Nord Pool allerede i fritt fall, etter det analysen har omtalt som en endring i markedet i overgangen mellom 2006 og 2007. Finanskrisen forsterket dette fallet ved at risikoen i derivathandel på Nord Pools finansielle marked økte. Opsjoner ble spesielt utsatt siden mange aktører allerede hadde forlatt markedet samtidig som man så en sterk vekst i volatiliteten. I 2008 kom den implisitte volatiliteten til årsopsjonen for 2010 over 70 %.

Med tanke på at perioden 2008-2009 var en uvanlig turbulent periode, globalt sett, er det vanskelig å fastslå en hovedgrunn til fallet i opsjonsvolumet basert hypotesene. Markedsforholdene med høy implisitt volatilitet og liten forskjell mellom historisk- og implisitt volatilitet stemmer imidlertid med at opsjonsvolumet faller. Finanskrisen og dens påvirkning på forholdene i kraftmarkedet kan sannsynligvis forklare store deler av det lave opsjonsvolumet i perioden.

Hypotesen om at avstanden mellom historisk- og implisitt volatilitet tilsier at det var dårlige forhold for opsjonshandel fra 3. kvartal 2008 til 2. kvartal 2009. Dette observeres også i kvartalsopsjonen i figur 16. En tidvis svært høy implisitt volatilitet i samme periode vil også gjøre opsjonene dyre. Dette sammenfaller med det svært lave opsjonsvolumet gjennom perioden og førte til et historisk lavt volum i 1. kvartal 2009. De som har vært aktive i markedet i denne perioden har mest sannsynlig tapt både ved handel i opsjonen og ved handel i underliggende.

Mot slutten av 2. kvartal 2009 observerer man en historisk volatilitet som ligger under implisitt volatilitet. Implisitt volatilitet synker og ligger på et lavere nivå her sammenlignet med det siste 12 månedene. Dette kan være noe av forklaringen til at en ser en liten økning i opsjonsvolumet i 2. og 3. kvartal 2009.

8 Konklusjon

Oppgaven har omhandlet det Nordiske kraftmarkedet og gitt en beskrivelse av hvordan produktene på Nord Pool fungerer. Vi har presentert generelle trekk ved Nord Pool og beskrevet hva som er oppgavene til kraftbørsen og hvordan handelen fungerer. Derivatene som blir handlet på Nord Pool har blitt presentert hver for seg, hvor tekniske egenskaper og eksempel på handel av derivatene har blitt beskrevet.

Deretter har forhold som påvirker strømprisene blitt beskrevet, samt en beskrivelse av hvordan strømprisen dannes i spotmarkedet. Strømprisen er referanseprisen for derivatene i det finansielle markedet på Nord Pool. Disse har blitt beskrevet i detalj. I analysen av strømprisene ble systemprisen fra 1. januar 1999 til 2. mars 2010 studert. Tidsserien ble delt i hele perioden, kalde og varme sesonger. Store variasjoner ble observert i prisen, og den årlige volatiliteten over perioden ble beregnet til 195 %. Analysen avdekket også store forskjeller mellom kalde og varme sesonger. Statistikken over kalde sesonger viste en høyere og mindre volatil systempris enn de varme sesongene. De høyeste prisene ble observert i årsskiftene. Regelmessige variasjoner innad i dager og uker ble også avdekket. Mønstrene kan hovedsakelig knyttes til forbrukermønsteret til bedrifter, industri og husholdninger.

For hele perioden mellom 1999 og 2010 hadde systemprisen positive skewness og kurtosis verdier. Dette forteller oss at det er mer sannsynligheten for ekstremverdier er større enn for en normalfordelt distribusjon. Kurtosisverdiene var nesten dobbelt så store for kalde som for varme sesonger. Sannsynligheten vil også være større for at positive ekstremverdier inntreffer. Som et resultat av dette passer fordelingen for tidsserien av systemprisene bedre med en log-normalfordeling enn for en normalfordeling.

Prisingen av opsjonene som blir handlet blir beregnet ut i fra Black`76 modellen. Dette er en modell som er utformet for opsjonsprisen til råvarer og ikke spesifikt for elektrisitet. Modellen forutsetter konstant volatilitet og en log-normalfordeling, noe som ikke er oppfylt i kraftmarkedet. Selv om Black`76 ikke er en optimal opsjonspringsmodell for kraftmarkedet, blir opsjonsprisen likevel godtatt av aktørene i markedet, og det blir derfor hensiktsmessig å benytte seg av denne modellen.

Analysen av opsjonsvolumet har tatt for seg fire perioder: Fall i 2005, vekst i 2006, vendepunkt i 2006/2007 og Finanskrisen. Denne analysen har forsøkt å teste to hypoteser:

1) *Et høyt nivå på implisitt volatilitet vil redusere opsjonsvolumet.* 2) *Perioder der historisk ligger stabilt over eller under implisitt volatilitet fører til økt opsjonsvolum.*

Korrelasjons- og regresjonsanalyse ble først utført for å se på forholdene mellom månedlig opsjonsvolum og variablene implisitt volatilitet og differanse. Av dette kunne vi se at opsjonsvolum og implisitt volatilitet hadde en tydelig og signifikant negativ korrelasjon. Korrelasjonene mellom opsjonsvolumet og differanse var ikke like tydelig, men en signifikant korrelasjonskoeffisient ble observert med en tidsforskyvning på tre måneder.

Gjennom multippel regresjonsanalyse kan vi tallfeste en justert forklaringsgrad på over 50 %. Regresjonene består av den avhengige variabelen opsjonsvolum og de forklarende variablene implisitt volatilitet og differanse. Dummyvariabel for perioden etter 2006 ble introdusert. Denne er signifikant og øker forklaringsgraden til regresjonen.

Resultatene for analysen av variablene viste at opsjonsvolumene ikke alltid beveget seg i forhold til hva hypotesene skulle tilsi. I periodene hvor hypotesene ikke stemte kunne mye forklares ved andre markedsspesifikke hendelser som kollapset i CO₂-markedet, finanskrisen og ekstrem økning i råvareprisene på olje, kull og gass. I perioder med turbulens i markedet og økt volatilitet kunne vi observere en kortsiktig økning i opsjonsvolumet. Mye av dette kunne forklares ved at investorene måtte rebalansere sine posisjoner raskt, noe som medførte økning i opsjonsvolumet en kort periode før handelen avtok. En annen faktor som bidro til å dempe handelen av opsjoner på Nord Pool var at i turbulente perioder gikk investeringsbanker og ulike investeringsfond ut av kraftmarkedet som følge av konkurser eller frykt for konkurs. I finanskrisen ble også handelen redusert på grunn av en dobling av marginkravet Nord Pool setter. Dette medførte at aktørene måtte skaffe mer likviditet for å kunne handle i kraftmarkedet, noe som var vanskelig siden det allerede var mangel på likviditet. Alternativet ble derfor å gå ut av handelen.

Litteraturliste

Bøker og artikler:

Aumann, R.J. og Hart, S. (1992) “*Handbook of Game Theory with Economic application*”. Volum 2, 1994, Amsterdam, Elsevier Science B.V. s. 735-757.

Bessembinder, H. and M.L. Lemmon. (2002), “*Equilibrium Pricing and Optimal Hedging in Electricity Forward Markets*”, s. 1347-1382.

Black, F., Scholes, M. (1973), “*The pricing of Options and Corporate Liabilities*”, The Journal of Political Economy, 1973, Volume 81, Issue 3, p. 637-654

Black, F. (1976), “*The pricing of Commodity Contracts*”, Journal of Financial Economics, 1976, Issue 3, p. 167-179

Clewlow, L. and C. Strickland. (2000): “*Energy Derivatives: Pricing and Risk Management*”, Lacima Publications, London, 2000.

Eydeland, A., Wolyniec, K., (2003). “*Energy and Power Risk Management*”. John Wiley & Sons, Inc, s. 1-305.

Fleten, S.-E., Tomasgard, A. og Stein W. Wallace, (2001), “*Produksjonsplanlegging og risikostyring i et deregulert kraftmarked med finansielle instrumenter*”, Magma, årgang 4, Nr.5, Fagbokforlaget. 2001.

Gjølberg, O., Johnsen, T., (2001), “*Electricity Futures: Inventories and Price Relationships at Nord Pool*”, Working Paper, Department of Economics and Social Sciences, Agriculture University of Norway. 2001.

Hull, John C., (2000), “*Options, Futures, and Other Derivatives*”, 4th ed., NJ. Prentice-Hall International Inc, Upper Saddle River.

Knittel, C. R. og Roberts, M. R. (2001), “*An Empirical Examination of Deregulated Electricity Prices*”. 2001, oktober.

Koekebakker, S., Ollmar, F. (2001), “*Forward curve dynamics in the Nordic electricity market*”, Agder University College & Norwegian School of Economics and Business Administration

Lucia, J. J. og Schwartz, E.S. (2001), “*Electricity prices and power derivatives: Evidence from the Nordic Power Exchange*”. 2001, s. 1-10

Pindyck, R.S and D.L Rubinfeld (1991): “*Econometric models and economic forecasts*”, 3th edition, New York, McGraw-Hill. s. 1-177

Pilipovic, D. (1998), "*Energy Risk: Valuing and Managing Energy Derivatives*", McGraw-Hill, New York. 1998.

Rud, Linda (2009) "*Spotmarkets for Electricity*", SNF Report No. Institute for Research in Economics and Business Administration, red. *Essays on Electricity Markets*. Bergen, SNF, s. 39-63.

Samuelson, P. A. (1965). "*Proof that Properly Anticipated Prices Fluctuate Randomly*". *Industrial Management Review*, 6, 41-49.

Wilmott P. (2007) "*Paul Wilmott Introduces Quantitative Finance*". UK, John Wiley & Son's Chichester. s. 30-32 og 174-184.

Brown, R.,(1827), "*A Brief Account of Microscopical Observation, Made in the Months of June, July and August, 1827*". Upublisert manuskript.

Intervju, personlig kommunikasjon:

Olsen, P, ved BKK Markets. (Preben.Olsen@bkk.no) 26. februar 2010. *Internasjonalisering av kraftmarkedet*, E-post til Preben Olsen (Preben.Olsen@bkk.no)

Mo, G. A, ved ICAP Energy. (gam@eu.icapenergy.com) 3. Mars 2010. *Implisert og historisk volatilitet, samt intervju*. E-post til Geir Arne Mo (gam@eu.icapenergy.com)

Foyn, J., ved Nord Pool Spot. (jf@npspot.com) 28. Januar 2010. *Tilgang til Nord Pool's FTP-server*. E-post til Jan Foyn (jf@npspot.com)

Internettkilder:

Nord Pool:

Nord Pool ASA (2010) *About Nord Pool, Objectives* [Internett] Tilgjengelig fra :<
<http://www.nordpool.com/en/asa/General-information/Mission--vision/> >[Nedlastet 25. Mai 2010]

Nord Pool ASA (19. Februar 2003) *Årsrapport 2002* [Internett] Tilgjengelig fra:
<<http://www.NordPool.com/Documents/Communications/Publications/Annualreports/2002eng.pdf>> [Nedlastet 22. Mars 2010]

Nord Pool ASA (17. Februar 2006) *Årsrapport 2005* [Internett] Tilgjengelig fra:
<<http://www.nordpool.com/Documents/Communications/Publications/Annualreports/2005no.pdf>> [Nedlastet 14. April 2010]

Nord Pool ASA (16. Februar 2007) *Årsrapport 2006* [Internett] Tilgjengelig fra:
<<http://www.nordpool.com/Documents/Communications/Publications/Annualreports/2006no.pdf>> [Nedlastet 10. April 2010]

Nord Pool ASA (15. Februar 2008) *Årsrapport 2007* [Internett] Tilgjengelig fra: <<http://www.nordpool.com/upload/Communications/Publications/Annualreports/2007no.pdf>> [Nedlastet 16. April 2010]

Nord Pool ASA (11. Februar 2009) *Årsrapport 2008*[Internett] Tilgjengelig fra: <<http://www.NordPool.com/upload/Communications/Publications/Annualreports/2008eng.pdf>> [Nedlastet 15. Mars 2010]

Nord Pool ASA (2008) *Foredrag* [Internett] Tilgjengelig fra: <<http://dok.ebl-kompetanse.no/Foredrag/2008/Engrosmarkedet/Randen.pdf>> [Nedlastet 9. Mars 2010]

Nord Pool ASA (20. Februar 2008) *Trade at Nord Pool ASA`s financial market* [Internett] Tilgjengelig fra: <<http://www.NordPool.com/Documents/Communications/Publications/Product%20reports/ReportFM.pdf>> [Nedlastet 26. Januar 2010]

Nord Pool ASA (2010) *Clearing* [Internett] Tilgjengelig fra: <<http://www.nordpool.com/en/asa/clearing/>> [Nedlastet 14. Mai 2010]

Nord Pool ASA (2010) *Product specification*[Internett] Tilgjengelig fra: <<http://www.NordPool.com/en/asa/Markets/Downloads-financial-market/Products-and-settlement/>> [Nedlastet 18. Februar 2010]

Nord Pool ASA (2010) *Markets* [Internett] Tilgjengelig fra: <<http://www.NordPool.com/en/asa/Markets/Back/Price-factors/>> [Nedlastet 27. Februar 2010]

Nord Pool ASA (2010) *About the Clearing house* [Internett] Tilgjengelig fra :<<http://www.NordPool.com/en/asa/clearing/About-Nord-Pool-Clearing/>> [Nedlastet 10. Mars 2010]

Nord Pool Spot (2010) *Settlement and Collaterals* [Internett] Tilgjengelig fra :<<http://www.NordPoolspot.com/trading/Settlement-and-collaterals/>> [Nedlastet 10. Mars 2010]

Nord Pool Spot (2010) *The Elspot market* [Internett] Tilgjengelig fra : <http://www.NordPoolspot.com/trading/The_Elspot_market/> [Nedlastet 17. Februar 2010]

Nord Pool Spot (2010) *The Elbas market* [Internett] Tilgjengelig fra : <<http://www.NordPoolspot.com/trading/The-Elbas-market/>> [Nedlastet 18. Februar 2010]

Andre internettkilder:

BP Statistical Review of World Energy (Juni, 2009) *Statistical review 2009* [Internett] Tilgjengelig fra: <http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_public>

[ations/statistical_energy_review_2008/STAGING/local_assets/2009_downloads/statistical_review_of_world_energy_full_report_2009.pdf](#) > [Nedlastet 25. Mai 2010]

TEMA kilowatt (Januar 2010) *Bærekraftig energiforsyning* [Internett] Tilgjengelig fra: <http://www.tu.no/multimedia/archive/00128/Tema_01_10_128633a.pdf> [Nedlastet 25. Mars 2010]

Index Mundi (Januar 2010) *Commodity Fuel (energy) Index Monthly Price* [Internett] Tilgjengelig fra: <<http://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=energy-price-index&months=120>> [Nedlastet 14. Mai 2010]

Finansdepartementet (Januar, 2009) *Nasjonalbudsjettet 2009, 2.1.3 Olje- og gasspriser* [Internett] Tilgjengelig fra: <<http://www.regjeringen.no/nb/dep/fin/dok/regpubl/stmeld/2008-2009/stmeld-nr-1-2008-2009-/2/3/1.html?id=529285>> [Nedlastet 23. April 2010]

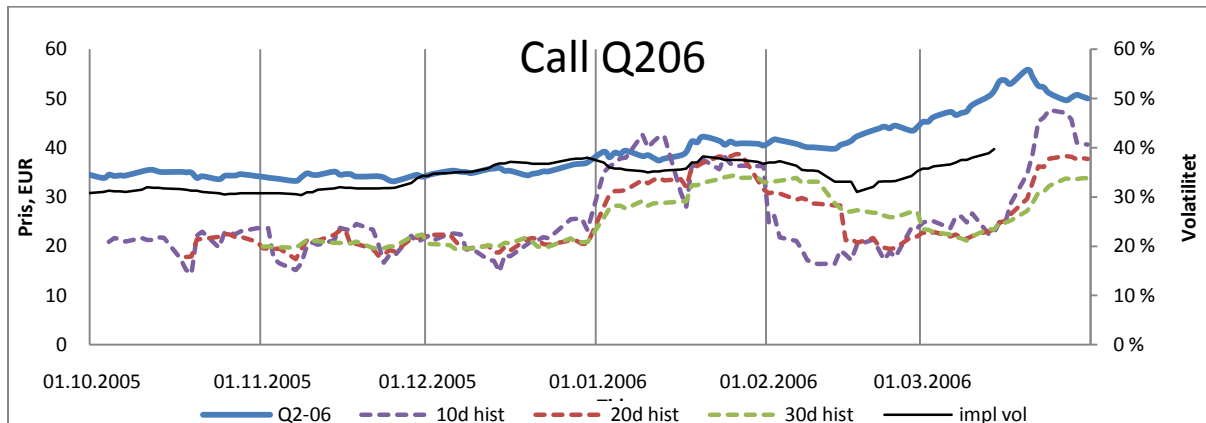
Johnsen, T.A. og Lindh, C. (2001) *Økende knapphet i kraftmarkedet* [Internett], SSB, Tilgjengelig fra: <<http://www.ssb.no/emner/08/05/10/oa/200106/johnsen.pdf>> [Nedlastet 25. mars 2010]

Olje- og Energidepartementet (1999) *Energipolitikk, 3.3.5 Nye fornybare energikilder* [Internett] Tilgjengelig fra: <<http://www.regjeringen.no/nb/dep/oed/dok/regpubl/stmeld/19981999/Stmeld-nr-29-1998-99-/3/3/5.html?id=318875>> [Nedlastet 26. februar 2010]

Derman, E. (27. Oktober 2006) "Modelling the Volatility Smile" [Internett] Columbia University, New York. Tilgjengelig fra: <<http://finmath.stanford.edu/seminars/documents/Stanford.Smile.Derman.pdf>> [Nedlastet 23. mars 2010]

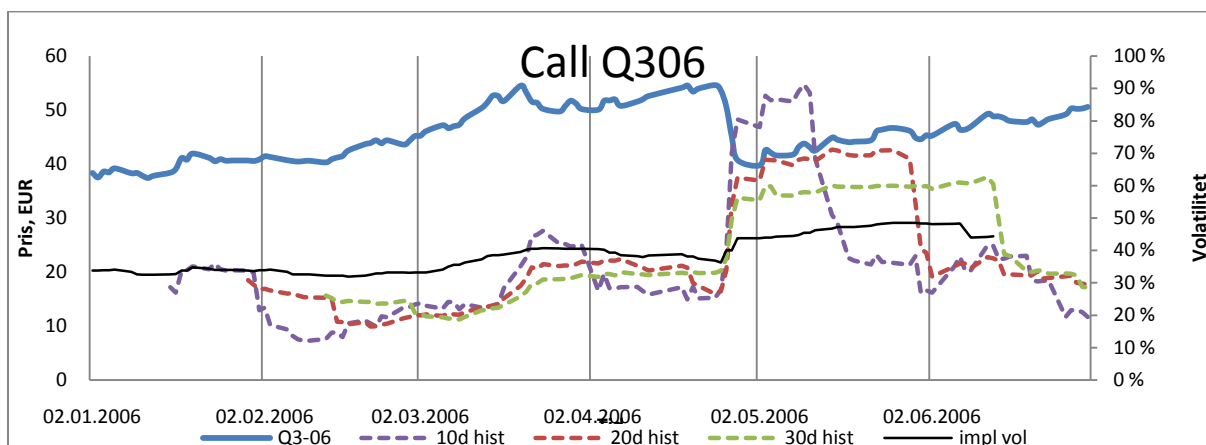
Appendiks

I appendikset har vi lagt ved de grafiske fremstillingene av underliggende pris, historisk- og implisitt volatilitet for kvartalskontraktene i analyseperioden.



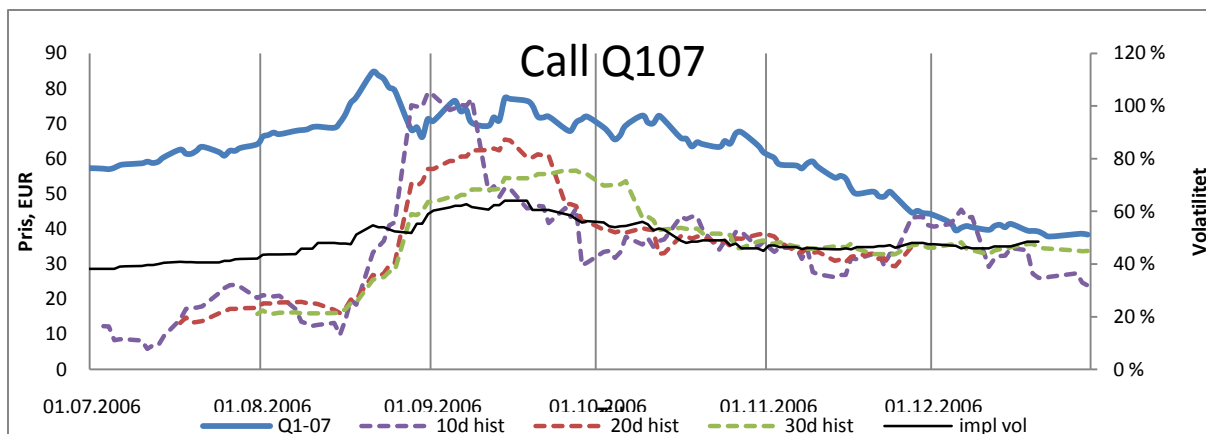
Appendiks 1: Kjøpsopsjon på forward Q2 2006.

Kilde: Mo, Geir Arne (2010), Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.



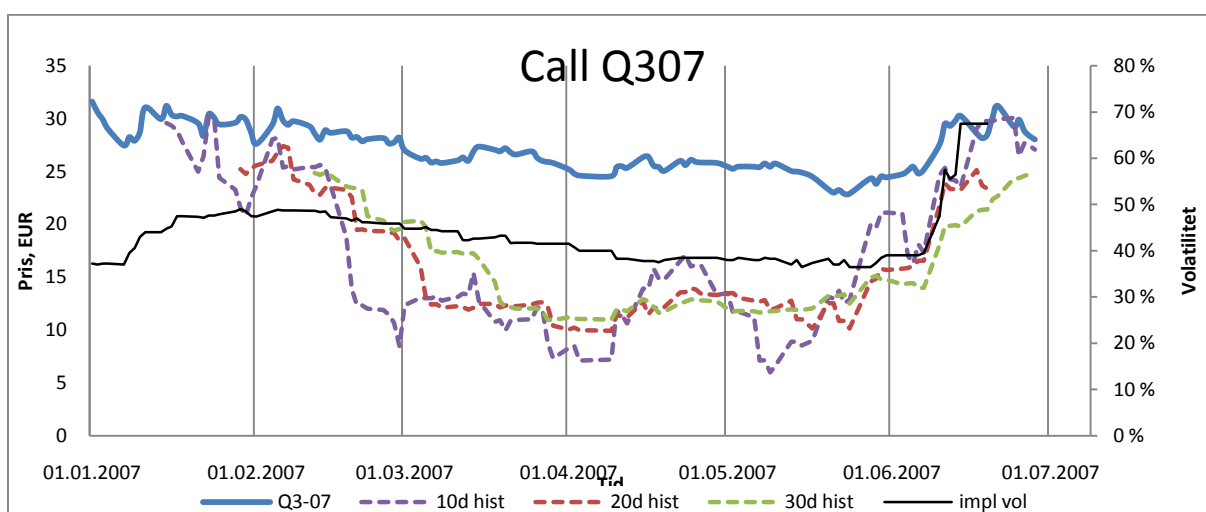
Appendiks 2: Kjøpsopsjon på forward Q3 2006.

Kilde: Mo, Geir Arne (2010), Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.



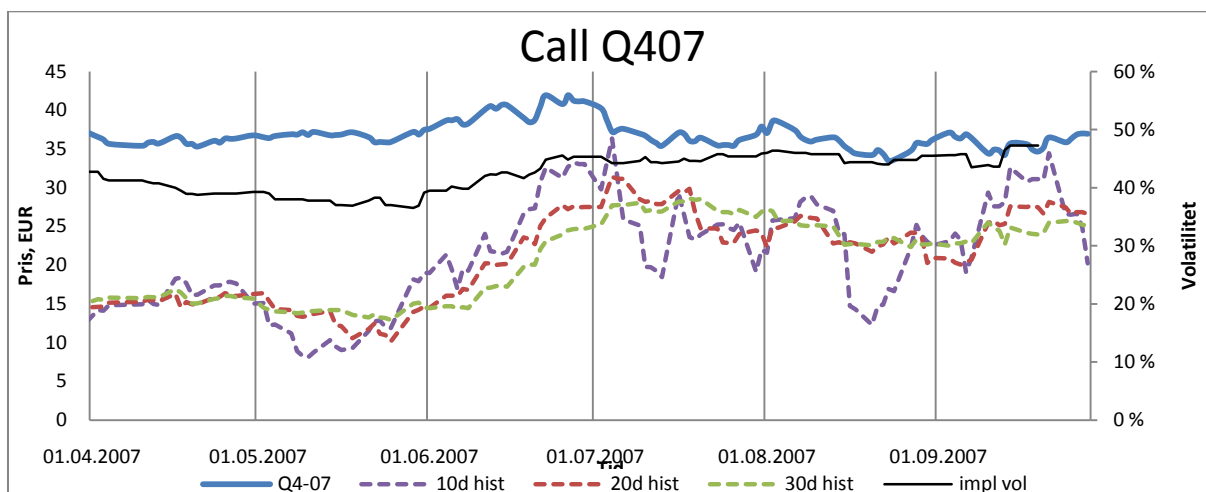
Appendiks 3: Kjøpsopsjon på forward Q1 2007.

Kilde: Mo, Geir Arne (2010), Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.



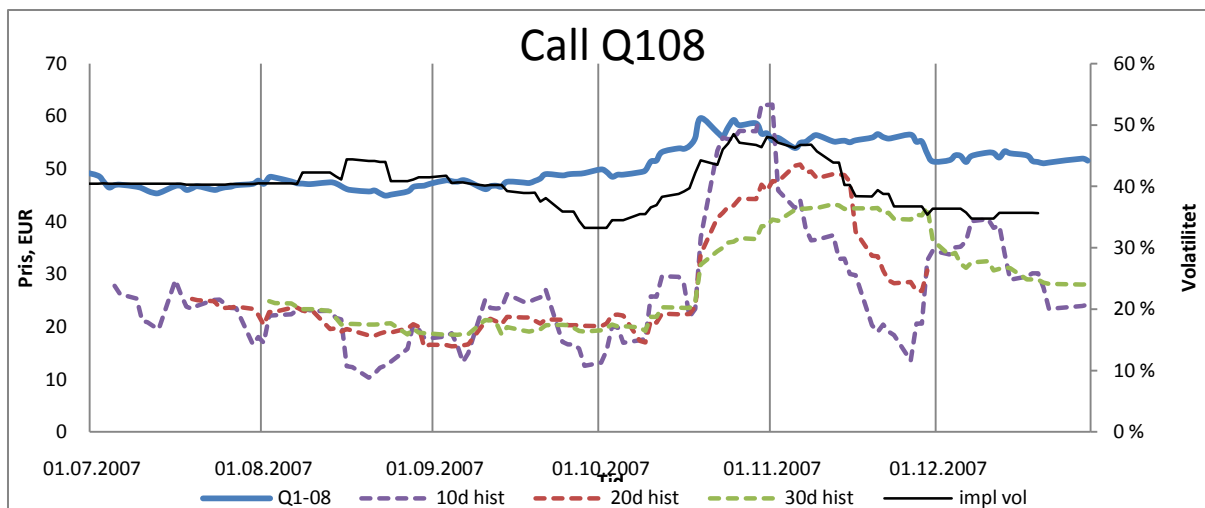
Appendiks 4: Kjøpsopsjon på forward Q3 2007.

Kilde: Mo, Geir Arne (2010), Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.



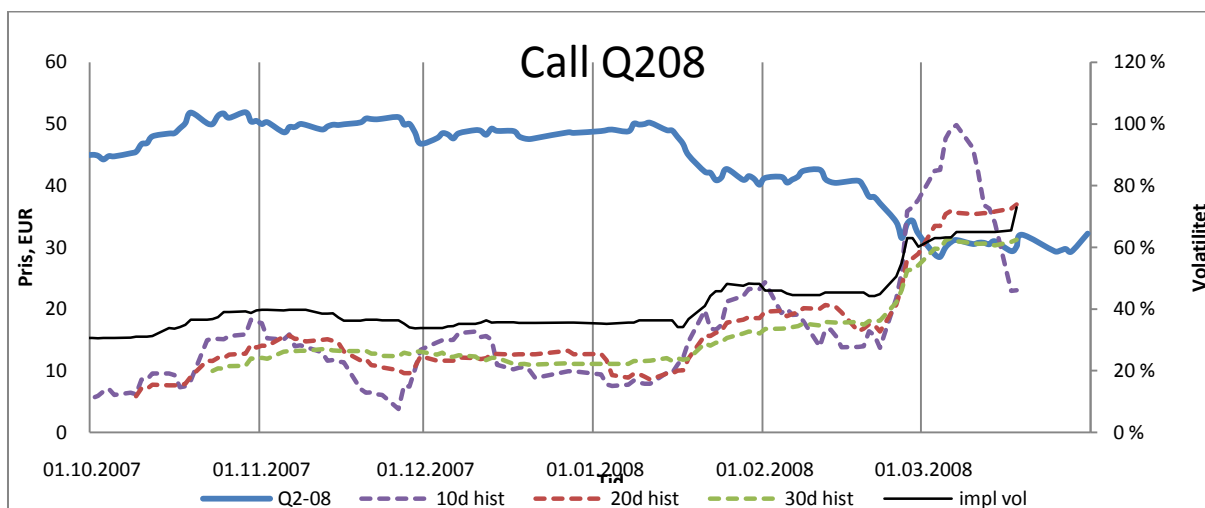
Appendiks 5: Kjøpsopsjon på forward Q4 2007.

Kilde: Mo, Geir Arne (2010), Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.



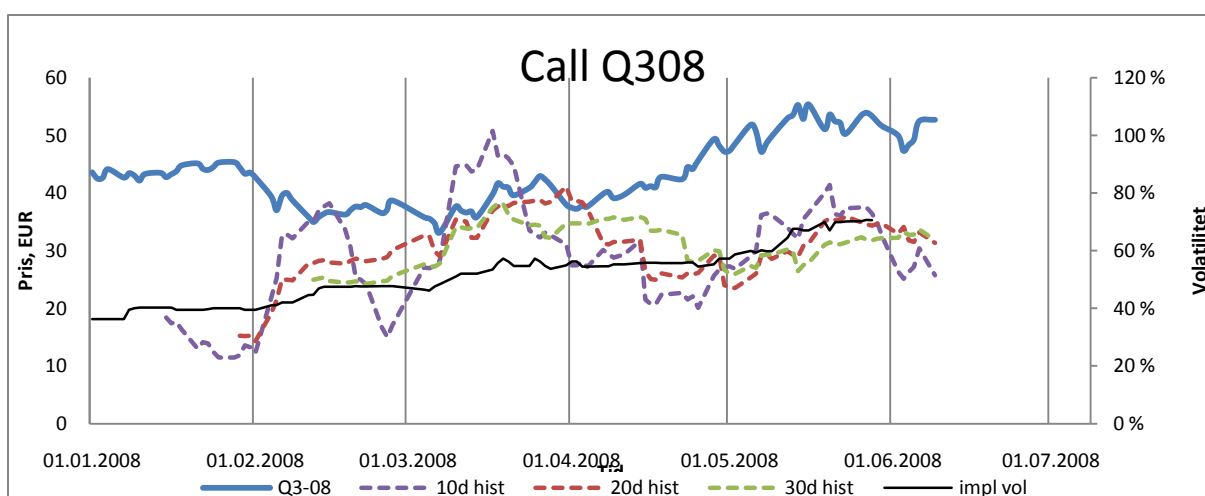
Appendiks 6: Kjøpsopsjon på forward Q1 2008.

Kilde: Mo, Geir Arne (2010), Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.



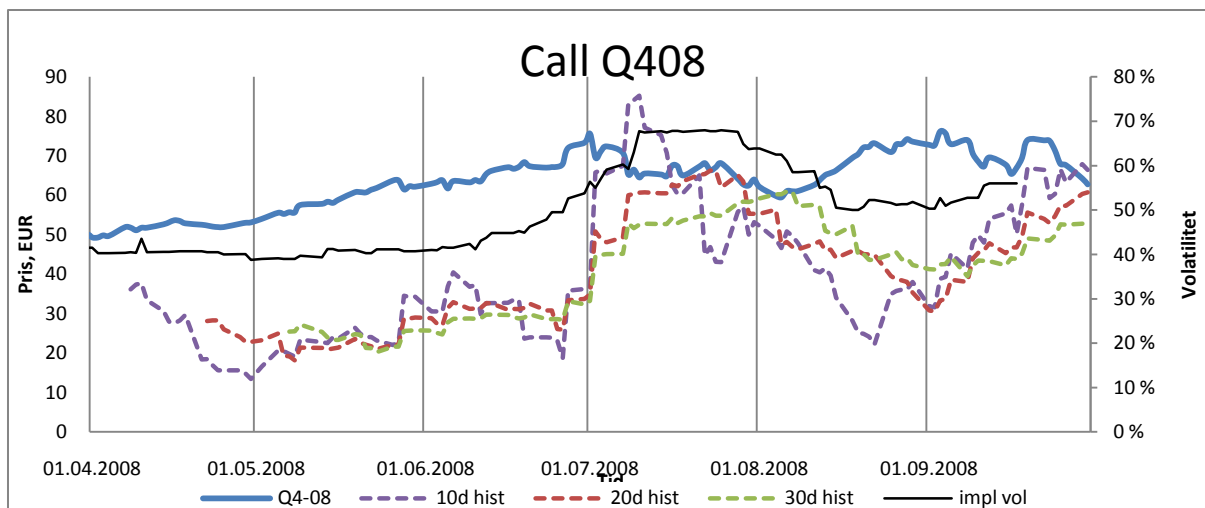
Appendiks 7: Kjøpsopsjon på forward Q2 2008.

Kilde: Mo, Geir Arne (2010), Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.



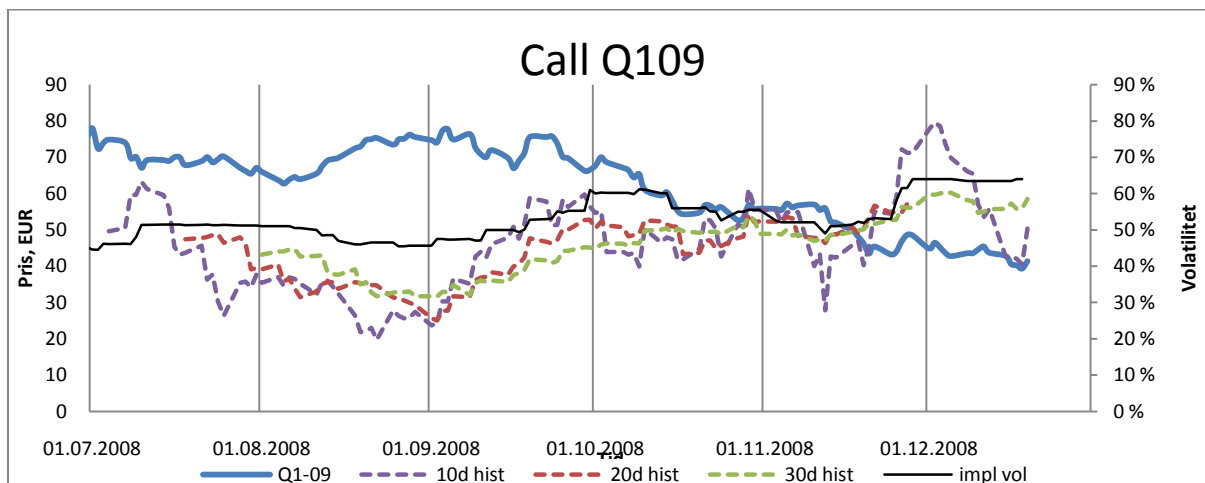
Appendiks 8: Kjøpsopsjon på forward Q3 2008.

Kilde: Mo, Geir Arne (2010), Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.



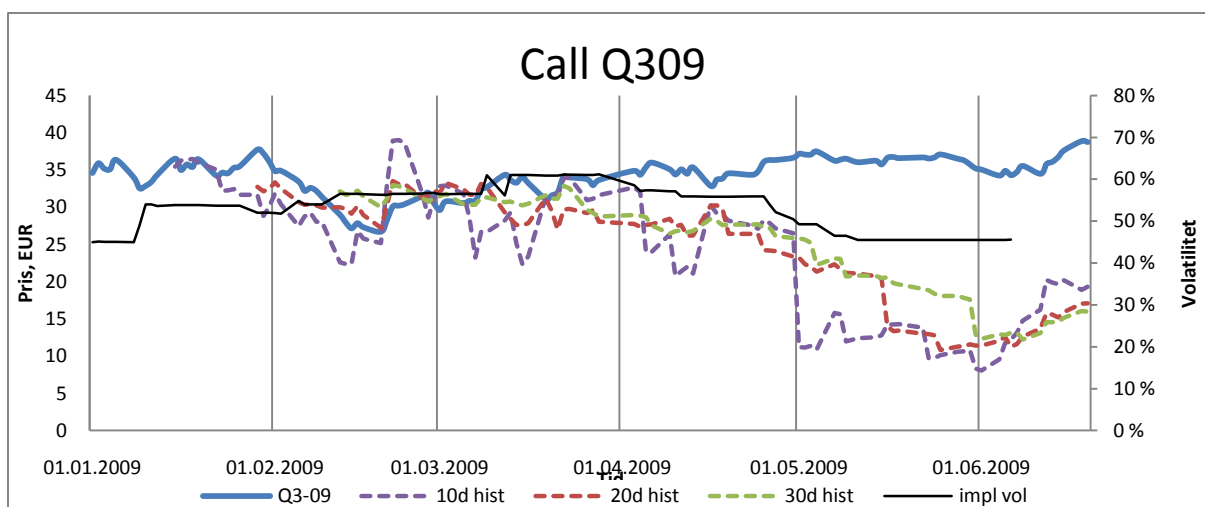
Appendiks 9: Kjøpsopsjon på forward Q4 2008.

Kilde: Mo, Geir Arne (2010), Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.



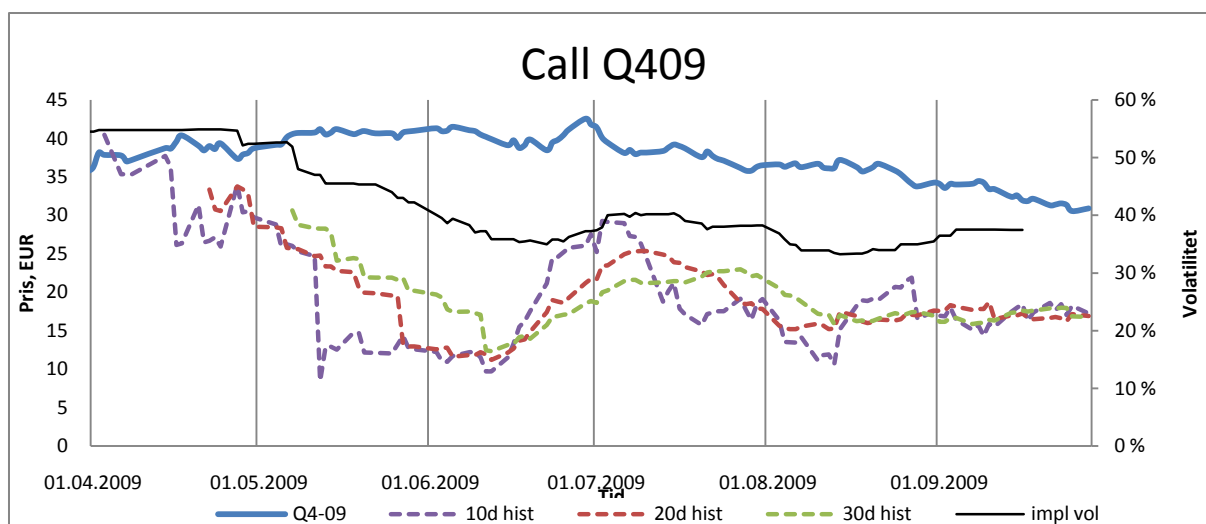
Appendiks 10: Kjøpsopsjon på forward Q1 2009.

Kilde: Mo, Geir Arne (2010), Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.



Appendiks 11: Kjøpsopsjon på forward Q3 2009.

Kilde: Mo, Geir Arne (2010), Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.



Appendiks 12: Kjøpsopsjon på forward Q4 2009.

Kilde: Mo, Geir Arne (2010), Nord Pool FTP-server (2010) og egne beregninger.