

**Høgskolen
i Innlandet**

**Europeiske strømpriser før og etter invasjonen av
Ukraina:**

Hvordan har egenskapene til Europeiske strømpriser endret seg etter invasjonen av Ukraina

Håkon Backus Erichsen

Erlend Eggen Persgård

Masteroppgave

Økonomi og ledelse – digital ledelse og business analytics

Høgskolen i Innlandet

2023

Sammendrag

Flere analytikere hevder at Russland bevisst utnytter sin globale maktposisjon innen energifeltet for å oppnå egne interesser. Den 24. februar 2022 gikk Russland til en brutal angrepskrig mot Ukraina og den allerede eksisterende energiusikkerheten i Europa ble forsterket ytterligere. I denne oppgaven ønsker vi å se nærmere på i hvilken grad Europeiske strømpriser har blitt påvirket av de geopolitiske hendelsene som har funnet sted det siste året. Helt konkret er formålet med denne oppgaven å gjennomføre formelle analyser av strømprisene i Nord Pool før og etter at krigen mellom Russland og Ukraina startet i 2022. Vi ønsker å undersøke om det er statistisk grunn til å hevde at både prisnivået og variasjon i prisene er endret etter invasjonen.

I analysene vil vi bruke offentlige tilgjengelige data for det Europeiske strømmarkedet fra 1998 til 2022. Resultatene viser at det har vært en signifikant økning i Nord Pools gjennomsnittlige strømpriser og den volatilitet etter den russiske invasjonen av Ukraina, noe som tyder på at invasjonen har hatt en betydelig innvirkning på Nord Pools strømpris.

Abstract

Several analysts claim that Russia deliberately exploits its global power position in the energy field to achieve its own interests. On February 24, 2022, Russia launched a brutal war of aggression against Ukraine, and the already existing energy insecurity in Europe was further intensified. In this thesis we want to examine to what extent European electricity prices have been affected by the geopolitical events that have taken place over the past year. More specifically, the purpose of this thesis is to conduct formal analysis of the electricity prices in Nord Pool before and after the war between Russia and Ukraine began in 2022. We want to investigate whether there is a statistical basis to claim that both the price level and variation in prices have changed following the invasion.

In the analyses, we will use publicly available data for the European electricity market from 1998 to 2022. The results show that there has been a significant increase in Nord Pool's average electricity prices and volatility after the Russian invasion of Ukraine, suggesting that the invasion has had a considerable impact on Nord Pool's electricity prices.

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	2
Abstract.....	3
Figurer og tabeller.....	6
1. Innledning	7
1.1 Bakgrunn.....	7
1.2 Problemstilling.....	9
1.3 Valg av metode og forskningsdesign.....	9
1.4 Oppgavens struktur	10
1.5 Avgrensning	11
2. Teori.....	12
2.1 Mikroøkonomisk teori	12
2.1.1 Marked	12
2.1.2 Frikonkurransemarked	13
2.1.3 Sammenkoblede markeder	14
2.2 Prisfastsettelse i liberaliserte strømmarkeder.....	15
2.2.1 Energitrilemmaet.....	15
2.2.2 Energimiks	17
2.2.3 Prisforholdet mellom strøm og fossilt brensel	19
2.2.4 Prishopp.....	20
2.2.5 Sesongvariasjon.....	21
2.2.6 Klimaets påvirkning på strømmerketet	22
2.3 Strømmarkeder.....	23
2.3.1 Liberalisering av strømmarkeder	23
2.3.2 Eksempler på liberaliserte strømmarkeder.....	25
2.3.3 Etableringen av Nord Pool	26
2.3.4 Nord Pool marked	27
2.3.5 Day-ahead marked	28
2.3.6 Intraday marked	30
2.3.7 Flaskehalser i strømtransport	30
3. Tidligere forskning	33

4. Empirisk del	39
4.1 Statistiske begreper og terminologi	39
4.1.1 Analysevariabler i studien	39
4.1.2 Gjennomsnitt	39
4.1.3 Standardavvik	40
4.1.4 Skjevhet	40
4.1.5 Kurtose	40
4.1.6 Minimum og maksimum	41
4.1.7 P-verdi og hypotesetesting	41
4.1.8 Nullhypotese og alternativ hypotese	41
4.1.9 Testobservator	42
4.2 Data og deskriptive analyser	42
4.2.1 Datagrunnlag og forberedelse	42
4.2.2 Deskriptiv statistikk	43
4.3 Statistisk test	47
4.3.1 Mann-Whitney U test	47
4.3.2 Resultat av Mann-Whitney U Test	48
5. Diskusjon	50
5.1 Diskusjon av resultatene	50
5.2 Begrensninger ved studien	54
5.3 Videre forskning	55
6. Sammenfatning og konklusjon	56
Litteraturliste	57

Figurer og tabeller

Figur 2.1 Likevekstprisen.....	13
Figur 2.2 Energitrilemmaet. Hentet fra Arup (2023).	16
Figur 2.3 Netto elektrisitetsproduksjon i EU. Hentet fra Eurostat.	17
Figur 2.4 EUs diversifisering vekk fra russisk gass. Hentet fra European Council.	18
Figur 2.5 EUs gassimportkilder januar - november 2022. Hentet fra European Council.....	19
Figur 2.6 Nord Pool systempris 1. mai 2014 - 31. mai 2014.	22
Figur 2.7 Patentsøknader energikilder. Hentet fra Jamasb & Pollitt (2011).	25
Figur 2.8 Oversikt over områdene i Nord Pool. Hentet fra Nord Pool.	28
Figur 2.9 Prissetting av systemprisen. Hentet fra Institute for Government.....	29
Figur 2.10 Budområder og flaskehalsen i Norge og Sverige. Hentet fra NVE.	32
Figur 4.1 Visualisering av systemprisen for Nord Pool 30. august 1998 - 3. oktober 2022. ...	42
Figur 4.2 Visualiserer funnene i Shapiro-Wilk testen på datasettet før og etter invasjonen....	44
Figur 4.3 Systempris for Nord Pool 17. juli 2021 - 3. oktober 2022.	45
Figur 4.4 Realisert volatilitet for Nord Pool 17. juli 2021 - 3. oktober 2022.....	46
Tabell 1	43
Tabell 2.....	48

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Den russiske fullskala invasjonen av Ukraina 24. februar 2022 rystet verden og markerte starten på den største krigen i Europa siden andre verdenskrig (Lier & Bach, 2023). Invasjonen hadde en vidtrekkende innvirkning på den globale økonomien, politikken og sikkerheten, og skapte ringvirkninger som kunne merkes i resten av Europa og verden (Lier & Bach, 2023). Et av markedene som ble hardt rammet var energimarkedet, som allerede var inne i en usikker tid med høye priser (Mbah & Wasum, 2022).

Ukraina, et viktig transittland for russisk gasseksport til Europa, var nå blitt invadert av Europas største gassleverandør. Som en konsekvens av invasjonen blir Russland ilagt strenge sanksjoner fra en rekke land og selskaper (Funakoshi, Lawson & Deka, 2022). Sanksjonene rammet blant annet energisektoren, noe som hadde potensiale til å forstyrre gassforsyningen til Europa og dermed føre til en endring i de europeiske strømprisene (Mbah & Wasum, 2022).

Nord Pool strømmarkedet, som dekker Norge, Sverige, Danmark, Finland og deler av Baltikum, er sterkt påvirket av prisen på fossilt brensel og eventuelle forstyrrelser i tilgang på gass eller olje kan føre til betydelige svingninger i strømprisen. Foreløpig er det lite forskning på de spesifikke virkningene av den russiske invasjonen av Ukraina på Nord Pool strømmarkedet. Denne studien har til hensikt å fylle dette gapet ved å undersøke hvordan invasjonen av Ukraina har påvirket strømprisen i Nord Pool markedet, ved å se på endringene i pris og volatilitet på Nord Pool spotprisen før og etter invasjonen.

Krigen mellom Russland og Ukraina kan spores tilbake til februar 2014, da Russland annekterte Krim (Johannesen & Clowes, 2022). Russland så på Ukraina som en direkte konkurrent og en trussel for landets energiekspor, noe som bidro til annekteringen av Krim- halvøya (Johannesen & Clowes, 2022). Krigen og de påfølgende sanksjonene mot Russland har hatt negativ påvirkning på flere sektorer i det globale aksjemarkedet (Boubaker, Goodell, Pandey & Kumari, 2022), men har også ført til en oppgang i prisen på energiaksjer, spesielt innenfor fornybar energi (Mathis & Wade, 2022; Nerlinger & Utz, 2022). Energiaksjonene rettet mot Russland

hadde til hensikt å svekke den russiske økonomien og den militære satsingen, men sanksjonene påvirker også Europas forsyningssikkerhet og energikostnader (Chen, Wang & Wang, 2023).

Den globale oljeprisen har blitt påvirket av krigen mellom Russland og Ukraina, og konflikten har ført til en oppgang i oljeprisen som nådde sitt høyeste nivå på 8 år ved begynnelsen av krigen (Adekoya, Oliyide, Yaya & Al-Faryan, 2022). Endringer i oljeprisen påvirker andre finansielle eiendeler og varer som valuta, aksjer og gull (Adekoya et al., 2022). I en globalisert verden hvor forskjellige finansmarkeder er tett integrert, vil endringer i et marked også påvirke andre markeder.

Energisanksjonene som ble påført Russland av vestlige land, ledet av USA og EU, på blant annet mat, energi og andre produkter, hadde det som mål å svekke den russiske økonomien og få landet til å trekke seg ut av Ukraina (Marcelin, Bassène, & Sène, 2022). Som følge av sanksjonene kollapset rubelen (Marcelin et al., 2022). EU har blitt påvirket av sanksjonene mot Russland, de europeiske landene er avhengig av russisk energi-import i sin energimiks. Dette har resultert i høye strømpriser i tiden etter invasjonen av Ukraina (Chen et al., 2023).

I denne studien ønsker vi å gi en oversikt over de geopolitiske hendelsene sin påvirkning i energisektoren, spesifikt rettet mot Nord Pool markedet og strømprisene. For å forstå hvordan den russiske invasjonen av Ukraina har påvirket strømprisen i Nord Pool markedet, vil denne studien sammenligne pris og volatilitet før og etter invasjonen. Dette vil gi verdifull innsikt i hvordan geopolitiske hendelser som konflikten mellom Russland og Ukraina, påvirker energisektoren. Studien vil også bidra til å øke forståelsen på hvordan energisanksjoner og endringer i andre energimarkeder kan påvirke strømprisen og markedet generelt.

1.2 Problemstilling

Basert på bakgrunnen ønsker vi å svare på følgende problemstilling i denne oppgaven:

“Hvordan har egenskapene til Europeiske strømpriser endret seg etter invasjonen av Ukraina?”

For å besvare denne problemstillingen ønsker vi å besvare dette med disse analysene:

- (1) Har gjennomsnittsprisen og volatiliteten i Nord Pools systempris endret seg etter den russiske invasjonen av Ukraina?
- (2) Har det vært en signifikant endring i strømprisene etter invasjonen?

Vi ønsker å finne ut i hvilken grad de Europeiske strømprisene har blitt påvirket av den russiske invasjonen av Ukraina. Målet er derfor helt konkret å gjennomføre analyser av strømprisene før og etter at krigen startet. Ved hjelp av offentlige data ønsker vi å undersøke om det er et statistisk grunnlag til å hevde at både prisnivået og variasjon i prisene er endret etter invasjonen.

1.3 Valg av metode og forskningsdesign

For å svare på problemstillingen vi lagde i forrige delkapittel vil vi bruke et datasett. Dette er et datasett som inneholder strømprisene fra Nord Pool. Vi vil utdype mer om dette i kapittel 4, der vi vil forklare mer om dataene og de deskriptive analysene vi gjennomfører. Datasettet vårt brukes til å gjøre en deskriptiv analyse som viser et oversiktsbilde over volatiliteten og endringen i strømprisen. For å gjøre disse analysene vil vi benytte oss av den deskriptive statistikken og se på hovedtrekkene i resultatene. Forskning kan utføres ved hjelp av ulike metoder og tilnærminger, som blant annet Creswell (1998) og Grenness (1997) beskriver. Grenness identifiserer tre ulike typer forskningsdesign: eksplorativt, deskriptivt og kausalt.

Eksplorativt forskningsdesign brukes for å undersøke nye og uklare problemstillinger, mens deskriptivt forskningsdesign fokuserer på å beskrive variabler og sammenhenger mellom dem. Kausalt forskningsdesign har som mål å måle effekten av årsak-virkningsforhold.

Valget av metode avhenger av problemstillingen. Jacobsen (2000) skiller mellom beskrivende (deskriptive) og forklarende (kausale) problemstillinger, og mellom eksploderende og testende (deskriptive/kausale) problemstillinger. Eksploderende problemstillinger søker etter å utdype kunnskap om et område vi vet lite om, mens testende problemstillinger har til hensikt å se rekkevidden eller omfanget av et fenomen.

I vår studie vil vi som nevnt tidligere benytte en kvantitativ metode for å utforske problemstillingen. Dette forskningsdesignet passer godt til vår problemstilling, som er testende og kausal. Med en kvantitativ tilnærming ønsker vi å undersøke relasjonen mellom variabler ved hjelp av data og statistiske analyser, som beskrevet av Cresswell (1998). Kvantitativ forskning er egnet for å teste teorier og hypoteser, samt å generalisere funn og vurdere sammenhenger mellom variabler (Cresswell, 1998). Denne metoden vil gi oss en systematisk og objektiv forståelse av problemstillingen, og tillate oss å generalisere funnene for å få svar på problemstillingen i denne oppgaven.

1.4 Oppgavens struktur

I det første av seks kapitler i oppgaven introduserer vi bakgrunnen og problemstillingen, metoden og forskningsdesignet vi har valgt. Vi gjør til slutt rede for våre avgrensninger i oppgaven.

I kapittel 2 starter vi med å presentere mikroøkonomisk teori knyttet til frimarked og tilbudskurven, før vi beveger oss videre til hvordan markedene henger sammen, strømprisenes bevegelsesmønster, sesongvariasjoner, prishopp og klimaets påvirkning på prisen av strøm.

I slutten av kapittelet beveger vi oss over til å forklare liberaliseringen av strømmarkedet. Før vi gir en innføring i historien til Nord Pool siden oppstarten. Deretter fortsetter vi med hvordan

Nord Pool-markedet er bygget opp og inn på de forskjellige markedene, hvordan det handles og til slutt kort om flaskehalser.

I kapittelet om tidligere forskning tar vi for oss eksisterende studier og relevant litteratur for oppgaven vår.

I kapittel 5 empirisk del beskriver vi data, deskriptive analyser og resultatene fra de statistiske testene vi har gjennomført.

I diskusjonen drøfter vi resultatene vi har fått gjennom de deskriptive analysene og statistiske testene. Her vil vi også diskutere hvorfor vi fikk de resultatene vi fikk og tolke disse resultatene. Begrensninger ved studien og forslag til videre forskning vil fremlegges i dette kapittelet.

I det siste kapittelet vil vi gi en sammenfatning av oppgaven og presentere en konklusjon med bakgrunn i oppgaven.

1.5 Avgrensning

Denne oppgaven bygger på eksisterende forskning og tar utgangspunkt i disse rammene. Datagrunnlaget for oppgaven er hentet fra Nord Pool, som er Europas største elektrisitetsmarked og gir en oversikt over strømprisene i denne regionen. Strømprisene påvirkes av en rekke faktorer som bidrar til prisvariasjon og volatilitet. Imidlertid vil ikke alle disse faktorene bli analysert i denne studien.

Det er viktig å merke seg at analysene ikke vil gå dypt inn på sammenhengen mellom ulike elektrisitetsmarkeder, de forskjellige strømsoneene eller de spesifikke variablene som påvirker prisvariasjoner mellom sonene. Begrensningene og eksklusjonene vil bli diskutert og redegjort for i teksten.

Hovedmålet med denne undersøkelsen er å fastslå om det finnes statistisk belegg for å hevde at det gjennomsnittlige prisnivået og prisvolatiliteten har endret seg etter den russiske invasjonen av Ukraina.

2. Teori

2.1 Mikroøkonomisk teori

2.1.1 Marked

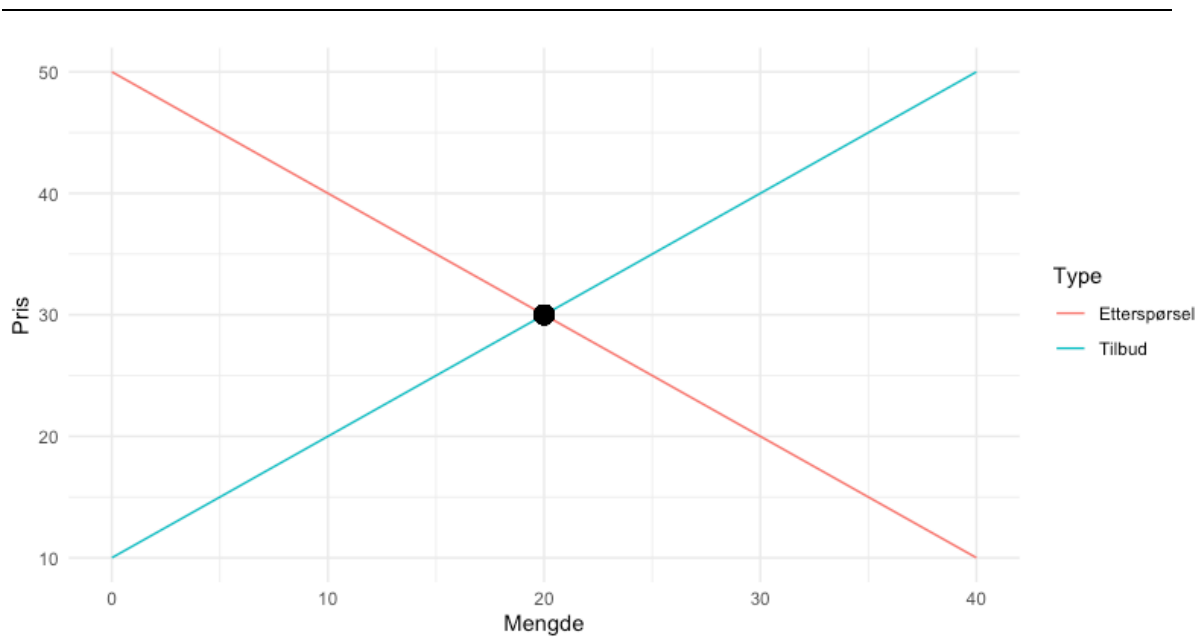
Marked fungerer som en møteplass for kjøpere og selgere til å utveksle varer og tjenester basert på tilbud og etterspørsel. Markedene er preget av konkurranse mellom selgere som gjør at kjøper kan velge mellom en rekke varer og tjenester til konkurransedyktige priser. Konkurransen oppfordrer selgere til å innovere, forbedre kvaliteten på produktene sine og er med på å holde prisene lave.

Selger kommer med sine produkter, hvor mye de ønsker å tilby av dem avhenger av hvilken pris de kan oppnå. Denne direkte sammenhengen mellom pris og hvor mye selgeren ønsker å selge kalles tilbudskurven.

For kjøperen vil hvor mye de ønsker å kjøpe være avhengig av hvilken pris de får kjøpe for. Denne sammenhengen mellom pris og etterspørsel kalles etterspørselskurven.

Etterspørselskurven og tilbudskurven er begge flytende og endrer seg i takt med prisen. Etterspørselskurven i markedet er fallende med prisen mens tilbudskurven er stigende.

For å fastsette hva prisen i markedet blir må vi introdusere markedslikevekt. Likevektsprisen er prisen som klarer markedet og leder til at pris er lik etterspørsel. Dette betyr at den enkelte får kjøpt eller solgt det han ønsker. Figur 2.1 viser prispunktet hvor kurvene krysses og tilbud = etterspørsel. Dette er prispunktet hvor markedet blir klarert.



Figur 2.1 Likevekstprisen

Likevekstprisen er systemprisen som klarer kraftmarkedet. Hver dag legger kraftprodusenter, distribusjonsselskaper og store kraftbrukerne inn salg- og kjøpsbud på Nord Pool som summerer disse opp til tilbuds og etterspørselskurver. Dette gir den såkalte systemprisen. Systemprisen er prisen der tilbud er lik etterspørsel (Riis & Moen, 2016).

2.1.2 Frikonkurransemarked

Frikonkurransemodellen er en markedsform der prisen fastsettes i samspill mellom tilbud og etterspørsel. Når vi snakker om frikonkurransemarked trekker vi ofte fram den usynlige hånd- og markedsmechanismene. Modellen beskriver en situasjon der det er mange kjøpere og mange selgere av et homogent produkt hvor handel foregår på en enkel og smertefri måte. Et eksempel på dette er handel på børs slik som Nord Pool. Den viktigste forutsetningen er at både kjøpere og selgere antas å være pristakere. En selger er pristaker hvis selgeren kan selge så mye av produktet som han ønsker til markedspris uten at prisen endrer seg. En kjøper er pristaker hvis han kan kjøpe så mye som han ønsker uten at prisen endrer seg. Et annet viktig aspekt ved frikonkurransemodellen er at varen ikke kan selges til forskjellige priser på samme tidspunkt (Riis & Moen, 2016). Liberaliseringen av strømmarkedet har ført til at fri konkurranse er blitt introdusert i deler av strømmarkedet, selv om fortsatt deler av markedet er regulert. Måten dette

foregår på i Norge er at kunden betaler både for nettleie og for strøm når de betaler sin strømregning. Nettleien er den delen som fortsatt i stor grad er regulert av staten, og dette er noe som betales til nettselskapet. I Norge finnes det kun én konsesjon per området. Det betyr at nettselskapet har monopol i sitt område. Oppgavene til nettselskapet består i å bygge ut og drifte den fysiske kraftledningen som transporterer strømmen. Ca 50% av nettleien som kunden betaler skal dekke drift, vedlikehold, beredskap og modernisering av strømmettet. De resterende 50% går til staten via skatter og avgifter (Fjordkraft, 2023)

2.1.3 Sammenkoblede markeder

Etterspørselen av et produkt er ofte følsomt overfor det som skjer i andre markeder og med andre produkter. Dette gjør at prisen i ett marked kan forårsake prisendringer i et annet marked. Måten dette skjer på er om det dukker opp substitutter, komplement effekter eller input-output koblinger.

Riis og Moen (2016) forklarer at substitusjonseffekten er når kjøper/kunde bytter til et tilsvarende produkt som følge av pris eller kvalitet på substituttproduktet/tjenesten. Et eksempel på hvordan dette fungerer i strømmarked er at etter hvert som produksjonskostnaden på sol og vindkraft synker blir det relativt billigere å produsere strøm ved hjelp av disse kildene, dette er med på å øke etterspørselen etter fornybar energi. Denne økningen i etterspørsel kan føre til en nedgang i etterspørselen etter tradisjonelle energikilder, som fossilt brensel, noe som kan være med på å redusere prisene på disse.

Komplementeffekten er at en endring i pris på ett produkt kan føre til komplementeffekt i et annet marked hvor etterspørselen etter den komplementære varen enten øker eller avtar.

Et eksempel på hvordan dette fungerer i strømmarkedet er når prisen på fossilt brensel synker blir det billigere å produsere strøm ved å bruke fossilt brensel, dette kan være med på å øke etterspørselen etter fossilt brensel som innsatsfaktor i strømproduksjonen. Denne økningen i etterspørselen kan føre til en økning i pris, som igjen kan føre til økte kostnader ved strømproduksjon ved bruk av fossilt brensel (Riis & Moen, 2016).

Riis og Moen (2016) beskriver input-output koblingen som uttrykket for når en endring i pris på et produkt i ett marked kan påvirke produksjonskostnadene i et annet marked hvor produktet brukes som en innsatsfaktor. Et eksempel på dette er hvordan økte priser på fossilt brensel er med på å trekke opp strømprisen som følge av økte produksjonskostnader.

Dette viser at vi får ringvirkninger mellom markedet både ved endring av pris og ved endringer i andre forhold av betydning (Riis & Moen, 2016).

2.2 Prisfastsettelse i liberaliserte strømmarkeder

2.2.1 Energitrilemmaet

Energitrilemmaet (se figur 2.2) er et konsept skapt av World Energy Council som representerer de tre fremste utfordringene ved energiinvesteringer og energipolitikk (Polona, 2019). Disse utfordringene nevnes av Arup (2023); Iman, MA, & Khosravi, (2015) som:

- Energisikkerhet

Dette refererer til den effektive styringen av den primære energiforsyningen fra innenlandske og eksterne kilder, pålitelighet til energiinfrastrukturen og energileverandørens evne til å møte nåværende og fremtidig etterspørsel (Arup, 2023). EU-kommisjonen definerer energisikkerhet som den fysiske tilgjengeligheten av energiprodukter på markedet til priser som betales for alle forbrukere uten avbrudd (Iman et al., 2015).

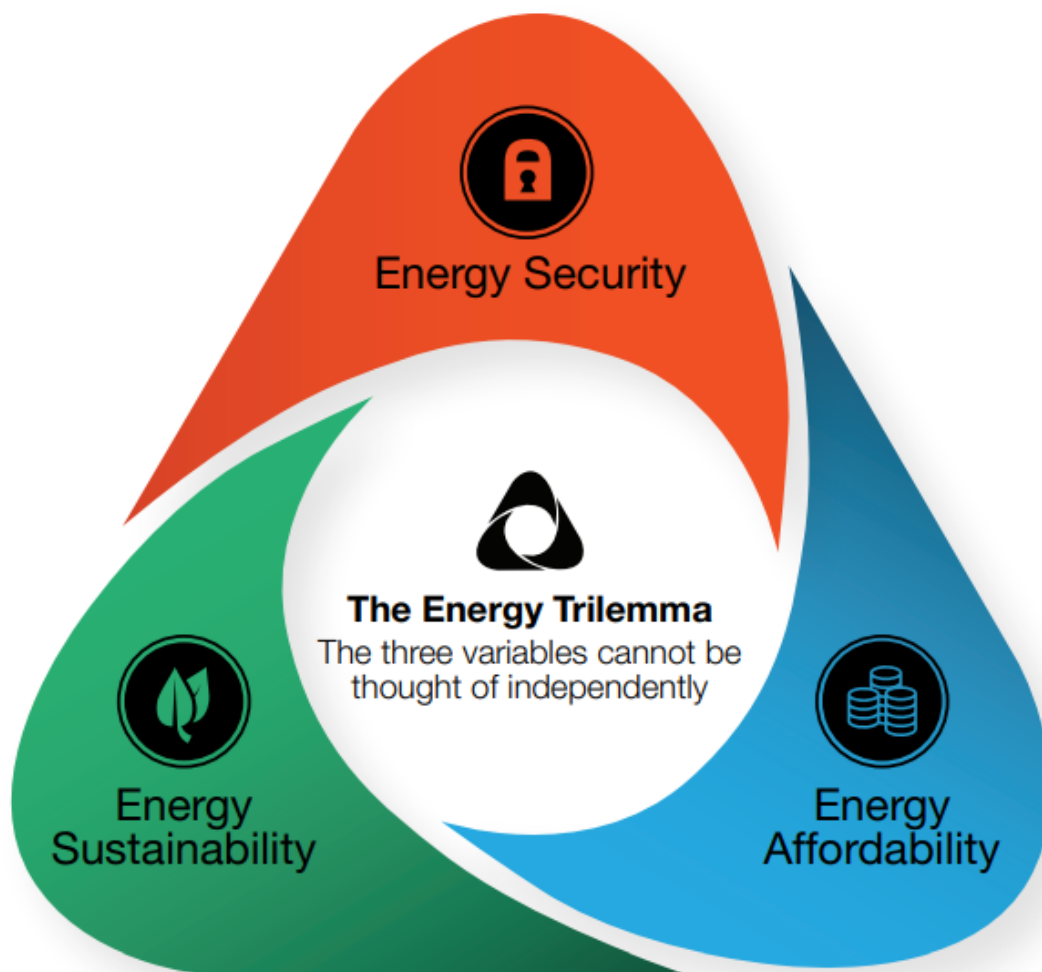
- Energi bærekraft

Som er evnen til energiprodusentene og energiforbrukere til å ikke slippe ut skadelig forurensning og begrense eller redusere virkningen klimagassutslippet har på miljøet (Arup, 2023).

- Rimelig energi

Refererer til tilgjengelighet og rimelighet av energiforsyning til hele befolkningen. Energi regnes som et offentlig gode, og det er den nasjonale regjeringens ansvar og sørge for at hele befolkningen har tilgang og rå til energi (Arup, 2023)

Trilemmaet innebærer en avveining mellom disse tre komponentene av den grunn at fordi hver av disse komponentene krever et offer fra de andre for å forbedre seg. Et eksempel på dette er utfordringene med å balansere energisikkerhet med rimelighet og bærekraftige energikilder, lavkarbon og fornybare energikilder krever betydelige investeringer og statlig støtte. De betydelige investeringene i utvikling kan være med på å øke strømkostnaden (Arup, 2023).



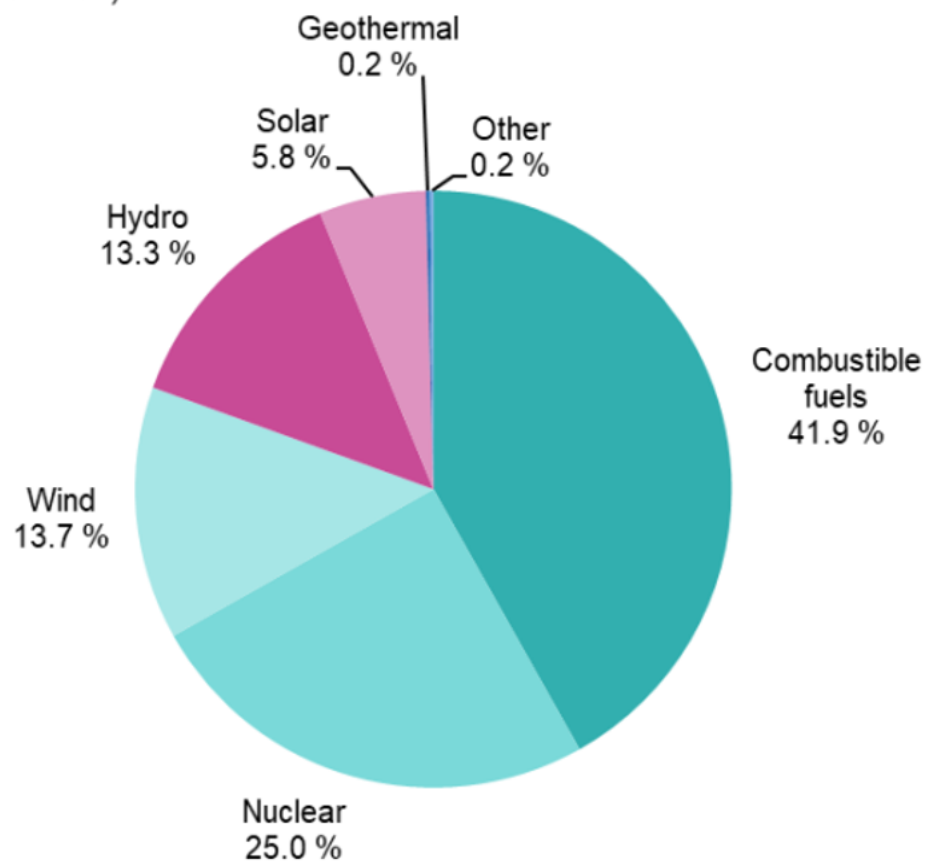
Figur 2.2 Energitrilemmaet. Hentet fra Arup (2023).

2.2.2 Energimiks

Energy stack, eller energimiks på norsk, er begrepet som forklarer kombinasjonen av ulike energikilder som brukes til å generere strøm. Hofstad (2022) hevder at en tradisjonell energimiks inneholder en blanding av konvensjonelle og fornybare energikilder (Hofstad, 2022). Det er en fordel å ha en blanding av ulike energikilder i energimiksen, denne diversifisering er med på å redusere risikoen for forsyningsavbrudd. Diversifiseringen kan på en annen side imidlertid introdusere prisvolatilitet på grunn av forskjellig tilbuds- og etterspørselsdynamikk for hver enkelt energikilde.

Net electricity generation, EU, 2021

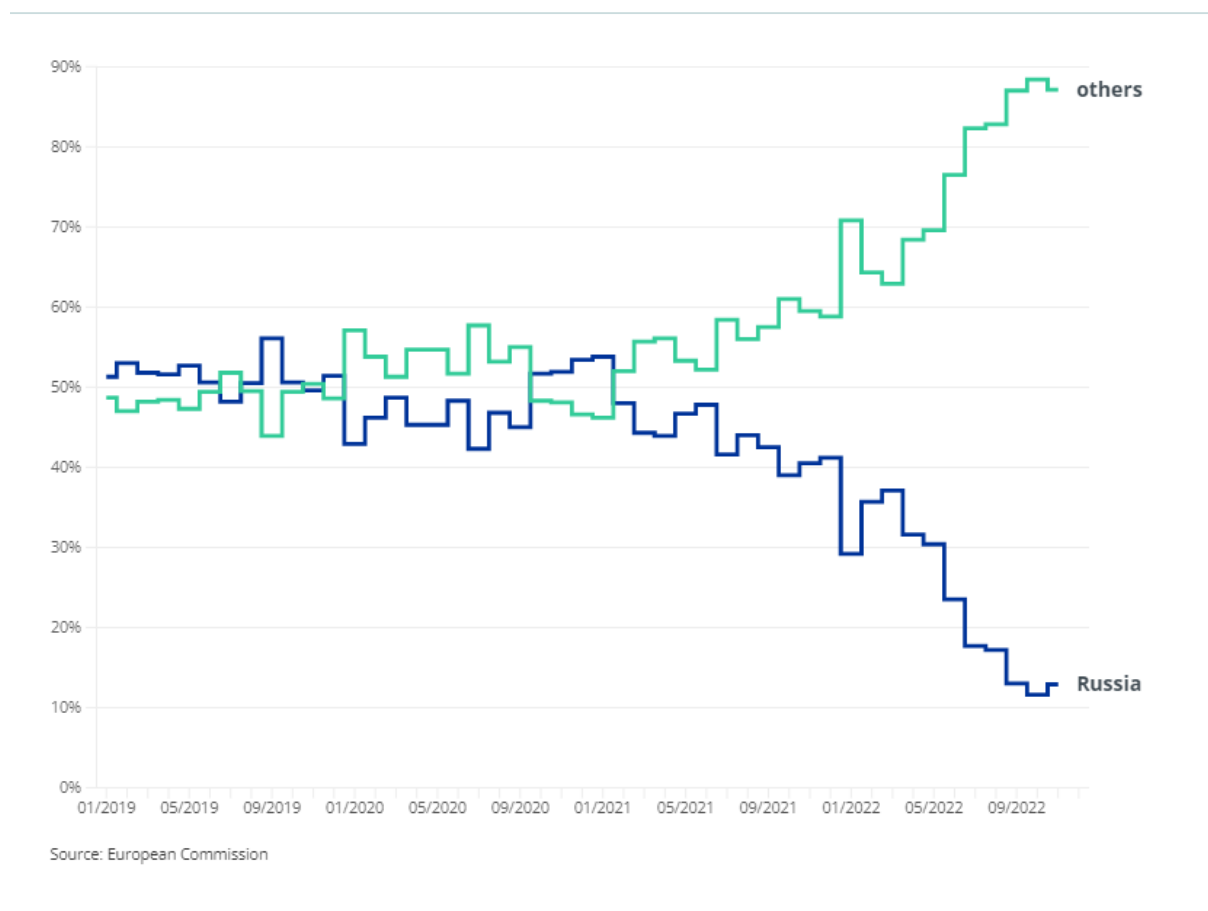
(%, based on GWh)



Figur 2.3 Netto elektrisitetsproduksjon i EU. Hentet fra Eurostat.

Ved å se på figur 2.3 som viser energimiksen for EU i 2021 kan vi se at EUs energimiks primært er sammensatt av ikke brennbare primærkilder som fornybare energikilder og atomkraft som til

sammen utgjorde 58,1% av den totale strømproduksjonen. De resterende 41,9% sto fossilt brensel for (Eurostat Statistics Explained, 2023). Av de 41,9% med fossilt brensel som ble brukt i EUs energimiks i 2021 ble 83% importert fra andre land. Frem til juni 2021 sto Russland for omtrent 47,8% av gassimporten. Men siden da ser vi av figur 2.4 en nedgang i import fra Russland. Denne nedgangen økte betraktelig etter Russlands invasjon av Ukraina. Gassimporten fra Russland har i hovedsak blitt erstattet med mer import fra Norge og økt import av flytende naturgass (LNG). Ifølge nettstedet til European Council (2023), sto Russland (rørledningsgass + LNG-import) mellom januar 2022 og november 2022 for mindre enn en fjerdedel av EUs gassimport. Ytterligere en fjerdedel kom fra Norge, og 11,6 % kom fra Algerie. LNG-import (unntatt Russland - hovedsakelig fra USA, Qatar og Nigeria) utgjorde 25,7 % som vist i figur 2.5.



Figur 2.4 EUs diversifisering vekk fra russisk gass. Hentet fra European Council.



Figur 2.5 EUs gassimportkilder januar - november 2022. Hentet fra European Council

2.2.3 Prisforholdet mellom strøm og fossilt brensel

Schusser og Jaraité (2018) og Bublitz, Keles & Fichtner (2017) finner i sine studier at fossilt brensel som gass, olje og kull har betydelig innvirkning på strømprisen, og ifølge World Economic Forum (2023) står fossilt brensel for 36% av strømproduksjonen i EU. Selv om det er en nedgang fra 49% i 2011 står fortsatt fossilt brensel for en stor andel av strømproduksjonen i EU (WEF, 2023). En økning i prisene på fossilt brensel kan påvirke strømprisen på en rekke måter. En økning i produksjonskostnadene for strøm produsert med fossilt brensel vil føre til at produsenter vil måtte øke sin salgspris for å kunne sikre profitt. Siden Nord Pools spotpris bestemmes av skjæringspunktet mellom tilbud og etterspørsel og spotprisen settes til det høyeste pristilbudet som er nødvendig for å møte etterspørselen på det gitte tidspunktet, vil en økt salgspris på strøm produsert av fossilt brensel føre til en økt spotpris (se figur 2.9). Selv om produksjonsmetoder som har lavere marginale kostnader produserer mesteparten av strømmen

er prisen som betales for strømmen i både grossist-og forbrukermarkedet satt mye høyere, til marginalkostnaden ved å produsere strøm med fossilt brensel (Institute for Government, 2022).

2.2.4 Prishopp

Den manglende muligheten til å lagre strøm fører til at strømprisen historisk er sett på som veldig volatil, også sammenlignet med andre markeder som framstår som relativt volatile. Weron (2007) sammenligner volatiliteten i strømprisen med andre markeder og råvarer. Andre råvarer som olje og gass har en daglig volatilitet på mellom 1,5% og 4 % og veldig volatile aksjer har 4% daglig volatilitet. Til sammenligning har strømprisen en daglig volatilitet på opptil 50% (Weron, 2007). Boken til Weron ble utgitt i 2007 tar derfor ikke høyde for den økte satsingen på fornybar energi som vi har sett de siste årene. Ifølge Talari, Shafie-Khah, Osório, Wang, Heidari, & Catalão, (2017) er penetreringen av spesielt vindkraft i strømmarkedet med på å ytterligere øke volatiliteten i markedet (Talari et al., 2017).

Prishopp eller price spikes som det heter på engelsk er en uforventet ekstrem endring i spotprisen (Weron, 2007). Innenfor et kort tidsrom kan systemprisen stige vesentlig for så å falle tilbake til et mer normalt nivå (Weron, 2007). Prishopp oppstår i de periodene hvor det er mest trykk på strømmettet og etterspørselen etter strøm overstiger tilbudet. Strømmarkedet er et sanntidsmarked hvor kontrakter handles 24 timer i forveien. Prisen settes da ved å matche tilbud og etterspørsel til enhver tid. Når det oppstår tidsperioder hvor det er manglende produksjonskapasitet i forhold til etterspørsel må prisen på strøm øke for å oppmuntre produsenter til å produsere mer og for å redusere forbruket (Weron, 2007). Weron (2007) påpeker at det kun er på kort sikt prishoppene spiller en rolle på strømprisen. I et lengre tidsperspektiv som ukentlig og månedlig gjennomsnitt blir prishoppene nøytralisert av gjennomsnittsprisen (Weron, 2007). Aktører som opererer i svært volatile markeder må være forberedt på å håndtere risikoen knyttet til prisvolatiliteten og spesielt prishopp. Om en aktør ikke håndterer risikoen som oppstår rundt prisøkningen kan de se inntjeningen for et helt år forsvinne i løpet av få timer (Weron, 2007).

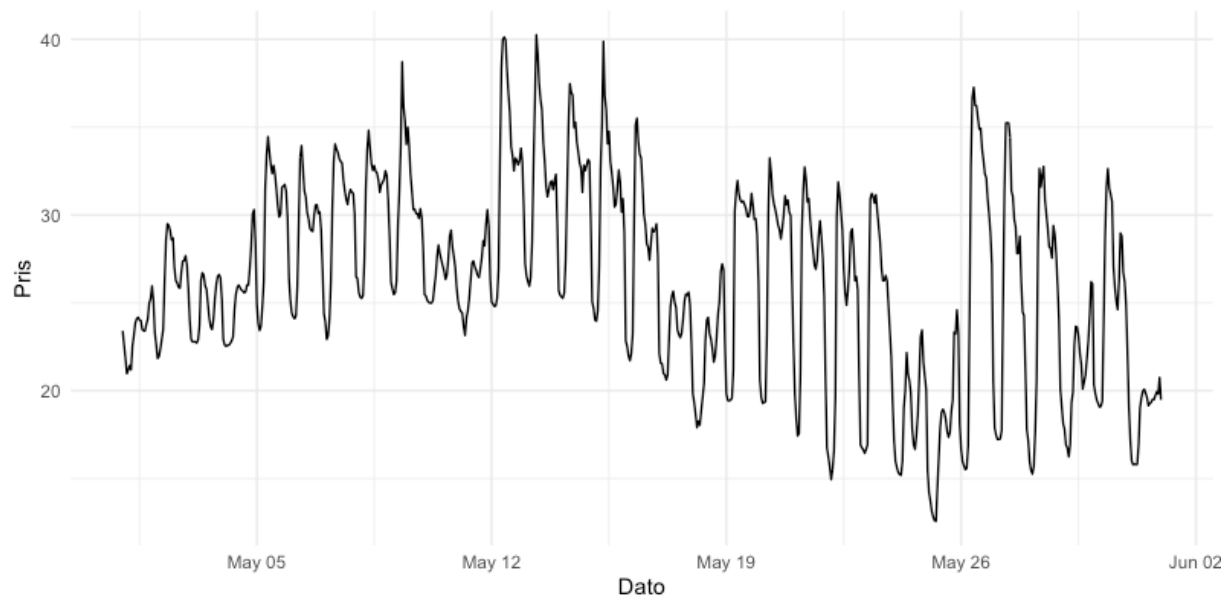
2.2.5 Sesongvariasjon

En av egenskapene som skiller strøm fra andre tradisjonelle råvarer, og eiendeler som aksjer og obligasjoner er at det er en synlig sesongvariasjon i prisen og dens volatilitet (Routledge, Seppi & Spatt 2000).

Sesongmessige variasjoner har i stor grad sammenheng med endringer i vær, som temperatur og antall timer med sollys. Noen steder hvor vannkraftanleggene er avhengig av vann som kommer fra smeltet snø, vil sesongvariasjon bli påvirket av snøsmeltingen. I områder som Norden er vinteren den sesongen hvor etterspørselen av strøm er størst. Dette mønsteret er synlig på spotprisen. Prisen er høyere om vinteren når innbyggerne bruker mer energi til oppvarmingen og mindre om sommeren når temperaturen er høyere og behovet for oppvarming er mindre. I geografiske lokasjoner som Midtvesten i USA er prisene høyest om sommeren på grunn av høy temperatur og luftfuktighet som fører til at innbyggerne benytter seg av aircondition for nedkjøling (Weron, 2007). Videre kan man se at økt produksjon og bruk av fornybare energikilder som er avhengig av underliggende energikilder som vind, sol og regn medfører enda sterkere sesongvariasjon siden de underliggende energikildene også har naturlige sesongvariasjoner (Fanelli & Schmeck, 2019).

Strømprisen varierer ikke bare som følge av sesongendringer. Variasjoner er også synlig på uke- og dagsbasis. Trenden viser at prisen er høyere enn dagsgjennomsnittet om morgenen og om ettermiddagen, mens om formiddag og natten er prisen lavere enn gjennomsnittet på dagtid. Trenden viser også en prisvariasjon i løpet av uken. Det er i hovedsak en forskjell mellom ukedager/arbeidsdager og fridager/helg. Strømprisen er i gjennomsnitt lavere i helgene enn i ukedagene/arbeidsdagene. Weron (2007) knytter ukes variasjonen til at deler av industrien er stengt i helgene, noe som betyr at behovet for strøm er lavere i helgene sammenlignet med ukedagene/arbeidsdagene når industrien går for fullt. Figur 2.6 under viser tydelig variasjoner i strømprisen per døgn og per uke.

Ifølge empiriske studier utført av Fanelli og Schmeck (2019) er sesongvariasjonen tydelig observerbar med hensyn til leveranseperioden, men ikke med hensyn til handelsdagen (Fanelli & Schmeck, 2019). Disse funnene samsvarer med funnene Weron (2007) presenterer i boken *“Modeling and forecasting electricity loads and prices”*.



Figur 2.6 Nord Pool systempris 1. mai 2014 - 31. mai 2014.

2.2.6 Klimaets påvirkning på strømmarkedet

Menneskeskapte klimaendringer refererer til endringene i jordens klima mønster som en følge av menneskelige aktiviteter, som forbrenning av fossilt brensel, avskoging og industrielle prosesser. Disse aktivitetene frigjør klimagasser som karbondioksid (CO_2) til atmosfæren. Gassene fanger varmen på planeten og fører til at temperaturen stiger. Klimaendringene blir av flere beskrevet som vår tids største utfordring (World Wide Fund for Nature, 2023). For å prøve å bremse den globale oppvarmingen har de fleste land forpliktet seg til å redusere sitt klimautslipp gjennom Parisavtalen. Målet med denne avtalen er å unngå at temperaturøkningen på jorden ikke overstiger 2 grader. For at 2-graders målet skal nås er verdenssamfunnet nødt til å redusere det menneskeskapte CO_2 utslippet. Forbrenning av fossile brensler som kull, olje, gass står for 75% av klimagassene og 90% av CO_2 utslippene til atmosfæren (Forente Nasjoner, 2020).

Overgangen fra fossile brensler til fornybare energikilder er godt i gang. Tall som Naturvernforbundet la fram i 2011 viste at fossile brensler sto for 90% av verdens totale

energiproduksjon. I 2021 er det fortsatt de fossile energikildene som utgjør den største andelen av verdens energiforbruk med ca 77% (Energi & Klima, 2023).

Vannkraft er i dag den eneste fornybare energikilden hvor produksjonen kan reguleres. Sol og vindkraft må brukes når det produseres. Konsekvensen av dette er at økningen av vind og solkraft som energikilde har ført til at strømprisen er blitt mer volatil. (Martinez-Anido, Brinkman & Hodge, 2016). Mangel på gass i markedet som følge av betydelig reduksjon i import av russisk gass til Europa er gassprisene betydelig høyere enn det vi har vært vant med tidligere år det siste tiåret. Selv om høye priser på fossilt brennstoff i det store og hele er negativt for forbrukeren, så fører det også med seg positive ringvirkninger i et miljøperspektiv. De høye prisene fører til at det er blitt mer lønnsomt å investere i fornybar energi, og The Economist skriver i en større artikkel at krigen i Ukraina har framskyndet det grønne skiftet med 5-10 år (Elster, 2023).

2.3 Strømmarkeder

2.3.1 Liberalisering av strømmarkeder

Weron (2007) gir en grundig gjennomgang av liberaliseringen av ulike strømmarkeder rundt om i verden. Pionerene bak liberaliseringen av strømmarkedet var Chile som i 1982 innførte reformer som baserte seg på ideen om separate produksjon- og distribusjonsselskaper, der kraft ble betalt i henhold til en formel basert på kostnader. Et disponeringssystem med marginalkostnader og et system som er bygget opp for handel mellom produsenter for å kunne oppfylle kontrakter (Weron, 2007).

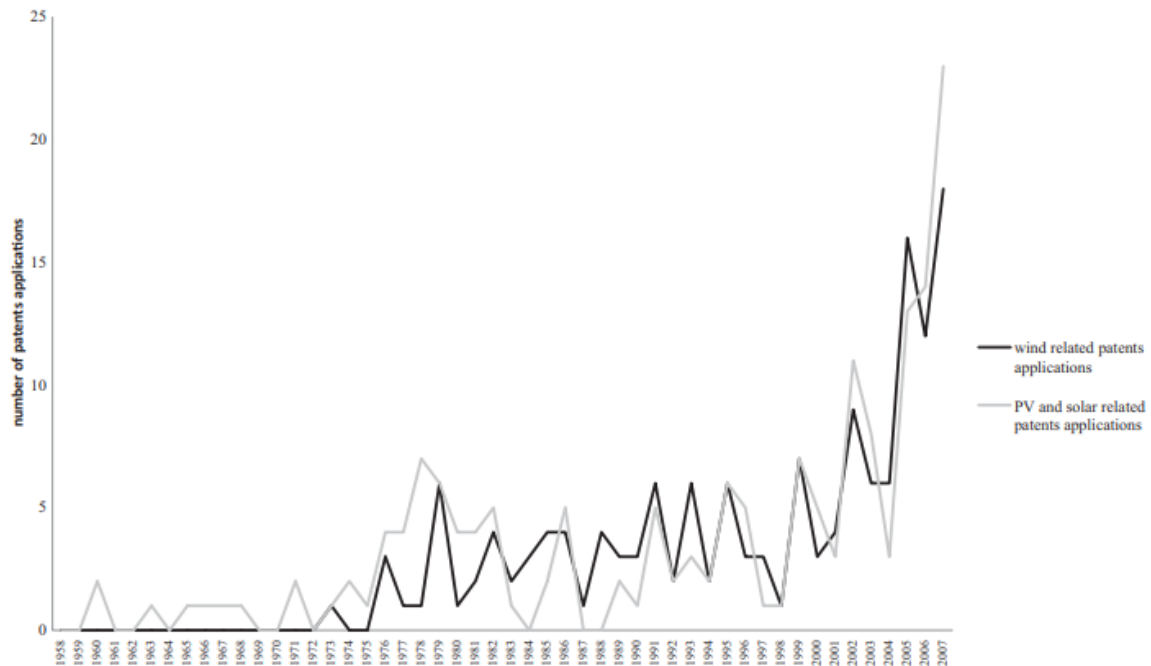
Etter Chiles start i 1982 fulgte flere land etter. I løpet av 1990 og tidlig på 2000-tallet ble det opprettet flere nasjonale og internasjonale strømmarkeder. Det nordiske markedet for strøm som i starten inkluderte landene Norge, Sverige, Finland og Danmark åpnet i 1992, Australian National Electricity Market (NEM) åpnet i 1998, mens flere Nord-Amerikanske markeder som New England, New York, Pennsylvania-New Jersey-Maryland-PMJ begynte å operere på slutten av 1990-tallet (Weron, 2007).

Selv om hensikten med liberaliseringen av strømmarkedene har variert, var den grunnleggende motivasjonen for å gjennomføre endringen bygget på den samme ideologiske og politiske grunnlaget; nemlig å bryte opp monopolet som hadde vært dominerende og for å skape et mer rettferdig marked. Argumentet som benyttes for å forsvare ønsket om å skape et konkurransedrevet marked er introduksjonen av markedskrefter. I følge Weron (2007) skal liberaliseringen av strømmarkedet i det lange løp fremme effektivitetsgevinster, stimulere teknologisk innovasjon og føre til effektive investeringer.

Liberaliseringen av elektrisitetsmarkedet har ført til at to markeder for elektrisitet har oppstått: “power pools” og “Power exchanges”. Markedene har mange av de samme kjennetegnene og det å skille de fra hverandre er ikke alltid like viktig. I følge Weron (2007) kan forskjellen beskrives med to kriterier: initiativ og deltakelse. Power pool er et spotmarked og en fysisk markeds plass hvor kjøpere og selgere av strøm kommer sammen for å handle strøm i sanntid. I en power pool handles strøm basert på tilbud og etterspørsel i nåtid og volatiliteten i prisen er deretter. Power pools brukes vanligvis til å balansere strømmettet i sanntid for å møte uventede stigninger eller fall i etterspørselen. Power exchange er en kraftbørs som legger til rette for handel av strøm. Power exchange muliggjør strømhandel i en forhåndsdefinert periode. Eksempler på dette er timer, dager, uker eller måneder. Power exchanges lar markedsdeltakere i større grad sikre seg mot prisvolatilitet og styre sin risikoeksponering. Et eksempel på en power exchange er Nord Pool (Weron, 2007).

En av utfordringene Weron (2007) trekker fram med liberaliseringen er manglende incentiver for å investere i ny teknologi. Markedsdeltakere fokuserer heller på den kortsiktige gevinsten framfor å tenke langsiktig med sine investeringer. Et eksempel på dette ser vi i studien til Jamasb og Pollitt (2008), som gjennomførte en undersøkelse av strømmarkedet i Storbritannia. Resultatet viser at liberaliseringen har ført til at investeringer har blitt redusert og at fokuset har skiftet fra en langsiktig innovasjonsstrategi til en mer kortsiktig kommersiell kundeorientert innovasjonsstrategi. Endringen i strategi og redusert investeringsvilje i innovasjon har ført til en nedgang i innovasjon og utvikling (Jamasb & Pollitt, 2011). Selv om det på 2000-tallet har vært en redusert investeringsvilje knyttet til utvikling og innovasjon i strømmarkedet ser vi av Figur 2.7 en kraftig økning i patenter knyttet til sol og vindproduksjon fra 2003 og utover. Dette kan ha sammenheng med at klima ble satt på agendaen på slutten av 2000-tallet.

Investeringer knyttet til fornybare energi alternativer øker betraktelig, noe som kommer tydelig fram i Figur 2.7 (Jamash, & Pollitt, 2011)



Figur 2.7 Patentsøknader energikilder. Hentet fra Jamash & Pollitt (2011).

2.3.2 Eksempler på liberaliserte strømmarkeder

Nord Amerika:

I Nord-Amerika har liberaliseringen av elektrisitetsmarkedene først og fremst vært drevet av USA. USA begynte å deregulere sine strømmarkeder på 1990-tallet, og det startet i California i 1996. Erfaringene i California, som var preget av markedsmanipulasjon og prisvolatilitet, førte imidlertid til en nedgang i dereguleringstakten i USA (Weron, 2007). I dag har USA en blanding av fullstendig deregulerte markeder som Texas og regulerte markeder som Florida (United States Environmental Protection Agency, 2022).

Asia:

I Asia startet liberaliseringen av elektrisitetsmarkedene på 1990 - tallet og flere land har implementert reformer for å fremme konkurranse og øke effektiviteten. Land som Japan, Singapore og Malaysia har allerede liberalisert sine strømmarkeder, mens andre land som India og Indonesia holder på å liberalisere sine markeder. (Legislative Council Secretariat 2019)

Sør Amerika:

I Sør-Amerika har liberaliseringen av elektrisitetsmarkedene vært i gang siden 1980-tallet, med Chile i spissen (Weron, 2007). I dag opererer det chilenske elektrisitetsmarkedet som et fullt konkurranseutsatt marked, med flere kraftutvekslinger og muligheter for nye markedsaktører. Andre land i regionen, som Brasil, Argentina og Peru, har også gjennomgått reformer for å fremme konkurranse og øke effektiviteten i deres elektrisitetssystem. Liberaliseringen av disse markedene har ført til større investeringer i infrastruktur, økt konkurranse og lavere priser for forbrukerne (Arango, Dyner & Larsen, 2006)

Europa:

Den europeiske union (EU) har vært i forkant av liberaliseringen av elektrisitetsmarkedet, med mål om å skape et konkurransedyktig, effektivt og bærekraftig elektrisitetssystem over hele kontinentet. EU startet liberaliseringsprosessen på 1990-tallet, med innføringen av direktiver som tar sikte på å skille produksjons-, overførings- og distribusjonsfunksjoner og fremme konkurranse i markedet. I dag fungerer EUs elektrisitetsmarked som et konkurranseutsatt marked, med flere kraftbørser som EPEX SPOT, Nord Pool og EEX, som gir muligheter for nye markedsaktører (Ciucci, 2022).

2.3.3 Etableringen av Nord Pool

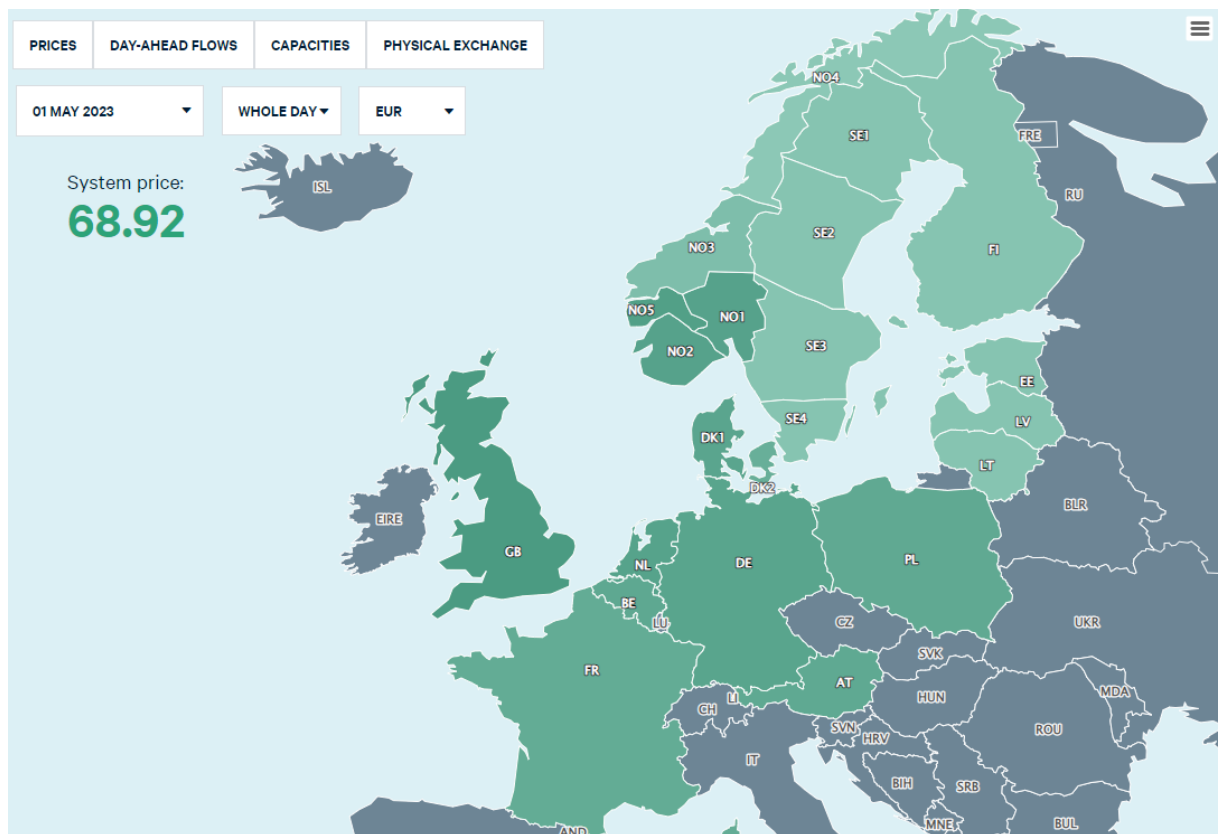
Nord Pool er det ledende energimarkedet i Europa. I 2023 er det 30 år siden selskapet ble etablert som en konsekvens av energiloven, Norwegian Energy ACT of 1991. Loven gjorde det

mulig å skille mellom de delene av markedet som kunne utsettes for konkurranse og de delene som fremstår som tydelige monopoler. Dermed ble det mulig å legge til rette for et konkurransepreget marked. Nord Pool var i første omgang et norsk strømmarked som het Statnett Marked, før svenske Kraftnät kjøpte 50% i 1996. Hensikten var å opprette og drive en felles nordisk kraftbørs hvor man kunne handle fysiske og finansielle kontrakter i de nordiske landene. Etter hvert ble Finland og Danmark innlemmet, før det ble ekspandert videre ut i det europeiske markedet til Baltikum, Tyskland, Polen, Frankrike, Nederland, Belgia, Luxemburg, Østerrike og Storbritannia. Nord Pool eies i dag av Euronext og TSO Holding med henholdsvis 66% og 34% av aksjene (Nord Pool, 2023)

2.3.4 Nord Pool marked

Nord Pool opererer i dag med to markeder og i dag handler 360 selskaper fra 20 land i Nord Pool sine markeder i Norden, Baltikum, Storbritannia, Sentral-Vest Europa og Polen (se figur 2.8). Det ble totalt handlet 1077 TWh i 2022 fordelt på kjøp og salg (Nord Pool, 2023).

I det fysiske markedet handles strøm fysisk. Kjøp og salg av strøm er delt inn i to deler, Elspot og Elbas. Elspot er systemprisen i day-ahead markedet, mens Elbas er intraday-markedet hvor strøm kjøpes og selges på timebasis. Nord Pool opererer med en såkalt systempris som er prisen hvor tilbud og etterspørsel er likt. Det andre markedet som Nord Pool opererer i er det finansielle markedet. Det finansielle markedet tilbyr handel i terminkontrakter og oppgjør mellom børsmedlemmer. I dette markedet opereres det med fire typer derivatkontrakter; futures, forwards, opsjoner og contracts for difference (Nord Pool, 2023).



Figur 2.8 Oversikt over områdene i Nord Pool. Hentet fra Nord Pool.

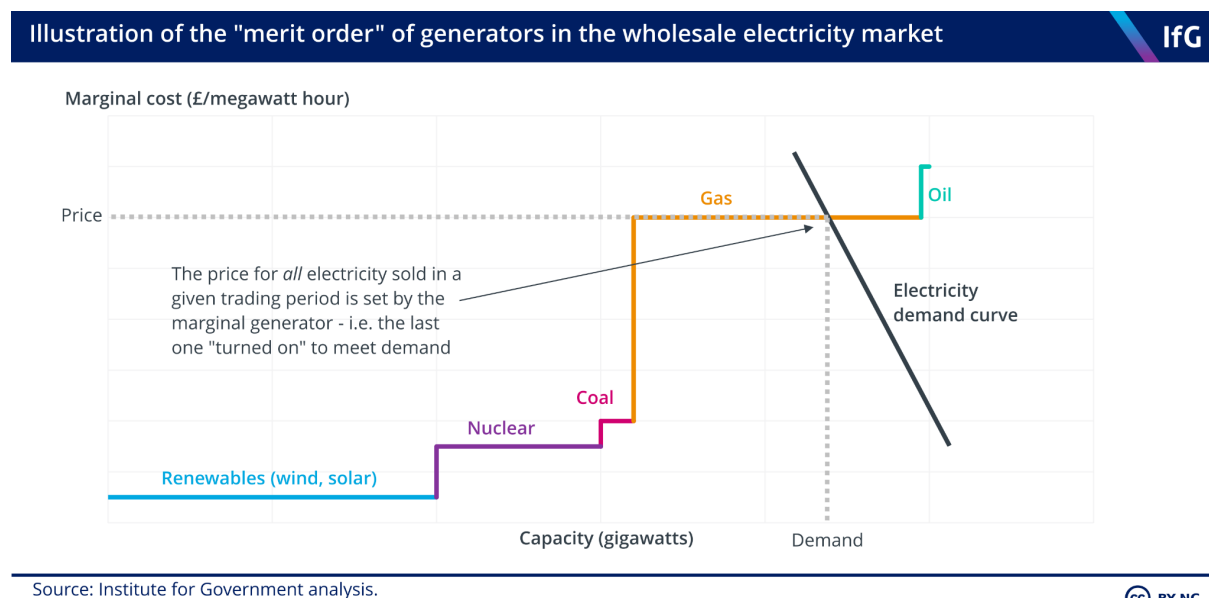
2.3.5 Day-ahead marked

Mayer & Trück (2018) har vist at det er en signifikant lavere samlet prisvariasjon i et day-ahead marked sammenlignet med real time trading. Den samme observasjonen har de gjort på flere andre markeder forskjellige steder rundt om i verden. Resultatet er også likt i markeder som tilbyr både day-ahead og trading til sine kunder (Mayer & Trück, 2018). Disse resultatene samsvarer også med kundeforholdene vi ser hos Nord Pool. I 2021 var turnoveren på day-ahead markedet på 722.9 TWh, mens intraday kun var på 25.18 TWh (Nord Pool, 2022). Dette tyder på at day-ahead markedet er den mest lønnsomme måten for kundene å handle strøm på, da denne delen av markedet ikke er utsatt for regulering og de aktørene som deltar ønsker å maksimere profitt.

For å forklare hva et day-ahead marked er kan man betegne det som en auksjon som selger strøm på forskudd til en gitt pris. Denne prisen kalles for er markedslikevektsprisen eller spotpris. Auksjonen som gjennomføres i day-ahead markedet finner sted 24 timer før strømmen leveres, og markedsdeltakere kjøper og selger på denne måten strøm for det påfølgende døgnet (Institute for Government, 2022).

Prisen i et day-ahead marked blir bestemt av tilbuds- og etterspørselskurven. Markedsaktører sender inn sine tilbud på strøm for hver time neste dag. Budene og tilbudene inkluderer mengden strøm og prisen som deltakeren er villig til å kjøpe eller selge strøm til. Budene og tilbudene samles inn og matches for å bestemme neste dags likevektspris. Likevektsprisen er prisen hvor tilbud er lik etterspørsel hver time. I Nord Pool kalles dette for systempris (Nord Pool, 2023).

Likevektsprisen eller spotprisen bestemmes gjennom en prosess som heter merit order dispatch. Dette betyr at de kraftverkene med lavest pristilbud sendes ut først etterfulgt av de med høyere pristilbud inntil den totale etterspørselen av elektrisitet er dekket. Det høyeste pristilbudet er det som settes som spottpris den timen (Se figur 2.9) (Institute for Government, 2022).



Figur 2.9 Prissetting av systemprisen. Hentet fra Institute for Government.

Når spotprisen er fastsatt vil alle markedsdeltakere som har gitt bud og tilbud for den timen motta spotprisen for sin transaksjon uavhengig av prisen de leverte. Siden det ikke finnes gode måter å lagre store mengder strøm på, er day-ahead markedet et viktig verktøy for å sikre at tilgangen på strøm matcher etterspørselen. Denne måten å handle strøm på gir også en transparent og effektiv måte for markedsaktører å kjøpe og selge strøm på (Institute for Government, 2022).

2.3.6 Intraday marked

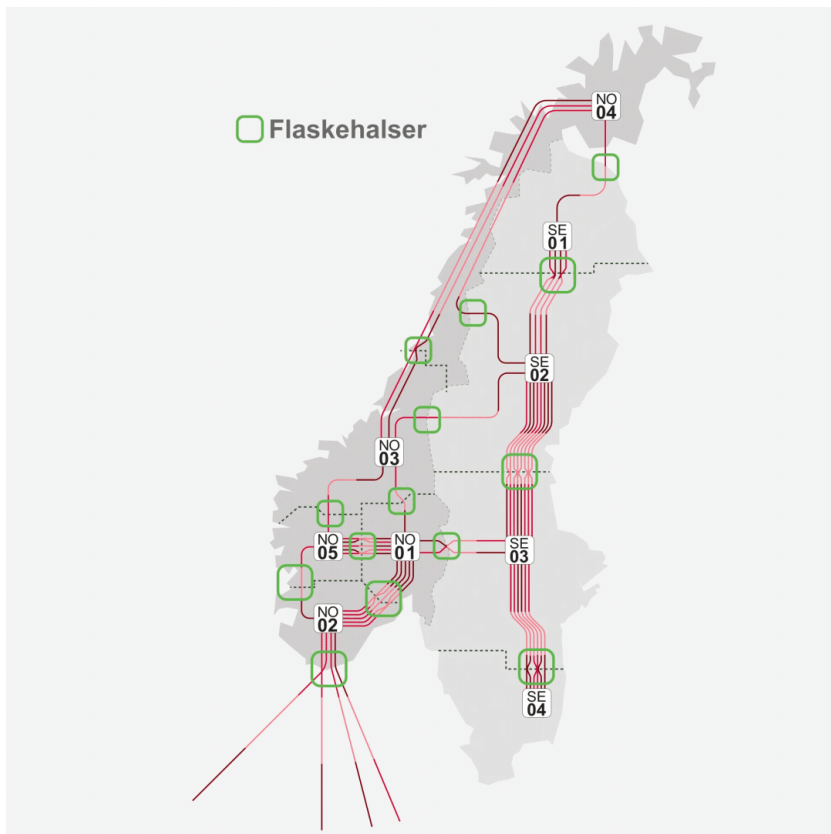
Nord Pools intraday marked er en handelsplattform for handel av strømkontrakter som leveres samme dag som handelen finner sted. Kjøp og salg av strømkontrakter er tilgjengelig helt fram til 15 minutter før levering i noen av Nord Pools prisområder. Intraday markedet gjør det mulig for markedsdeltakere å kjøpe og selge strøm i sanntid for å dekke opp sine umiddelbare behov. Intraday markedet opererer i samme områder som day-ahead markedet. I intraday markedet brukes det en auksjonsmodell som matcher pris og time. Nord Pool sørger for at de høyeste kjøpsordrene og de laveste salgsordrene matches først. Om det fortsatt ligger inne gjenværende bestillinger fortsetter Nord Pool og matche kjøps- og salgsordre fram til alle bestillinger er matchet med en salgsordre. Basert på kjøp og salgsordre som kommer inn for den gitte timen blir det satt en spotpris som alle markedsdeltakere handler for i den gitte økten/timen (Nord Pool, 2023).

2.3.7 Flaskehals i strømtransport

Når systemprisen blir fastsatt er ikke overføringsbegrensningene i strømmettet tatt høyde for. Disse begrensningene eller flaskehalsene som det kalles er vanlig og oppstår som oftest mellom to geografiske områder. Flaskehals er en midlertidig begrensning i transport eller overføring av strøm, som kan føre til ubalanse i tilbud og etterspørsel (Fridolfsson & Tangerås, 2009). Flaskehalsproblemet i Nord Pool markedet er forårsaket av midlertidige begrensninger i overføringskapasiteten mellom land og regioner, dette fører til at det er nødvendig i noen tilfeller å dele markedet opp i ulike prisområder. I Norge er det per dags dato fem forskjellige prisområder (NO1, NO2, NO3, NO4 og NO5), i Danmark er det to (DK1 og DK2) mens i

Sverige er det fire (SE1, SE2, SE3 og SE4). Figur 2.10 viser hvor flaskehals i Norge og Sverige deler strømmarkedet opp i forskjellige prissoner. Disse prisområdene kan ha forskjellig pris. Dersom en transaksjon mellom to områder i Nord Pool markedet fører til en overføring som overstiger kapasiteten, vil en flaskehals dele markedet i to. Overføringen mellom de to områdene begrenses da til det maksimale av kapasiteten og ny likevektspris/spotpris er definert på hver side av flaskehalsen (Lund & Münster, 2006).

Når strøm overføres mellom de forskjellige prisområdene oppstår flaskehalsinntekter. Kjøper av strømmen betaler den prisen som er gjeldende for sitt prisområde, mens produsenten får betalt for den prisen som er gjeldende i området strømmen produseres. Differansen mellom disse prisene er flaskehalsinntekter (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2022). Flaskehalsinntekter inntreffer både internasjonalt og nasjonalt. Internasjonale flaskehalsinntekter oppstår når kraftutveksling mellom land på mellomlandsforbindelser skjer. Da deles inntektene 50/50 mellom eierne av nettet. Om strøm sendes ut av Norge tilfaller 50% av inntektene Statnett og 50% av inntektene til partneren i Sverige. Om det er en kraftutveksling mellom prisområdet innad i landet tilfaller det i sin helhet nettselskapet. I Norge vil da 100% av inntektene tilfalle Statnett (Statnett, 2022). I 2022 var flaskehalsinntektene internt i Norge på 1,2 milliarder euro, mens det inkludert mellomlandsforbindelser genererte en inntekt på 2,1 milliarder euro (Statnett, 2023).



Figur 2.10 Budområder og flaskehalsar i Norge og Sverige. Hentet fra NVE.

3. Tidligere forskning

Den største utfordringen for strøm som råvare er at det ikke er mulig å lagre den på en spesielt god måte. Dette betyr at tilbud og etterspørsel må være tilnærmet likt. Det finnes heller ingen gode måter å transportere strøm på over lange distanser. På land er kostnadene knyttet til langdistansetransport betydelige. Over sjøen er det kun mulig å transportere begrensede mengder korte distanser. Som en konsekvens av dette kan prisen i et deregulert marked endre seg uavhengig av strømprisen i andre deregulerte markeder (Li & Flynn, 2004).

Siden liberaliseringen av strømmarkedet på 1990-tallet har det blitt gjort mye forskning på hvilke faktorer som spiller inn på strømprisene. Likevektsprisen er prisen som klarer markedet og leder til at pris er lik etterspørsel som vist i figur 2.1. I og med at strøm ikke kan lagres i stor skala, er det ekstra viktig å sørge for at tilbud er lik etterspørsel. Om dette ikke er tilfellet kan det føre økonomiske og sosiale konsekvenser (Li & Flynn, 2004). For å sikre at tilbud er lik etterspørsel må strømmen produseres og forbrukes i sanntid, dette er viktig for å opprettholde en stabil og pålitelig forsyning. Hvis etterspørselen av elektrisitet overstiger tilgjengelig forsyning kan strømmettet bli overbelastet. Overbelastning kan for eksempel føre til for strømbrydd. På den andre siden kan overskudd av tilbud føre til bortkastede ressurser og en unødvendig kostnad for produsentene (Weon 2007). For å opprettholde balansen mellom tilbud og etterspørsel bruker elektrisitetsmarkeder forskjellige verktøy og mekanismer. I Nord Pool markedet handles strøm 24 timer før levering via day-ahead markedet og trading via intraday markedet inntil 15 min før levering for å dekke inn uventet etterspørsel (Nord Pool, 2023). Etterspørselsprogrammer og energilagringssystemer er også verktøy som lar nettoperatorene justere tilbud og etterspørsel i sanntid slik at de kan opprettholde et stabilt og pålitelig nett (U.S Department of Energy, 2023). Utfordringen med å sikre at tilbud er lik etterspørsel øker i takt med økt penetrering av fornybare energikilder som vind og solkraft i energimiksen. Fornybare energikilder er mer usikre og ustabile. Utfordringer som ubalanse mellom tilbud og etterspørsel, lav kapasitetsutnyttelse og redusert samlet utnyttelse er bare noen av utfordringene Gan, Jiang, Lev & Zhou, (2020) trekker fram med økt penetrering av fornybare energikilder. (Gan et al., 2020).

Det finnes mye forskning som prøver å forklare variasjon i spotprisen og dens volatilitet. Både Weron (2007) og Li & Flynn (2004) trekker fram forbruk som en nøkkelfaktor. Li & Flynn

(2004) undersøkte dette i 14 forskjellige liberaliserte markeder og kom fram til at prisen i de forskjellige markedene har fundamentale forskjeller i prismønster. Det Nord-Amerikanske markedet viser et monotont døgnprismønster i ukedagene, mens alle andre markeder viser mer enn en pristopp (Li & Flynn, 2004). Alle markedene har forskjellige toppe og bunne i den daglige gjennomsnittspris både i ukedag/arbeidsdag og helg. I noen deregulerte markeder som Storbritannia og Spania fremstår mønstrene forutsigbare og konsistente, mens i andre markeder som Sør-Australia fremstår mønstrene inkonsekvent og uregelmessig uten noe klart mønster eller konsistens i pris og volatilitet. Li & Flynn (2004) viser at markeder som er deregulert har en varierende grad av prisvolatilitet, hvor noen viser mer forutsigbare og konsistente mønstre sammenlignet med andre. De forventede daglige svingningene i prisen varierer betydelig på tvers av disse markedene. Selv etter å ha tatt hensyn til den forventede variasjonen, viser enkelte markeder fortsatt uventede svingninger som er unike for dem. Li og Flynn (2004) trekker spesielt fram at markedene i Storbritannia og Spania har lave verdier av uventet prisvolatilitet. På den andre siden har markeder som Sør Australia og Alberta uregelmessige og inkonsekvente mønstre (Li & Flynn, 2004). Strømprisens volatilitet er noe som er forsket mye på og studien til Chang og Gray (2006) trekker fram at strømprisen er svært volatil, viser sesongvariasjoner i både gjennomsnitt og volatilitet. Volatilitetsklynger er også synlig i strømprisen. Perioder med høy volatilitet har en tendens til å bli etterfulgt av flere perioder med høy volatilitet og perioder med lav volatilitet har en tendens til å bli fulgt av flere perioder med lav volatilitet (Chang & Gray, 2006). Økningen av fornybare energikilder i miksen gjør at strømprisen blir enda mer volatil enn det den har vært tidligere (Lago, Marcjasz, De Schutter & Weron, 2021). Denne påstanden støttes av forskningen til Martinez-Anido et al. (2016) som presenterer i sin konklusjon at strømmarkeder som opplever en større økning av vindkraft opplever en redusert spotpris, men en økt volatilitet. Variasjon i vindkraftproduksjon er svært avhengig av værforhold. Dette fører til at volatiliteten i strømmarkedet øker i takt med penetreringen av vindkraft. Den endrede volatiliteten er størst på kort sikt (Martinez-Anido et al., 2016).

Vi ser at flere undersøkelser rundt penetreringen av fornybare energikilder og dens påvirkning på strømprisen gir samme resultat i forskjellige strømmarkeder. Huisman, Stradnic & Westgaard, (2013) viser betydelig reduserte strømpriser forårsaket av fornybare energikilders penetrering av Nord Pool-markedet (Huisman et al., 2013). Mens O'Mahoney (2011) anslo at i 2009 ville vindkraft sørge for en prisreduksjon på strøm på 12% i det irske strømmarkedet (O'Mahoney, 2011). Bublitz et al. (2017) trekker også fram veksten av fornybare energikilder

som en driver for reduserte strømpriser i det tyske markedet. Penetreringen av fornybare energikilder er ikke den eneste grunnen til prisfallet som mellom 2011 og 2015 var på hele 40%. Funnene de presenterer viser at prisen på fossilt brensel er den dominerende faktoren for fallet i strømprisen. De trekker også fram at inn mot 2020 vil prisen på fossilt brensel være den dominerende prisfaktoren for det tyske strømmarkedet (Bublitz et al., 2017). Studier fra Linn, Muehlenbachs & Wang (2014) bygger oppunder dette og viser til at naturgassprisene har en betydelig effekt på strømprisene. De viser at naturgassprisen har en spesielt stor påvirkning på strømpris-toppene (Linn et al., 2014). Nick og Thoenes (2014) presenterer i sin forskning hva driverne for naturgassprisen er i det tyske markedet. Gassprisen påvirkes av temperatur, lagring og forsyningssvikt på kort sikt, mens på lang sikt er utvikling nært knyttet til både råolje- og kullpriser. Prisen fanger opp det økonomiske klimaet og substitusjonsforholdet mellom de forskjellige energivarene (Nick & Thoenes, 2014). En prisnedgang på naturgass fører til at energiproduksjonen endres fra kull til gass. Denne endringen fører ifølge Linn et al. (2014) til en reduksjon i utslipp, men ikke til en stor nedgang i strømprisen. At markeder som opplever at produsenter erstatter kull med naturgass ikke opplever en stor prisnedgang kan skyldes at kullprisene har en umiddelbar og vedvarende innvirkning på naturgassprisene (Nick & Thoenes, 2014). Studien fra Nick og Thoenes, (2014) finner at det er en gjensidig avhengighet mellom energivarer, og da spesielt kull og naturgass. Derfor vil regionene som opplever størst endring fra kull til gass opplever en større utslippsreduksjon, men en mindre nedgang i strømprisene (Linn et al., 2014). som forklart i kapittel 2.2.2 viser dette at det er flere faktorer som er med på å påvirke prisen i det europeiske strømmarkedet.

Schusser og Jaraité (2018) undersøker hvilke hovedfaktorer som er med på å bestemme strømprisen i Nord Pool markedet. Funnene fra studien viser at tilbud og etterspørsel, temperatur, kullpris, BNP, kjernekraftproduksjon, tidligere elektrisitetspris og eksisterende flaskehalser i nettet er hovedfaktorene (Schusser & Jaraité, 2018). Fridolfsson og Tangerås (2009) gjennomførte en studie om markedsrett i Nord Pool for å avdekke hvorvidt store produksjonsselskaper utnytter sin markedsrett for å sikre økt fortjeneste eller om strømprisen kun gjenspeiler priser på fossilt brensel, utslippskostnader og energiavgift. Resultatet fra studien finner ingen bevis for åpenbar og systematisk utnyttelse av markedsrett for å påvirke spotprisen. Studien framhever imidlertid uløste problemer som tyder på markedsrett. Funnene som nevnes er blant annet underinvestering i kapasitet, utnyttelse av vertikal markedsrett som referer til et firmas evne til å påvirke eller kontrollere pris på forskjellige stadier av produksjon

eller distribusjon, kjøpers markedsmakt som referer til evnen en stor kjøper har til å forhandle fram lavere pris og bedre vilkår på grunn av deres innflytelse og insentiver til å redusere kjernekraft i grunnlasten. (Fridolfsson & Tangerås, 2009). Det finnes flere eksempler på hvordan hovedfaktorene som Schusser og Jaraitè (2018) trekker fram har påvirket strømprisen. I 2009 oppsto det en uenighet mellom Ukraina og Russland. De to landene klarte ikke å bli enig om prisen eller transittavgiften for gassen som transporteres mellom Russland og Vest-Europa gjennom Ukraina. Uenigheten varte i to uker og førte til at gassleveransen mellom Russland og Europa ble påvirket i en periode på 20 dager. På dette tidspunktet kom 25% av gassforsyningene til det europeiske markedet fra Russland. De manglende naturgassforsyningene medførte en økning i gassprisene på 30% de påfølgende 12 ukene og var den største påvirkningen av gassprisen i den perioden (Nick & Thoenes, 2014). I 2012 opplevde Russland i en periode på 2 uker en stor etterspørsel på gass internt i Russland, noe som gjorde at de i den perioden leverte ca 20% mindre gass til Europa enn det som var avtalt. Nick og Thoenes (2014) funn viser at februar 2012 sammenfaller med unormalt lave temperaturer. Resultater indikerer at de unormalt lave temperaturene kan forklare en større andel av den faktiske prisøkningen enn den relativt lave mengden gass som ikke ble levert. Sebastian og Stefan konkluderer med at prisøkningen var drevet av et positivt etterspørselssjokk heller enn av midlertidig reduksjon i gassforsyningen (Nick & Thoenes, 2014)

Iman et al. (2015) finner i sin forskning at konsekvensene av Russlands reduserte status som en supermakt har ført til at landet i større grad er avhengig av olje- og gassinntekter for å nå sine politiske sine mål. Russland bruker energi som et politisk og praktisk verktøy for å forhindre utvidelsen av NATO mot sine grenser. Dette har ført til mistillit til Russland som stabil leverandør og ført til at land henvender seg til andre, mer stabile leverandører. For å motarbeide Russlands økende politiske bruk av energi har sanksjoner mot russisk økonomi og energisektor blitt brukt fordi energi er Russlands viktigste inntektskilde. Det har også foregått en intens kamp mellom USA og Russland i et forsøk om å kontrollere energihandel, markeder og teknologier for å sikre økonomisk makt. Handelskonflikten har påvirket Russlands evne til å fremme sine mål. Usikkerheten rundt Russlands egentlige motiver har ført til et fenomen som går under navnet "energi frykt" i Europa. EU jobber for å diversifisere gassimporten og begrense avhengigheten av russisk gass.. Samlet sett har Russlands avhengighet av olje- og gassinntekter begrenset dets evne til å framme sine mål og har satt landet i en sårbar posisjon i det internasjonale systemet (Iman et al., 2015).

Lo, Marcelin, Bassène & Sène, (2022) skriver i sin forskning om hvordan konflikten mellom Russland og Ukraina påvirker det finansielle markedet og avhengigheten av russiske varer. Russland og Ukraina er blant verdens største produsenter av metaller som nikkel og palladium (EIA, 2022). og Russland leverer 19% av verdens gass (Lo et al., 2022). Lo et al. (2022) trekker fram Rigbon og Sack (2005) sin forskning som undersøker virkningen av krigsrisiko på finansmarkedene, og skiller mellom de dagene hvor det er krigsrelaterte nyheter og de dagene uten. Basert på tidligere forskning sier Lo et al. (2022) at det er flere grunner til at vi kan forvente at krigsrisiko vil tyngre det globale finansmarkedet. 3 grunner trekkes fram: Grunn nummer 1 er hvordan det globale finansmarkedet er bygget opp. Markedssammenhengen fører til at endringer i pris i et marked påvirker priser i et annet. EU har vært helt avhengig av russisk olje og gass. Innen tre måneder etter at USA avslørte en nært forestående Russisk invasjon av Ukraina (Washington Post, 2022) steg råoljeprisen med 68,43% fra USD 66,26 per fat 3. desember 2021 til USD 111,60 per fat den 22. mars 2022. Økningen fortsatte etter invasjonen og den toppet seg 8 mars 2022 med en pris på USD 123,7 per fat, en økning på 86,7% (Lo et al., 2022).

Den andre grunnen er Russlands påvirkning på verdensøkonomien og avhengighet av russiske varer som blir forstyrret av militære konflikter og handelskrig. Det finnes mye forskning på avhengighetshypoteser ved globale hendelser, militære konflikter og voldelige hendelser for å teste markedsvolatilitet. Lo et al. (2022) trekker fram forskning fra (Chau et al., 2014; Chesney et al., 2011; Jackson, 2008; Karolyi, 2006). Forskningen deres viser en grad av avhengighet mellom verdensøkonomien og Russland.

Det siste punktet som trekkes fra av Lo et al. (2022) er brudd på den globale forsyningskjeden. Funnene fra studien til Lo et al. (2022) viser at finansmarkedet reagerte negativt på sjokket som oppsto da Russland invaderte Ukraina med redusert aktiv avkastning og økt volatilitet. Finansmarkedet oppfatter avhengigheten til russiske råvarer som en risikofaktor. Studien viser at alle markedene ble negativt påvirket av invasjonen, men markeder som i større grad er/var avhengig av russiske råvarer blir hardere rammet (Lo et al., 2022).

I 2020 fikk Europaparlamentet overlevert en studie fra AFET kommitéen om hvordan energi blir brukt som et verktøy for utenrikspolitikken til autoritære stater, spesielt Russland.

Rapporten legger fram at Russland har brukt sin energiekspport som et verktøy for å sikre større utenrikspolitisk innflytelse. Russland er bevisst i bruken av forsyningsforstyrrelser, prisrabatter eller prisøkningen og alternative transitruter som Nord Stream 2 og Turkish Stream for å forfølge sin utenrikspolitiske agenda. Russlands kontroll over transportinfrastrukturen gjennom eierskap av kritiske forsyningsrørledninger tillater Russland å utøve sin politiske innflytelse og opprettholde sin monopolske maktposisjon (Korteweg, 2018). Russland bruker sin ressursrikdom for å sikre regime i Kremles overlevelse og forhindre innblanding utenfra. Ressursene brukes også for å opprettholde og øke Russlands politiske innflytelse i nabolandene, og for å utøve politisk press på sluttbrukeren (Korteweg, 2018). Ifølge rapporten er 15 medlemsland i EU avhengig av russisk gass for mer enn halvparten av sine gassforsyninger. Denne avhengigheten skaper en sårbarhet for politiske forhandlinger og bruk av energitvang (Korteweg, 2018). Russlands manglende åpenhet rundt motivene for de energipolitiske beslutningene vekker mistanke om Russlands egentlige motiver. Det er vanskelig å skille mellom rent økonomiske motiver og de som forfølges av politiske mål. Selv når kommersielle aktører som Gazprom eller Rosneft tilbyr løsninger, gir dette ikke noe bevis for at det ikke ligger et politisk motiv bak. Selv nekter Russland for at de bruker sin energiekspport for å oppnå utenrikspolitiske mål, samt å forvirre og skremme sine naboer for å øke Russlands innflytelse. På bakgrunn av denne usikkerheten har EU investert i nye forsyningsløsninger som LNG for å bygge et mer integrert europeisk marked og diversifisere forsyninger (Korteweg, 2018).

4. Empirisk del

I den første delen av dette kapittelet vil vi presentere og forklare nøkkelbegreper og terminologi som er sentrale for å forstå statistiske analyser utført i denne studien og knytte det til bruken for vår oppgave. Kjennskap til disse begrepene vil gi leseren et solid fundament for å tolke og vurdere resultatene av analysene som presenteres senere i dette kapittelet. Videre i delkapittel 4.2 og 4.3 vil vi gjennomgå dataene og de deskriptive analysene vi gjennomfører, før vi viser og gjennomgår resultatene vi har kommet frem til.

4.1 Statistiske begreper og terminologi

4.1.1 Analysevariabler i studien

I dette delkapittelet vil vi gjennomgå noen grunnleggende begreper som brukes i statistisk analyse innenfor målenivåene i statistikk som er sentralitet, spredning og moment. Vi vil gå gjennom og forklare gjennomsnitt, standardavvik, skjevhet, kurtose, minimum, maksimum, p-verdi, hypotesetesting og testobservator. Dette gjør vi for å gi leseren en kort oppsummering på disse begrepene og vise hvordan de brukes i oppgaven og analysen.

4.1.2 Gjennomsnitt

Gjennomsnittet er en sentral deskriptiv statistikk som gir en representasjon av den sentrale tendensen i et datasett. Det beregnes ved å summere alle verdiene i tallserien/datasettet og deretter dele summen med antall observasjoner. Gjennomsnittet av en tallrekke kan i følge Ubøe (2012) beregnes ved hjelp av følgende formel:

Gitt n observasjoner av variabel X , er gjennomsnittet \bar{x} gitt ved formelen

$$\bar{x} = \frac{1}{n}(X_1 + X_2 + \dots + X_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (4.1)$$

4.1.3 Standardavvik

Standardavviket er et mål for spredning eller variasjon i en tallrekke. Det beregnes som kvadratroten av variansen. Man kan bruke følgende formel (Ubøe, 2012):

$$S = \sqrt{S^2} \quad (4.2)$$

Der variansen til utvalget er S^2 , standardavviket S er kvadratroten av variansen.

4.1.4 Skjevhet

Skjevhet er et mål for asymmetrien i en fordeling (Bulmer, 1979). En positiv skjevhet indikerer en fordeling med en lengre hale mot høyre, mens en negativ skjevhet indikerer en hale mot venstre (Joanes & Gill, 1998). Skjevhet beregnes ved hjelp av formelen (Bulmer 1979):

$$\text{Skjevhet } (S) = E \left(\frac{X - \mu}{\sigma} \right)^3 \quad (4.3)$$

I denne formelen er E forventningsverdien, X er en tilfeldig variabel, μ er gjennomsnittet og σ er standardavviket.

4.1.5 Kurtose

Kurtose er et mål som beskriver tykkelsen av halene og graden av sentral tetthet i en fordeling (Bulmer, 1979). En høyere kurtose indikerer en fordeling med tykkere haler og mer sentral tetthet, mens en lavere kurtose indikerer en fordeling med tynnere haler og mindre sentral tetthet (DeCarlo, 1997). Kurtose beregnes ved hjelp av formelen (Bulmer, 1979):

$$\text{Kurtose } (K) = E \left(\frac{X - \mu}{\sigma} \right)^4 \quad (4.4)$$

E er forventningsverdien, X er en tilfeldig variabel, μ er gjennomsnittet og σ er standardavviket.

4.1.6 Minimum og maksimum

Innenfor matematikk er minimum og maksimum grunnleggende konsepter som ofte brukes i deskriptiv statistikk.

Disse konseptene refererer til punkter i en funksjon der funksjonsverdien er minst (minimum) eller (størst) maksimum i forhold til de nærliggende verdiene (Bierlaire, 2015). For å si det på en forenklet måte: minimum og maksimum representerer henholdsvis den laveste og høyeste verdien i datasettet vårt.

4.1.7 P-verdi og hypotesetesting

P-verdien er en statistisk verdi i hypotesetesting. Den representerer sannsynligheten for å observere en teststatistikk minst like ekstrem som den vi faktisk observerte, gitt at nullhypotesen er sann (Moore, McCabe & Craig, 2012).

Dette innebærer at nullhypotesen opprettholdes dersom signifikansnivået α er mindre enn eller lik den beregnede p-verdien. I motsatt tilfelle, når signifikansnivået er større enn eller lik p-verdien vil nullhypotesen forkastes (Ubøe, 2012).

4.1.8 Nullhypotese og alternativ hypotese

I hypotesetesting har vi to motstridende hypoteser: nullhypotesen og alternativhypotesen. Nullhypotesen H_0 er en påstand om at det ikke er noen forskjell eller effekt mellom to eller flere grupper (Moore et al., 2012). Alternativhypotesen H_1 er påstanden som motsier nullhypotesen og innebærer at det er en effekt eller forskjell (Moore et al., 2012).

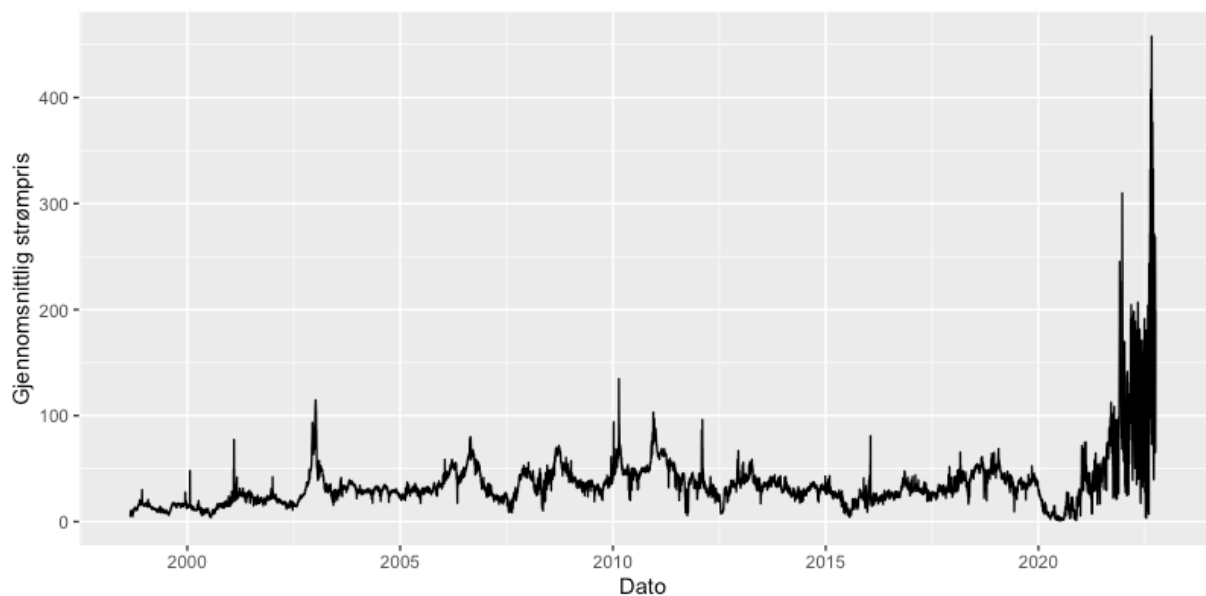
4.1.9 Testobservator

Testobservatoren, ofte betegnet som W (Ubøe, 2012), er en teststatistikk som brukes i hypotesetesting for å sammenligne observerte data med det som forventes under nullhypotesen (Moore et al., 2012) Denne teststatistikken følger en bestemt sannsynlighetsfordeling, som avhenger av antagelsene og testen som benyttes (Moore et al., 2012).

4.2 Data og deskriptive analyser

4.2.1 Datagrunnlag og forberedelse

I denne oppgaven benytter vi offentlig tilgjengelige data fra Nord Pool, som strekker seg fra 30. august 1998 til 3. oktober 2022. Datasettet omfatter systempris (spotpris) per time samt timepriser for hver av sonene i Nord Pool-markedet. Vi fokuserer ikke på spesifikke soner i Nord Pool, men heller på Nord Pool-markedet som helhet. I analysene anvender vi derfor Nord Pools systempris, også kjent som spotpris.



Figur 11 Visualisering av systemprisen for Nord Pool 30. august 1998 - 3. oktober 2022.

Vi analyserer perioden før og etter invasjonen av Ukraina ved å benytte et datasett med data i 15 måneder i perioden rundt invasjonen. Av dette datasettet har vi generert to nye datasett med en tidsramme på litt over 7 måneder. Dette gjør det mulig å sammenligne og utføre statistiske tester for å undersøke eventuelle signifikante endringer i gjennomsnittsprisen og volatiliteten i Nord Pools system-/spotpris. I Figur 4.1 ser vi en visuell fremstilling av systemprisen for Nord Pool i perioden 30.08.1998 - 03.10.2022. Denne grafen viser at det har vært flere perioder med prisstigninger gjennom årene, men en betydelig økning observeres mot slutten av perioden.

Hoveddatasettet for hele denne perioden, fra 30. august 1998 - 3. oktober 2022, inneholder 8802 observasjoner, mens de to datasettene før krigen (17. juli 2021 - 23. februar 2022) og etter krigen startet (24. februar 2022 - 3. oktober 2022) består av 222 observasjoner hver, som vil si at perioden 17. juli 2021 - 3. oktober 2022 har 444 observasjoner. Vi benytter dato og den daglige gjennomsnittlige systemprisen som variabler i analysene, etter å ha forberedt og renset datasettet grundig for å sikre pålitelighet og validitet i resultatene.

I analysen konverterer vi dataene for å beregne realisert volatilitet per dag. Vi anvender deretter denne informasjonen til å utføre tester som gir innsikt i endringer i volatilitet før og etter invasjonen, noe som bidrar til en dypere forståelse av hvordan hendelsen påvirket volatiliteten i markedet. Disse punktene er noe vi vil gå mer inn på i den neste delen av kapittelet.

4.2.2 Deskriptiv statistikk

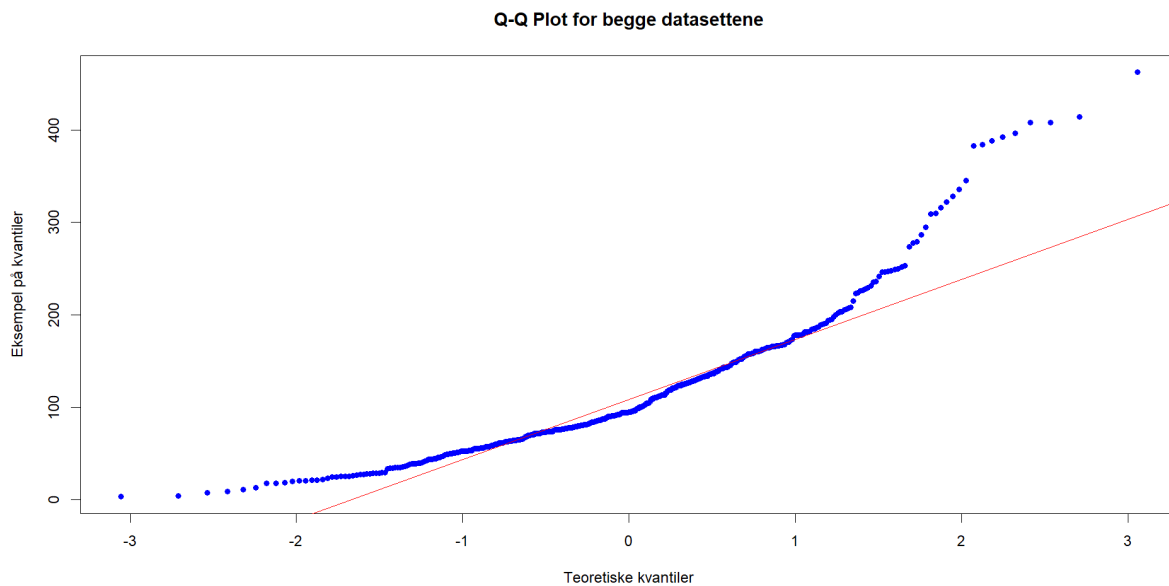
Tabell 1

Deskriptiv statistikk av utvalgperiodene

Data	Antall	Gj.snitt	Std.avvik	Skjevhet	Kurtose	Min.	Maks.
Hele perioden	8802	36.00	28.96	5.34	49.43	0.60	457.75

Før invasjonen	222	86.06	44.04	1.56	7.06	21.02	309.86
Etter invasjonen	222	146.97	87.60	1.04	4.41	3.56	457.75

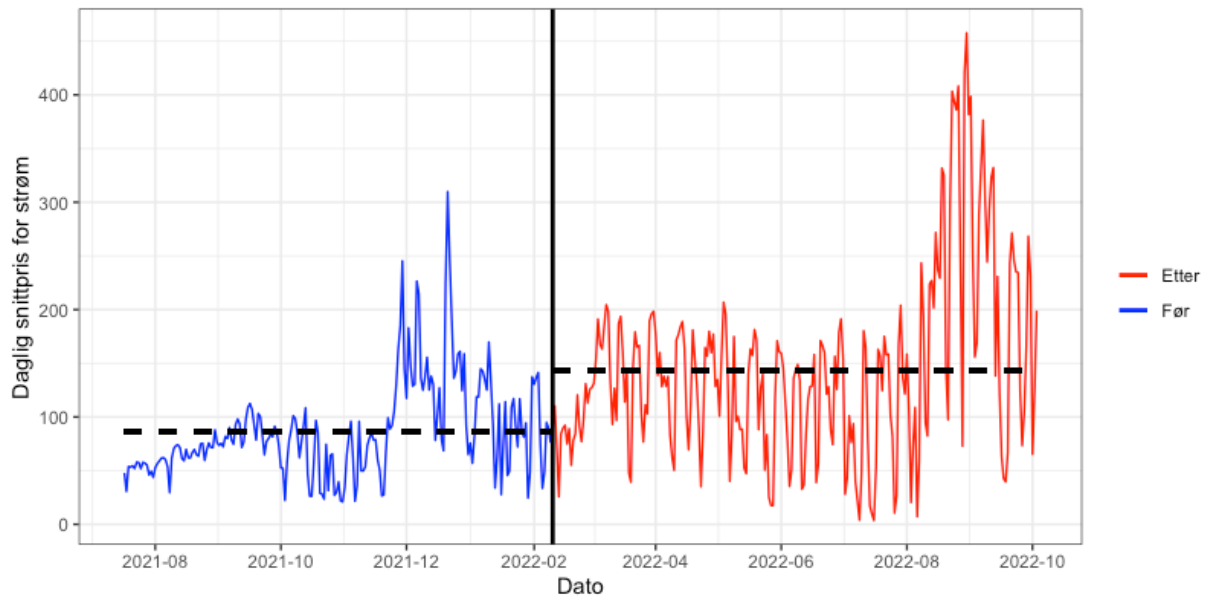
Tabell 1 presenterer deskriptiv statistikk for datasettet, inkludert hele perioden og de to utvalgsperiodene for strømprisene i Nord Pool. Utvalgsperioden 17. juli 2021 - 23. februar 2022 representerer dataene før invasjonen, mens perioden 24. februar 2022 - 3. oktober 2022 brukes for å analysere strømprisen etter invasjonen. Vi gjennomfører en Shapiro-Wilk-test for å teste om datasettene er normalfordelt eller ikke. Resultatene vi får fra testen indikerer at dataene for begge periodene ikke følger en normalfordeling, og figur 4.2 illustrerer ikke-normalfordelingen.



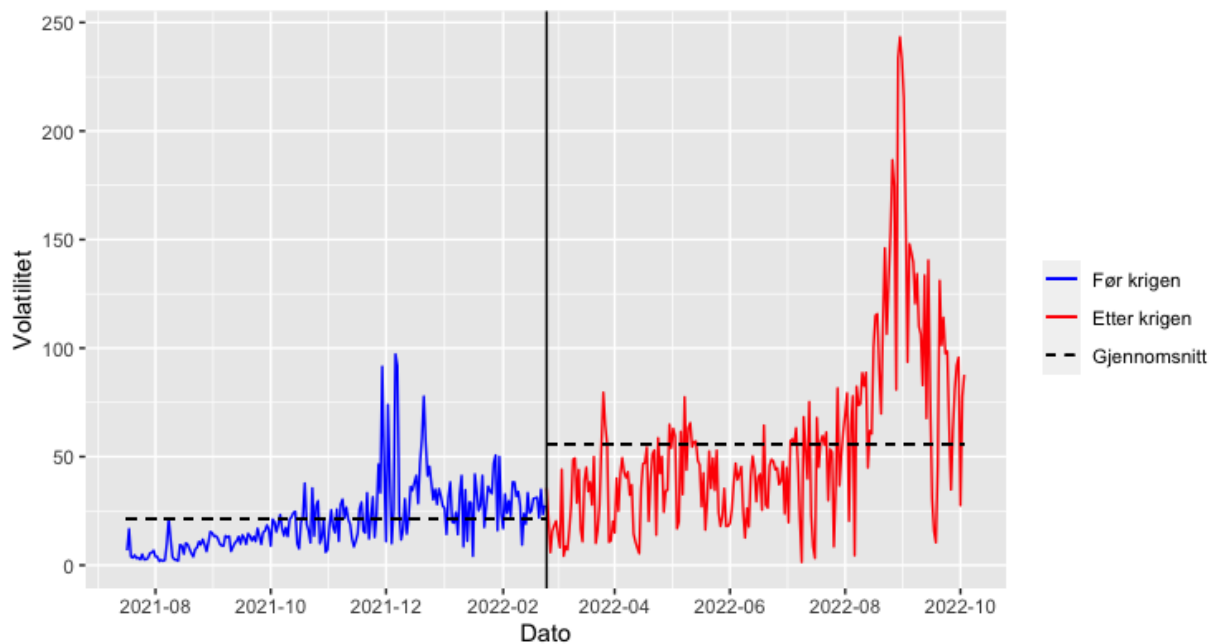
Figur 12 Visualiserer funnene i Shapiro-Wilk testen på datasettet før og etter invasjonen

Tabell 1 viser at gjennomsnittet for Nord Pool systempris økte med 71% etter Russlands invasjon av Ukraina sammenlignet med før invasjonen. Videre indikerer en økning av standardavviket at det er et bredere spekter i prisen og økt volatilitet. Minimums- og

maksimumsverdiene endres også før og etter invasjonen, noe som tyder på flere ekstreme verdier i dataene etter invasjonen. Skjevheten avtar etter invasjonen, noe som innebærer færre lave priser og flere høye priser etter invasjonen. Dette gjenspeiles i den økte gjennomsnittsprisen etter invasjonen.



Figur 13 Systempris for Nord Pool 17. juli 2021 - 3. oktober 2022.



Figur 14 Realisert volatilitet for Nord Pool 17. juli 2021 - 3. oktober 2022.

Figur 4.3 illustrerer gjennomsnittlig systempris for Nord Pool i perioden 17. juli 2021 - 3. oktober 2022, med en inndeling mellom før og etter krigsutbruddet. Den blå delen av grafen representerer perioden før krigen, men den røde delen viser perioden etter krigen. Den svarte vertikale linjen skiller de to periodene og den prikkete svarte horisontale linjen indikerer gjennomsnittsprisen for hver av periodene.

Figur 4.3 viser at gjennomsnittsprisen er høyere etter at krigen startet, noe man ser både med den røde linjen og med den prikkete linjen som viser gjennomsnittsprisen. Vi ser store svingninger i figur 4.4 og en økt gjennomsnittlig volatilitet etter invasjonen. Dette tyder på at en økt volatilitet etter invasjonen

Figur 4.4 viser realisert volatilitet for Nord Pool i perioden 17. juli 2021 - 3. oktober 2022, og gir en visuell fremstilling av svingninger i strømprisen. Den svarte vertikale linjen deler datasettet i perioder før og etter krigen, og den svarte prikkete linjen representerer gjennomsnittlig realisert volatilitet for hver av de to periodene. Det er store svingninger i begge periodene, men den viser en økning i realisert volatilitet etter at krigen startet.

Oppsummert antyder den deskriptive statistikken at Nord Pool systemprisen opplevde en betydelig økning i pris og volatilitet etter Russlands invasjon av Ukraina.

4.3 Statistisk test

4.3.1 Mann-Whitney U test

Mann-Whitney U testen som også går under navnet Wilcoxon Rank Sum Test er en statistisk test som tester forskjellen i gjennomsnitt i to uavhengige utvalg. Testen er en ikke-parametrisk test og brukes når utvalgene ikke er normalfordelt, som den deskriptive analysen viser er tilfelle for våre data.

Mann-Whitney U testen brukes til å teste om to utvalg sannsynligvis kommer fra samme populasjon. Resultatet til Mann-Whitney U testen ligner på det å sammenligne medianen av de to utvalgene.

Teststatistikken for Mann Whitney U-testen er betegnet med U og er den minste av U_1 og U_2 , definert nedenfor.

$$U_1 = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1+1)}{2} - R_1 \quad (4.5)$$

$$U_2 = n_1 n_2 + \frac{n_2(n_2+1)}{2} - R_2 \quad (4.6)$$

der R_1 = summen av rekkene for gruppe 1 og R_2 = summen av rekkene for gruppe 2.

Mann-Whitney U-testen utføres ofte som en tosidig test. Forskningshypotesen ved en tosidig test er at populasjonene ikke er like. Den tosidige testen spesifiserer ikke hvilken av utvalgene som er forskjellig og i hvilken retning. Den bare konstaterer om det er en forskjell eller ikke.

Om interessen ligger i å oppdage om det er et positivt eller negativt skifte i populasjonen sammenlignet med den andre, anvender man en ensidig forskningshypotese på Mann-Whitney U-testen. Prosedyren for testen går ut på å slå sammen observasjonene fra de to prøvene til én kombinert prøve, holde oversikt over hvilket utvalg hver observasjon kommer fra, og deretter rangere lavest til høyest fra henholdsvis 1 til n_1+n_2 . (Boston University School of Public Health, 2017)

4.3.2 Resultat av Mann-Whitney U Test

Tabell 2

Resultat av Mann-Whitney U test

Indikator	Test- observatør W	P-verdi	Alternativ hypotese
Gj.snittspris	13028	< 2.2e-16	True location shift is not equal to 0
Gj.snittlig volatilitet	36256	< 2.2e-16	True location shift is not equal to 0

I tabell 2 viser W-kolonnen testobservatør-kolonnen teststatistikken av en tilfeldig variabel, p-verdi kolonnen viser de tilsvarende p-verdiene, og kolonnen alternativ hypotese viser den

alternative hypotesen for hver test. Radene for gjennomsnittlig pris og realisert volatilitet representerer resultatene av testene for de respektive indikatorene før og etter invasjonen.

Vår studie har som mål å undersøke hvorvidt egenskapene til europeiske strømpriser endret seg etter invasjonen av Ukraina. For å teste om det er signifikante endringer i pris og volatilitet benytter vi Mann-Whitney U test på den daglige gjennomsnittsprisen og daglig realisert volatilitet i utvalgsperioden før og etter invasjonen.

Vi ser først på resultatene for selve strømprisnivået. Tabell 2 viser at prisnivået på strøm er signifikant forskjellig i de to utvalgsperiodene ($p < 0.001$). Vi kan dermed forkaste nullhypotesen om at det ikke er noe forskjell i gjennomsnittsprisen etter Russlands invasjon av Ukraina. Den deskriptive statistikken presentert i tabell 1 viser at gjennomsnittlig strømpris er betydelig høyere i perioden etter invasjonen (147,97€/MWh) sammenlignet med perioden før invasjonen (86,60€/MWh). Mann-Whitney U testen viser at forskjellen er statistisk signifikant på 0.1% nivået. Vi ser fra tabell 1 at gjennomsnittsprisen før invasjonen er på 86,6 €/MWh mens etter invasjonen er på 147,97€/MWh noe som er en betydelig forskjell. Forskjellen kommer tydelig fram i figur 4.3 hvor vi ser en tydelig forskjell i gjennomsnittspris før og etter invasjonen.

For volatiliteten viser tabell 2 en statistisk signifikant forskjell i volatilitet i de to utvalgsperiodene ($p < 0.001$). Vi kan derfor forkaste nullhypotesen om at det ikke er noe forskjell i volatilitet etter Russlands invasjon av Ukraina. Den deskriptive statistikken presentert i tabell 1 viser at volatiliteten er betydelig høyere i perioden etter invasjonen med en standardavvik på 87,6 sammenlignet med perioden før invasjonen med et standardavvik på 44,04. Mann-Whitney U testen viser at forskjellen er statistisk signifikant på 0.1% nivået. Forskjellen er tydelig visualisert i figur 4.4.

Basert på resultatene fra Mann-Whitney U testene den deskriptive statistikken og visualiseringene kan vi konkludere med at det er en signifikant økning i gjennomsnittspris og volatilitet i Nord Pools spotpris etter Russlands invasjon av Ukraina. Vi forkaster derfor nullhypotesen om at det ikke er en signifikant statistisk forskjell i gjennomsnittspris og volatilitet etter Russlands invasjon av Ukraina.

5. Diskusjon

I dette kapittelet vil vi analysere resultatene av analysene våre og plassere disse i sammenheng med tidligere forskning. Formålet er å trekke en best mulig konklusjon basert på disse sammenligningene.

5.1 Diskusjon av resultatene

Resultatene av Mann-Whitney U-test testene viser at det er en signifikant forskjell i Nord Pools strømpris og dens volatilitet før og etter Russlands invasjon av Ukraina. Både strømprisen og dens volatilitet har økt betydelig etter invasjonen, og våre analyser viser altså at forskjellene er statistisk signifikante, noe som betyr at vi kan forkaste nullhypotesen (se tabell 2). Disse funnene samsvarer med våre forventninger om at en geopolitisk hendelse kan ha en betydelig innvirkning på Nord Pool energimarked og den europeiske strømprisen.

EU er i følge World Economic Forum (2023), sterkt avhengig av energiimport i sin energimiks, i 2021 var 83% av gassen i EU importert (European council, 2023). Russland er hovedleverandør av naturgass til Europa og 15 av EUs medlemsland er avhengig av russisk gass for mer enn halvparten av sin gassforsyning (Korteweg, 2018). Dette har gjort Russland til en kritisk aktør i den europeiske energimiksen. Denne avhengigheten til et enkelt land har gjort Europa sårbar for forsyningsforstyrrelser og prisvolatilitet. I rapporten Korteweg (2018) leverte til det Europeiske parlament presenterer han i sine funn at Russland mangler åpenhet rundt sine energipolitiske beslutninger noe som vekker mistanke om Russlands egentlige motiver. Funnene til Korteweg (2018) viser at Europas avhengighet av naturgass fra Russland utgjør en betydelig risiko for energisikkerheten på kontinentet (Korteweg, 2018).

Siden har EU tatt flere skritt for å redusere sin avhengighet av importert fossilt brensel, spesielt fra Russland, og forbedre sin energisikkerhet. Diversifisering av energikilder, økt energieffektivitet og investering i fornybare energikilder er avgjørende for å sikre at Europa har sikker, rimelig og bærekraftig energi i tiden framover (Korteweg, 2018). Dette har endrettet landes fokus i energi trilemmaet over til et høyere fokus på energisikkerhet. EUs sårbare energisituasjon kom tydelig fram da Russland invaderte Ukraina. Etter Russland invaderte Ukraina den 24.02.22 har vi sett en økning i gjennomsnittsprisen og gjennomsnittlig

volatiliteten i Nord Pools spotpris (se tabell 1). Den økte volatiliteten vi ser i Nord Pools spotpris etter invasjonen kan skyldes endringer i markedsaktørenes risikooppfatning samt påvirkningen av grunnforholdene i markedet som ressurstilgjengelighet eller endringer i værmønsteret. I vårt tilfelle vet vi at tilgang på russisk gass har blitt strupt som følge av russisk energipolitikk og sanksjoner mot den russiske økonomien. Vi vet fra tidligere forskning fra Nick og Thoenes (2014) at leveringsstans av gass mellom Russland og EU i en lengre tidsperiode fører til en økning i gassprisen. Lo et al. (2022) trekker fram i sin studie at det er en viss grad av avhengighet mellom verdensøkonomien og Russlands handlinger. Det er derfor ingen stor overraskelse at Russlands handlinger påvirker gassprisen globalt og verdensøkonomien. Russland er den største leverandør av gass til Europa og verden. 19% av verdens gasseksport skjer fra Russland (Marcelin et al., 2022). Som en følge av vestlige sanksjoner og russisk hybrid krigføring har Europa etter invasjonen nesten ikke importert russisk gass (se figur 2.4). På kort sikt har dette ført til knapphet på gass, som igjen påvirker strømprisene. I kapittel 2.2.2 beskriver vi hvordan EU erstattet russisk gass i sin energimiks. Weron (2007) og Li & Flynn (2004) viser gjennom sin forskning at tilbud og etterspørsel er avgjørende faktorer for å fastsette pris på gass. Hvis etterspørselen etter gass overstiger tilbudet, vil prisen på gass stige. Bublitz et al. (2017) trekker fram i sin studie at i Nord Pool markedet er prisen på fossilt brensel som blant annet gass fortsatt den viktigste faktoren for å fastsette strømprisen. Dette betyr at en prisøkning på fossilt brensel som gass vil ha en direkte påvirkning på Nord Pools spotpris som illustrert i Figur 2.9.

Mangel på gass kan føre til økte produksjonskostnader og tvinge energiprodusenter til å finne alternative kilder for å møte etterspørselen i markedet, som for eksempel kull. En studie utført av Nick og Thoenes (2014) viser at det er en gjensidig avhengighet mellom energikilder, spesielt kull og naturgass. Dette betyr at en prisøkning på gass kan føre til en økning i prisen på kull. Mikroøkonomisk teori forklarer dette og viser at det er en gjensidig avhengighet mellom markeder og at endringer i ett marked kan påvirke et annet marked gjennom substitusjonseffekter, komplementeffekter og input-output koblinger. Dette betyr at etterspørselen etter et produkt kan være følsom for hva som skjer i markedet for andre produkter, og at prisendringer eller andre endringer i et marked kan føre til endringer i et annet marked (Riis & Moen, 2016).

Europa har en utfordrende energisikkerhetssituasjon på grunn av avhengigheten av russisk fossilt brensel i sin energimiks. Russland har utnyttet sin posisjon som Europas største gassleverandør til å fremme sine egne utenrikspolitikk og innflytelse. (Iman et al., 2015). Som følge av Russlands invasjon av Ukraina har EU lagt fram en plan for å gjøre EU uavhengig av russisk fossilt brensel før 2030 (European Commission, 2022). Utfasingen av russisk fossilt brensel fra Europas energimiks vil bidra til å styrke energisikkerheten i EU på flere måter. For det første vil dette redusere Europas avhengighet av import av fossilt brensel fra en geopolitisk ustabil kilde (Korteweg, 2018).. Dette kan bidra til å redusere risikoen for avbrudd i forsyningene og mulig prissvolatilitet på grunn av geopolitiske hendelser, som for eksempel konflikten mellom Russland og Ukraina. For det andre vil dette bidra til å fremme bærekraften ved å redusere klimagassutslippene som er forbundet med bruken av fossilt brensel. Dette vil bidra til at EU når sine klimaforpliktelser med å redusere klimagasser og fremme en overgang til et lavkarbonsamfunn. Selv om det kan være noen økte kostnader forbundet med å erstatte russisk fossilt brensel med regionale fornybare energikilder og energi import fra allierte, kan dette bidra til å styrke energisikkerheten til EU. (Iman et al., 2015). Et eksempel på hvordan land i EU har agert på Russlands er hvordan Tyskland har endret sin energipolitikk som følge av invasjonen. I stedet for å importere fossilt brensel fra Russland, har tyskland økt sin satsing på fornybare energikilder, de har gjenåpnet noen kullkraftverk i en overgangsperiode for å møte etterspørselen, planen er igjen å gradvis fase ut disse kraftverkene i fremtiden. Samtidig har Tyskland utvidet driftstiden til flere atomkraftverk for å opprettholde en stabil energiforsyning (Øystese, 2022). Tysklands mål er å bli mer uavhengig av import fra Russland og å redusere utslipp av klimagasser ved å øke forbruket av fornybare energikilder. Som med Tyskland har også resten av Europa på kort sikt erstattet russisk gass med kull og gassimport fra allierte (Se figur 2.5). På lengre sikt er fornybar energi et av alternativene som EU håper vil erstatte import av gass fra ustabile leverandører og sikre energitilgjengelighet på kontinentet. Tidligere forskning viser at en større penetrering av fornybare energikilder fører til lavere pris, men høyere volatilitet (Talari, S 2017). Det finnes mye forskning på hva som vil skje med strømprisen når fossilt brensel erstattes med fornybare energikilder. Chang og Gray (2006) og Martinez-Anido et al. (2016) viser med sin forskning at en økende penetrering av fornybare energikilder fører til at strømprisen blir mer volatil. Produksjonsegenskapene til vind og solkraft er avhengig av værforhold. Det er dermed vanskeligere å matche tilbud med etterspørsel i sanntid, og det finnes foreløpig ingen kostnadseffektive måter å lagre store mengder strøm på

(Li & Flynn, 2004). Været har en større innvirkning på energiprisene når det er høy penetrering av fornybare energikilder sammenlignet med fossilt brensel fordi fornybare energikilder er avhengig av værforholdene (Martinez-Anido et al., 2016). Værforhold kan variere betydelig på sesongbasis, men også fra dag til dag og time til time. Kraftverkene som produserer energi med fossilt brensel kan kjøre kontinuerlig og er ikke avhengig av værforhold for å produsere energi.

Som et resultat av dette vil endringer i værmønsteret, som plutselig fall eller økning i sollys eller vind, ha en større innvirkning på forsyningen av strøm fra fornybare energikilder enn for fossilt brensel. Dette kan føre til økt volatilitet i strømprisene når det er høy andel fornybar energi i energimiksen. Når EU nå beveger seg mot en høyere andel fornybar energi, vil virkningene av været på strømprisen bli enda viktigere. Tidligere forskning fra Huisman et al. (2013) og Bublitz et al. (2017) viser at økt bruk av fornybare energikilder driver ned den gjennomsnittlige strømprisen. Siden den gjennomsnittlige strømprisen har økt etter invasjonen av Ukraina kan dette indikere at det på kort sikt ikke er tilstrekkelig med fornybar energi i den europeiske energimiksen til å erstatte russisk gass.

Den økte gjennomsnittsprisen på elektrisitet kan ha en rekke implikasjoner for forbrukere og produsenter i Nord Pool markedet. For forbrukerne vil høyere strømpriser føre til økte kostnader knyttet til strømforbruk. Hvis innbyggerne i landet er misfornøyd med de økonomiske konsekvensene av deres lands støtte til Ukraina, kan de kreve at regjeringen endrer posisjon eller forhandler med Russland. Dette kan være med på å svekke besluttsomheten til landene i konflikten og gi Russland en fordel i forhandlinger. Intern sosial uro og ustabilitet i disse landene er noe som ytterligere kan svekke regjeringen og dens evne til å motstå russisk press. Folkets misnøye kan føre til protester og demonstrasjoner som kan destabilisere den politiske situasjonen i landet og skape en mulighet for Russland til å blande seg inn. En annen konsekvens er at de økte prisene kan skade forholdet og skape splittelse mellom landene og dere allierte. Spesielt hvis disse allierte også blir påvirket av de økonomiske konsekvensene av konflikten. Dette kan skape spenning mellom allierte og svekke deres vilje til å støtte hverandre i møte med russisk aggresjon. noe som trolig er Russlands målsetting.

For produsentene vil de høye strømprisene føre til økt inntjening og lønnsomhet fordi de kan selge strømmen til høyere pris. Den økte fortjenesten kan føre til høyere investeringer i produksjonsanlegg, forskning og utvikling, noe som kan forbedre effektiviteten og redusere produksjonskostnadene på sikt. Men den økte fortjenesten kan også føre til en utbyttefest for

investorene. Produsentene må også ta høyde for den økte volatiliteten som kan ha både positive og negative effekter. På den ene siden kan den økte volatiliteten skape muligheter for produsentene til å utnytte markedsforholdene og tjene penger på prissvingningene. For eksempel kan de kjøpe strøm når prisen er lav og selge når prisen er høy. Volatiliteten kan imidlertid skape risiko og usikkerhet for produsentene. Det kan bli mer utfordrende å forutsi energipris og inntekter. Dette kan gjøre det vanskeligere å planlegge investeringer og styre driftskostnader. Dette kan igjen påvirke lønnsomheten negativt.

Det er viktig å påpeke at disse funnene er basert på en begrenset tidsperiode og ytterligere analyser vil være nødvendig for å få en bedre forståelse av hvilke ringvirkninger invasjonen av Ukraina har hatt på Nord Pool strømmarkedet. Likevel antyder resultatene at markedsdeltakere og beslutningstakerne bør følge nøye med på utviklingen i den geopolitiske sfæren. Russlands invasjon av Ukraina ser vi har en betydelig effekt på Nord Pools gjennomsnittspris og volatilitet. Videre kan den observerte økningen i volatilitet i Nord Pool markedet etter invasjonen ha bredere implikasjoner for energisikkerheten i EU. Nord Pool børsen er sentral for elektrisitetshandel og elektrisitet infrastruktur i Norden Baltikum og eventuelle forstyrrelser i dette markedet kan få alvorlige konsekvenser for energisikkerhet i Eu. Denne krisen viser at det i framtiden vil bli enda viktigere for hvert enkelt land å sikre sin energitilgang. Utbyggingen av egen energiproduksjon, infrastruktur som ikke blir påvirket av geopolitiske hendelser, blir viktig. Samtidig må land bli mer bevisst på hvem de inngår energiavtaler med for å sikre stabil tilgang på energi.

5.2 Begrensninger ved studien

Vi har vurdert studien vår og dens svakheter og begrensninger. En potensiell svakhet i studien er den relativt korte tidsperioden med data vi har etter invasjonen. Vi kan si noe om det første sjokket etter invasjonen og tiden etter, men åtte måneder med data er altfor liten tid til å kunne si noe om endringene i strømprisen som oppsto er kortsiktige og vil avta etterhvert eller om disse endringene vil vedvare. Vi ser isolert på Russlands invasjon av Ukraina og tar ikke hensyn til andre hendelser som kan ha påvirket strømprisen. Eksempler på dette er endring i værmønster, endring i energipolitikk og teknologiske fremskritt, for å nevne noe. Disse faktorene kan samhandle med den geopolitiske utviklingen på uventede måter. Dette begrenser

generaliserbarheten til funnene fordi vi ikke tar hensyn til andre potensielle faktorer som kan ha påvirket Nord Pools strømmarked i denne perioden. Vi har blant annet ikke noe data på hvor mange nye fornybare energikilder som er satt i drift i tiden rett før eller etter invasjonen. Denne studien har derfor ingen forutsetninger for å si noe om økt bruk av fornybare energikilder rett før eller etter den russiske invasjonen har hatt noe innvirkning på pris og volatilitet i tidsrommet vi ser på i denne studien. Dataene som er hentet ut kommer fra Nord Pool, er det verdt å merke seg at dataene vi benytter er offentlig data. Vi kan ikke utelukke at det kan være feil eller inkonsistenser i dataene vi benytter. Det er også begrensninger i metoden som er benyttet for analysen. Disse faktorene kan være med å påvirke nøyaktigheten og påliteligheten i resultatene. Studien tar bare for seg virkningene av invasjonen av Ukraina på Nord Pool markedet.

Studien tar ikke i betraktning de brede implikasjonene for energisikkerhet og stabilitet i Europa og Verden. Som sådan kan fremtidige studier måtte ta et mer omfattende tilnærming for å forstå de komplekse interaksjonene mellom geopolitiske hendelser og energimarkedet.

5.3 Videre forskning

Det finnes flere muligheter for videre forskning. Et område som vil kunne gi mye nyttig informasjon er å utforske årsakene bak den observerte økningen i gjennomsnittspris og volatilitet i Nord Pool markedet etter invasjonen av Ukraina. Dette kan innebære å undersøke hvordan endringer i energipolitikk, teknologiske fremskritt og andre faktorer kan ha påvirket utviklingen. En annen mulig vei videre er å øke omfanget av studien til andre strømmarkeder utover Nord Pool. Å inkludere flere strømmarkeder i Europa og andre steder i verden vil gi resultatene en bedre og bredere innsikt av påvirkning Russlands invasjon av Ukraina har hatt på energimarkeder, energisikkerhet og stabilitet. Videre kan andre studier også vurdere innvirkningen av andre geopolitiske hendelser som sanksjoner, handelskonflikter og politisk spenning på Nord Pool markedet og andre energimarkeder. Ved å analysere virkningen av flere hendelser over lengre tid kan forskerne få en bedre forståelse av det komplekse og dynamiske samspillet mellom energimarkeder og geopolitisk utvikling.

6. Sammenfatning og konklusjon

Resultatene av de statistiske testene utført i denne studien indikerer en signifikant endring i Nord Pools strømpris og dens daglige volatilitet etter at Russland invaderte Ukraina. Bortfall av russisk fossilt brensel som blant annet gass har tvunget EU til å finne alternative energikilder for å dekke opp markedets strømbehov. Som beskrevet i kapittel 2.2.2 har EU i stor grad erstattet den russiske gassen med økt bruk av kull, import av LNG og økt gassimport fra blant annet Norge og Algerie (se figur 2.5). Russlands invasjon av Ukraina har ført til et betydelig skifte i egenskapene til EUs strømpris. En av hovedfaktorene som har påvirket denne endringen er økningen i pris og volatilitet på gass, som er en marginalkost energikilde (Se figur 2.9) i strømproduksjon.

Det er viktig å merke seg at endringen i EUs energimiks og skiftet bort fra russisk gass ikke har vært den eneste faktoren som har bidratt til endringen i egenskapene til EUs strømpris. Andre faktorer, som volatiliteten til fornybare energikilder og globale markedskrefter, kan også påvirke strømprisene. Likevel har den betydelige økningen i gassprisene og skiftet mot alternative energikilder spilt en avgjørende rolle i utformingen av EUs strømmarked etter Russlands invasjon av Ukraina.

Samlet sett mener vi at denne studien gir verdifull innsikt i hvordan Nord Pools strømmarked og europeiske strømpriser har blitt påvirket og dens egenskapene endret etter at Russlands invaderte Ukraina. En av de viktigste funnene fra denne studien er viktigheten av å diversifisere energikilder og redusere avhengigheten til autoritære regimer for å sikre energisikkerhet og energitilgang. Russlands invasjon av Ukraina og den påfølgende energisituasjonen bør være en viktig lærepenge for europeiske beslutningstakere, og de bør strebe etter å sikre at Europa ikke er for avhengig av noen enkelte leverandører eller energikilder. Ved å diversifisere sin energimiks i større grad kan EU redusere den potensielle risikoen for forsyningsavbrudd, prissjokk og geopolitiske spenninger.

Litteraturliste

Adekoya, O. B., Oliyide, J. A., Yaya, O. S., & Al-Faryan, M. A. S. (2022). Does oil connect differently with prominent assets during war? Analysis of intra-day data during the Russia-Ukraine saga. *Resources Policy*, 77, 102728.

Arango, S., Dyner, I., & Larsen, E. R. (2006). Lessons from deregulation: Understanding electricity markets in South America. *Utilities policy*, 14(3), 196-207.

Arup. (2023). *Five minute guide to the energy trilemma*, arup.com, <https://www.arup.com/perspectives/publications/promotional-materials/section/five-minute-guide-to-the-energy-trilemma>

Bierlaire, M. (2015). *Optimization: Principles and Algorithms*. 1st ed. EPFL Press

Boston University School of Public Health, 04.05.2017, *Mann Whitney U Test (Wilcoxon Rank Sum Test)*, bumc.bu https://sphweb.bumc.bu.edu/otlt/mph-modules/bs/bs704_nonparametric/bs704_nonparametric4.html

Boubaker, S., Goodell, J. W., Pandey, D. K., & Kumari, V. (2022). Heterogeneous impacts of wars on global equity markets: Evidence from the invasion of Ukraine. *Finance Research Letters*, 48, 102934.

Boungou, W., Yati'e, A. (2022). The impact of the Ukraine–Russia war on world stock market returns. *Econ. Lett.*, 110516

Bublitz, A., Keles, D., & Fichtner, W. (2017). An analysis of the decline of electricity spot prices in Europe: Who is to blame?. *Energy Policy*, 107, 323-336.

Bulmer, M. G. (1979). *Principles of Statistics*. Dover Publications

Chan, K. F., & Gray, P. (2006). Using extreme value theory to measure value-at-risk for daily electricity spot prices. *International Journal of forecasting*, 22(2), 283-300.

Chau, F., Deesomsak, R., & Wang, J. (2014). Political uncertainty and stock market volatility in the Middle East and North African (MENA) countries. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 28, 1-19.

Chen, Y., Jiang, J., Wang, L., & Wang, R. (2023). Impact assessment of energy sanctions in geo-conflict: Russian–Ukrainian war. *Energy Reports*, 9, 3082-3095.

Chesney, M., Reshetar, G., & Karaman, M. (2011). The impact of terrorism on financial markets: An empirical study. *Journal of banking & finance*, 35(2), 253-267.

-
- Cresswell, J.W. (1998). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five traditions*. Sage Publications.
- Cruz, A., Muñoz, A., Zamora, J. L., & Espínola, R. (2011). The effect of wind generation and weekday on Spanish electricity spot price forecasting. *Electric Power Systems Research*, 81(10), 1924-1935.
- DeCarlo, L. T. (1997). *On the meaning and use of kurtosis*. *Psychological Methods*, 2(3), 292-307.
- Elster. (09.03.2023). *Mener Ukraina-krigen har fremskyndet det grønne skifte*, nrk.no, <https://www.nrk.no/klima/mener-ukraina-krigen-har-fremskyndet-det-gronne-skiftet-1.16315967>
- Energi og klima. (02.02.2023). *fossilavhengighet*, energiogklima.no <https://energiogklima.no/klimavakten/fossilavhengigheten>
- European Commission. (08.03.2022). *REPowerEU: joint European action for more affordable, secure and sustainable energy*, ec.europa.eu, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_1511
- European Council. (07.02.2023). *Infographic - where does the EU's gas come from?*, Consilium.europa.eu, <https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/eu-gas-supply>
- Eurostat statistics explained. (02.2023). *Electricity production, consumption and market overview*, ec.europa.eu, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Electricity_production,_consumption_and_market_overview#Market_shares
- Fjordkraft. (12.02.23). *Nettleie og strøm*, Fjordkraft.no <https://www.fjordkraft.no/strom/stromregning/nettleie-strom>
- FN. (22.12.2020). *Parisavtalen*, FN.no, <https://www.fn.no/om-fn/avtaler/miljoe-og-klima/parisavtalen>
- Førsund, F. R. (2007). *Hydro Power Economics (Springer, New York, New York, U.S.A.)*.
- Fridolfsson, S. O., & Tangerås, T. P. (2009). Market power in the Nordic electricity wholesale market: A survey of the empirical evidence. *Energy Policy*, 37(9), 3681-3692.
- Funakoshi, M., Lawson, H., Deka, K., (2022). Tracking Sanctions against Russia. Retrieved from. <https://graphics.reuters.com/UKRAINE-CRISIS/SANCTIONS/byvrjenzmve/>.
- Gan, L., Jiang, P., Lev, B., & Zhou, X. (2020). Balancing of supply and demand of renewable energy power system: A review and bibliometric analysis. *Sustainable Futures*, 2, 100013.

-
- Gianluca Maltao. (07.11.2022), *your data teacher*, www.yourdatateacher.com, <https://www.yourdatateacher.com/2022/11/07/a-practical-introduction-to-the-shapiro-wilk-test-for-normality/>
- Grenness, T. (1997). Innføring i vitenskapsteori og metode. *Tano Aschehoug*
- Naturvernforbundet. (18.07.2011). *Fossil energi*, naturvernforbundet.no, <https://naturvernforbundet.no/laer-mer/olje-og-gass/fossil-energi>
- IEA. (2023). *Russia's war on Ukraine*, iea.org, <https://www.iea.org/topics/russia-s-war-on-ukraine>
- Institute for Government. (2022). *Electricity Market*. <https://www.instituteforgovernment.org.uk/article/explainer/electricity-market>
- Joanes, D. N. & Gill, C. A. (1998). Comparing measures of sample skewness and kurtosis. *Journal of the Royal Statistical Society: Series D (The Statistician)*, 47(1), 183-189.
- Nord Pool. (2022). *Annuaik Review(Nord Pool rapport)*, Nord Pool <https://www.nordpoolgroup.com/4ac588/globalassets/download-center/annual-report/nord-pool-annual-review-2021.pdf>
- NVE.(n.d). *Hva er budområder og flaskehalsler*. Hentet fra <https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten/slik-fungerer-kraftsystemet/hva-er-budomraader-og-flaskehalsler/>
- Statnett. (10.02.2022) *Flaskehalsinntekter 2022*, Statnett, <https://www.statnett.no/for-aktorer-i-kraftbransjen/tariff/flaskehalsinntekter/> (rapport om flaskehalsinntekter, hvordan skal dette føres)
- Hofstad. (28.05.2022). *Energimiks*, [SNL.no](http://snl.no), <https://snl.no/energimiks>
- Huisman, R., Stradnic, V., & Westgaard, S. (2013). Renewable energy and electricity prices: indirect empirical evidence from hydro power.
- Iman, P. G., MA, J. R., & Khosravi, M. A. (2015). Russia's energy weapon as a tool against the expansion of NATO to the East. *Environment Conservation Journal*, 16(SE), 151-159.
- Jackson, O. A. (2008). The impact of the 9/11 terrorist attacks on the US economy. *Journal of 9/11 Studies*, 20(1), 1-27.
- Jacobsen, D.I. (2000). Hvordan gjennomføre undersøkelser? Innføring i samfunnsvitenskapelig metode. *Høyskoleforlaget*

Jamasb, T., & Pollitt, M. (2008). Liberalisation and R&D in network industries: The case of the electricity industry. *Research Policy*, 37(6-7), 995-1008.

Jamasb, T., & Pollitt, M. G. (2011). Electricity sector liberalisation and innovation: An analysis of the UK's patenting activities. *Research Policy*, 40(2), 309-324.

Johannesson, J., Clowes, D. (2022). Energy resources and markets – perspectives on the Russia–Ukraine war. *Eur. Rev.* 30 (1), 4–23. <https://doi.org/10.1017/S1062798720001040>.

Karolyi, G. A. (2006). The consequences of terrorism for financial markets: what do we know?. Available at SSRN 904398.

Kirsten Å. Øystese. (03.03.2022). *Krig og energisikkerhet: Selv atomkraft i Tyskland er lov å diskutere*, Energiogklima.no, <https://energiogklima.no/podkast/krig-og-energisikkerhet-selv-atomkraft-i-tyskland-er-lov-a-diskutere/>

Korteweg, R. (2018). Energy as a tool of foreign policy of authoritarian states, in particular Russia

Lago, J., De Ridder, F., Vrancx, P., & De Schutter, B. (2018). Forecasting day-ahead electricity prices in Europe: The importance of considering market integration. *Applied energy*, 211, 890-903.

Lago, J., Marcjasz, G., De Schutter, B., & Weron, R. (2021). Forecasting day-ahead electricity prices: A review of state-of-the-art algorithms, best practices and an open-access benchmark. *Applied Energy*, 293, 116983.

Li, Y., & Flynn, P. C. (2006). Electricity deregulation, spot price patterns and demand-side management. *Energy*, 31(6-7), 908-922.

Linn, J., Muehlenbachs, L., & Wang, Y. (2014). How do natural gas prices affect electricity consumers and the environment?. *Resources for the Future Discussion paper*, (14-19).

Lisi, F., & Pelagatti, M. M. (2018). Component estimation for electricity market data: Deterministic or stochastic?. *Energy Economics*, 74, 13-37.

Lo, G. D., Marcelin, I., Bassène, T., & Sène, B. (2022). The Russo-Ukrainian war and financial markets: the role of dependence on Russian commodities. *Finance Research Letters*, 50, 103194.

Lund, H., & Münster, E. (2006). Integrated energy systems and local energy markets. *Energy Policy*, 34(10), 1152-1160.

Maciejowska, K. (2020). Assessing the impact of renewable energy sources on the electricity price level and variability—A quantile regression approach. *Energy Economics*, 85, 104532.

Mæland, Oma, 2023, *Slik virker det: Hvorfor går strømprisen opp?*, Statkraft.no, <https://www.statkraft.no/nyheter/nyheter-og-pressemeldinger/2021/slik-virker-det-hvorfor-gar-stromprisen-opp/>

Martinez-Anido, C. B., Brinkman, G., & Hodge, B. M. (2016). The impact of wind power on electricity prices. *Renewable Energy*, 94, 474-487.

Mathis, W., Wade, W., 2022. Clean-Energy Stocks Surge as War Spurs Push Away from Russia. Retrieved from. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-02-28/w>

Matteo Ciucci, 09.2022, *Internal energy market*, European parliament, <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/en/sheet/45/internal-energy-market>

Mayer, K., & Trück, S. (2018). Electricity markets around the world. *Journal of Commodity Markets*, 9, 77-100.

Mbah, R. E., & Wasum, D. F. (2022). Russian-Ukraine 2022 War: A review of the economic impact of Russian-Ukraine crisis on the USA, UK, Canada, and Europe. *Advances in Social Sciences Research Journal*, 9(3), 144-153.

Naturvernforbundet. (18.07.2011). *Fossil energi*, Naturvernforbundet.no, <https://naturvernforbundet.no/laer-mer/olje-og-gass/fossil-energi/#:~:text=Hele%2090%20prosent%20av%20verdens,stort%20sett%20alle%20v%C3%A5re%20energibehov.>

Nerlinger, M., & Utz, S. (2022). The impact of the Russia-Ukraine conflict on energy firms: A capital market perspective. *Finance Research Letters*, 50, 103243.

Nick, S., & Thoenes, S. (2014). What drives natural gas prices?—A structural VAR approach. *Energy Economics*, 45, 517-527.

Nord Pool. (01.02.23). *About us*, nordpoolgroup.com, <https://www.nordpoolgroup.com/en/About-us/>

Nord Pool. (30.04.2023). *Day-ahead overview*, nordpoolgroup.com, <https://www.nordpoolgroup.com/en/maps/#/nordic>

NVE. (25.10.2022). *Hva er budområder og flaskehalser*, nve.no, <https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten/slik-fungerer-kraftsystemet/hva-er-budomraader-og-flaskehalser/>

Office of Electricity. (n.d). *Demand Response*, energy.gov <https://www.energy.gov/oe/demand-response>

O'Mahoney A, Denny E. (2011) The merit order effect of wind generation on the Irish electricity market. *MPRA Paper no. 56043; 2011.*

Research Office Legislative Council Secretariat. (23.08.2019). *Liberalization of electricity markets in selected places*, legco.gov, <https://www.legco.gov.hk/research-publications/english/1819in19-liberalization-of-electricity-markets-in-selected-places-20190823-e.pdf>

Rigobon, R., & Sack, B. (2005). The effects of war risk on US financial markets. *Journal of banking & finance*, 29(7), 1769-1789.

Riis, C., & Moen, E. R. (2016). *Moderne mikroøkonomi*. Gyldendal akademisk.

Routledge, B.R., Seppi, D.J. and Spatt, C.S. (2000). Equilibrium forward curves for commodities. *J. Finance*, 2000, 55, 12971338.

Schusser, S., & Jaraité, J. (2018). Explaining the interplay of three markets: Green certificates, carbon emissions and electricity. *Energy Economics*, 71, 1-13.

Singh, N., Mohanty, S. R., & Shukla, R. D. (2017). Short term electricity price forecast based on environmentally adapted generalized neuron. *Energy*, 125, 127-139.

Solibakke, P. B. (2002). Efficiently estimated mean and volatility characteristics for the Nordic spot electric power market. *International Journal of Business*, 7(2), 17-35.

Šprajc, P., Bjegović, M., & Vasić, B. (2019). Energy security in decision making and governance-Methodological analysis of energy trilemma index. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 114, 109341.

SSB. (29.06.2022). *Tidenes høyeste krafteksport i 2021*. ssb.no. <https://www.ssb.no/energi-og-industri/energi/statistikk/elektrisitet/artikler/tidenes-hoyeste-krafteksport-i-2021> Statnett, 10.02.2022, *Flaskehalsinntekter*, statnett.no, <https://www.statnett.no/for-aktorer-i-kraftbransjen/tariff/flaskehalsinntekter/>

Statnett. (17.03.2022). *Nye kabler utgjør kun rundt 10% av de høye strømprisene*. statnett.no. <https://www.statnett.no/om-statnett/nyheter-og-pressemedlinger/nyhetsarkiv-2022/nye-kabler-star-for-rundt-10-av-de-hoye-stromprisene/>

Talari, S., Shafie-Khah, M., Osório, G. J., Wang, F., Heidari, A., & Catalão, J. P. (2017). Price forecasting of electricity markets in the presence of a high penetration of wind power generators. *Sustainability*, 9(11), 2065.

Tangerås, T. P., & Mauritzen, J. (2018). Real-time versus day-ahead market power in a hydro-based electricity market. *The Journal of Industrial Economics*, 66(4), 904-941.

Truls Lier & David Bach. (24.02.2023). *Slik har ett år med krig i Ukraina preget økonomien*, e24.no, <https://e24.no/internasjonalt-oekonomi/i/Xb4137/slik-har-ett-aar-med-krig-i-ukraina-preget-oekonomien>

Ubøe, J. (2012). *Statistikk for økonomifag*. 4. utgave. Gyldendal Forlag.

Umar, M., Riaz, Y., & Yousaf, I. (2022). Impact of Russian-Ukraine war on clean energy, conventional energy, and metal markets: Evidence from event study approach. *Resources Policy*, 79, 102966.

Uniejewski, B., Marcjasz, G., & Weron, R. (2019). Understanding intraday electricity markets: Variable selection and very short-term price forecasting using LASSO. *International Journal of Forecasting*, 35(4), 1533-1547.

Viviana Fanelli & Maren Diane Schmeck. (2019). On the seasonality in the implied volatility of electricity options, *Quantitative Finance*, 19:8, 1321-1337, DOI:10.1080/14697688.2019.1582792

Weron, R. (2007). *Modeling and forecasting electricity loads and prices: A statistical approach*. John Wiley & Sons.

World Economic Forum. (14.02.2023). *Where does Europe's electricity come from?*, world economic forum, <https://www.weforum.org/agenda/2023/02/europe-electricity-renewable-energy-transition>

WWF. (2023). *Fornybar Energi*, wwf.no. <https://www.wwf.no/klima-og-energi/fornybar-energi>

Ziel, F., Steinert, R., & Husmann, S. (2015). Forecasting day ahead electricity spot prices: The impact of the EXAA to other European electricity markets. *Energy Economics*, 51, 430-444.