



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2024 30 stp
Fakultet for realfag og teknologi

Analyse av nettleieordningen innført 1. juli 2022 som insentiv til implisitt forbrukerfleksibilitet

Analysis of the Grid Tariff Introduced on July 1, 2022,
as an Incentive for Implicit Consumer Flexibility

Emma Sand

Miljøfysikk og fornybar energi

Forord

Med denne masteroppgaven avsluttes en fantastisk og lærerik studietid her på NMBU, og en mastergrad innen miljøfysikk og fornybar energi, med fordypning i energifysikk. Studietiden har gitt meg mange fine venner, uforglemmelige minner og ikke minst et mangfold av verktøy til veien videre.

En stor takk til Heidi Samuelsen Nygård, min veilederer, for gode råd, støtte, konstruktive tilbakemeldinger og oppmuntring. Jeg setter stor pris på din entusiasme og åpenhet.

I tillegg vil jeg sende en takk til Elhub og privathusene som delte data, slik at denne masteroppgaven var mulig å gjennomføre. Takk til alle eksterne som har vært med på diskusjoner og delt tanker. I tillegg vil jeg sende en ekstra stor takk til mine medstudenter fra studietiden og på mastersalen, dere har gjort dette til en fantastisk reise. Det hadde ikke vært den samme uten dere ved min side. Ikke minst en stor takk til alle i 16-manns kollektivet for gode samtaler, latter, støtte og glede.

Min kjære Eirik, takk for all varme, støtte og entusiasme du viser meg hver dag. Du har alltid troen på at jeg skal få det til og hjelper meg med å senke skuldrene. Du har satt liv i «Så lenge du gjør ditt beste, er det godt nok!», og det skal jeg fortsette å høre på. En stor takk til familien min, spesielt mor, far og bror. Takk for at dere alltid er der og heier på meg hele veien til mål. Jeg hadde ikke klart meg uten dere.

*«du er modigere enn du vet,
sterkere enn du tror,
og klokere enn du forstår»*

- Ole Brumm



*Emma Sand
Ås, mai 2024*

Sammendrag

Det er vedtatt at Norge skal være klimanøytrale innen 2030, og et lavutslippssamfunn innen 2050. Det er storstilt elektrifisering i alle sektorer, og nettet nærmer seg en kapasitetsutfordring. Overgangen fra fossile energibærere og til innfasing av nye uregulerbare, væravhengige og fornybare energikilder truer den momentane balansen i nettet. Tradisjonelt har det norske kraftsystemet hatt en stor andel iboende treghet fra roterende turbiner i vannkraftproduksjonen. Med innfasingen av ny kraftproduksjon avtar den iboende tregheten, og balansen i kraftsystemet må sikres gjennom et stort og stabilt fleksibilitetsmarked for at driftssikkerheten og leveringspåliteligheten skal ivaretas.

Det svingende forbruket til husholdninger åpner opp for potensialet til implisitt fleksibilitet og mer optimal utnyttelse av strømmettet. Ved en utjevning av forbruk i husholdningssektoren vil kapasitetsutfordringen nettet står ovenfor i høylasttimer, reduseres. Potensielle utbygningsprosjekter vil kunne utsettes og følgelig spares natur og miljø for store inngrep. Drift, vedlikehold og utbygging av strømmettet betales i dag gjennom nettleie, som er en del av strømrregningen til forbrukerne. 1. juli 2022 ble det innført en ny nettleieordning med mål om å minke belastningen på nettet gjennom økonomiske insentiver til lastflytting vekk fra høylasttimer og over til lavlasttimer. Det ble innført et kapasitetsledd hvor gjennomsnittet av de tre timene med høyest effektforbruk fra tre forskjellige dager angav hvilket kapasitetstrinn husholdningen tilhørte, samt et energiledd hvor prisene for forbruk per kWh var lavere på natten enn dagen.

I masteroppgaven kartlegges virkningen av den nye nettleieordningen. Det gjøres gjennom analyse av aggregert forbruksdata delt inn i fire boliggrupper; *enebolig*, *tomannsbolig*, *rekkehus/kjedehus* og *blokk/leilighet*, og en analyse av ni enkelthusholdninger fra Nordre Follo (Hus 1 - 5) og Fredrikstad (Hus 6 - 9). Det er perioden november-mars for vintersesongene 2021/2022 og 2022/2023 som er utgangspunktet for sammenligning. T-tester og prosentendringsanalyser viser til at boliggruppene har signifikant reduksjon i forbruk for vintersesongen etter innføringen av nettleieordningen for et mangfold av timene. Det er hovedsakelig en sterk trend av signifikant forbruksreduksjon på dagtid, og minimal nedgang eller sterk økning i forbruk om natten. Flere av enkelthusholdningene viser til samme trend, hvorav Wilcoxon tester bekrefter signifikant endring. Tilsvarende viser lineære modeller med blandede effekter at tidsperiode og tid på døgnet er signifikante prediksjonskoeffisienter av forbruk.

Analysen viser til en tydelig spredning i endringsmønster, hvorav husholdninger med elbil i større grad indikerer aktiv forbruksendring i takt med nettleieordningens insentiver. Til tross for at flere av enkelthusholdningene og det aggregerte datasettet viser til reduksjon i forbruk på dagtid, og minimal nedgang eller positiv økning på natten, er det antagelig ikke energileddets dag/natt takst som er årsaken. Det økonomiske insentivet til lastflytting fra energileddet er lavt sammenlignet med spotprisvariasjonen gjennom en dag. Det er ikke mulig å bekrefte kapasitetsleddets virkning gjennom det aggregerte datasettet, da det er de individuelle effekttoppene til hver husholdning som angir kapasitetstrinntilhørighet. Fordelingen av topplasttimer hos et utvalg av enkelthusholdningene indikerer at de aktivt forsøker å holde seg innenfor et kapasitetstrinn. Årsaken til forbruksendring er individuell til hver enkelthusholdning. Det er derfor vanskelig å anslå hvorvidt det er innføring av nettleieordning, betraktelig økning i spotpris, et økt mediefokus eller andre eksogene faktorer som står bak forbruksendringen som observeres i analysen.

Et mangfold av studier på priselastisitet og endringsvillighet viser til at det er potensiale i implisitt fleksibilitet for å minke belastningstoppene i nettet dersom insentivene for forbruksendring er optimale. Hensyn til fleksibilitetskapsitet og preferanseheterogenitet i utformingen av nettleieordninger er essensielt for utløsning av forbrukerfleksibilitet.

Abstract

Norway aims to be climate-neutral by 2030, and a low-emission society by 2050. While large-scale electrification is taking place in all sectors, the grid is approaching a capacity challenge. The phasing out of fossil energy carriers and the introduction of weather-dependent, and renewable energy sources threaten the grid's momentary balance. Traditionally, Norway has had a large share of inherent inertia in the power system from rotating turbines in hydropower production. With the phasing in of new power production, this intrinsic inertia is decreasing. The balance of the power system needs to be secured through a robust flexibility market, to ensure operational reliability.

Households' varying electricity consumption could enable implicit flexibility. Leveling out consumption in the household sector will abate the capacity challenge. Expansion projects can be postponed, which will spare nature from major interventions. Grid operations, maintenance, and development are paid through a grid tariff. A new grid tariff was introduced on July 1, 2022, with an incentive to lower the electricity demand through load-shifting. The capacity element of the grid tariff is calculated based on the average of the three peak hours from three different days per month. This determines the respective capacity level of each household. The energy element has different prices per kWh for day and night consumption, incentivizing load-shifting to nighttime.

This master's thesis investigates the effects of the new grid tariff by analyzing aggregated consumption data, and consumption data from individual houses. The analysis is based on data from two municipalities in Norway, Nordre Follo and Fredrikstad. The aggregated dataset is split into four building groups: detached houses, semi-detached houses, terraced houses/chain houses, and block/apartments. To better understand the distribution of household consumption, nine individual houses are analyzed. House 1-5 are located in Nordre Follo and House 6-9 in Fredrikstad. This study compares the winter periods March-November of 2021/2022 and 2022/2023. The t-tests and percentage change analysis show a significant reduction in consumption for multiple hours of the day for all building groups. Furthermore, the level of reduction depends on the building group. For the individual houses, the Wilcoxon tests confirm a similar trend of significant change in consumption. Correspondingly, the linear models with mixed effects for consumption show that the period and time of day are both significant prediction coefficients.

The households owning an electrical vehicle indicate a change in consumption that is in line with the incentives from the grid tariff. Several individual houses and the aggregated dataset point to consumption reduction during the daytime and minimal reduction or positive increase during the nighttime. Nevertheless, it is not confirmed that the energy element of the grid tariff is the reason for this change. The economic incentives for load-shifting from the energy element of the grid tariff are low compared to the spot price variation throughout the day. The analysis did not confirm the capacity element's effect based on the aggregated dataset, since it is the individual peak consumption that determines the capacity level. The distribution of peak hours from a selection of individual houses indicates an active attempt to stay within a capacity level. This is particularly evident for households owning an electric vehicle. The reason for consumption change is unique for each household. It is therefore difficult to confirm whether it is the grid tariff, the significant increase in spot prices, increased media attention, or other factors that cause the change in consumption observed in this analysis.

Several studies on price elasticity and willingness to change suggest that there is potential for implicit flexibility to lower the peak demand in the grid given optimal incentives for change. Flexibility capital and preference heterogeneity should be considered in the design of grid tariffs as they are essential for initiating consumer flexibility.

Innhold

Forord	i
Sammendrag	ii
Abstract	iii
1 Introduksjon	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Motivasjon	3
1.3 Problemstilling og avgrensning	3
2 Teori	5
2.1 Det norske kraftsystemet	5
2.1.1 Oppbygning og ansvarlige aktører	6
2.1.2 Fra tradisjonelt til moderne nett	6
2.1.3 Balanse i nettet	8
2.1.4 Kraftnett og nettutnyttelse	9
2.1.5 Kraftmarkedet	12
2.1.6 Historiske og forventede kraftpriser	13
2.1.7 Flexibilitet og forbrukerflexibilitet	15
2.2 Utforming av strømregningen	16
2.2.1 Innføring av ny nettariff	17
2.3 Priselastisitet	19
3 Metode	22
3.1 Databehandling	22
3.1.1 Elhub	22
3.1.2 Privathusholdningene	23
3.1.3 Preprossesering	23
3.1.4 Visualisering	24
3.2 Statistisk analyse	24
3.2.1 Paret student t-test og Bonferroni korreksjon	24
3.2.2 Wilcoxon signed-rank test	24
3.2.3 Pearsons korrelasjonskoeffisient	25
3.2.4 Simpsons paradoks	25
3.2.5 Lineær modell med blandede effekter	25
3.2.6 Utførelse av statistisk analyse i Python	26
3.3 Kunstig intelligens som verktøy	26
4 Case	27
4.1 Tidsperiode	27
4.2 Område	28
4.2.1 Nordre Follo	28

4.2.2	Fredrikstad	29
4.3	Temperatur	31
4.4	Nettleiepriser	33
4.5	Kategorisering av boliger	34
4.5.1	Privathusholdningene - Spørreskjema og energimerking	35
5	Resultater og diskusjon	38
5.1	Aggregert analyse av kommunene	38
5.1.1	Oversikt over aggregert forbruksdata	38
5.1.2	Forbruksendring i hver boliggruppe	40
5.1.3	Fordeling av forbruk og topplasttimer	41
5.1.4	Eksogene påvirkningsfaktorer	46
5.2	Analyse av privathusholdningene	50
5.2.1	Oversikt over forbruk hos privathusholdningene	50
5.2.2	Endring i forbruk	52
5.2.3	Fordeling av forbruk og topplasttimer	54
5.2.4	Diskusjon - Privathusholdningene	56
5.3	Diskusjon	61
5.3.1	Sammenligning av kommuneaggregert data og privathusholdningene	61
5.3.2	Overordnet diskusjon	62
6	Konklusjon og videre arbeid	64
6.1	Konklusjon	64
6.2	Videre arbeid	65
A	Appendiks	74
A.1	Informasjonsskriv til privathusholdningene	75
A.2	Oversikt over boliginndeling fra Matrikkelen	77
A.3	Aggregert analyse av kommunene	78
A.3.1	Fordelingskurver - Aggregert analyse	78
A.3.2	T-test og prosentendring per time - Aggregert analyse	79
A.3.3	Endring i effekttopper - Aggregert analyse	87
A.3.4	Korrelasjonsanalyse - Aggregert analyse	89
A.4	Analyse av privathusholdningene	91
A.4.1	Fordelingskurver - Privathusanalyse	91
A.4.2	Wilcoxon test per hus - Privathusanalyse	92
A.4.3	Wilcoxon test og prosentendring per time - Privathusanalyse	93
A.4.4	Varighetskurver - Privathusanalyse	102

Figurer

1.1	Effektforbruk innenfor ulike sektorer	2
2.1	Illustrasjon av kraftsystemet	5
2.2	Fra tradisjonelt til moderne nett	7
2.3	Historisk kraftforbruk og fremtidsprognoser	7
2.4	Lastprofil for Norge - 2022	9
2.5	Varighetskurve for Norge - 2022	10
2.6	Gjennomsnittlig timesforbruk Norge - 2022	10
2.7	Gjennomsnittlig sommer- og vinterforbruk Norge - 2022	11
2.8	Inndeling av prissoner i Norge	12
2.9	Balansemarkedene i Norge	13
2.10	Spotpris fluktusjon 2016-2024	14
2.11	Gjennomsnittlig spotpris per time 2016-2023	15
2.12	Implisitt og eksplisitt fleksibilitet	15
2.13	Toppkutting, bunnfylling og lastflytting	16
2.14	Oversikt over trinnene i kapasitetsleddet	18
3.1	Elhub som distributør av innsendt forbruksdata	22
4.1	Visualisering av valgt tidsperiode	27
4.2	Oversikt over valgt område	28
4.3	Fordeling av biltyper i Nordre Follo	29
4.4	Fordeling av biltyper i Fredrikstad	30
4.5	Varmekart temperatur Ås	31
4.6	Varmekart temperatur Råde	32
5.1	Varighetskurver - Aggregert analyse	40
5.2	Forbrukskurver - Aggregert analyse	42
5.3	Prosentendring per time - Aggregert analyse	43
5.4	Utdrag - Korrelasjonsanalyse - Aggregert analyse	46
5.5	Forbrukskurver - Nordre Follo - Privathusanalyse	51
5.6	Forbrukskurver - Fredrikstad - Privathusanalyse	52
5.7	Prosentendring per time - Privathusanalyse	53
5.8	Utdrag - varighetskurver - Privathusanalyse	54
5.9	Gjennomsnitt av toppforbruk per måned - Privathusanalyse	55
A.1	Fordelingskurver - Aggregert analyse	78
A.2	Korrelasjonsanalyse - Nordre Follo - Aggregert analyse	89
A.3	Korrelasjonsanalyse - Fredrikstad - Aggregert analyse	90
A.4	Fordelingskurver - Privathusanalyse	91
A.5	Varighetskurver - Nordre Follo - Privathusanalyse	102

A.6 Varighetskurver - Fredrikstad - Privathusanalyse	103
--	-----

Tabeller

4.1	Fordeling av boligtyper - Nordre Follo	29
4.2	Fordeling av boligtyper - Fredrikstad	30
4.3	Temperatur - Ås	32
4.4	Temperatur - Råde	33
4.5	Kapasitetstrinn og respektive priser	33
4.6	Priser i energileddet - Norgesnett	34
4.7	Priser i energileddet - Eliva	34
4.8	Energimerking - Nordre Follo	35
4.9	Energimerking - Fredrikstad	35
4.10	Svar på spørreskjema - Aldersfordeling	36
4.11	Svar på spørreskjema - Boligspesifikk informasjon	36
4.12	Svar på spørreskjema - Energimerking	37
4.13	Svar på spørreskjema - Bilpark og ladesystem	37
5.1	Antall husholdninger innad hver boliggruppe - Aggregert analyse	38
5.2	Generell statistikk - Aggregert analyse	39
5.3	T-test for boliggruppene per kommune - Aggregert analyse	41
5.4	Korrelasjonskoeffisienter - Aggregert analyse	47
5.5	Lineær modell med variable effekter - Nordre Follo - Aggregert analyse . .	48
5.6	Lineær modell med variable effekter - Fredrikstad - Aggregert analyse . .	48
5.7	Generell statistikk - Privatusanalyse	50
A.1	Inndeling av boliggrupper fra Matrikkelen	77
A.2	Resultat t-test og prosentendring per time - Nordre Follo - Enebolig	79
A.3	Resultat t-test og prosentendring per time - Nordre Follo - Tomannsbolig .	80
A.4	Resultat t-test og prosentendring per time - Nordre Follo - Rekkehus/kjedehus	81
A.5	Resultat t-test og prosentendring per time - Nordre Follo - Blokk/leilighet	82
A.6	Resultat t-test og prosentendring per time - Fredrikstad - Enebolig	83
A.7	Resultat t-test og prosentendring per time - Fredrikstad - Tomannsbolig . .	84
A.8	Resultat t-test og prosentendring per time - Fredrikstad - Rekkehus/kjedehus	85
A.9	Resultat t-test og prosentendring per time - Fredrikstad - Blokk/leilighet .	86
A.10	Resultat t-test og prosentendring per måned for topplast - Nordre Follo . .	87
A.11	Resultat t-test og prosentendring per måned for topplast - Fredrikstad . . .	88
A.12	Wilcoxon tester for hver husholdning - Privatusanalyse	92
A.13	Resultat Wilcoxon-test og prosentendring per time - Nordre Follo - Hus 1 .	93
A.14	Resultat Wilcoxon-test og prosentendring per time - Nordre Follo - Hus 2 .	94
A.15	Resultat Wilcoxon-test og prosentendring per time - Nordre Follo - Hus 3 .	95
A.16	Resultat Wilcoxon-test og prosentendring per time - Nordre Follo - Hus 4 .	96
A.17	Resultat Wilcoxon-test og prosentendring per time - Nordre Follo - Hus 5 .	97
A.18	Resultat Wilcoxon-test og prosentendring per time - Fredrikstad - Hus 6 .	98

A.19 Resultat Wilcoxon-test og prosentendring per time - Fredrikstad - Hus 7	. 99
A.20 Resultat Wilcoxon-test og prosentendring per time - Fredrikstad - Hus 8	. 100
A.21 Resultat Wilcoxon-test og prosentendring per time - Fredrikstad - Hus 9	. 101

Forkortelser

aFFR	Sekundær reserver
AMS	Avanserte måle- og styringssystemer
DSO	Distribusjons System Operator
FCR	Primær reserver
FFR	Raske frekvens reserver
HAN-port	Home Area Network port
HVDC	Høyspent likestrømoverføring
IEA	International Energy Agency
IHD	In-House-Display
KI	Kunstig intelligens
MAR	Missing at random
mFRR	Tertiær reserver
NaN	Not-a-Number
NOU	Norges Offentlige Utredninger
NVE	Norges vassdrags- og energidirektorat
RME	Reguleringsmyndigheten for energi
SSB	Statistisk sentralbyrå
TSO	Transmisjons System Operator

Kapittel 1

Introduksjon

1.1 Bakgrunn

Det grønne skiftet er i full gang, og en helomvending fra fossile energibærere og produsenter til et elektrifisert og utslippsfritt samfunn, preger verden [1]. Paris avtalen, vedtatt under COP21 i 2015, er i dag underskrevet av 194 land, og omtaler hvordan verden skal gå frem for å bli klimanøytral innen neste århundre [2]. Klimanøytralitet innebærer at det ikke skal slippes ut mer klimagasser i atmosfæren, enn det som naturlig kan tas opp av naturen eller på andre måter fanges opp igjen [3].

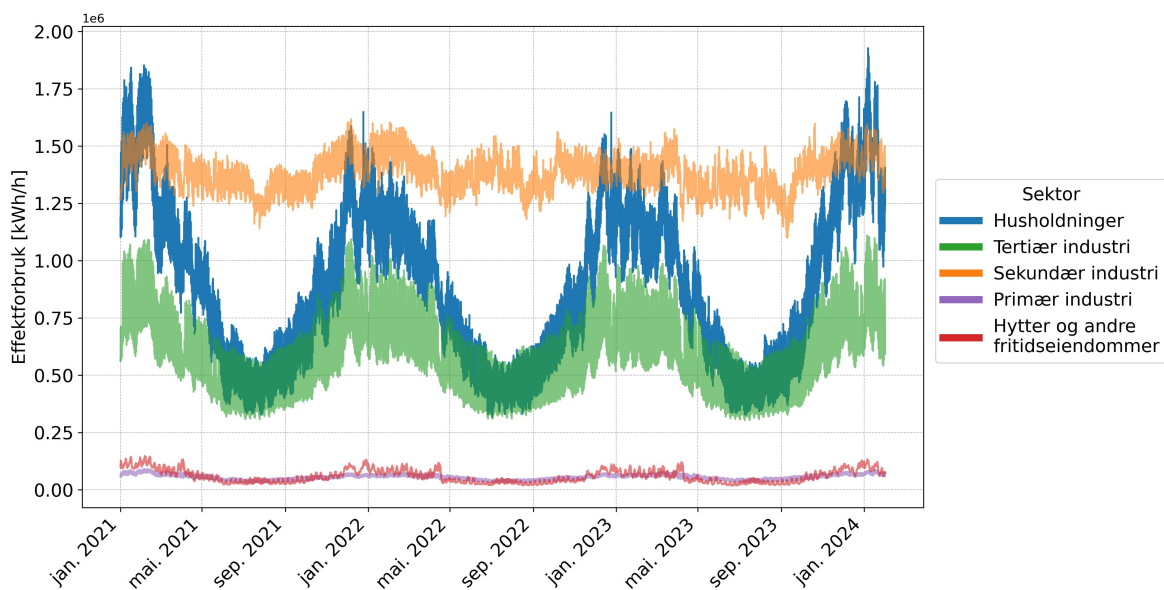
Det er vedtatt i Norges miljømål at Norge skal være klimanøytralt innen 2030, samt at Norge skal være et lavutslippssamfunn i 2050, sistnevnte er lovfestet [4]. For Norge omfatter det grønne skiftet hovedsakelig en overgang til bærekraftige løsninger med lavere klimaavtrykk, gjennom en storstilt elektrifisering i alle sektorer. Norge har siden starten av 1900-tallet hatt vannkraft som et stabilt fundament for kraftproduksjon. Vannkraft er både fornybart og regulerbart. Med økende elektrifisering av samfunnet og befolkningsvekst har behovet for tilgang på elektrisk strøm økt kraftig. Utbygging har i lang tid vært løsningen på flaskehalsen i transmisjons-, regional- og distribusjonsnettet. Det er tidkrevende og resulterer følgelig i store naturinngrep [5]. For at forsyningssikkerhet skal være i behold, dimensjoneres strømmettet etter topplasttimene. Det fører i stor grad til en overdimensjonering av nettet, og oppgraderingen og utbyggingen må betales av forbrukere gjennom nettleie.

Den momentane effekttilgangen i strømmettet utfordres av den økende innfasingen av mer uregulerbar, væravhengig og fornybar kraft. For å sikre at forsyningssikkerheten ivaretas til en hver tid, er derfor et fleksibelt og dynamisk kraftsystem viktigere enn tidligere. CINELDI, et forskningssenter for miljøvennlig energi, definerer fleksibilitet som [6]: *«evne og vilje til modifisering av produksjons- og/eller forbruksmønster, på et individuelt eller aggregert nivå, ofte som en reaksjon på et eksternt signal, for å kunne tilby en tjeneste til kraftsystemet eller opprettholde stabil nettdrift.»* Den økende andelen av ikke-regulerbar kraft fører til at forbrukere må tilpasse seg kraftproduksjonen i større grad enn tidligere.

Digitalisering og automatisering har en helt sentral rolle i det grønne skiftet og elektrifiseringen av samfunnet. Allerede i 2011 ble det forskriftsfestet at det skulle innføres nye strømmålere, kalt AMS-målere (Avanserte Måling- og Styringssystemer) [7]. Innen 2019 var AMS-målere på plass ved alle de omtrent 2,9 millioner målepunktene i landet. AMS-målerne åpnet blant annet opp for automatisk forbruksavlesning og registrering,

samt times-, minutt-, og sekundavlesning. Det gjorde det lettere å dele data mellom de ulike seksjonene i kraftsystemet, for å få en bedre oversikt og utnyttelse av ressursene tilgjengelig. Elhub er en plattform som samler produksjons- og forbruksinformasjon på ett sted, og sikrer bedre samarbeid mellom ulike aktører. Kombinert med digitalisering, åpnet AMS-målerene opp for muligheten til sikrere og mer effektiv drift av strømmettet [5].

Store deler av samfunnet beror i dag på en sikker elektrisitetsforsyning, og følgene av et brudd eller manglende kapasitet kan i verste fall bli fatale. Ikke bare er en avhengig av strøm til oppvarming, lys og matlaging, men også andre samfunnskritiske sektorer beror i stor grad på en sikker elektrisitetsforsyning. Sykehus, kollektivtransport og informasjonstjenester er bare et lite utvalg. Strøm er ferskvare, og må overføres i sanntid. Figur 1.1 viser effektforbruk per time [kWh/h] i Norge innenfor ulike sektorer fra januar 2021 til januar 2024.



Figur 1.1: Effektforbruk [kWh/h] innenfor husholdninger, tertiær-, sekundær- og primærindustri, samt hytter og andre fritidseiendommer fra januar 2021 til januar 2024. De ulike sektorene er vist i henholdsvis blå, grønn, oransje, lilla og rød linje. Data hentet fra Elhub sitt API [8].

I figur 1.1 skiller husholdninger, som markert i blått, seg markant fra de andre sektorene med betydelig fluktusjon mellom sommer- og vinterforbruk. Det svingende forbruket åpner opp for potensialet til forbrukerfleksibilitet, og mer optimal utnyttelse av strømmettet. NVE, Norges Vassdrags- og Energidirektorat, definerer forbrukerfleksibilitet som [9]; «Forbrukernes evne og vilje til å bytte energibærere eller endre sitt energiforbruk på kort eller mellom - lang sikt». Forbrukerfleksibilitet kan utløses gjennom prissignaler som tariffordninger og spotpris. I flere rapporter vises det til potensialet av forbrukeres villighet til endring i forbruksmønster basert på prissignaler [10]–[13]. Optimalisering av økonomiske insentiver i nettleieordningen vil kunne utløse forbrukerfleksibilitet. Nettet vil kunne utnyttes på en mer effektiv måte, og økonomien til forbrukere som tilpasser sitt forbruk vil bespares.

Beregnes andel av strømforbruk for de fem sektorene vist i figur 1.1 står husholdningssektoren for omlag 20 % av strømforbruket i Norge. Mange husholdningsartikler og hverdagsrutiner består eller avhenger av elektriske komponenter. En av de største endringene

hos husholdninger de siste årene knyttet til elektrifisering, er den økende andelen elbiler i privat sektor [14][5]. Lading av elbil hjemme fører til høyere effektuttak hos husholdninger. Dette stiller høyere krav til nettet, for at spenningsnivågrenser skal overholdes i distribusjonsnettet. Samtidighetsfaktoren for lading er antagelig høy, da majoriteten av elbileiere er avhengig av tilstrekkelig ladet bil før jobb og skole, og eventuelt andre fritidsaktiviteter. Automatisering av styringssystemer til lading basert på effekttilgjengelighet i nettet eller spotpriser er en potensiell løsning. Derimot er det viktig å være observant på at dersom algoritmene er programmert slik at alle automatiske ladesystemer samkjøres, kan dette føre til nye effekttopper ved andre tidspunkter, og en gjeninnkoblingseffekt oppstår. Gjennom AMS-målere og HAN-porten åpnes muligheten for sanntidsmonitorering, samt automatisering av for eksempel lading. Elbillading som fleksibilitetsressurs har mange muligheter, for eksempel ved å flytte lading til natten når det er mer ledig kapasitet i nettet.

1.2 Motivasjon

Den pågående elektrifiseringen av Norge har ført til nye utfordringer. Forbruk av fossile brensler til blant annet transport og industri skal fases ut, og flere sektorer står i kø for påkobling til nettet. Det generelle strømforbruket fortsetter å øke, og NVE oppgir at det maksimale timesforbruket har økt med 39 % siden 1990 [15]. Det norske strømmettet dimensjoneres etter den timen med høyest effektuttak og kaldest temperatur for at forsyningssikkerheten skal ivaretas, og nettinvesteringer legges opp deretter. Resten av tiden finnes det derimot tilgjengelig kapasitet i nettet. Det fører til en overdimensjonering av strømmettet store deler av tiden. Husholdninger er den brukergruppen med høyest fleksibelt forbruk, noe som åpner muligheten for bedre utnyttelse av forbrukesfleksibiliteten som er tilgjengelig. Forbrukerfleksibilitet er en sentral del av elektrifiseringen i Norge, og åpner opp muligheten for innfasing av nye uregulerbare fornybare energikilder.

Innføringen av nettleieordningen den 1. juli 2022 endret hvordan nettleien var bygd opp, med et ønske om oppmuntring til mer energieffektive tiltak. Den la opp til at forbrukere som flyttet forbruk fra høy- til lavlasttimer og kuttet effekttopper, ble belønnet med økonomiske insentiver i form av lavere strømregning.

Motivasjonen bak masteroppgaven er å kartelegge forbruksendring i husholdningssektoren og ulike eksogene faktorerens påvirkning på husholdningers forbruksmønster. Det vil potensielt kunne være med på å øke forståelsen for utformingen av nettleien. Dersom de økonomiske insentivene til forbruksendring kan optimaliseres, vil utnyttelsen av tilgjengelig nett øke, samt behovet for utbygging minke. Ikke minst spares naturen og miljøet for store og mangfoldige inngrep.

1.3 Problemstilling og avgrensning

I masteroppgaven vil elektrisitetskonsum for husholdninger studeres. Hovedmålet er å se på hvorvidt innføringen av ny nettleieordning den 1.juli 2022 har hatt en påvirkning på forbruksmønsteret til husholdninger.

Masteroppgaven vil ta for seg følgende forskningsspørsmål;

(H) Har innføringen av ny nettleieordning som insentiv til implisitt forbrukerfleksibilitet hatt den ønskede virkningen på husholdningers forbruksmønster?

Overstående forskningsspørsmål vil bli besvart stegvis gjennom følgende underspørsmål;

(U1) Er det mulig å se en endring i forbruksmønster hos husholdninger etter innføringen av den nye nettleieordningen?

(U2) Hvilke eksogene faktorer er med på å påvirke husholdningers forbruk?

(U3) Hvordan vil endring i forbruksmønster arte seg i aggregert forbruksdata sammenlignet med enkelthusholdninger?

Aggregert data fra Nordre Follo og Fredrikstad, samt innsamlet data fra enkelthusholdninger i de samme kommunene, vil bli benyttet for å kartlegge forbruksendring. Det aggregerte datasettet deles inn i fire boliggrupper; *enebolig*, *tomannsbolig*, *rekkehus/kjedehus* og *blokk/leilighet*, for å kunne sammenligne tilsvarende boligtyper med hverandre. I privathusanalysen er det ni enkelthusholdninger, der Hus 1 - 5 er i Nordre Follo og Hus 6 - 9 er i Fredrikstad. Periodene 01.11.2021 - 31.03.2022 og 01.11.2022 - 31.03.2023 vil være utgangspunktet for sammenligning av forbruk *før* og *etter* innføringen av den nye nettleieordningen. Det vil hovedsakelig bli utført en kvantitativ analyse basert på innsamlet data fra ulike kilder som Elhub, privatpersoner, forbrukerrådet, Statistisk sentralbyrå (SSB) og Norsk klimaservicesenter. Strømstøtte er ikke tatt hensyn til i analysen.

Analysen vil utføres ved bruk av ulike statistiske analysemetoder, samt sammenligning av forbruks- og varighetskurver. For å kunne fastslå om det er statistisk signifikant endring i forbruk mellom de to sesongene vil parede t-tester, Wilcoxon signed-rank tester og Bonferroni korreksjon bli brukt, avhengig av dataen som analyseres. Eksogene faktorer som temperatur, energimerking, spotpris og oppvarming vil bli diskutert, samt lademønstre dersom husholdningen har elbil. Avslutningsvis vil resultater diskuteres i lys av, og sammenlignes med, resultater fra andre analyser på priselastisitet.

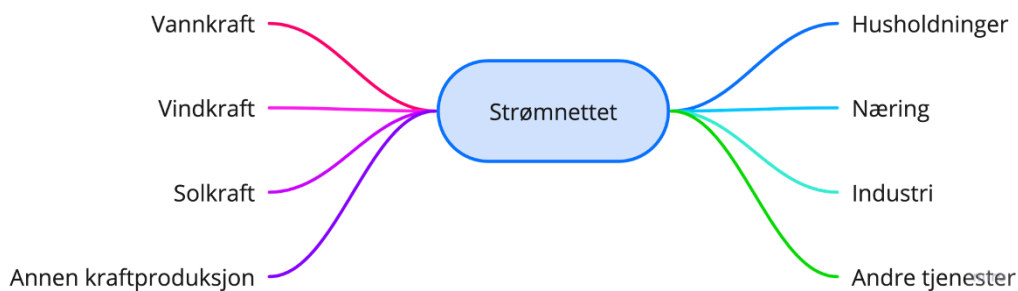
Kapittel 2

Teori

Kapittelet tar for seg bakgrunnsteori for oppgaven. Viktige trekk ved det norske elektriske kraftsystemet, fleksibilitet og den nye nettleieordningen fra 2022 blir presentert. I tillegg vil andre studier om priselastisitet bli oppsummert.

2.1 Det norske kraftsystemet

Det elektriske kraftsystemet bygger på tre grunnleggende funksjoner; *produksjon*, *distribusjon* og *omsetning av elektrisk strøm*. I løpet av 2023 ble det produsert 154 TWh i Norge [16]. Vannkraft har siden 1900-tallet vært en bærebjelke i norsk kraftproduksjon, hvor vannmagasiner har vært en helt sentral fleksibilitets- og forsyningsikkerhetskilde [17][18]. Vannkraft står fortsatt i dag for den største andelen av kraftproduksjon i landet, selv om andelen vind og sol kraftproduksjon øker. Per 31. mars 2023 beregnet NVE Norges normalårsproduksjon fra vannkraft til å være omlag 136,9 TWh, som tilsvarer omlag 87 % av landets totale kraftproduksjon [19]. Sol-, vind- og varmekraftproduksjon har per 2023 installert effekt på henholdsvis 604 MW, 5 073 MW og 642 MW. På grunn av topografiske utforminger foregår store deler av Norges kraftproduksjon på Vestlandet og i Nord-Norge. Derimot befinner en større andel av forbruket seg på Østlandet. Transmisjonsnettets er derfor bygget opp for å dekke transmisjon ut til mesteparten av landet, slik at flest mulig får tilgang på kraft. I figur 2.1 er kraftsystemet skissert i grove trekk, der ulike kraftprodusenter er vist på venstre side, strømnettet i midten som en flaskehals, og ulike forbrukskategorier er representert på høyre side.



Figur 2.1: *Kraftsystemet visualisert i grove trekk. På venstre side er eksempler på kraftproduserende elementer. Midt i figuren er strømnettet vist som en flaskehals for transmisjon av strøm ut til de ulike forbrukskategoriene, som er vist på høyre side.*

2.1.1 Oppbygning og ansvarlige aktører

Det norske kraftnettet har som hovedoppgave å distribuere kraft fra produsent til forbruker. Nettet strekker seg over hele landet, og er delt inn i tre seksjoner; transmisjons-, regional- og distribusjonsnettet. De tre seksjonene er koblet sammen gjennom ulike nett- og transformatorstasjoner, som transformerer spenningsnivået opp eller ned etter behov. Dersom strøm skal fraktes over lange distanser, transformeres spenningen opp for å minke tap i linjene. Spenningen blir transformert ned ved kortere distanser fordi resistive tap ikke vil bli like høye ved kortere distanser.

Transmisjonsnettet, også kalt sentralnettet, strekker seg over hele landet og omfatter omlag 12 000 km med strømnett [20]. Her ligger spenningsnivået normalt på 300 eller 420 kV, men det forekommer også områder i transmisjonsnettet med spenningsnivåer som ligger på 132 kV. Transmisjonsnettet drives i dag av landets systemansvarlig, TSO (Transmisjons System Operator), som i Norge er Statnett. De har som hovedoppgave å sikre balanse i kraftsystemet, samt sikre levering av elektrisk kraft.

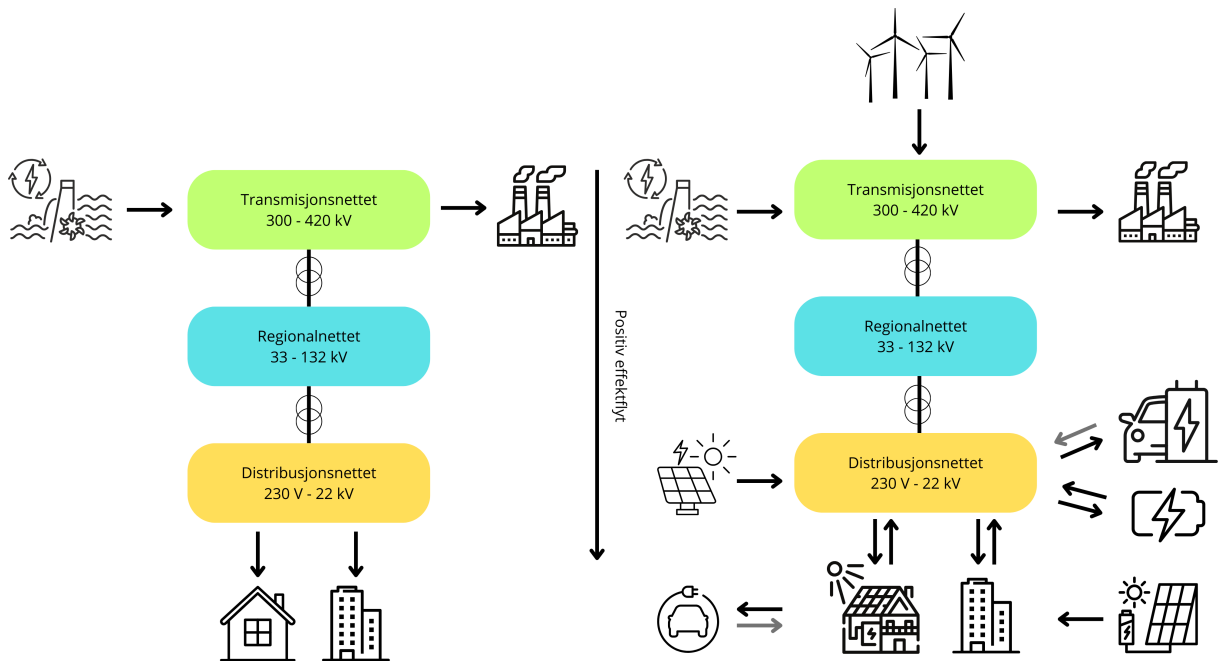
Regionalnettet omfatter nettet som kobler transmisjons- og distribusjonsnettet sammen, via transformatorer. Spenningsnivået ligger her på 33 til 132 kV, dette utgjør omtrent 19 000 km med nett [20]. Regionalnettet driftes av landets ulike DSOer (Distribusjons System Operatører), som hver har ansvar for sine respektive regioner.

Distribusjonsnettet er nettet som frakter strømmen helt ut til forbruker. Her vil spenningsnivået variere mellom 230 V til 22 kV, beroende på kunden som mottar strømmen [20]. Det er vanlig å dele inn distribusjonsnettet i to deler; *ut til industri* og *ut til husholdninger*. Det høyspente distribusjonsnettet ut til industri omfatter spenninger over 1 kV, mens det lavspendte distribusjonsnettet ut til mindre industri og husholdninger har spenninger under 1 kV.

2.1.2 Fra tradisjonelt til moderne nett

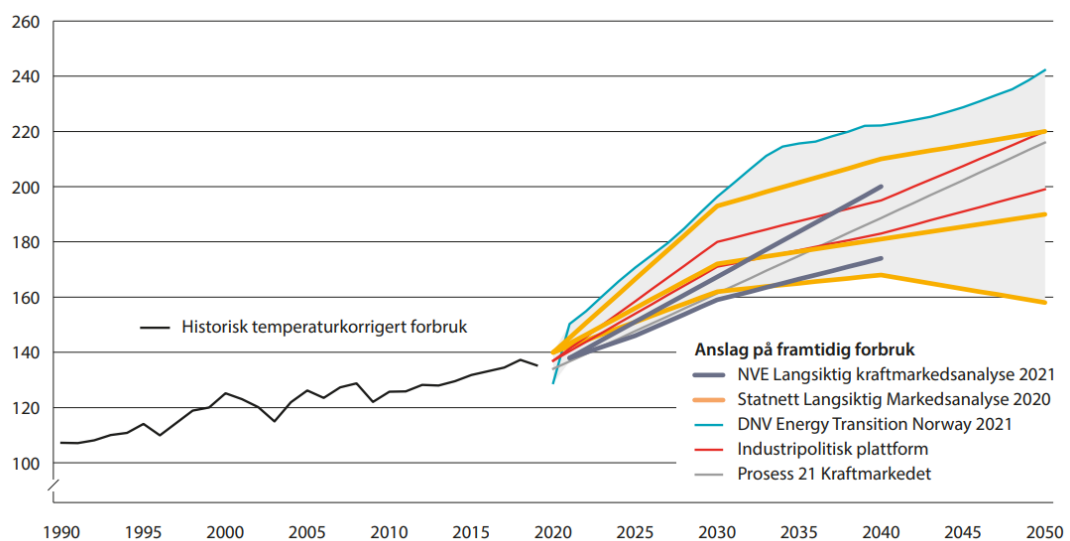
Tradisjonelt sett har Norges kraftsystem hatt en enveis effektflyt, slik som vist i venstre del av figur 2.2. Figuren er en forenkling av det tradisjonelle og moderne kraftsystemet, vist på henholdsvis venstre og høyre side av figuren. Den positive effektflyten er definert nedover fra produsent til forbruker. Tradisjonelt sender kraftprodusenter kraft inn på nettet, hvor det blir distribuert til ulike forbrukere etter spenningsnivå. Store industriområder som smelteverk kan være koblet direkte på transmisjonsnettet, mens majoriteten av forbrukerne er koblet til distribusjonsnettet hvor spenningene er lavere.

I det moderne nettet er hovedoppsettet likt, hvor kraftprodusenter sender kraft inn på nettet og forbrukere er koblet til for å kunne hente ut kraft. I tillegg er det moderne nettet tilkoblet flere ulike uregulerbare energikilder som vind og solkraft. Fra NVE sin langsiktige markedsanalyse utgitt i 2023 presiserer de at de forventer en kraftig vekst av ny sol- og vindkraft fra 2030 og fremover [22]. Elektrifiseringen av samfunnet har også ført til en økning av elbiler som er avhengig av lading [23]. I en analyse utført av SSB i 2023, kommer det frem at hele 4 av 5 nye biler kjøpt i 2022 var elektrisitets drevet, samt at elbiler totalt utgjorde 20,6 % av personbilparken i Norge samme år [14]. Det forskes kontinuerlig på hvordan elbiler potensielt kan benyttes som en fleksibilitetskilde. De kan bistå med strøm inn på nettet ved behov (Vehicle-to-Grid, V2G), inn til bygninger (Vehicle-to-Building, V2B), og inn til smarthus (Vehicle-to-Home, V2H), dersom de er tilkoblet en toveislader [24][25].



Figur 2.2: Venstre side av figuren viser den tradisjonelle oppbygningen av nettet, med enveisflyt fra produsent ut til forbruker. Det moderne kraftsystemet er illustrert på høyre side. Batterier, smarthus og fornybare energikilder er tilkoblet nettet som vist ved de ulike symbolene. Effekt flyter i begge retninger, og det er en dynamisk delingsprosess mellom de ulike aktørene ettersom hvor det er behov for effekt. Figur inspirert av [21].

Strømmettet blir i dag ofte omtalt som elektrifiseringens flaskehals. Årsaken er at strømmettet begynner å nærme seg en kapasitetsutfordring, med den økende elektrifiseringen som følge av det grønne skiftet. I NOU (Norges Offentlige Utredninger) rapporten *Nett i tide* [26] presenteres flere av aktørenes fremtidsprognoser for kraftforbruk. De ulike energibehovsprognosene vises i figur 2.3, og er basert på ulike antakelser. Det er en tydelig økende forbrukstrend i alle prediksjons-scenarioene.



Figur 2.3: Historisk temperaturkorrigert forbruk og fremtidsprognoser for kraftforbruk [TWh/år] frem mot 2050. De ulike prognosene er basert på ulike antakelser, men viser alle til en betydelig økning. De ulike aktørene er listet i tekstboks til høyre i figuren. Figur hentet fra og gjengitt med tillatelse fra Strømprisutvalget [26].

Med det totale økende energibehovet, øker også behovet for overføringskapasitet i nettet. Når flere sektorer og systemer forbruker mer elektrisitet over tid, øker den samlede lasten på kraftsystemet. For å unngå overbelastning i form av utkoblinger, feil eller spenningsfall med den økende lasten, øker derfor også effekt- og kapasitetsbehovet i nettet. Avhengig av forbruksscenario, legger NVE frem i rapporten *Norsk og Nordisk effektbalanse fram mot 2030* [27] at maksimalt effektbehov i 2030 forventes å ligge på mellom 29 og 33 GW. Det er en markant økning fra 26,8 GW i 2021. Når det kommer til tilgjengelig overføringskapasitet i strømmettet, er det mer komplisert å angi et estimat på dagens og fremtidens kapasitet. Overføringskapasitet er en dynamisk variabel som vil fluktuere med vær, sesong, tilstand på linen og tilstand i strømmettet generelt, samt avgrensingsområdet for avregning.

Innfasing av mer uregulerbar og væravhengig kraft, samt andre fleksibilitetsløsninger som kan sende kraft inn på nettet, øker ustabiliteten [22]. I tillegg vil det fremover bli en større andel distribuert kraftproduksjon enn tidligere. Kraftsystemene i Europa vil bevege seg vekk fra den enveisflytende kraftmodellen, mot smartgrids. Der vil de ulike operatørene potensielt produsere, lagre og/eller konsumere kraft, samt at effektflyten vil gå i flere retninger. Dette for å imøtekomme den økende andelen uregulerbarkraft i nettet. Gjennom denne omstillingen er det helt sentralt at forsyningssikkerheten ivaretas, ettersom nesten alle kritiske samfunnsfunksjoner og -oppgaver er sterkt avhengige av det [20]. Energidepartementet presiserer i en artikkel [20], at «*sikker strømforsyning er helt avgjørende for et moderne samfunn*».

2.1.3 Balanse i nettet

Forsyningssikkerhet er det som sikrer at elektrisk kraft kontinuerlig leveres ut til sluttbrukere [28]. Elektrisk kraft skal være tilgjengelig til ethvert tidspunkt (effekt), samt være tilgjengelig over tid (energi) [28]. Forsyningssikkerhet deles inn i tre hovedseksjoner; *energisikkerhet, effektsikkerhet og driftssikkerhet og leveringspålitelighet*.

Energisikkerhet omhandler at det skal være nok tilgjengelig kraft i kraftsystemet til å dekke strømforbruket over lengre tid [28]. Dette gjelder gjennom sesongvariasjon og uforutsette hendelser. I en vurdering av energisikkerhet er faktorer som lagringsmuligheter, kraftbalanse og de ulike overføringsforbindelsene i inn- og utland helt sentrale.

Effektsikkerhet omhandler at den momentane strømbruken skal være dekket til enhver tid [26][28]. Sesongvariasjonene i Norge er store, spesielt i takt med temperaturene, ettersom en stor andel av oppvarming i norske hjem forekommer ved bruk av elektrisk strøm. Nettet dimensjoneres etter den kaldeste timen med høyest forbruk for at effektsikkerheten skal være ivaretatt. Historisk sett har Norge hatt høy effektsikkerhet grunnet tilgang på mer effekt enn det respektive behovet. For at effektsikkerheten skal ivaretas er det helt essensielt at både produksjons- og overføringskapasiteten dimensjoneres etter den økende etterspørselen [29]. Selv om Statnett i årene frem mot 2030 planlegger å investere mellom 60-100 milliarder i opprustning og utbygging av nettet, er det en tidkrevende prosess [30]. Dersom overføringskapasitet eller annen infrastruktur ikke er tilstrekkelig for å møte produksjonsnivået, vil det oppstå mangel på effekt i nettet.

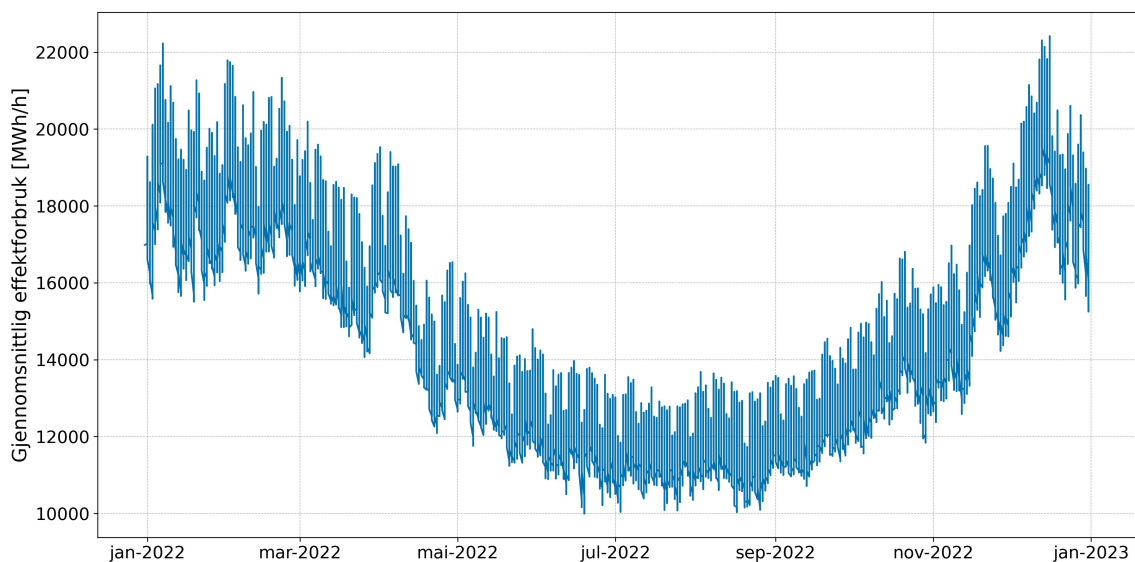
Et tiltak for å sikre effektsikkerhet i landet er N-1 prinsippet [26]. N-1 prinsippet tilsier at dersom en linje skulle falle bort grunnet feil eller andre ødeleggelser/forstyrrelser, vil fortsatt nettet kunne ha sikker forsyning til alle forbrukere. Dette skjer gjennom omdirigering av strømmen til andre linjer. Nettet er med andre ord dimensjonert for sikker drift, selv ved bortfall av den linjen som har størst overføringskapasitet.

Driftssikkerhet og leveringspålidelighet handler om å opprettholde den momentane balansen i nettet, og dermed unngå driftsforstyrrelser [29]. For spenning er det bestemte grensenivåer etter linetypen kraften skal transporteres gjennom. Dersom spenningskvalitet eller maksimalt effektbehov ikke opprettholdes, fører det til dårligere leveringskvalitet. Det kan medføre økte nettap, redusert overføringskvalitet, og i verste fall havari eller skade på komponenter i kraftsystemet eller komponenter tilknyttet det [31].

I det nordiske synkronområdet ligger frekvensgrenseverdien til kraftsystemet på $50 \pm 0,1$ Hz [29][31]. Det nordiske synkronområdet omfatter Sverige, Finland, Norge og deler av Danmark. Balansen opprettholdes gjennom regulering av kraftproduksjon og konsum, slik at lik mengde effekt sendes inn og ut av strømmettet. Kraftsystemet har en treghet i seg, inertia. Tregheten forsinker forstyrrelser av eventuelle brå endringer i produksjon eller konsum. Tregheten i kraftsystemet er en viktig faktor for hvor robust kraftnettet er mot store ubalanser. Innfasing av ny kraftproduksjon fra sol og vind, fører til at mengden iboende inertia i nettet, avtar [32]. For å sikre at balansen i kraftsystemet opprettholdes, er det viktig å ha et stort og stabilt fleksibilitetsmarked. Som systemansvarlig i Norge har Statnett ansvar for å opprettholde inertiaen i systemet. Det er et tett samarbeid mellom de ulike TSOene i det nordiske synkronområdet for å finne en samarbeidsløsning for hvordan balansen best mulig kan opprettholdes [31].

2.1.4 Kraftnett og nettutnyttelse

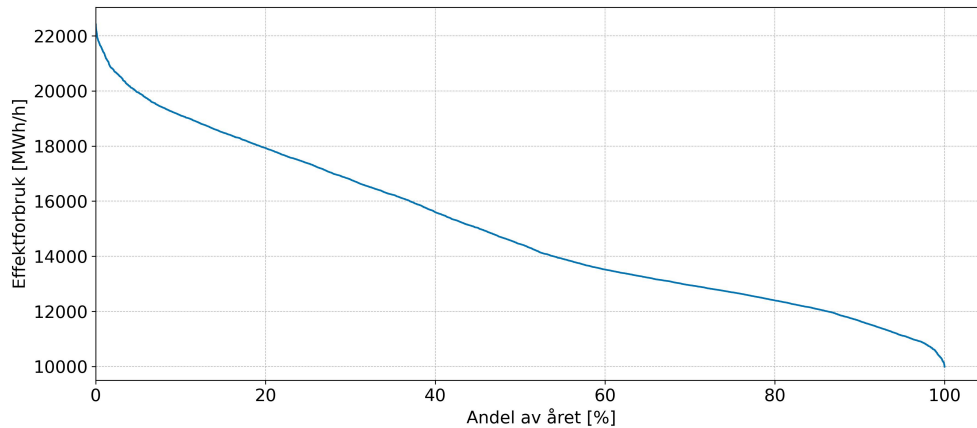
Med store sesong- og temperaturvariasjoner gjennom året, varierer forbruket i Norge mye. Figur 2.4 presenterer en lastprofil for alle sektorer i Norge fra 2022. Her kommer sesongvariasjonene for effektforbruk tydelig frem. Vinterhalvåret er preget av et høyere strømforbruk, mens sommerhalvåret har en betydelig lavere trend.



Figur 2.4: Lastprofil for alle sektorer i Norge. Effektforbruket [MWh/h] er plottet for perioden januar 2022 til og med desember 2022. Data er hentet fra Statnett [33].

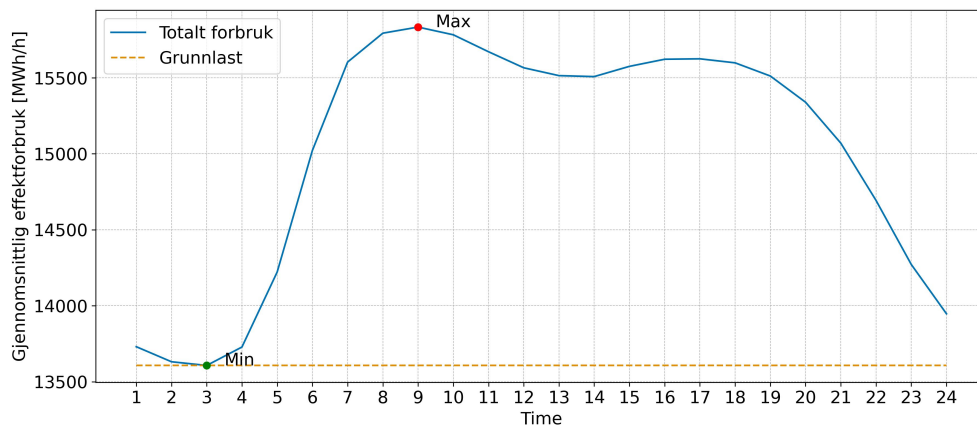
I figur 2.5 er en varighetskurve for hele Norge i 2022 presentert. Varighetskurver er en god måte å visualisere fordelingen av forbruk på. Varighetskurver får frem hvor mye av tiden ulikt energiforbruk forekommer. Her kommer det tydelig frem at det høyeste forbruket forekommer betydelig sjeldnere enn normalen. Dette er kan sees ved at det i 1-5% av året er betydelig høyere forbruk. Derimot må nettet dimensjoneres etter den kaldeste timen

med høyest forbruk, for at forsyningssikkerheten skal være ivaretatt til en hver tid. Dette er ineffektiv utnyttelse av strømmettet som er tilgjengelig.



Figur 2.5: Variighetskurve for alle sektorer i Norge. Effektforbruket [MWh/h] er gitt for 2022, og x-aksen viser andel [%] forbrukt per år. Data er hentet fra Statnett [33].

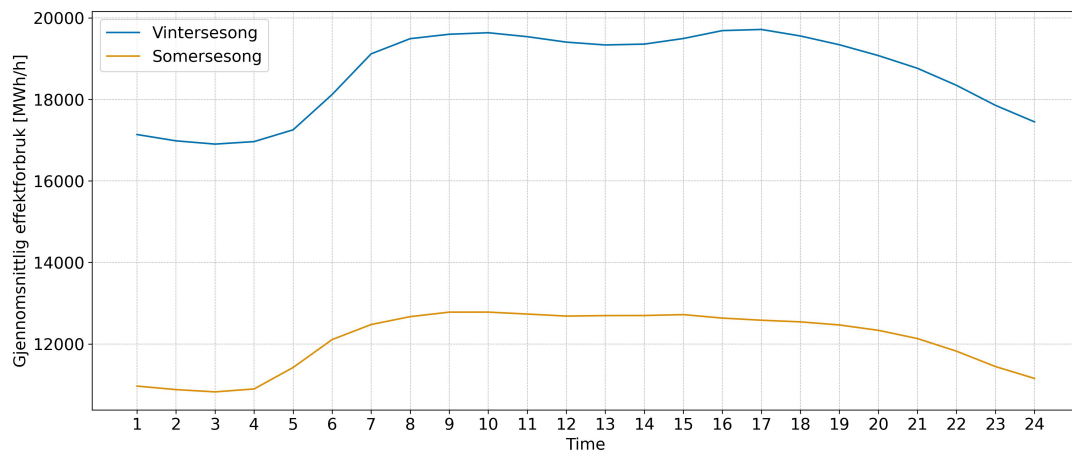
I Norge er det en trend av at høyere forbrukstopper forekommer ved morgen- og kveldstidene. Det er i dette tidsrommet majoriteten står opp og gjør seg klar for dagen, samt kommer hjem. De fleste lager mat, varmer opp huset, tar seg en dusj og forsikrer seg om at elbilen er tilstrekkelig ladet. I figur 2.6, hvor et gjennomsnitt for hele Norges effektforbruk per time er visualisert, er det to tydelige topper i morgen- og kveldstidene respektivt.



Figur 2.6: Gjennomsnittlig effektforbruk per dag for alle sektorer i Norge, der effektforbruket [MWh/h] er gitt som et gjennomsnitt per time vist som blå linje. Grunnforbruket i Norge er vist med stiplede oransje linje. Max og min markeringen i figuren henviser til ekstremalpunktene per dag. Data hentet fra Statnett [33].

Sesongvariasjonen kommer tydeligere frem dersom effektforbruket per time visualiseres for sommer og vinter respektivt. I figur 2.7 er sommer- og vinterforbruk visualisert som henholdsvis blå og oransje linje. Sommersesongkurven er jevnere og betydelig lavere enn vintersesongkurven. I vintersesongen ligger forbruket høyere, i tillegg til tydeligere topper i morgen og kveldstidene.

Det er hovedsakelig vinteren hvor det er behov for mer fleksibilitet grunnet større påtrykk på nettet. Dette åpner opp for store muligheter for forbrukerfleksibilitet. I en rapport



Figur 2.7: Gjennomsnittlig effektforbruk [MWh/h] for alle sektorer i Norge, hvor sommer- (juni - august) og vinterforbruk (desember - februar) er vist som henholdsvis oransje og blå linje. Data er hentet fra Statnett [33].

utgitt av SSB i 2018 viser de til hvordan årlig strømforbruk per husholdning har gått ned fra rundt 18500 kWh i 1994 til rundt 16000 kWh i 2016 [34]. De presiserer store forskjeller mellom boligtyper, hvor blokk/leilighet har et betraktelig lavere forbruk enn for eksempel eneboliger. I 2012 gjorde SSB en sammenligning av årlig forbruk i ulike boligtyper, hvor eneboliger hadde et gjennomsnittlig strømforbruk på omlag 20000 kWh, rekkehus på omlag 15000 kWh og blokk/leilighet på omlag 9000 kWh [35].

I 2022 oppgir SSB at årlig gjennomsnittlig strømforbruk per husholdning har sunket ned til rundt 15000 kWh, samtidig som det totale energiforbruket er på rundt 18000 kWh [35]. Strømforbruket per bolig har med andre ord sunket, derimot er det logisk å anta at antallet husstander har økt i takt med befolkningsveksten. Med elektrifiseringen av samfunnet har også behovet for elektrisitet til bruk og oppladning av hverdags apparater økt, ikke minst kjøretøy [35]. Det er viktig å huske at siden 1993 har det blitt strengere krav til byggtekniske spesifikasjoner som fører til lavere behov for oppvarming, i tillegg til varmere gjennomsnittstemperaturer [34][36].

Elvia, Norges største DSO i kundemasse, har beregnet at omlag 60 % av det totale strømforbruket til norske husholdninger i gjennomsnitt går til oppvarming [37]. Dette skiller seg markant fra resten av verden. En undersøkelse gjennomført av Eurostat viser til at det i Europa er et gjennomsnitt på 5 % av det totale forbruket til oppvarming som kommer fra elektrisitet [38], og IEA (International Energy Agency) estimerer at over 60 % av varmekilder til husholdninger i verden er avhengige av fossile brensler [39]. Dette er til stor forskjell fra Norge, hvor NVE estimerer at omlag 80 % av oppvarming til husholdninger i 2020 ble dekket av elektrisitet [40]. Videre har Elvia estimert at mellom 15 til 20 % går med til oppvarming av varmtvann, 15 % til ulike andre elektriske apparater, og de siste 10 % brukes i gjennomsnitt til belysning [37]. Dette er kun et estimat, og vil bli påvirket avhengig av byggtekniske spesifikasjoner som byggeår, oppvarmingsapparater og type hus, samt plassering og husstanden. NVE har også kartlagt fordeling av elektrisitetskonsum i norske husholdninger, sist oppdatert i 2023, hvor de legger seg i samme størrelsesorden som Elvia har presentert i sin analyse [41].

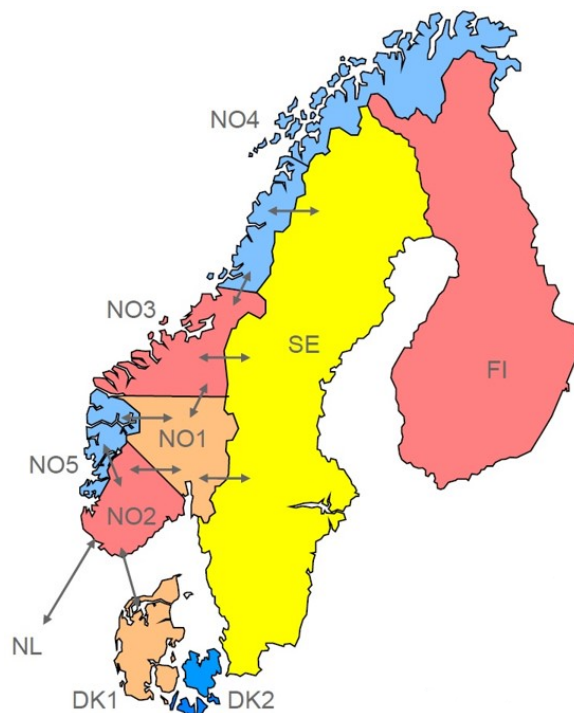
Nettselskapene frykter ikke nødvendigvis den totale økningen i strømforbruk, heller effekttoppene som forekommer morgen og kveld, hvor nettet nærmer seg sprengt kapasitet. For å bedre utnytte kapasiteten i nettet, og redusere risiko for at feil oppstår, kan forbruksforflytning være en god løsning.

2.1.5 Kraftmarkedet

Energiloven ble innført i 1990 med et formål om å effektivisere kraftmarkedet i Norge, samt gi en overordnet bedre organisering av energiforsyningen [28][42][43]. Med overføringskabler til flere andre land, er Norge i dag endel av både det nordiske og europeiske kraftmarkedet. Kraftmarkedet deles (i Norge) i dag inn i to hoveddeler; engrosmarkedet og sluttbrukermarkedet. I førstnevnte kjøper og selger ulike aktører som kraftprodusenter og kraftleverandører kraft, og i sistnevnte inngår sluttbrukere som industri og husholdninger kjøpsavtaler med strømselskap [44]. Engrosmarkedet deles inn i tre markeder; day-ahead-, intradag- og balansemarkedet.

Day-aheadmarkedet og intradagmarkedet foregår begge på organiserte markedsplasser [44]. Day-aheadmarkedet er der majoriteten av krafthandelen i Norden finner sted. Her legges det inn bud før 12:00 hver dag fra de ulike markedsaktørene. Basert på innkommende kjøps- og salgsbud, settes systemprisene for hver time for kommende dag i hver prissone. I denne vurderingen er også Statnett sin kapasitet for transmisjon for kommende dag medberegnet. Prisen som settes i day-aheadmarkedet er det som refereres til som spotpris.

Variasjonen mellom områder er stor i Norge når det kommer til kraftsituasjon. Noen områder produserer mer kraft enn det som er etterspurt, mens andre trenger tilførsel av kraft. Norge er derfor blitt delt inn i fem ulike prissoner for å bedre reflektere kraftsituasjonen og flaskehalsene i nettet. Dette er for å bedre kunne utnytte kraftressursene som er tilgjengelig, ettersom at overføringskapasiteten i dag ikke er tilstrekkelig i alle situasjoner [45]. De ulike sonene er nummerert som NO1, NO2, NO3, NO4 og NO5, og representerer henholdsvis Sørøst-Norge, Sørvest-Norge, Midt-Norge, Nord-Norge og Vest-Norge, som vist i figur 2.8.

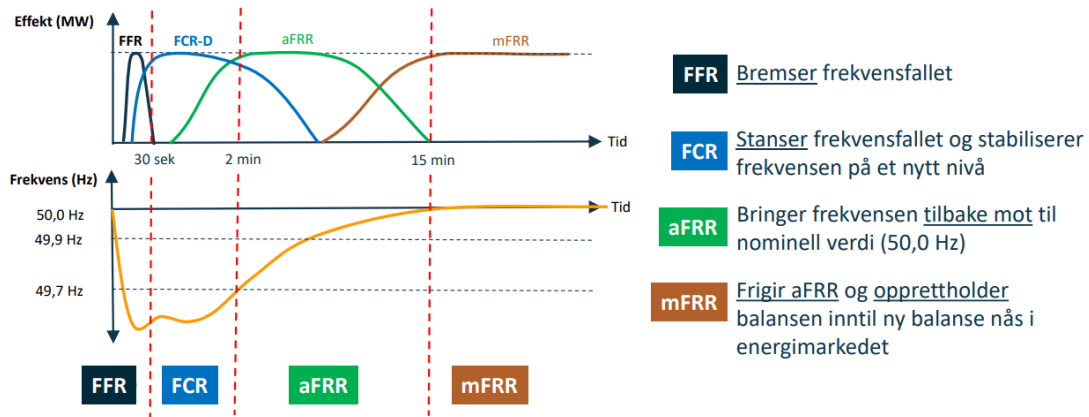


Figur 2.8: En oversikt over de fem prissone Norge er delt inn i; NO1, NO2, NO3, NO4 og NO5. Prisene i de ulike sonene settes etter produksjon og etterspørsel og for å reflektere nettets flaskehals. I figuren er utenlandsforbindelsene vist (NL). Danmark sine soner DK1 og DK2 er med i figuren, samt Sverige (SE) og Finland (FI). Figur gjengitt med tillatelse fra Energidepartementet [46].

De ulike prisområdene gir en tydelig indikasjon på hvor de ulike begrensningene i transmisjonsnettene ligger. I tillegg er Norge koblet opp i det nordiske synkronområdet som vist i figuren, samt med sjøkabler til resten av det europeiske kontinentet. Det nordiske synkronområdet består av Norge, Sverige, Finland og sone DK2 i Danmark.

Intradagmarkedet åpner etter day-aheadmarkedet har lukket, og holdes åpent til og med en time før driftstimen [44]. Her har de ulike aktørene mulighet for å kjøpe og selge seg i balanse, dersom prediksjonen for konsum eller forbruk for den kommende dagen ikke ble som antatt.

Balansemarkedet er det Statnett som har ansvar for i Norge [44]. Her skal det handles inn nok reserver, slik at dersom det skulle forekomme uforutsette hendelser, kan Statnett som systemoperatør vedlikeholde den momentane balansen. Det Nordiske balansemarkedet utgjøres per dagsdato av fire seksjoner; raske frekvens-, primær-, sekundær- og tertiærreserver, som refereres til som henholdsvis FFR, FCR, aFRR og mFRR [47][48]. Dette er ulike typer reserver som automatisk eller manuelt aktiveres, ut ifra ubalansesituasjonen som oppstår. I figur 2.9 er reaksjonstid og bruksområdet for de ulike reservene forklart.

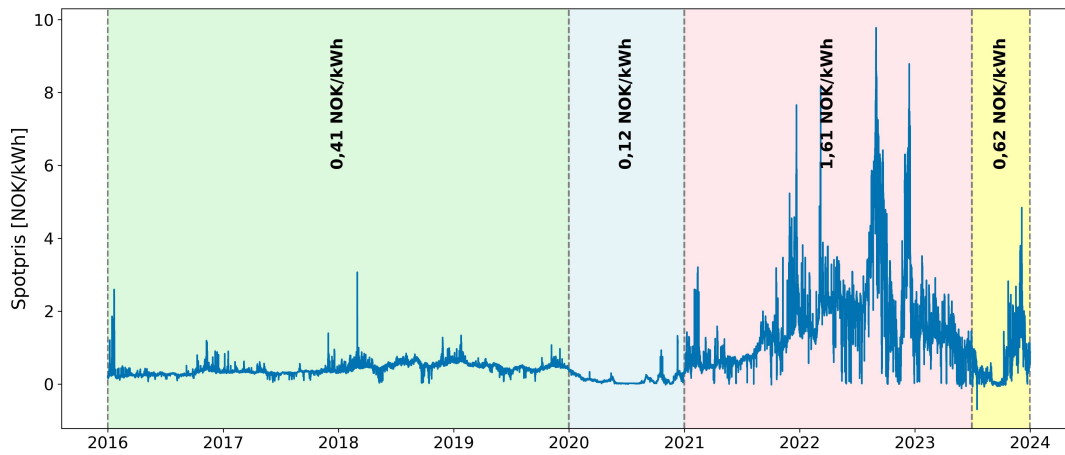


Figur 2.9: Figuren viser de fire balansemarkedene; FFR, FCR, aFRR og mFRR. Reaksjonstid, varighet og frekvens til de fire balansemarkedene er gitt grafisk til venstre. Til høyre i figuren er hver av balansemarkedenes hensikt forklart. Figur gjengitt med tillatelse fra Statnett [47].

2.1.6 Historiske og forventede kraftpriser

Historisk sett har Norge hatt lave og stabile strømpriser sammenlignet med nabolandene [43]. Dette er hovedsakelig grunnet god tilgang på regulerbarkraft fra vannkraftverk og vannmagasiner som har ført til en god balanse i kraftsystemet. Som vist i figur 2.10 var det frem til desember 2019 relativt stabile strømpriser [49]. I tidsrommet januar 2020 til desember 2023 var det svært flukterende priser, grunnet flere unntakstilstander i Europa. Den grønne seksjonen i figur 2.10 representerer 2016 til 2020 som kan kategoriseres som en normalprisperiode. Her lå gjennomsnitts spotprisen på 0,41 NOK/kWh og det er få ekstremalpunkter som skiller seg ut fra normallinjen.

Pandemi og krig har de siste årene påvirket det europeiske kraftmarkedet betydelig. Under starten av Covid-pandemien i 2020 var det en brå overgang til lavere forbruk i mange sektorer som resulterte i et kraftoverskudd og unormalt lave strømpriser som vist i blått i figur 2.10 [22][43]. Her lå gjennomsnittlig spotpris på 0,12 NOK/kWh.



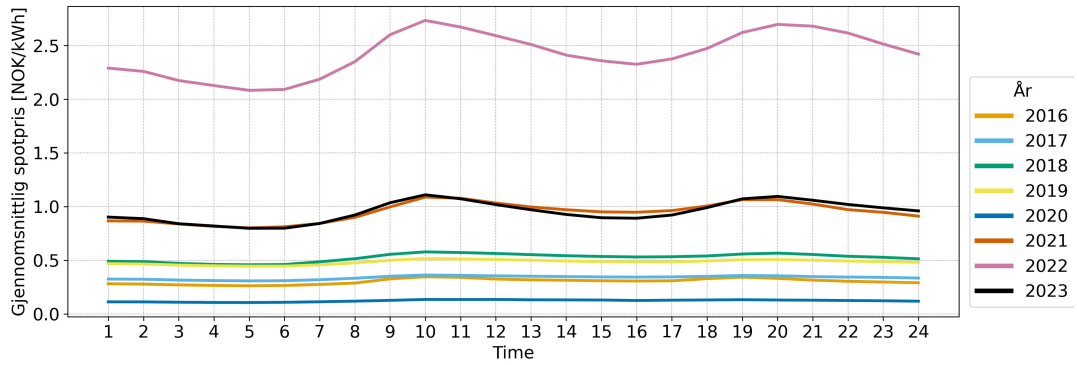
Figur 2.10: Figuren viser spotpris [NOK/kWh] for sone NO1 fra 01.01.2016 til 01.01.2024. Grønn, blå, rød og gul sone representerer henholdsvis normal-, lav-, høy- og stabiliserendeperiode i strømprisens fluktusjon de siste 8 årene. Gjennomsnittlig pris i hver periode er markert i figuren, og prisene inkluderer avgifter. Data er hentet fra Forbrukerrådet og Nord Pool [49].

Ved inngangen til 2021, forekom en markant økning i spotprisene. Som markert i rødt, var det tydelige ekstremalpunkter og mye fluktasjon i prisene. Krigen i Ukraina resulterte i mangel på energi i kraftmarkedet, og prisene nådde nye høyder, både i Norge og Europa [50]. Et gjennomsnitt for perioden er beregnet til å være 1,61 NOK/kWh. Parallelt med krigens utfoldelse, var det en storstilt utfasing av kull- og kjernekraft i Europa, samtidig som fornybare energikilder fikk større plass i kraftsystemet [43]. Markert i gul, er de to siste kvartalene av 2023. Her beveger spotprisene seg mot en stabilisering med en gjennomsnittlig spotpris på 0,62 NOK/kWh.

Mellomlandsforbindelser fører til at kraftprisene i Norge i større grad vil påvirkes av de europeiske kraftprisene [22][50]. En viktig faktor til økningen i prisvolatilitet de siste årene, og trolig de neste, er innfasingen av mer væravhengig, uregulerbar og fornybar energi. Dette er billigere kraft i drift, og prisene vil være lavere når de produserer i større mengder [22][50]. I figur 2.11 er den gjennomsnittlige spotprisen per time vist. Det er tydelig at 2021, 2022 og 2023 var ekstremår når det kommer til spotpris sammenlignet med tidligere perioder. En gjennomsnittlig dag i 2022 hadde en variasjon på 0,65 NOK/kWh, og dagen med størst endring viste til en variasjon på 5,69 NOK/kWh [49].

Statnett og NVE forventer å se en stabilisering av strømprisene frem mot 2030 på omtrent 80 øre/kWh [22][50]. Dette er betraktelig lavere en kraftprisene fra 2021-2023, men høyere enn de historiske prisene fra før 2021. Hovedgrunnen for økningen er at det vil være en enorm innfasing av fornybar kraft i nettet, som er kostbart å sette opp, samt vil føre til en svakere balanse i kraftnettet [43]. Med innfasing av mer uregulerbar og væravhengig kraftproduksjon vil viktigheten av fleksibilitetsressurser øke. Både i form av batterier, nye fleksibilitetsløsninger eller andre lagringssystemer.

I ulike fremtidsscenarioer som NVE og Statnett har lagt frem i sine langsiktige markedsanalyser antydes det til en utjevning av kraftpriser fra rundt 2040 [22][50]. De vektlegger den generelle økningen i produksjonskapasitet fra både uregulerbar og regulerbar kraftproduksjon som en viktig faktor, samt ulike fleksibilitetsløsninger som antakelig vil være på plass. I Norge peker de også på økningen i tilsig grunnet klimaendringer, som vil øke vannkraftproduksjonen og igjen være med på å senke prisnivået. I 2040 predikerer de at kraftprisen i Norge vil kunne ligge på omlag 40-50 øre/kWh. Innad i Norge er det også forventet at prisforskjellene mellom de ulike prissonene vil reduseres. Bagrunnen for inn-



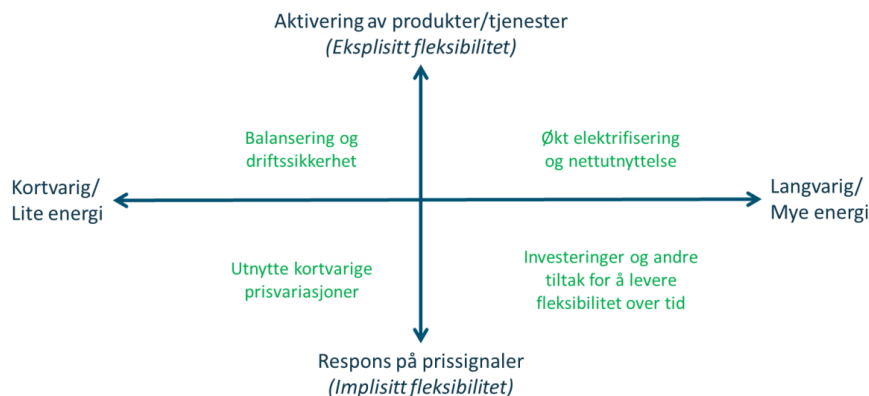
Figur 2.11: Gjennomsnittlig spotpris [NOK/kWh] per time per år for prissone NO1 i tidsrommet 2016 - 2023. Prisen inkluderer avgifter. År 2016-2020 ligger i nedre sjiktet av figuren, mens år 2021-2023 ligger i det midtre og øvre sjiktet. Data er hentet fra Forbrukerrådet og Nord Pool [49].

føringen av prissonene var i utgangspunktet å reflektere kraftsituasjonen og flaskehalsene i nettet. Det oppgraderes og bygges stadig ut nett, samt at det i fremtiden vil være utviklet metoder for bedre utnyttelse av eksisterende nett gjennom ny og utbedret teknologi [26].

I fremtiden ligger det med andre ord an til at kraftprisene i Europa kommer til å stige, før de vil stabilisere seg på et lavere nivå nærmere 2040. For Norge innebærer dette trolig en økning fra de historiske prisene før 2020, men en reduksjon fra de siste årenes kraftpriser. Strømpriser i Norge vil i større grad påvirkes av kraftsituasjonen i Europa fremover. Det forventes en generell økning i prisvolatilitet som vil påvirkes av balansen i nettet, ettersom andelen uregulerbar kraft i nettet vil øke.

2.1.7 Fleksibilitet og forbrukerfleksibilitet

Fleksibilitet i strømnettet, som definert i kapittel 1.1, omhandler ulike metoder for å bedre utnytte den tilgjengelige nettkapasiteten. Det er vanlig å dele fleksibilitet inn i to seksjoner som beskriver deres aktivering; *implisitt-* og *eksplisitt fleksibilitet*, som vist i figur 2.12.



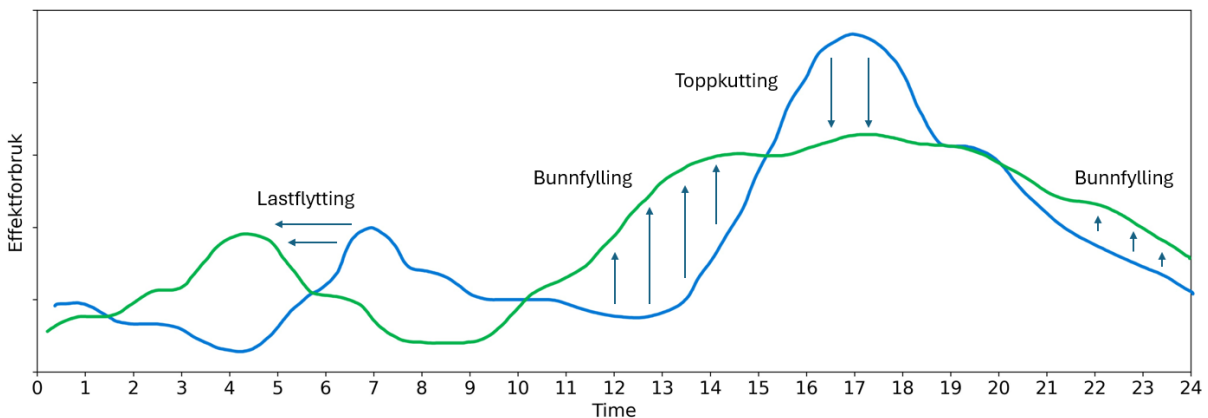
Figur 2.12: Spennet mellom eksplisitt og implisitt fleksibilitet er gitt langs vertikallinjen. Varighet og mengde energi som kan hentes ut fra de ulike fleksibilitet variantene er beskrevet langs horisontalen. Figur gjengitt med tillatelse fra Statnett [51].

Nettselskapene kan utnytte eksplisitt fleksibilitet, gjennom å komme frem til ulike løsninger innenfor drift og overvåking [51]. Dette skjer gjennom prissignaler fra de ulike

aktørene, og baserer seg på aktivering av ulike produkter og tjenester. Den eksplisitte forbrukerfleksibiliteten er prissignaler fra de ulike elektrisitetmarkedene eller utkobling etter avtale mellom nettselskap og forbruker.

Implisitt fleksibilitet er også basert på prissignaler, derimot er det her snakk om respons på markedspriser eller ulike nettatariffer, som vist i nedre sjiktet av figur 2.12 [51]. Den implisitte forbrukerfleksibiliteten handler om enkeltforbrukerens vilje til tilpasning av forbruksmønster basert på prissignaler gjennom for eksempel regulering av nettleie. Implisitt fleksibilitet er hovedfokuset i denne masteroppgaven.

Lastflytting, toppkutting og bunnfylling er tre måter å ta i bruk forbrukerfleksibilitet på. Til venstre i figur 2.13 er lastflytting vist. Dette omhandler å flytte forbruk som ikke trenger å foregå til et bestemt tidspunkt. Elbillading og oppvarming av hus kan flyttes til nattestimene og oppvarming av varmtvannsbereider til dagen. Lastflytting, toppkutting og bunnfylling forekommer ofte sammen. Ved kutting av forbruk i effekttopper kan forbruket flyttes til timer i døgnet hvor det er mer kapasitet i nettet. Optimalt flyttes det til tidsrom hvor kapasiteten i nettet er høy, som kalles bunnfylling. Forbruk flyttes med andre ord fra høylasttimer til timer med mer kapasitet i nettet for en mer effektiv utnyttelse av strømmettet. Forbrukerfleksibilitet kan utløses manuelt ved at forbruker må flytte forbruk og/eller i kombinasjon med bruk av automatiske styringssystemer som baserer seg på spotpris eller kapasitet i nettet.



Figur 2.13: Blå linje representerer en typisk forbrukskurve for en husholdning med forbrukstopper i morgen- og ettermiddagstimene. Den grønne linjen representerer en jevnere forbrukskurve der den høyeste toppen er kuttet, og forbruker er fordelt utover dagen. Figurens piler visualiserer hvordan lastflytting, bunnfylling og toppkutting kan forekomme i løpet av et døgn, som er ulike måter forbrukerfleksibilitet kan utnyttes ved. X-aksen representerer timen i døgnet, mens y-aksen representerer effektforbruk. Figur er inspirert av [52].

For å utnytte forbrukerfleksibilitet til det fulle, handler det om å kunne finne et snitt der insentivene til endring i forbruksmønster er høyt nok. Det skal ikke gå på bekostning av komfort og brukervennlighet til forbrukerne, samtidig som nettselskapene ikke skal gå i tap.

2.2 Utforming av strømregningen

Strømregningen deles i dag inn i tre deler; *strømpris*, *nettleien* og *moms og avgifter*. De tre leddene avhenger av ulike faktorer, og utgjør en ulik andel av strømregningen hver forbruker betaler. Strømregningens størrelse på inndelingen av de ulike sektorene vil

varierte basert på strømselskap- og nettselskaptilknytning. Andre påvirkningsfaktorer er prissonetilhørighet og forbruksmengde.

Den største andelen av strømregningen består for de fleste av strømpris, prisen per kWh som forbrukes. Denne betales til strømselskapet som forbruker kan velge fritt. Strømselskapet betaler en spotpris hos strømbørsen Nord Pool, som settes etter markedsforespørsel som forklart i seksjon 2.1.5 [53]. Spotprisen vil variere fra time til time, og styres etter tilbud og etterspørsel, samt prissone tilhørighet. Forbruker betaler enten spotpris og påslag til strømselskapet for hver kWh forbrukt, eller en fastpris per kWh forbrukt. Det avhenger av avtalen forbruker har med sitt strømselskap.

Nettleien omfatter kostnadene for transport av strøm, samt drift og vedlikehold av strømnettet. I tillegg dekker nettleien utbygging av nettet, som er ytterst nødvendig med den økende etterspørselen av påkobling til nettet. 1. juli 2022 ble det innført en ny nettariff som omfatter hvordan nettleiedelen av strømregningen utformes. Utformingen av nettleien vil bli forklart i neste seksjon, samt bakgrunnen for dens oppbygging.

I strømregningen inngår også moms og avgifter, hvorav merverdiavgiften er på 25% [54]. I tillegg inngår det tre avgifter i strømregningen; elavgiften, enovaavgiften og elsertifikatordningen. De tre avgiftene går til staten og nettselskapene, samt at elsertifikatordningen gir et bidrag til de kraftprodusenter som bygger ut fornybare løsninger. Det er også mulig å betale en opprinnelsesgaranti, men det er frivillig. Inngås det en slik avtale, vil kunden reservere fornybar energiproduksjon som tilsvarende det forbruket hen har.

Basert på strømprisindeksen til Fornybar Norge for november 2023 til mars 2024, ligger en gjennomsnittlig strømregning i prissone NO1 for en husholdning på 2538,8 NOK [55]. Prisen inkluderer skatter, avgifter og fratrukk av strømstøtte. Fra desember 2021 innførte regjeringen strømstøtte for alle husholdningsregistrerte nettkunder i Norge [56][57]. Strømstøtte ble og blir utdelt gjennom fratrukk fra strømregningen til kunden. Støtten varierer basert på når strømmen er brukt, i tillegg til jevnlig revisjoner av minstepris for fratrukk per kWh.

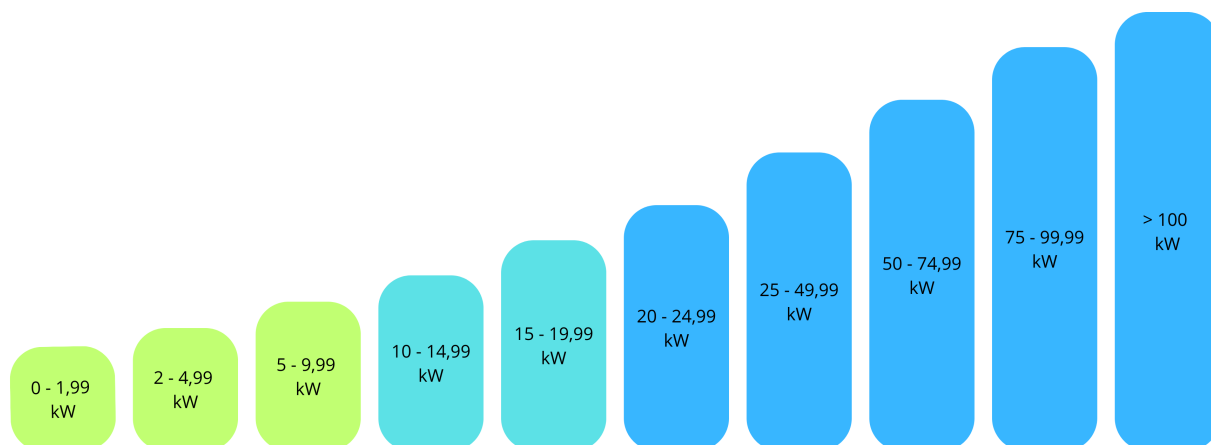
2.2.1 Innføring av ny nettariff

Den 1. juli 2022 ble det innført en ny nettariff som endret nettleiens utforming. Utformingen av nettleieordningen kom fra et ønske om å redusere belastningen i strømnettet, spesielt i høylasttimer. Hensikten var å ta i bruk forbrukerens implisitte fleksibilitet. Dette skulle skje gjennom å få forbrukere til å flytte forbruk som ikke er nødt til å skje til en bestemt tid, og med det oppnå en jevnere forbrukskurve og lavere påtrykk på nettet i høylasttimer. Ved å minke belastning på nettet i høylasttimer, vil det umiddelbare behovet for utbygging kunne utsettes. På denne måten vil også biologisk mangfold som dyreliv og natur kunne skjermes i større grad. I den nye nettleieordningen er det nettselskapene selv som justerer prisene, slik at de reflekterer utfordringer i deres respektive nettområde.

Den nye nettariffen deler nettleien inn i to ledd; energi- og kapasitetsleddet. Energiledet tar for seg antall kWh overført til forbruker. Her er det nettselskapene selv som setter prisene, og den kan variere gjennom et døgn [58]. Energiledet er hos flere nettselskaper delt inn med ulike priser for dag- og nattforbruk. Dag- og nattinnndelingen av energiledet er et virkemiddel for å modifisere nettariffen slik at det hovedsakelig er de med høyt forbruk morgen og ettermiddag som skal insentiveres til å flytte forbruk.

Kapasitetsleddet, også kalt for effektleddet, er en trinnbasert løsning. Her blir hver husstand plassert i et kapasitetstrinn, basert på et gjennomsnitt fra de tre timene med høyest

forbruk fra den foregående måneden. De tre topplasttimene er fordelt på ulike dager. Prisene til de ulike trinnene fastsetter nettselskapene selv, og er basert på den fastsatte inntektsgrensen fra RME (Reguleringsmyndigheten for energi) på bakgrunn av kostnader til det respektive nettselskapet. Justeringer av prisene tilhørende kapasitetsleddet vil derfor forekomme dersom nettselskapet ser at de ikke møter den fastsatte inntekten. Norgesnett og Elvia, to av Norges største nettselskaper, har delt kapasitetsleddet inn i 10 ulike trinn som vist i figur 2.14.



Figur 2.14: En oversikt over inndelingen av trinnene i kapasitetsleddet i den nye nettleieordningen. De er vist i stigende rekkefølge fra venstre til høyre, etter mengde elektrisitetskonsum. kapasitetstrinnene innenfor grønn og lys blå farge (de fem nederste) representerer der majoriteten av husholdninger befinner seg hos Norgesnett og Elvia [59][60].

For hvert trinnhopp, øker også prisen. På denne måten vil de som klarer å begrense forbruket kunne hoppe ned et trinn og få et lavere kapasitetsledd i strømregningen. Målet med innføringen av den nye nettleieordningen var ikke nødvendigvis toppkutting og bunnfylling som vist i figur 2.13, men heller å oppnå lastflytting. Hos Norgesnett befinner hele 8 av 10 kunder seg innenfor de tre nederste trinnene, som markert i grønt [59]. Norgesnett og Elvia presiserer også at majoriteten av deres privatkunder befinner seg mellom trinn 1 og 5, som vist i grønt og turkis [59][60].

I en analyse om nettariffer gjort i et felles samarbeid mellom Statnett, CINELDI og SINTEF, vises det til at det er stor spredning i effekttoppene til husholdninger [61]. En større andel av husholdninger har sin topplast i ettermiddagstimene, derimot er det også en del av forbrukerne som har topper midt på dagen, hvor nettet ikke nødvendigvis står ovenfor en kapasitetsutfordring. Nettleien er med andre ord hovedsakelig rettet mot de forbrukerne som har høyt forbruk i morgen og kveldstimene hvor nettet står ovenfor en kapasitetsutfordring. Forbrukere som ikke faller under denne kategoriseringen påvirkes også av den nye nettleien, og vil trolig også flytte sitt forbruk til andre tider av døgnet. Dette kan i verste fall skape nye høylasttimer i nettet, og en gjeninnkoblingseffekt oppstår.

Endringen av nettleie fører ikke til at nettselskapene får en økt inntekt. Reguleringsmyndighetene for energi, RME, presiserer at nettselskapenes inntekt er uavhengig av nettleie-modellen som er i bruk, og at de ulike nettselskapenes inntekt er fastsatt på bakgrunn av kostnader selskapet har [58]. Nettselskapene setter derfor nettleieprisene sine, basert på hvilke investeringer som gjøres og hvor mye selskapet trenger til drift og vedlikehold av nettet. Nettleien er strengt regulert av RME, og hvert år gjennomføres det en kontroll av at ikke nettselskapet har tjent inn mer fra nettleieinntekter enn den tillatte inntektsgrensen som er satt. Denne grensen baseres på de faktiske investeringene som skal gjøres i utbygging, samt de ulike kostnadene til vedlikehold og drift.

2.3 Priselastisitet

Priselastisitet og prisfølsomhet er begge mål for sammenhengen mellom etterspørselen etter og prisen for en vare [62]. I denne sammenhengen omhandler det hvorvidt forbrukere endrer etterspørsel etter strøm, som følge av prisendringer i markedet. Et mangfold av studier viser til at økning i pris fører til større reduksjon hos deres deltakende husholdninger [11][12][13]. I Statnett sitt nylig gjennomførte forskningsprosjekt på prisfølsomhet, iFleks, ble det observert en reduksjon av strømforbruk på i snitt 2-11 % i høypris-timer [10]. Totalt så de en reaksjon på variable prissignaler hos 50 % av husholdningene som deltok. Lignende resultater kom frem i et svenskt piloteksperiment på nettariffer hos husholdninger, der de så en reduksjon i totalt elektrisitetsforbruk etter første og andre år på henholdsvis 11,1 % og 14,2 % [63]. I kartleggingen av implisitt fleksibilitet i husholdninger i Norge viser en norsk studie av Hofmann m.fl. [64] til at høy-pristimene resulterte i en reduksjon på 7,2 %, samtidig som størrelsen på prisen kun førte til minimale forskjeller i respons fra de deltakende husene. En annen norsk studie utført av Fors og Ahmed [13] basert på data fra Elvia, Norges største DSO, viser til 1,8 % reduksjon i forbruk ved doubling av dagstakst mellom kl. 06-22.

Økt reduksjon ved bruk av automatiserte styringssystemer, spesielt på dynamiske prissignaler, går igjen i flere ulike studier [12][65]. Samme trend fremkommer i en oversiktsanalyse gjort av VaasaETT og NVE, hvor det vises til reduksjon av forbrukstopper hos husholdninger med og uten automatisering på henholdsvis 23 % og 9 % [66]. VaasaETT legger vekt på hvordan kombinasjonen av automatisering og tariffer med dynamisk prising er en sterk pådragsyter for forbrukskutting og økt andel av forbrukerfleksibilitet i husholdningssektoren [67]. Derimot viser blant annet en norsk og en spansk studie til signifikante virkninger også ved manuell styring og forutbestemte priser gjennom dagen, slik at forbrukerne i større grad kan tilpasse og innvende seg i nye vaner [12][65]. Det understøttes av Öhrlund m.fl. [68] og Winther m.fl. [69] sine studier, hvor størrelsen på prissignalet ikke er like utslagsgivende, men heller faste prissignaler som tillater forbrukerne å innvende seg vaner som ikke trosser komfort. Enrich m.fl. [12] konkluderer i den spanske studien med at forutbestemte prisprogrammer i større grad kan øke husholdningers priselastisitet og deres bevissthet, og at det kan være et stabilt og effektivt virkemiddel for å redusere effekttopper i strømmettet. I likhet med den spanske studien, konkluderer den norske studien av Hofmann m.fl. [65] med at potensiale for mer utnyttelse av implisitt fleksibilitet i husholdninger basert på timespriser er mulig, og legger spesielt til grunn at skreddersydd prisinformasjon er essensielt for å øke responsen på prissignalene. De underbygger også viktigheten av å gi insentiver til automatiske styringssystemer, selv om det ikke er nødvendig for utnyttelse av implisitt fleksibilitet. Samtidig viser flere analyser til at manuell respons avtar over tid [65][70][71].

Statnett konkluderer i iFleks prosjektet med viktigheten av god og hyppig informasjon ut til husholdningene om pris og insentivene som er satt inn. Dette for at en prisrespons skal kunne aktiveres hos forbrukere, og implisitt fleksibilitet skal bli en god kilde til nettet for balanse [10]. De la spesielt vekt på at det er sentralt at også mulige tiltak for manuell respons presenteres tydelig ut til forbrukerne. Informasjon kan komme gjennom påminnelser, In-House-Display (IHD), rapporter og regninger. En irsk studie utført av Pon m.fl. som så på viktigheten av tilgang på informasjon relatert til eget forbruk, resulterte i en reduksjon på 4,9 % og 5,5 % hvor strømregning ble utstedt henholdsvis annen hver og hver måned [13][72]. Dersom husholdningen hadde IHD, så de en tilleggsreduksjon på opptil 8,9 %, selv om økningen i reduksjon avtok med tid. En studie utført av CESifo [11] så samme trend, hvor det var en økt reduksjon på 1/3, hos husholdninger med IHD.

Lignende resultater sees i en norsk studie av Hofmann m.fl. fra vinteren 2021/2022 [73], der felles for husholdningene med høyest reduksjon i topplasttimer, og lastflytting til lavlasttimer, var automatisk styring av elbillading og aktiv sanntidsmonitorering av priser.

Kilder til fleksibilitet hos husholdninger varierer stort, men det er en trend av at endring i brukstid på oppvarming av hus, samt oppvask- og vaskemaskin går igjen [10][69][73]. Ikke minst er elbillading en hovedkilde til fleksibilitet hos husholdningene som har elbil [10][11]. CESifo viser til en tilleggsreduksjon på 5,3 % hos husholdninger med elbil i timer med kritisk høye priser på grunn av høy belastning på nettet, og en trend av at lademønsteret forekom rett før eller rett etter en lasttopp i nettet [11]. I motsetning til noen av studiene presentert over, viste en norsk studie [74][75] til at husholdninger generelt så ut til å ha lite fokus på eget forbruk, samt at de deltakende husholdningene ikke hadde gjort store endringer i eget forbruk. De kommenterer til at 50 % av deltakende husholdninger ville ha en besparelse på 1000-1999 NOK/år dersom de skulle gjøre tilpasninger i eget forbruk.

Begrepet *fleksibilitetskapital* utdypes i en artikkel skrevet av Powells m.fl. [76] som evne og mulighet til å justere daglige rutiner, tilgjengelige økonomiske midler og tilgang på teknologi. De setter lys på viktigheten av rettferdighet for oppnå et optimalt og balansert kraftsystem hvor alle kan bidra fra sine utgangspunkt. I en kvalitativ analyse av nettleien som ble innført 1. juli 2022 bar responsen preg av bekymring og forvirring fra de deltakende husholdningene [69]. Frykten forbrukere har for forverring av ulikheter går igjen i flere rapporter, samt viktigheten av å ta hensyn til rettferdighetsperspektiver og fleksibilitetskapital [69][76][77].

Fra flere ulike analyser fremstår det som om utviklere av nettleiene har en annen oppfatning enn forbrukerne om hvordan den vil spille ut i praksis [69][77][78]. Systemutviklerenes forståelse virker i større grad å være basert på fleksibilitet som en økonomisk og optimal måte å forbruke strøm på, mens forbrukernes forståelse er sterkere knyttet til hverdagens oppbygning og muligheter til å være fleksibel. Den store variasjonen av tilgjengelig fleksibilitetskapital og ressurser fører derfor til økt ulikhet mellom forbrukere [76][77]. Fra en fransk studie av Bakaloglou m.fl. settes det lys på forbrukerens preferanseheterogenitet [79]. De vektlegger at spesielt husholdninger med høy inntekt i større grad har fokus på komfort fremfor husholdningens energisparing. De viser til at komfort gjennom å øke innetemperatur med én grad eller valg av boligtype vil kunne gi et tilleggsforbruk på 7,8 % og 10 %. Viktigheten av å analysere og ha husholdningers preferanseheterogenitet i bakgrunnen av utforming av nettleieordninger er helt essensiell for høyest oppslutning av reduksjon av forbruk i husholdningssektoren.

I sluttrapporten fra Flexeffect-prosjektet til CICERO [80] presenteres en analyse av oppfatningen av nettleien innført 1. juli 2022. De viser til en grundig undersøkelse av hvordan husholdninger oppfatter strømmarkedet og fleksibilitet, samt hvordan de har oppfattet innføringen av nettariffen. Det er en gjennomgående trend av forbrukere som er enige i at en utjevning av strømforbruk er viktig for å minke kostnader til utbygging, og at høyere forbruk burde resultere i høyere kostnad for forbrukeren. På den andre siden etterlyser forbrukerne informasjon om hvordan nettleien fungerer i praksis, samt hjelp og tips til hvordan de enkelt kan gjøre tiltak selv, slik som den kvalitative analysen nevnt tidligere [69]. Det blir spesielt lagt vekt på at en månedlig regning er vanskelig å forholde seg til for kontinuerlig tilpasning. Et hjelpemiddel som viser forbruk i sanntid vil være mer hensiktsmessig for å kunne gjøre nødvendige tiltak for tilpasning av forbruk. Flexeffect-prosjektet identifiserer også hvordan forbrukerhensyn er svakt representert i nettleiens utforming, hvor de uttaler at «*Dimensjoner som systembehov er blitt mer vektlagt enn forbrukerbehov og ikke minst forbrukeres evne til tilpasning.*». Ikke minst legger de vekt på hvorvidt

den nye nettleieordningen nå fører til at forbrukere blir påvirket av to prissignaler, nettleie og spotpris, som ikke alltid sammenfaller. Samme resultat så også en norsk studie av Hofmann m.fl. [81], hvor ulike nettleie modeller førte til en reduksjon på 1-4 %, og at i deres studie så nettleiemodeller ut til å ha en større påvirkning på endring av forbruk vedrørende topplasttimer enn spotprissignaler. I videreutvikling av nettleiemodellen presiserer CICERO at det er helt essensielt at utformingen gjøres enklest mulig for forbrukere slik at det er tydelig og de kan forstå hvordan og hvilke endringer de kan gjøre for å utnytte de innsatte insentivene på best mulig måte i sin husholdning [80]. En annen viktig faktor i videreutviklingen av nettleieordningen er hvorvidt det er individuelle forbrukstopper eller nettets effekttopper som er målet for reduksjon. Et norsk studie av Hofmann m.fl. [82] viser til at ved insentivering til kutting av individuelle forbrukstopper er det hovedsakelig de lavere nettnivåene som påvirkes. Om nettleie ordningen insentiverer til lastflytting vekk fra nettets effekttopper vil det kunne påvirke de høyere nettnivåene i større grad.

Det er tydelig at husholdninger responderer på prissignaler, selv om det forekommer spredning av andel respons i de ulike analysene presentert over. Mulighet for og kilder til fleksibilitet i husholdninger vil avhenge av og variere med deres fleksibilitetskapital, selv om hovedkilder som oppvarming, elbillading og oppvask- og vaskemaskin er gjengående. Statnett presiserer i sitt iFleks prosjekt at reduksjonen av forbruk i høypristimer bør overgå 10 % for at implisitt fleksibilitet skal kunne være med å begrense nettutbygging [10]. Viktigheten av informasjon om priser, nettleie utformring, sanntidsforbruk og tips til tiltak husholdningene kan gjøre, går igjen som essensielle faktorer for utløsning av implisitt fleksibilitet.

Kapittel 3

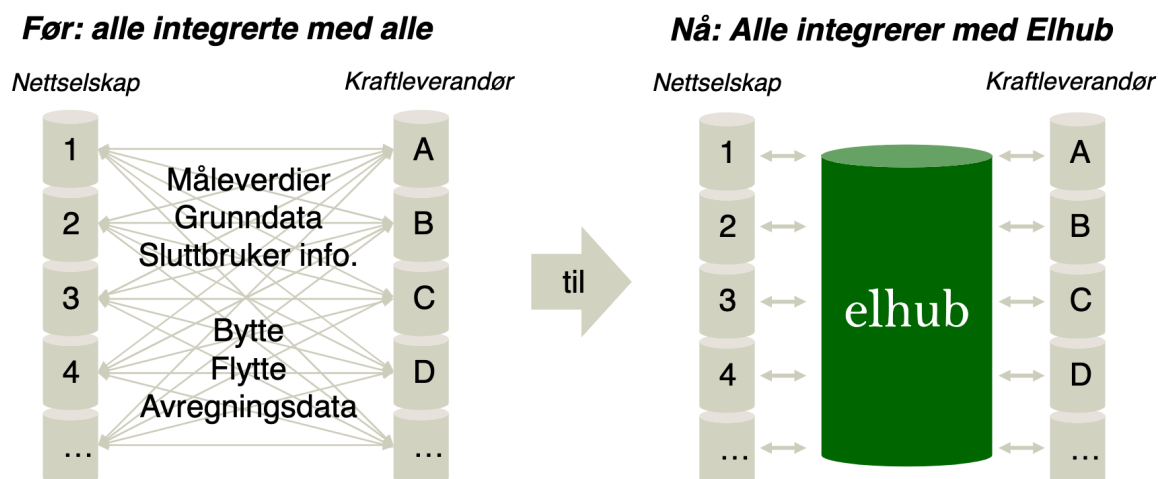
Metode

I dette kapitlet presenteres metodene for innhenting og behandling av data, samt de ulike statistiske analysemetodene. Det er hovedsakelig innhentet data gjennom Elhub og privatpersoner for hovedanalysen av oppgaven. Annen tilleggsdata er hentet fra kilder som Norsk klimaservicesenter, Statistisk sentralbyrå, Statnett, Forbrukerrådet og Nord Pool. Databehandlingen har blitt gjennomført i Python versjon 5.5.1, via Anaconda Navigator.

3.1 Databehandling

3.1.1 Elhub

Sammen med AMS-målerene er selskapet Elhub helt sentralt i digitaliseringen av kraftsystemet og strømmarkedet i Norge [83]. I stedet for at alle nettselskaper, kraftleverandører og andre tredjeparter skal kommunisere individuelt seg i mellom, har Elhub utviklet en plattform for samling av all produksjons- og forbruksinformasjon, som vist i figur 3.1.



Figur 3.1: Venstre side viser hvordan alle parter i kraftmarkedet tidligere måtte interagere med hverandre. På høyre side vises Elhub sin løsning til effektivisert kraftmarkedskommunikasjon. Her sender alle aktører informasjon direkte til Elhub, hvor det er lett å hente ut igjen informasjon fra databasen for kraftmarkedaktørene. Figur gjengitt med tillatelse fra Elhub [83].

Nettselskapene sender inn timesverdier for forbruk, produksjon og distribusjon fra det

foregående døgnet, slik at informasjonen blir tilgjengeliggjort påfølgende dag for alle aktører og privatpersoner. Elhub sin database både beregner, lagrer og distribuerer måleverdier til de ulike seksjonene. Automatisering av strømmarkedet og kraftsystemet er helt nødvendig om elektrifiseringen av samfunnet skal finne sted. Elhub åpner opp for at alle parter kan samarbeide om å finne smarte løsninger til det grønne skiftet, gjennom deling av data. Hovedanalysen i masteroppgaven vil basere seg på et datasett hentet ut ved et spesialuttrekk av Elhub. Datasettet inneholder antall måltepunkter og elektrisitetsforbruk, samt tilhørende kommune, boligtype og timesmerking. Tilleggskolonner som markerer dag/natt, tidspunkt for innføring av nettariff og aggregert gjennomsnittlig forbruk per husholdning per boligtype ble lagt til manuelt.

3.1.2 Privathusholdningene

Innsamling av data fra privathusholdningene foregikk hovedsakelig gjennom rekruttering av venner og bekjente. Personer med bostedsadresse i de to kommunene ble kontaktet gjennom epost eller telefonsamtaler. Dersom deltakelse var av interesse fikk de tilsendt mer informasjon om masteroppgaven og forskningsspørsmålet. Dersom de takket ja til å delta fikk de tilsendt informasjonsskriv som vist i Appendiks A.1, samt et dokument som forklarte stegvis hvordan forbruksdata skulle hentes ut fra tilhørende nettselskap. I samme dokument var en stegvis forklaring på hvordan uthente energimerking, og en samling spørsmål relatert til husholdningen. Data innhentet fra privatpersoner ble anonymisert ved mottakelse til *Hus x - kommunenavn*. I tillegg er deltakerne beskyttet gjennom et personvernsskjema utformet i tjenesten SIKT som gitt i Appendiks A.1. Likt som for det aggregerte datasettet, er de samme tilleggskolonne lagt til privathusholdningene før analysen startet.

3.1.3 Preprossesering

Det er benyttet tilnærmet samme metode for preprossesering av de ulike datasettene. Bibliotekene *Pandas* og *NumPy* er brukt i alle scriptene. *NumPy*-biblioteket effektiviserer numeriske beregninger og legger grunnlaget for mange andre biblioteker i Python. *Pandas* er et bibliotek som bygger på *NumPy*, som sikrer god datahåndtering gjennom omformatering til *DataFrames* (matriser), med blant annet indeksering, samt rad- og kolonnenavn som forenkler videre databehandling. *Pandas* fungerer svært godt til prosessering av data, opprydning og omskalering av datasett. I tillegg har *Pandas*-biblioteket innebygde funksjoner som støtter timesterieranalyser, slik at det er enklere å behandle datasett som inneholder dette.

Til å begynne med ble det gjennomført en sjekk hvorav NaN-verdier, *Not-a-Number* verdier, ble verifisert. Dersom det forekom NaN-verdier eller et målepunkt manglet, ble de talt opp. Var det et høyt antall NaN-verdier etter hverandre, ble det undersøkt, samt forsøkt å finne en årsak. I de manglende målepunktene ble verdien fylt inn med en verdi fra samme time dagen før, også kalt *forward fill*. Dette er en metode som ofte benyttes i tidsserie-data eller i datasett der det er en trend av rekkefølge i datasettet, hvor verdiene nærme hverandre ofte ikke har store hopp eller avvik fra hverandre. Valget av metode for å fylle inn manglende målepunkter er derfor sterkt avhengig av dataen som skal behandles. Ettersom det i datasettene brukt i denne analysen ble antatt at manglende verdier kan være avhengige av de observerte verdiene, men ikke de uobserverte, ble de kategorisert som *Missing at random* (MAR) og manglende verdier ble basert og beregnet på de observerte verdiene [84, s. 422].

Alle datasettene benyttet i oppgaven består av timestrøker, derfor ble pakken *DateTime* i Python benyttet for å verifisere år, måned, dag, time og minutt. I noen tilfeller måtte formatet spesifiseres, men i de fleste tilfeller verifiserer pakken oppsettet for dato og time-typer automatisk. I videre prosessering av dataen ble datasettene gruppert i ulike grupper basert på relevans for videre analyse. Dette ble gjort ved hjelp av verifiseringen av dato og tid fra *DateTime*-pakken, og `.groupby()` funksjonen innebygd i *Pandas*-biblioteket. I alle tilfeller ble det i grupperingen brukt gjennomsnitt av de gitte målepunktene i gruppen som variabel for sammenslåing.

3.1.4 Visualisering

Til visualisering og plotting av data har *Matplotlib* og *Seaborn* bibliotekene blitt brukt. *Matplotlib* er et bibliotek som inneholder et bredt utvalg av ulike typer plott som linje-, boks- og spredningsplot. I tillegg har *Matplotlib* et mangfold av verktøy slik at en kan gjøre justeringer som best egner dataen som skal visualiseres. *Seaborn* er et bibliotek med verktøy egnet for plotting og visualisering av data, og bygger på *Matplotlib* sitt bibliotek. I likhet med *Matplotlib*-biblioteket, inneholder *seaborn*-biblioteket et stort utvalg av ulike plott. I *Seaborn* sitt bibliotek ligger det flere innebygde statistiske modeller som lineær regresjon som kan anvendes direkte i samtidighet med visualiseringen av data. De to bibliotekene benyttes i alle databehandlingsprosessene i denne masteroppgaven, og plott og andre tilpasninger gjøres individuelt til hvert datasett.

3.2 Statistisk analyse

3.2.1 Paret student t-test og Bonferroni korreksjon

For å validere om det har vært signifikant endring før og etter en hendelse for en gruppe fra samme utvalg, kan en paret student t-test benyttes [85, s. 344]. Testen forutsetter tilnærmet normalfordelt data, selv om den er robust mot avvik fra normalfordelingen ved mange datapunkter. Den antar statistisk uavhengighet mellom gruppene/personene. Bakgrunnen for valget av paret t-test er at det i alle brukstilfellene i masteroppgaven vil bli sammenlignet to observasjoner fra samme person/gruppe. I tillegg gir den paret t-testen mer pålitelige testresultater enn en uparet test, da samme utvalg skal sammenlignes. Nullhypotesen (H_0) til en paret t-test sier at det ikke er forskjell i gjennomsnittet, μ , mellom de to gruppene/personene,

$$H_0 : \mu_0 = \mu_1. \quad (3.1)$$

P-verdier under satt signifikansnivå på $\alpha = 0,05$ fører til forkastelse av H_0 . Det er beholdt samme signifikansnivå ($\alpha = 0,05$) gjennom hele analysen. For å minke sannsynligheten for type 1 feil (forkastelse av H_0 dersom H_0 er sann) ved et høyt antall av t-tester, ble Bonferroni korreksjon benyttet. Dette vil motvirke sannsynligheten for at et resultat sies å være signifikant, ved å sette et strengere signifikansnivå. Bonferroni korreksjon innebærer å dele satt signifikansnivå ($\alpha = 0,05$) på antallet tester som blir utført. Signifikansnivået tilhørende Bonferroni korreksjon oppgis med presentasjon av resultatet.

3.2.2 Wilcoxon signed-rank test

Wilcoxon signed-rank test er en ikke-parametrisk test, som fungerer godt som en erstatte for paret t-test dersom antakelsen om normalfordelt data ikke er oppfylt [85, s. 360]. I

likhet med t-test, sammenligner Wilcoxon signed-rank testen også to uavhengige observasjonspar. H_0 tilsier at medianene, \tilde{x} , til de to parene er like,

$$H_0 : \tilde{x}_0 = \tilde{x}_1. \quad (3.2)$$

På samme måte som for paret t-test, vil H_0 forkastes dersom p-verdien $< \alpha$. For å minke type 1 feil, ble det også her utført Bonferroni korreksjon likt som for paret t-test.

3.2.3 Pearsons korrelasjonskoeffisient

Korrelasjon brukes for å se på den lineære sammenhengen mellom to kontinuerlige variabler [85, s. 290]. I denne oppgaven er Pearsons korrelasjonskoeffisient, R , benyttet. R vil alltid ligge mellom -1 og 1, og den absolutte verdien av koeffisienten angir hvor stor eller liten lineær sammenheng (korrelasjon) det er mellom de to variablene. Høyere absoluttverdi korrelasjonskoeffisienten R har, angir sterkere sammenheng mellom de to variablene. Negativ eller positiv korrelasjonskoeffisient vil angi om punktene ligger langs en avtakende eller økende linje. Dersom R er 0, tilsier det ingen lineær sammenheng mellom variablene.

3.2.4 Simpsons paradoks

Når statistiske analyser utføres er det viktig å være oppmerksomme på årsakssammenhengen i resultatene og datasettet. Det er viktig og sentralt at det ikke stoles blindt på de resultatene som produseres, men at sunn fornuft og refleksjon har en sentral del i analysen som gjennomføres. Det er vanskelig å kartlegge alle påvirkningsfaktorer til en observasjon, og en feilaktig tolkning kan oppstå dersom en viktig variabel er utelatt. Det er derfor viktig å se til et helhetlig bilde for å unngå presentasjon av feilaktige konklusjoner.

3.2.5 Lineær modell med blandede effekter

En lineær modell med blandede effekter er et verktøy for å se hvordan ulike uavhengige variabler, både kategoriske og kontinuerlige, påvirker den avhengige variabelen [85, s. 308][86]. Modellen blir i denne oppgaven brukt til å kartlegge den beste lineære sammenhengen mellom elektrisitetskonsum og andre potensielle eksogene påvirkningvariabler. Fordelen med en slik modell er at det kan benyttes både variable og faste effekter. På denne måten kan naturlig variasjon tilhørende en uavhengig variabel effekt tas høyde for i modellen slik at den tilpasses på best mulig måte. Koeffisienter blir tildelt hver variabel, som tilsier prediktorens påvirkning på den avhengige variabelen. Til koeffisienten står det også en p-verdi som angir koeffisientens signifikans. Modellen blir tilpasset gjennom å finne en balanse mellom antall variabler og forklart varians. Her benyttes variablene log-likelihood og R^2 , som forklarer henholdsvis sannsynligheten for å observere dataene gitt en spesifikk modell og hvor godt responsvariablene forklares av de uavhengige variablene i modellen. Det er ønskelig at log-likelihood er så høy som mulig, samtidig som antallet prediktorer ikke blir for høyt. Naturligvis vil en modell fortelle sammenhenger bedre, ved input av flere variabler som påvirker forholdet som undersøkes. Derimot vil et for høyt antall variabler også kunne bringe med støy og urelevante sammenhenger inn i modellen, samt overfitting. I tillegg benyttes ett plott av residualer og de tilpassede verdiene fra modellen sammen med et QQ-plott for å visualisere fordelingen av data og hvor godt den tilnærmer seg en lineær modell. Det er viktig å være oppmerksom på multi-kolineraitet. Det er tilfeller der to eller flere variabler er sterkt korrelerte, som vil resultere i en svakere modell. For å unngå dette, sjekkes variablene for korrelasjon før modellen settes opp.

3.2.6 Utførelse av statistisk analyse i Python

Stats-modulen i *SciPy*-biblioteket er brukt til å utføre ulike statistiske tester og analyser i *Python*. Funksjonene som er benyttet er `stats.ttest_rel()` for paret t-test og `stats.wilcoxon()` for Wilcoxon signed-rank test. *Statmodels* biblioteket brukes til den lineære modellen med blandede effekter, via funksjonen `sm.MixedLM()`. Til korrelasjonsanalysen ble *Pandas*-biblioteket, og funksjonen `.corr()`, benyttet.

3.3 Kunstig intelligens som verktøy

I denne masteroppgaven er KI modellen ChatGPT 4 blitt brukt i henhold til gjeldende reglement ved NMBU, fakultet REALTEK [87]. Den er ikke blitt brukt til faktainnhenting eller setningsgenerering, men som et verktøy til å generere maler for bearbeiding og visualisering av de ulike dataene i oppgaven og modifisere Python script, samt statistisk analyse. Dataen er ikke blitt opplastet til modellen, ettersom deler av den er konfidensiell og skal behandles etter gjeldende regelverk. Det er blitt stilt spørsmål til modellen om hvordan det på best mulig måte kan gjøres modifikasjoner i scriptet, for å endre utformingen av ulike figurer. Eksempler her kan være hvilke farger som er vennlige for fargeblinde, plassering av listen med merkelapper til grafene eller innsetting av innzoomede bokser for bedre å kunne hente ut informasjon fra spesifikke deler av plott.

Svarene fra KI-modellen er deretter modifisert på egen hånd for å passe til de ulike datasettene som analyseres i oppgaven. ChatGPT har derfor fungert som et verktøy for generering av en overordnet mal til visualisering av dataen, samt som et hjelpeverktøy til å gjøre små endringer for best mulig å få frem viktige detaljer i plottene. All informasjon hentet ut ifra ChatGPT er analysert på egenhånd, tilpasset de ulike problemstillingene det er benyttet til og evaluert før bruk. ChatGPT har med andre ord, hovedsakelig vært et hjelpemiddel for finpussing og sortering av relevant informasjon til visualisering og plotting av data.

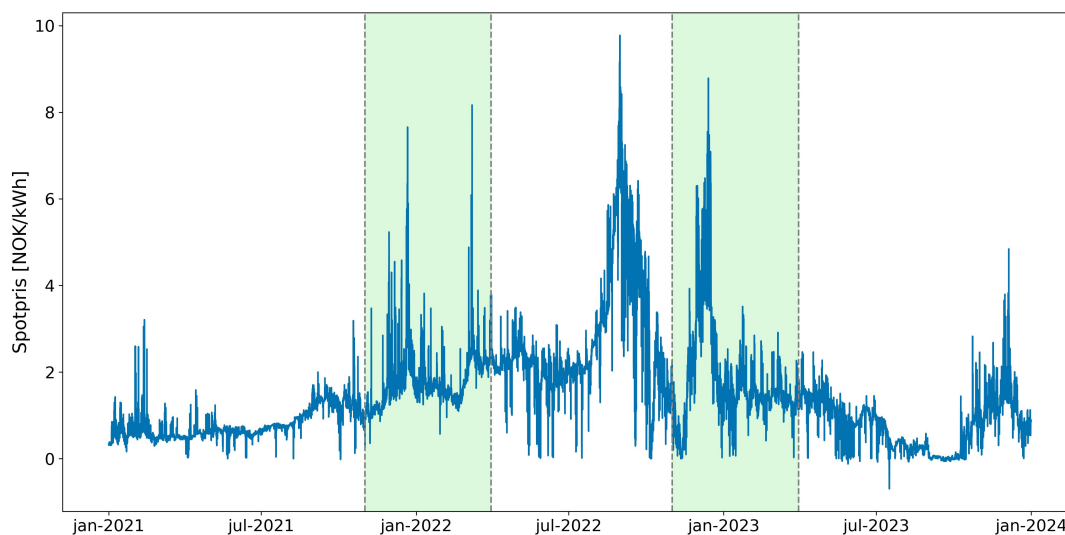
Kapittel 4

Case

I dette kapittelet vil masteroppgavens case presenteres sammen med relevant bakgrunnsinformasjon, samt øvrig informasjon relatert til analysen.

4.1 Tidsperiode

Det er ikke hensiktsmessig å sammenligne alle de ulike prisperiodene vist i figur 2.10 fra seksjon 2.1.6, da grunnlaget for sammenligning blir forstyrret av volatile priser. Vintersesongene 2021/2022 og 2022/2023 er valgt ut til analysen, som er markert i grønt i figur 4.1. Vintersesongen strekker seg i denne masteroppgaven fra 1. november til 31. mars.

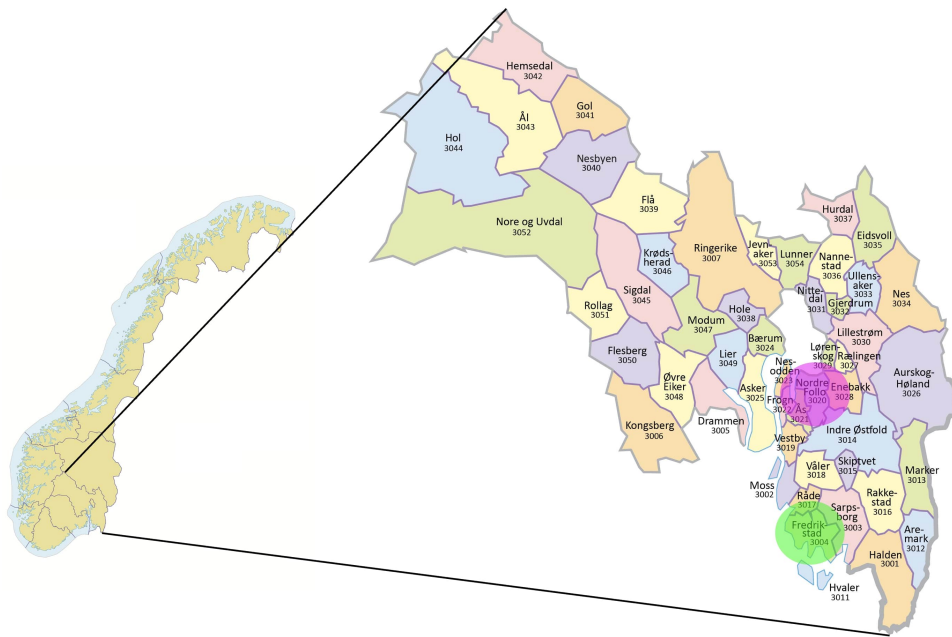


Figur 4.1: Figuren viser spotpris [NOK/kWh] for sone NO1 fra 01.01.2016 til 01.01.2024. De to grønne seksjonene markerer de valgte tidsperiodene for sammenligning i oppgaven, hvor gjennomsnittspris er 1,83 NOK/kWh og 1,85 NOK/kWh. De befinner seg innenfor den røde seksjonen fra figur 2.11. Tall hentet fra Forbrukerrådet og Nord Pool [49].

Gjennomsnittlig spotpris i de to uthevede periodene er relativt lik, på 1,83 NOK/kWh og 1,85 NOK/kWh for henholdsvis vintersesong 2021/2022 og 2022/2023. De to periodene ligger på hver sin side av innføringen av ny nettleieordning, og deres sammenliknbare gjennomsnitt danner et godt grunnlag for videre analyse uten mye støy.

4.2 Område

Analysen er avgrenset til kommunene Nordre Follo og Fredrikstad. De to kommunene er vist i figur 4.2, og markert ut i henholdsvis rosa og grønn sirkel. Begge kommunene ligger i prissone NO1 og har begge nettselskaptilhørighet til Norgesnett. En del av Nordre Follo hører til nettselskapet Elvia, som stammer tilbake til før kommunesammenslåingen i 2020. Når det kommer til temperatur og klima er de sammenliknbare, med gjennomsnittstemperaturer på $-0,32\text{ }^{\circ}\text{C}$ og $-0,13\text{ }^{\circ}\text{C}$ vintersesongen 2022/2023. Like grunntrekk gir mindre støy til analysen og behovet for korrigerende sammenligningsvariablene minker. Til tross for mange like grunntrekk, er det forskjeller som kan trekkes frem i videre analyse for å se på påvirkning på strømforbruk. Det være seg pendlere, industri, bilpark og lignende.



Figur 4.2: Norgeskart til venstre, hvor et utsnitt av tidligere Viken fylke er forstørret til høyre. Her er de to utvalgte kommunene Nordre Follo og Fredrikstad markert med henholdsvis rosa og grønn sirkel. Kartbildene er hentet fra Kartverket og Geonorge [88].

All statistikk presentert i de to neste seksjonene er hentet fra Statistisk sentralbyrå i perioden 13.01.2024 og 17.01.2024 [89]–[92].

4.2.1 Nordre Follo

Nordre Follo er en nyetablert kommune, etter sammenslåingen av Oppegård og Ski kommune den 1.januar 2020 [89]. Kommunen ligger sør-øst i Norge, og grenser til Oslo kommune. På grunn av sentral beliggenhet og gode togforbindelser, fungerer Nordre Follo som et viktig boligområde for pendlere til Oslo og omegn. Kommunen består av en blanding av urbanestrøk som Kolbotn og Ski sentrum, samt større områder dekket av skog og jordbruk.

Demografi, utdanning og arbeid

Nordre Follo sitt folketall ved utgangen av 3. kvartal 2023 oppgir SSB til å være 63180 [89]. Det er en overvekt av barn og ungdom mellom 0 og 24 år, samt voksne fra 35 til 64 år. Aldersgrupper mellom de to oppgitte, og over sistnevnte, er noe lavere.

SSB oppgir at i 2020 jobbet omlag 14 000 av innbyggerne innenfor forretningsmessige tjenester, eiendom, finanstjenester, samferdsel, varehandel og hotell og restaurant bransjen [89]. Denne kategorien er i overvekt i forhold til andre. De andre kategoriene SSB oppgir er personlig tjenesteyting, helse- og sosialtjenester, undervisning, sekundærnæringer og offentlig administrasjon, forsvar og sosialforsikring. De ovennevnte kategoriene ligger alle på mellom 1452 til 4889 innbyggere per sektor. Siste kategori nevnt er jordbruk, skogbruk og fiske, som laveste med 115 innbyggere innenfor sektoren. Det er viktig å ikke glemme den store andelen pendlere fra kommunen, som utgjør omlag 34 % av innbyggerne.

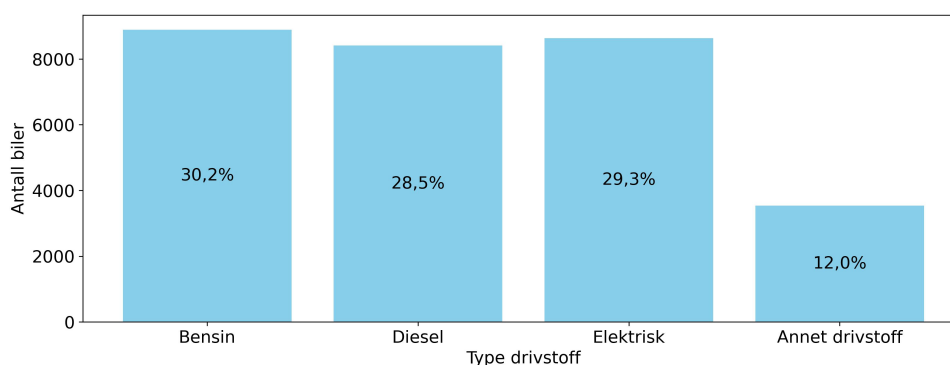
Bolig- og bilpark

SSB sin statistikk over boligtyper i kommunen viser en overvekt av eneboliger i 2023 [90]. I tabell 4.1 er boligtypene med tilhørende antall gitt. Gjennomsnittlig antall beboere per husholdning er estimert til 2,33.

Tabell 4.1: *En oversikt over antall boliger av hver boligtype innenfor husholdningssektoren i Nordre Follo. Tall hentet fra SSB [90].*

Boligtype	Antall
Eneboliger	9750
Tomannsbolig	2658
Rekkehus, kjedehus og andre småhus	5341
Leilighet	7540
Annet	515

Figur 4.3 viser til en jevn fordeling av bensin, diesel og elektriske biler. Elektriske biler utgjør hele 29,3 % av personbilene i kommunen. Eneste som skiller seg ut er andelen biler om går under annet drivstoff, som i hovedsak tilsier hybrid biler. Regnes denne med i elbil-kategorien utgjør de sammen 43,9 % av personbilene i kommunen.



Figur 4.3: *Histogrammet viser fordelingen av ulike biltyper i Nordre Follo, basert på deres drivstoff. Annet drivstoff er i hovedsak hybridbiler. Tall er hentet fra SSB [89].*

4.2.2 Fredrikstad

Fredrikstad kommune ble grunnlagt i 1567, har siden 1860-årene båret preg av store mengder industri, selv om typen industri har endret seg fra råvare foredling til mer teknologi relaterte industrier [93]. Kommunen ligger plassert helt sør-øst i Norge, og ligger ved utløpet av Norges lengste elv, Glomma. I likhet med Nordre Follo, har Fredrikstad en blanding av urbanestrøk som Fredrikstad sentrum, samt store skog- og landbruks arealer [91].

Demografi, utdanning og arbeid

Ved utgangen av 3. kvartal 2023 oppgir SSB Fredrikstad sitt innbyggertall til å være 85044 innbyggere [91]. Aldersfordelingen innad i kommunen ligger stabilt mellom 10-64 år. Derimot er det en minkende trend for barn under 10, og eldre over 70 år.

Innenfor arbeid er det sektorene som omhandler varehandel, ulike tjenester og eiendom, samt helse- og sosialtjenester som har en overvekt, på henholdsvis 13496 og 9702. Litt under ligger sekundærnæringer på 7643, mens de andre sektorene, som nevnt i seksjon 4.2.1, ligger jevnt mellom 300 og 3120 innbyggere. Av de 85644 innbyggerne i kommunen, er det 15625 som pendler ut av kommunen til arbeid, som tilsvarer 18,2 %.

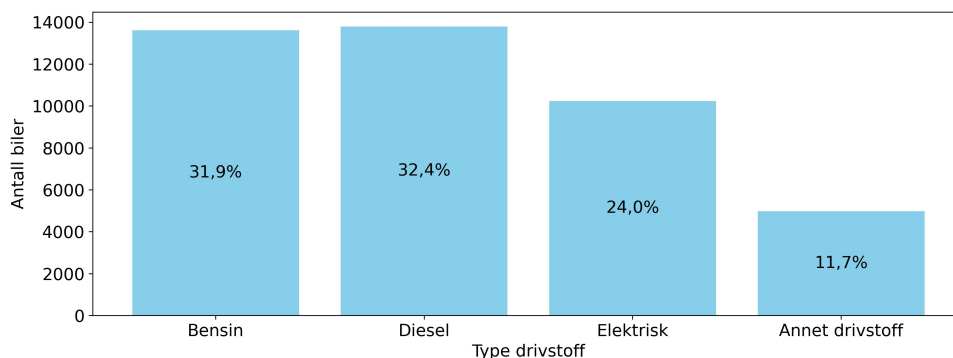
Bolig- og bilpark

Ut ifra SSB sin statistikk over boligtyper i Fredrikstad, er det en tydelig overvekt av eneboliger, som vist i tabell 4.2 [92]. Tomannsbolig, rekkehus og boligblokk følger like bak, hvorav alle tre boligtypene ligger på omlag 5000-7000 boliger. Gjennomsnittlig antall beboere per husholdning er estimert til 2,12.

Tabell 4.2: *En oversikt over antall boliger av hver boligtype innenfor husholdningssektoren i Fredrikstad. Tall hentet fra SSB [92].*

Boligtype	Antall
Eneboliger	18971
Tomannsbolig	5168
Rekkehus, kjedehus og andre småhus	5654
Leilighet	7366
Annet	1925

Fordelingen av bilparken i Fredrikstad kommune i figur 4.4 viser en overvekt av bensin og diesel biler, med henholdsvis 31,9 % og 32,4 % [91]. Biler drevet på elektrisitet er en lavere andel med 24 %. Som forklart i seksjon 4.2.1 utgjøres majoriteten av annet-kategorien av hybridbiler. Slås denne sammen med elektrisitet utgjør de samlet 35,7 % av personbilene i kommunen.



Figur 4.4: *Histogrammet viser fordelingen av ulike biltyper i Fredrikstad, basert på deres drivstoff. Annet drivstoff er i hovedsak hybridbiler. Tall er hentet fra [91].*

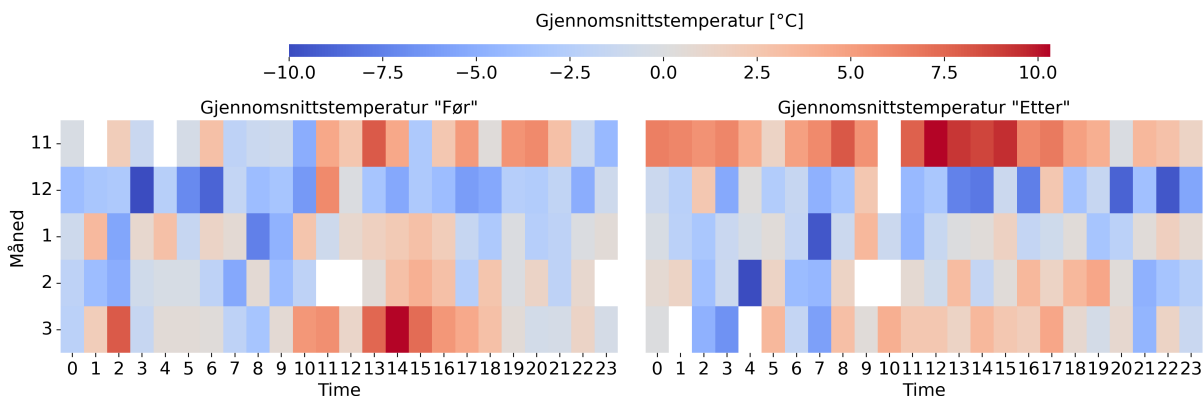
4.3 Temperatur

I innsamlingen av værdata var det ikke tilgjengelig data å hente for tidsrommet 1. januar 2021 til 31. desember 2023 i hverken Nordre Follo eller Fredrikstad. Det ble derfor valgt værstasjoner i nærhet til kommunene, som hadde lignende forhold, slik at verdiene antas være representable for klimaet i de to kommunene. For Nordre Follo ble værstasjonen *Ås - Rustadskogen* med nummer *SN17870* valgt, og for Fredrikstad ble *Råde - Tomb* med nummer *SN17050* valgt. Dataen er hentet ut den 02.02.2024 fra Norsk Klimaservicesenter, som innhenter sin data fra Meteorologisk institutt (MET) [94].

Temperatur Ås

I behandlingen av værdata ble det for værstasjonen i Ås benyttet *Lufttemperatur*. Norsk klimaservicesenter definerer lufttemperatur som temperaturen målt ved 2 meter høyde, og som nåverdi. Nåverdi representerer verdien ved timestlutt. Dette var den eneste tilgjengelige måleverdien som kunne tilnærme seg temperaturmåling for et tidsnitt. Etersom det sjeldent er store fluktuasjoner i den inneværende timen, som ikke eventuelt blir plukket opp av den neste timen, ble denne verdien akseptert i analysen.

I figur 4.5 er gjennomsnittlig temperatur for den inneværende timen per måned for vintersesongene 2021/2022 (*før*) og 2022/2023 (*etter*) plottet i et varmekart. Det er gitt en fargeskala etter temperatur, slik at blå representerer de kaldere temperaturene, mens rød de varmere.



Figur 4.5: Gjennomsnittstemperaturen for værstasjon *SN17870*, er gitt i $^{\circ}\text{C}$ per time per måned for vintersesongen 2021/2022 (*før*) og 2022/2023 (*etter*). X-aksen beskriver timenummer, der første rute fra venstre beskriver klokketimen 00:00 til 01:00. Y-aksen beskriver månedene i sesongen. Mørke rødtoner beskriver varmere temperaturer, mens blåtoner beskriver kaldere temperaturer, og hver respektive skala er representert over hvert varmekart. Tall hentet fra Norsk klimaservicesenter [94].

Generelt sett bærer varmekartene preg av at det er kaldere temperaturer i desember og januar, mens november og mars er varmere måneder. I tabell 4.3 er de ulike gjennomsnittstemperaturene for måned og sesong gitt. For november og desember er det varmere vintersesongen 2022/2023, mens de tre andre månedene har en nedgang i gjennomsnittstemperatur. Totalt for sesongene er det vintersesongen 2022/2023 som kommer ut som den kjøligste av de to, selv om forskjellene i totalt gjennomsnitt er lavt.

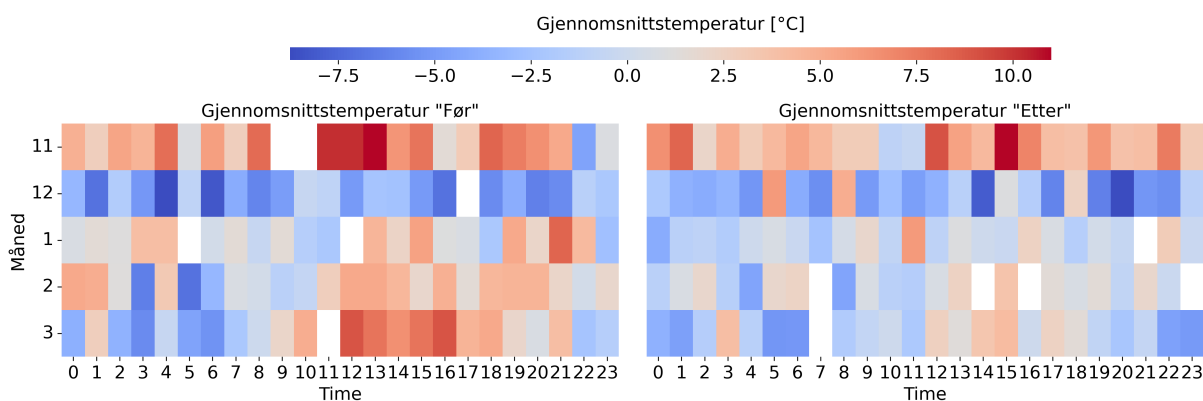
Tabell 4.3: En oversikt over gjennomsnittstemperatur for de ulike månedene i Ås, for vinterseongen 2021/2022 (før) og 2022/2023 (etter). Siste kolonne viser til den totale gjennomsnittstemperaturen for hele sesongen. Temperaturen er gitt i [°C]. Beregnet på tall hentet fra Norsk klimaservicesenter [94].

	November	Desember	Januar	Februar	Mars	Hele sesongen
Før	1,125 °C	-3,802 °C	-0,378 °C	-0,333 °C	2,235 °C	-0,303 °C
Etter	5,06 °C	-3,395 °C	-1,264 °C	-0,554 °C	-0,614 °C	-0,322 °C

Temperatur Råde

I motsetning til værdataen innhentet til analysen relatert til Nordre Follo, er det her blitt benyttet en verdi Norsk klimaservicesenter kaller for *Middeltemperatur (1t)*. Middeltemperatur er definert som en timesmiddeltemperatur, der middelverdien beregnet er et aritmetisk snitt av minuttverdiene i den inneværende timen [94].

I figur 4.6 er gjennomsnittstemperaturen for den inneværende timen per måned for vinterseongene 2021/2022 og 2022/2023 plottet i et varmekart. Som for plottene fra Ås, representerer rødlige toner varmere temperaturer, mens blåtonene representerer kaldere temperaturer.



Figur 4.6: Gjennomsnittstemperaturen gitt i [°C] per time per måned, for værstasjon SN17050 for vinterseongen 2021/2022 (før) og 2022/2023 (etter). X-aksen beskriver timenummer, der første rute fra venstre beskriver klokketimen 00:00 til 01:00. Y-aksen beskriver månedene i året. Mørke rødtoner beskriver varmere temperaturer, mens blåtoner beskriver kaldere temperaturer. Skalaen er representert over hvert respektive varmekart, med tilhørende verdier. Tall hentet fra Norsk klimaservicesenter [94].

Tabell 4.4 viser til samme trend som varmekartene, hvorav november og desember er de to månedene som er henholdsvis markant varmere og kaldere enn de andre månedene. Til forskjell fra Ås, er det større forskjell mellom gjennomsnittstemperaturen for hele sesongen, hvor vinterseongen 2022/2023 er betydelig kjøligere.

Tabell 4.4: En oversikt over gjennomsnittstemperatur for de ulike månedene i Råde, for vinter-sesongen 2021/2022 (før) og 2022/2023 (etter). Siste kolonne viser til den totale gjennomsnittstemperaturen for hele sesongen. Temperaturen er gitt i [°C]. Beregnet på tall hentet fra Norsk klimaservicesenter [94].

	November	Desember	Januar	Februar	Mars	Hele sesongen
Før	4,262 °C	-3,853 °C	1,338 °C	1,13 °C	1,036 °C	0,669 °C
Etter	4,595 °C	-3,759 °C	-0,261 °C	0,083 °C	-1 °C	-0,126 °C

4.4 Nettleiepriser

I tabell 4.5 er kapasitetstrinnene med respektive priser for kapasitetsleddet presentert. Norgesnett sine priser er gitt i tredje kolonne og Elvia sine priser er gitt i fjerde kolonne. Her kommer det tydelig frem hvordan prisene øker, med økende kapasitetstrinn. Det er vanlig å havne innefor ulike trinn i ulike perioder av året. Majoriteten av befolkningen vil tilhøre lavere trinn i sommerhalvåret, mens de vil tilhøre høyere trinn i vinterhalvåret.

Tabell 4.5: Oversikt over kapasitetsleddprisene til de respektive kapasitetstrinnene hos henholdsvis Norgesnett og Elvia. Prisene (avrundet) inkluderer avgifter og gjelder fra 01.02.24. Hentet fra Norgesnett og Elvia [59][60].

Trinn (1-10)	Trinnintervall	Kapasitetsledd Norgesnett	Kapasitetsledd Elvia
	[kW]	[kr/mnd]	[kr/mnd]
Trinn 1	0-1,99	115	120
Trinn 2	2-4,99	191	190
Trinn 3	5-9,99	315	305
Trinn 4	10-14,99	560	420
Trinn 5	15-19,99	744	535
Trinn 6	20-24,99	922	650
Trinn 7	25-49,99	1429	1225
Trinn 8	50-74,99	2238	1800
Trinn 9	75-99,99	3046	2375
Trinn 10	>100	4937	4750

Energileddet i de to nettselskapene er delt i to takster; 06-22 og 22-06. Fra tabell 4.6 og 4.7 er det tydelig at energileddet er dyrere på dagtid, enn på natten. Som følge av redusert forbruksavgift, er prisene lavere i januar-mars, sammenlignet med april-desember. Reduksjon i forbruksavgiften i de ovennevnte månedene gjelder for alle nettselskaper i Norge.

Tabell 4.6: Oversikt over energileddets priser hos Norgesnett. Det er fire ulike priser, ut ifra inndelingene; dag, natt, sommer og vinter. Prisene inkluderer avgifter. Tall hentet fra Norgesnett [59].

Energiledd	Dag	Natt
	[øre/kWh]	[øre/kWh]
Energiledd (januar - mars)	37,81	29,31
Energiledd (april - desember)	46,47	37,97

Tabell 4.7: Oversikt over energileddets priser hos Elvia. Det er fire ulike priser, ut ifra inndelingene; dag, natt, sommer og vinter. Prisene inkluderer avgifter. Tall hentet fra Elvia [60].

Energiledd	Dag	Natt
	[øre/kWh]	[øre/kWh]
Energiledd (januar - mars)	39,59	32,09
Energiledd (april - desember)	48,25	40,75

4.5 Kategorisering av boliger

Boliginndeling

I analysen deles husholdninger inn i fire ulike boliggrupper; *Enebolig*, *tomannsbolig*, *rekkehus/kjedehus* og *blokk/leilighet*. I tabell A.1 i Appendiks A.2 er boliggruppenavn gitt, med tilhørende undergrupper og initialverdi hentet fra utdraget av Matrikkelen [95]. Matrikkelen er Norges offisielle register over fast eiendom, og i utdraget fra Matrikkelen er det mer omfattende definisjon av hver undergruppe. Dataen fra Elhub er hentet ut med hensyn på initialverdiene gitt i tabellen. Boliginndelingen samsvarer med inndelingen av enkelthusholdninger brukt i privathusanalysen.

Energimerking

For å få oversikt over hvilke energikilder som brukes til oppvarming av bolig, samt hvor energieffektiv en bolig er, brukes energimerking [96]. Energimerkingen består av to karakterer, energikarakteren og oppvarmingskarakteren. Energikarakteren er en bokstavkarakter fra G - A som angir forventet bruk av energi og energistandard. Oppvarmekarakteren er gitt som en farge (rød - oransje - gul - lys grønn - grønn) som angir hvor stor andel av oppvarmingen av huset som kommer fra fornybare energikilder.

Det er trolig mange boliger i dag som ikke har gyldig energimerking på boligen sin, ettersom en energiattest kun er gyldig i inntil 10 år [96]. Dette kan medføre missvisende oppsummering av energimerke-statistikk til boligen. Det er ved salg eller utleie av boliger på over 50 m² at det er krav om energimerking. En energiattest kan hentes ut via Enova sine nettsider og brukes ofte i markedsføring av en bolig.

Fordelingen av energi- og oppvarmingskarakter for de to kommunene er gitt i tabell 4.8 og 4.9. Tallene er hentet fra Enova sin energimerkestatistikk, der alle alternativer under bygningstype, relatert til husholdninger, ble valgt. For Nordre Follo er det høyest andel av energikarakter F og oppvarmingskarakter oransje. Fredrikstad har høyest andel av samme oppvarmingskarakter som Nordre Follo, men høyest andel av energikarakter G.

Tabell 4.8: En oversikt over energimerking i Nordre Follo. Fargene fra grønn til rød viser oppvarmingskarakter til boligen, mens bokstav G-A angir forventet bruk av energi og energitilstanden til boligen. Nederste rad angir fordelingen av de ulike oppvarmingskarakterene, mens ytterste kolonne til høyre angir fordelingen av energikarakterene. Tall hentet fra Enova [97].

	Grønn	Lys grønn	Gul	Oransje	Rød	
A	1,8%	1,5%	1,3%	0,5%	0,6%	5,6%
B	2,5%	2,4%	1,1%	2,0%	3,3%	11,3%
C	3,5%	2,9%	0,8%	2,3%	2,9%	12,3%
D	2,0%	1,8%	1,4%	4,9%	4,7%	14,8%
E	0,6%	0,4%	2,5%	7,1%	7,4%	17,9%
F	0,3%	0,3%	2,0%	10,9%	8,8%	22,2%
G	0,5%	0,2%	1,5%	8,4%	5,3%	15,8%
Totalt	11,2%	9,3%	10,6%	36,0%	33,0%	100%

Tabell 4.9: En oversikt over energimerking i Fredrikstad. Fargene fra grønn til rød viser oppvarmingskarakter til boligen, mens bokstav G-A angir forventet bruk av energi og energitilstanden til boligen. Nederste rad angir total andel av de ulike oppvarmingskarakterene, mens ytterste kolonne til høyre angir total andel av energikarakteren. Tall hentet fra Enova [97].

	Grønn	Lys grønn	Gul	Oransje	Rød	
A	2,3%	1,3%	1,3%	0,1%	0,0%	5,1%
B	2,6%	1,3%	0,8%	2,5%	2,1%	9,3%
C	2,5%	1,5%	0,9%	2,6%	2,3%	9,8%
D	1,5%	0,8%	1,2%	4,1%	5,1%	12,8%
E	0,5%	0,4%	2,0%	4,9%	5,8%	13,5%
F	1,1%	0,4%	3,0%	7,6%	6,5%	18,7%
G	1,2%	0,3%	4,8%	16,3%	8,2%	30,8%
Totalt	11,7%	6,2%	14,0%	38,1%	30,1%	100%

4.5.1 Privathusholdningene - Spørreskjema og energimerking

Privathusanalysen baserer seg på timesforbruk [kWh/h] som hver husholdning har hentet ut gjennom sitt nettselskap. I tillegg fikk hver husholdning utdelt et spørreskjema, samt forespørsel om å hente ut en energiattest til boligen fra Enova. I tabell 4.10 er antall personer under og over 18 år oppgitt.

I samme spørreskjema ble det forespurt om boligtype, samt oppvarmingskilder til rom og vann. Innhentet informasjon er oppsummert i 4.11. Siste kolonne viser til eventuell annen tilleggsinformasjon relevant til husholdningenes forbruk. I Nordre Follo er det spredning i boligtyper, mens alle deltakende husholdninger fra Fredrikstad er eneboliger. Husholdningene har ulike kombinasjoner av elektrisk, peis og varmpumpe som kilde til oppvarming av hus. Alle har elektrisk vannoppvarming, og kun Hus 5 og Hus 7 har oppgitt annen relevant tilleggsinformasjon.

Tabell 4.10: En oversikt over antallet personer over og under 18 år i privathusholdningene som har delt data til analysen, fra de to kommunene.

	Hus nr.	# personer (0 - 17 år)	# personer (18+ år)
Nordre Follo	Hus 1	0	2
	Hus 2	0	3
	Hus 3	0	2
	Hus 4	0	2
	Hus 5	0	3
Fredrikstad	Hus 6	1	3
	Hus 7	1	3
	Hus 8	2	2
	Hus 9	2	2

Tabell 4.11: En oversikt over hvilken boliggruppe de ulike enkelthusene tilhører. De to midterste kolonnene angir oppvarmingskilder til rom og vann. Ytterste kolonne til høyre angir eventuell tilleggsinformasjon som kan være relevant fra husholdningens elektrisitetsforbruk.

	Hus nr.	Boligtype	Oppvarming (rom)	Oppvarming (vann)	Tilleggs- informasjon
Nordre Follo	Hus 1	Rekkehus/kjedehus	- Elektrisk - Peis	Elektrisk	-
	Hus 2	Tomannsbolig	- Peis - Varmepumpe	Elektrisk	-
	Hus 3	Tomannsbolig	- Elektrisk - Peis	Elektrisk	-
	Hus 4	Enebolig	- Elektrisk - Peis	Elektrisk	-
	Hus 5	Enebolig	- Elektrisk - Peis - Varmepumpe	Elektrisk	Svømmebasseng (uoppvarmet)
Fredrikstad	Hus 6	Enebolig	- Elektrisk - Varmepumpe	Elektrisk	-
	Hus 7	Enebolig	- Elektrisk - Peis - Varmepumpe	Elektrisk	Solceller (17,4 kW _p)
	Hus 8	Enebolig	- Elektrisk - Peis - Varmepumpe	Elektrisk	-
	Hus 9	Enebolig	- Varmepumpe	Elektrisk	-

For å ha en sammenlignbar oppsummering av privathusholdningenes oppvarming og energiforbruk er energimerking gitt ved energi- og varmekarakter i tabell 4.12. Energi- og varmekarakter er forklart i seksjon 4.5. Enkelthusenes fordeling av energi- og varmekarakter gjenspeiler fordelingen fra tabell 4.8 og 4.9, hvor det er en overvekt av E-G i energikarakter og gul-rød oppvarmingskarakter.

Tabell 4.12: *En oversikt over energimerkingen til de ulike husene som deltar med data i analysen. Farge angir oppvarmingskarakter, og bokstav angir energikarakter.*

	Hus nr.	Energimerking
Nordre Follo	Hus 1	F
	Hus 2	C
	Hus 3	F
	Hus 4	E
	Hus 5	F
Fredrikstad	Hus 6	B
	Hus 7	B
	Hus 8	G
	Hus 9	F

Med den økende andelen elbiler i Norge, var det sentralt å kartlegge hvorvidt enkelthusholdningene har elbil, og eventuelt ladesystem som brukes ved hjemmelading. I tabell 4.13 er fordelingen av elbiler og ladesystem gitt, i tillegg til de andre kjøretøyene tilhørende husholdningen. Majoriteten av deltakende hus har minst én elbil, bortsett fra Hus 1 og Hus 8. Innad gruppen med elbil, varierer det om de har automatisk styringssystem for lading, eller manuelt plugin/plugut system.

Tabell 4.13: *En oversikt over kjøretøy tilhørende de ulike enkelthusholdningene i analysen. Eventuelt ladesystem er gitt i høyre kolonne.*

	Hus nr.	Kjøretøy	Hvis elbil: Ladesystem
Nordre Follo	Hus 1	1 x Diesel	-
	Hus 2	2 x Elbil	Automatisk
	Hus 3	2 x Elbil	Manuelt
	Hus 4	1 x Elbil 1 x Diesel	Automatisk
	Hus 5	1 x Bensin 2 x Elbil	Manuelt
Fredrikstad	Hus 6	1 x Elbil 1 x Diesel	Manuelt
	Hus 7	1 x Bensin 2 x Elbil	Automatisk
	Hus 8	-	-
	Hus 9	2 x Elbil	Automatisk

Kapittel 5

Resultater og diskusjon

Dette kapitlet er tredelt; først vil resultatene fra den aggregerte analysen presenteres og diskuteres, før tilsvarende følger for analysen av enkelthusholdninger. Avslutningsvis vil de to analysene sammenlignes i en overordnet diskusjon.

Med mindre spesifisert, betegner begrepet *forbruk* elektrisitetsforbruk. Signifikansnivå (α) er 0,05 for alle tester, dersom korreksjon ikke er spesifisert. Ved korreksjon vil korrigert signifikansnivå oppgis med presentasjon av resultatene.

5.1 Aggregert analyse av kommunene

5.1.1 Oversikt over aggregert forbruksdata

Antall målepunkter for hver boliggruppe varierer i løpet av tidsserien. Gjennomsnittlig aggregert forbruk per husholdning innad hver boliggruppe er derfor beregnet ved totalforbruk delt på det tilhørende antallet målepunkter i hvert respektive tidspunkt. Gjennomsnittlig antall boliger i hver boliggruppe er presentert i tabell 5.1, og inndelingen av boliger i de fire boliggruppene er som presentert i tabell A.1 i Appendiks A.2.

Tabell 5.1: *Gjennomsnittlig antall hus i hver boliggruppe for hver av kommunene.*

	Nordre Follo	Fredrikstad
Enebolig	7604	18879
Tomannsbolig	2141	4608
Rekkehus/kjedehus	4309	4780
Blokk/leilighet	7141	5540

I tabell 5.2 er gjennomsnitt, median og varians for vintersesongene før og etter innføringen av nettтарiffen gitt. Det er en trend av lavere gjennomsnittsforbruk per husholdning hos kommunene samlet, kommunene alene og boliggruppene etter innføringen av den nye nettleieordningen. Den største prosentendringen i gjennomsnittsforbruk er i Fredrikstad kommune, med prosentnedgang på -2,96 %. Median viser til samme trend i begge kommunene, hvor Nordre Follo har hatt størst prosentnedgang på -2,57 %. Variansen for begge kommunene før og etter er relativt stabil, med en maksimal endring på 0,73 %. Det er et tydelig skille mellom kommunene. Nordre Follo har et høyere gjennomsnittlig forbruk, både på tvers av boligtypene, samt innad i kommunen som helhet.

Tabell 5.2: En oversikt over gjennomsnitts- og medianforbruk for de to kommunene og boliggruppene. Gjennomsnitt, median og varians er beregnet for før og etter innføringen av nettariffen. Siste rad (Alle) viser gjennomsnitt, median og varians samlet for begge kommunene.

	Gjennomsnitt		Median		Varians	
	[kWh/h]		[kWh/h]		[(kWh/h) ^{1/2}]	
	Før	Etter	Før	Etter	Før	Etter
Kommune						
Nordre Follo	2,430	2,357	2,438	2,375	0,867	0,873
Fredrikstad	1,836	1,781	1,788	1,734	0,496	0,495
Boliggruppe						
Enebolig	3,102	3,014	3,040	2,987	0,422	0,449
Tomannsbolig	2,394	2,343	2,331	2,291	0,310	0,318
Rekkehus/kjedehus	1,918	1,867	1,862	1,816	0,204	0,210
Blokk/leilighet	1,117	1,053	1,091	1,040	0,058	0,050
Alle	2,133	2,069	2,062	2,015	0,769	0,767

For bygningstypene er det en minkende trend i gjennomsnitts- og medianforbruk. *Tomannsbolig* har hatt høyest prosentnedgang i gjennomsnittsförbruk på -2,18 %. Størst endring i medianforbruk forekommer også hos *tomannsboliger*, på -1,74 %. Den maksimale prosentendringen i varians forekommer hos *eneboliger* med en økning på 6,30 %. Prosentendringen i varians er endel høyere enn mellom kommunene, derimot er det lave tallverdier som sammenlignes og forskjellen i varians ligger på kun 0,027 (kWh/h)^{1/2}. Den stabile variansen i datasettet skyldes at ekstremalverdier jevnes ut når forbruket er aggregert innad samme boligtype. Det legger et godt grunnlag for videre analyse.

For å se på hvordan det aggregerte forbruket fordeler seg innad i de ulike boliggruppene, er det hensiktsmessig å visualisere i form av boks- og fiolinplott. Plottene er gitt i Appendiks A.3, figur A.1a og A.1b. Data tilhørende de ulike boliggruppene i Nordre Follo og Fredrikstad følger begge en tilnærming til en normalfordeling, for begge vintersesongene.

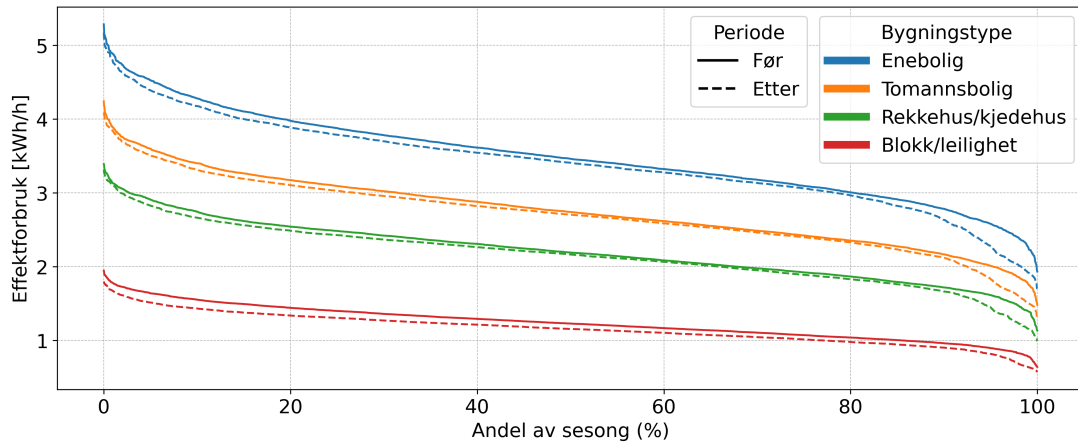
Diskusjon - Oversikt over aggregert forbruksdata

Antall målepunkter, som vist i tabell 5.1, avviker noe fra antall boliger oppgitt i tabell 4.1 og 4.2. Avvikene skyldes antagelig feil ved individuelle AMS-målere eller overføring av informasjon til Elhub sin database. Derimot er fordelingen av antall boligtyper i hver kommune tilsvarende det SSB oppgir, og det kan derfor ansees som en god tilnærming.

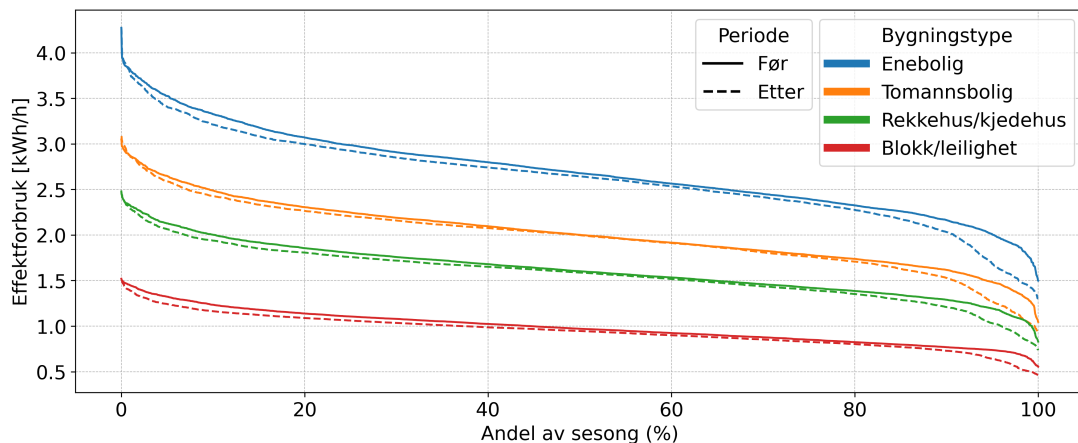
Statistikken presentert i tabell 5.2 viser til tydelig reduksjon i forbruk mellom de to sesongene for de ulike inndelingene. Om det er innføring av ny nettleieordning, høyere spotpriser, ulike energieffektiviserende tiltak eller et generelt økt fokus på strømforbruk som er årsaken, er vanskelig å anslå uten videre analyse. Derimot kan ikke en reduksjon i forbruk vise til virkningen av nettleieordningen, ettersom den hadde som mål å kutte topplasttimer, og ikke generelt forbruk.

5.1.2 Forbruksendring i hver boliggruppe

Figur 5.1 viser varighetskurvene til Nordre Follo (a) og Fredrikstad (b), hvorav de to kommunene har ulik y-akse. Det er tydelig i figur 5.1 at *eneboliger* har det høyeste forbruket, mens *blokk/leilighet* befinner seg nederst. Det er et nedhopp mellom de heltrukne og de stiplede linjene for alle boliggruppene. Det indikerer at forbruket har sunket for vinterseongen etter innføringen av nettleieordningen. Generelt ligger varighetskurvene tilhørende Nordre Follo høyere enn Fredrikstad.



(a)



(b)

Figur 5.1: Varighetskurver for de ulike boligtypene i Nordre Follo (a) og Fredrikstad (b) for de to vinterseongene før og etter innføringen av ny nettleieordning. Enebolig, tomannsbolig, rekkehus/kjedehus og blokk/leilighet er gitt i henholdsvis blå, oransje, grønn og rød linjer, mens før og etter er markert med henholdsvis heltrukket og stiplet linje. De to figurene har ulik y-akse.

Resultatet fra gjennomførte t-tester for hver boliggruppe i hver kommune er presentert i tabell 5.3. Resultatet viser at alle de beregnede p-verdiene er under det satte signifikansnivået med og uten Bonferroni korreksjon, på henholdsvis $\alpha = 0,05$ og $\alpha_{Bonferroni} = 0,0125$. H_0 , som gitt i ligning (3.1), kan derfor forkastes. Det er statistisk signifikant endring i forbruk for alle boligtypene i begge kommunene. Endringen kommer også frem i figur 5.1 ved at stiplet linje ligger under den heltrukne.

Tabell 5.3: Resultatet fra gjennomførte t-tester for boliggruppene innad hver kommune, med og uten Bonferroni korreksjon. Signifikansnivåene er henholdsvis $\alpha = 0,05$ og $\alpha_{Bonferroni} = 0,0125$.

	Boligtype	P-verdi	Signifikant	Signifikant m/Bonferroni korreksjon
Nordre Follo	Enebolig	$3,305 \cdot 10^{-22}$	Ja	Ja
	Tomannsbolig	$5,850 \cdot 10^{-15}$	Ja	Ja
	Rekkehus/kjedehus	$1,442 \cdot 10^{-18}$	Ja	Ja
	Blokk/leilighet	$3,521 \cdot 10^{-176}$	Ja	Ja
Fredrikstad	Enebolig	$7,125 \cdot 10^{-25}$	Ja	Ja
	Tomannsbolig	$3,901 \cdot 10^{-14}$	Ja	Ja
	Rekkehus/kjedehus	$1,855 \cdot 10^{-24}$	Ja	Ja
	Blokk/leilighet	$4,416 \cdot 10^{-59}$	Ja	Ja

Diskusjon - Forbruksendring i hver boliggruppe

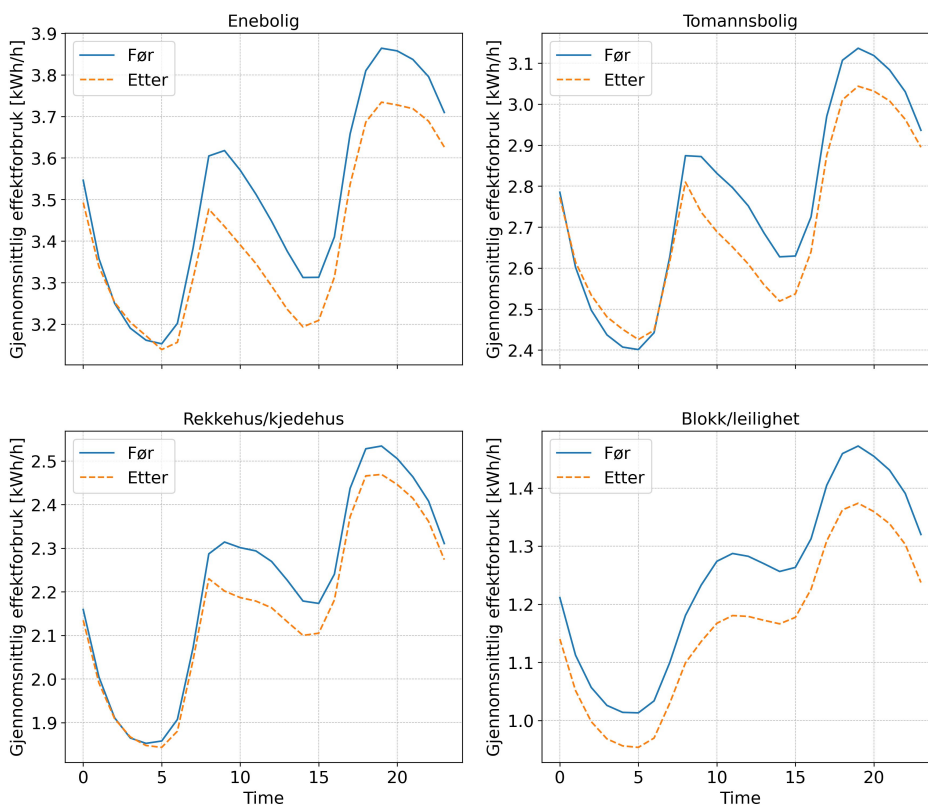
Figur 5.1a og 5.1b viser til at det er betydelige forskjeller mellom boligtypene innad i de to kommunene. Det er hovedsakelig i topp og bunn av effektforbruket det er størst endring. Derimot er det på mellom omlag 40-70% av sesongen (x-aksen) relativt tett mellom linjene. Det antyder at det er lavest endring i basisforbruket, mens andelen av høy- og lavlasttimer har blitt påvirket i større grad.

Boligtypen *blokk/leilighet* skiller seg ut i begge kommunene, og har en stabil nedgang. Bakgrunnen for forskjellen er vanskelig å anslå uten å ha data fra individuelle husholdninger ettersom det er stor forskjell på boliger innad hver boligtype. *Blokk/leilighet* har, til forskjell fra de andre boligtypene, ofte en lavere andel av elektrisitetskonsumet som går til oppvarming. Det er antagelig grunnet mindre varmetap og ofte mindre boareal. Det er mer varmeutveksling vertikalt mellom boliger i *blokk/leilighet*, som i teorien vil kunne minke behovet for konstant oppvarming fra egne kilder. Det er ikke uvanlig at *blokk/leilighet* er tilkoblet sentralfyring, slik at oppvarming ikke vil inngå i det individuelle elektrisitetsforbruket.

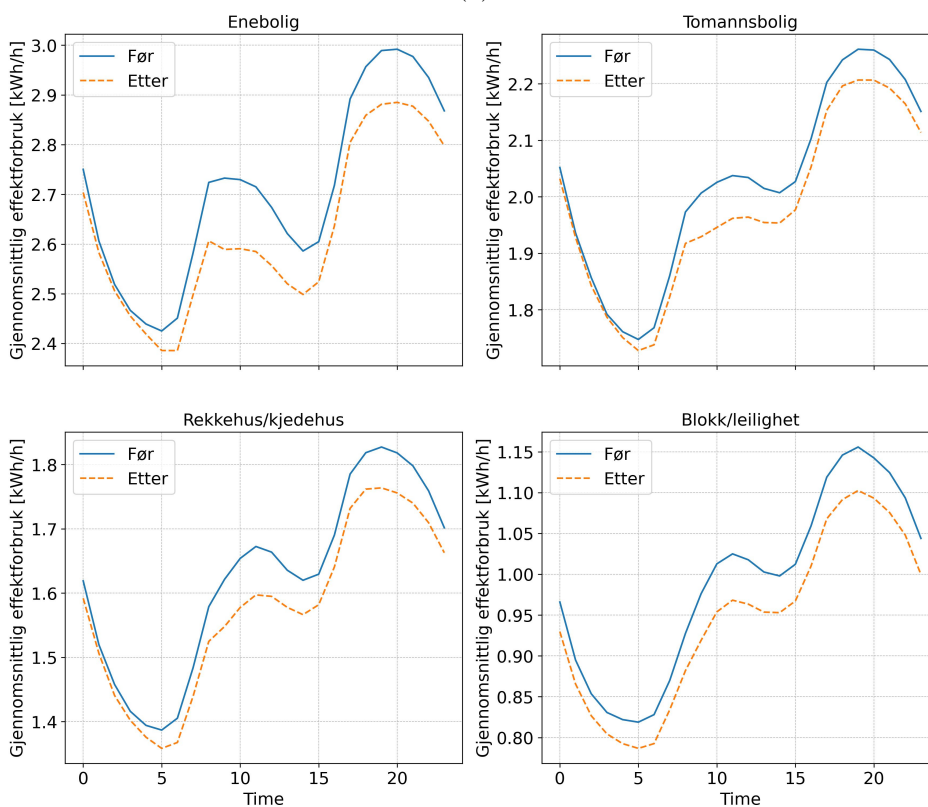
T-testene henviser til at det er en tydelig trend av nedgang i forbruk hos alle boligtypene i begge kommunene. De viser til statistisk signifikant endring innad alle boliggrupper, men ikke hvordan forbruket har endret seg. Tilsvarende som i seksjon 5.1.1, er det vanskelig å skille ut om den minkende trenden skyldes den nye nettleieordningen, ettersom det generelt har vært en trend av redusert forbruk for alle boligtypene i begge kommunene.

5.1.3 Fordeling av forbruk og topplasttimer

Figur 5.2 viser det gjennomsnittlige timesforbruket for de to sesongene til boliggruppene i Nordre Follo og Fredrikstad. De blå heltrukne linjene representerer forbruket vintersesongen 2021/2022 (*før*), mens de oransje stiplede linjene viser til vintersesongen 2022/2023 (*etter*). Y-aksen til de ulike plottene er tilpasset boliggruppens forbruk for best å få frem deres individuelle forbruksfluktasjoner.



(a)

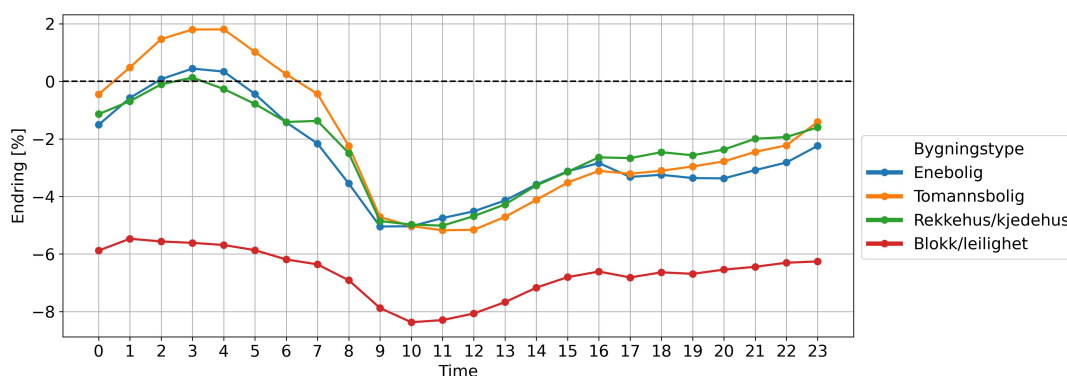


(b)

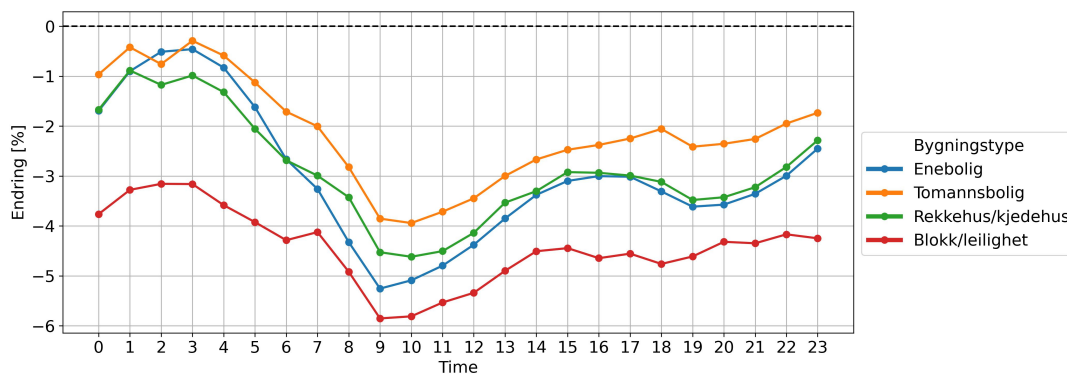
Figur 5.2: Gjennomsnittsforbruk per time for de ulike boliggruppene i Nordre Follo (a) og Fredrikstad (b). Heltrukken blå linje representerer sesongen før innføringen av nettariffen, og stiplet oransje linje sesongen etter. De ulike boligtypene har hver sin individuelle y-akse for best å få frem deres individuelle gruppeforbruk.

Alle boliggruppene viser en reduserende trend i tidsrommene 08-15 og 18-22 fra sesongen før. Gjennomsnittskurvene for *enebolig*, *tomannsbolig* og *rekkehus/kjedehus* fra Nordre Follo skiller seg ut mellom kl. 05-10. Her ligger kurvene for *før* og *etter* tett frem til rundt kl. 08, hvor det forekommer en brå vending med sterkt avtagende forbruk. Fra kl. 15 og utover ligger alle *etter*-kurvene lavere enn *før*-kurvene i begge kommunene. Mengden nedgang varierer mellom de ulike boliggruppene. *Blokk/leilighet* er boligtypen som har tydeligst nedgang i forbruk over hele døgnet for begge kommunene.

Trenden av reduksjon i forbruk fra figur 5.2, går også igjen ved prosentendringen som vist i tabell A.2 til A.9 i Appendiks A.3.2. Prosentendringsskurven er vist i figur 5.3. *Enebolig*, *tomannsbolig* og *rekkehus/kjedehus* i Nordre Follo skiller seg ut ved at de har en prosentøkning i henholdsvis tidsrommene 02-04, 01-06 og time 3. Resten av timene har alle boligtypene en negativ prosentendring. Følgelig har det totale energiforbruket gått ned i alle boligtypene.



(a)



(b)

Figur 5.3: Prosentendring per time for de ulike boliggruppene i Nordre Follo (a) og Fredrikstad (b). De ulike boligtypene *enebolig*, *tomannsbolig*, *rekkehus/kjedehus*, og *blokk/leilighet* er gitt i henholdsvis blå, oransje, grønn og rød linje. X-aksen viser til timen i døgnet, og y-aksen henviser til prosentendring fra sesongen før innføringen av nettariiffen, til sesongen etter. Y-aksen er individuell for hver kommune. Den stiplede grå linjen representerer 0%.

Resultatene fra t-testene per time for hver boligtype er gitt i kolonne 3-5 i tabell A.2 til A.9 i Appendiks A.3.2. Her presenteres en oversikt over p-verdiene og hvorvidt de er signifikante med henhold til signifikansnivå med og uten Bonferroni korreksjon ($\alpha_{Bonferroni} = 0,002083$). Ved signifikante p-verdier forkastes H_0 som gitt i ligning (3.1), og endringen i forbruk ansees å være statistisk signifikant. For *enebolig*, *tomannsbolig* og *rekkehus/kjedehus* i Nordre Follo viser p-verdiene at det er en signifikant endring i timene mellom 09 og 20. Dersom korreksjon tas med, er timene av signifikant endring for

de tre boligtypene hovedsakelig mellom 09 og 12. For *blokk/leilighet* i Nordre Follo viser p-verdier med og uten korreksjon at det er en signifikant endring for alle timer i døgnet. Denne signifikante endringen kommer tydelig frem i figur 5.2a, hvor den stiplede oransje linjen ligger under den heltrukne blå for alle timer i døgnet.

I Fredrikstad har *enebolig* og *rekkehus/kjedehus* signifikante p-verdier mellom 08-22, hvorav timene mellom kl. 09 og 11 er signifikante med korreksjon. For *tomannsbolig* er det kun timene mellom kl. 09 og 13 som har p-verdier under signifikansnivå. Det er derfor de eneste timene en kan fastslå signifikant endring, som også gjenspeiles ved størst gap mellom de to linjene i figur 5.2b for *tomannsbolig*. Ingen av p-verdiene kommer gjennom som signifikante for *tomannsbolig* med korreksjon. Tilsvarende som for Nordre Follo, er det boligtypen *blokk/leilighet* som kommer gjennom t-testene med flest verdier under signifikansnivå, med og uten korreksjon. Dersom korreksjon tas høyde for, er det timene mellom 00-07 og time 14, som ikke er av statistisk signifikans.

I tabell A.10 og A.11 i Appendiks A.3.3 er prosentendringen for gjennomsnittet av de tre topplasttimene for hver av månedene gitt for hver boligtype. For Nordre Follo har månedene november, desember og februar en negativ prosentvis endring, mens januar og mars ser en positiv prosentendring. Som vist i tabell A.10 viser majoriteten av p-verdiene til en signifikant endring i gjennomsnitt av topplasttimer uten korreksjon. Dersom korreksjon ($\alpha_{Bonferroni} = 0,01$) tas med, er det hovedsakelig *tomannsbolig* og *rekkehus/kjedehus* som ikke kommer under det korrigerede signifikansnivået.

For både Nordre Follo og Fredrikstad skiller november seg ut, med betydelig høyere prosentnedgang. November er eneste måned hvor t-testene angir signifikant endring med korreksjon for alle boligtyper i begge kommuner. Fredrikstad viser en overordnet trend av negativ prosentendring i gjennomsnittet av de tre topplasttimene. Derimot viser januar og mars preg av noen positive prosentendringer. Januar er den eneste måneden hvor ingen av boligtypene kommer under hverken korrigeret eller ukorrigeret signifikansnivå i Fredrikstad. Etter gjennomførte t-tester for begge kommunene, er det Nordre Follo som har høyest andel av signifikant endring i topplasttimer, både ved korrigeret og ukorrigeret signifikansnivå.

Diskusjon - Fordeling av forbruk og topplasttimer

Figur 5.2 og t-testene gitt av tabellene i Appendiks A.3.2, viser til tydelige endringer i forbruk ved flere tidspunkter for boligtypene. Prosentendringen per time for alle verdier under signifikansnivå, både korrigerede og ukorrigerede, er negative. Dette støtter oppunder de tidligere presenterte resultatene om reduksjon i forbruk hos husholdninger.

Blokk/leilighet har høyest andel av verdier som tilsier signifikant endring, både med og uten korreksjon. Sett i forhold til de andre forbrukskurvene i figur 5.2, er *blokk/leilighet* den eneste som har en jevn nedgang over alle timer i døgnet. En mulig årsak til dette er oppvarmingsbehov. Som nevnt i seksjon 2.1.4 bruker norske husholdninger i gjennomsnitt 60 % av elektrisitetsforbruket på oppvarming. Ved høyere grad av varmetveksling vertikalt, vil *blokk/leilighet* derfor i mindre grad miste varme i boligen ved avslåing eller nedjustering av varmeapparater. *Blokk/leilighet* vil dermed i større grad kunne tilpasse forbruket gjennom annet elektrisitetskonsum som er mer mobilt enn oppvarming.

Fra figur 5.2a har *enebolig*, *tomannsbolig* og *rekkehus/kjedehus* i Nordre Follo en brå reduksjon i forbruk mellom kl. 08 og 09. Årsaken bak den brå vendingen er ikke kjent, og ved en ekstra gjennomgang av rådataen, fremkommer det ikke merkbare feil eller mangler. Å fastslå konkret årsak krever individuelle omfattende analyser, slik som kartlegging av

rutiner, forbruk og andre relevante faktorer. Det finnes flere potensielle årsaker til den brå nedgangen i forbruk, blant annet avreise til jobb for den store andelen pendlere i Nordre Follo som nevnt i seksjon 4.2.1. En slik brå vending forekommer ikke i Fredrikstad som vist i figur 5.2b, der andelen pendlere er tilnærmet halvparten av andelen i Nordre Follo.

Andre årsaker kan være arbeidssektor og elbillading. Arbeidssektor vil påvirke arbeidstider, hvorav forretningsmessige tjenester i større grad har arbeidstid mellom kl. 08-16. På den andre siden vil for eksempel varehandel og helsetjenester i større grad ha varierende arbeidstider. Elbillading betegnes hos husholdninger som en stor last, og vil derfor kunne føre til markante utslag på forbruket. Med Nordre Follo sin høye andel elbiler på 43,9 %, kan utkobling av lader være en utslagsgivende årsak til brå nedgang. I *blokk/leilighet* er det ofte felles garasjeanlegg, slik at elbillading ikke kobles på enkelthusholdnings forbruk, som understøtter at den brå endringen ikke synes her. Smarthusstyring kan også ha en innvirkning, da varme og andre laster kan styres slik at de blir skrudd ned eller helt av ved for eksempel avreise til jobb.

Den positive prosentøkningen og minimale nedgangen i timesforbruk fra figur 5.3a mellom kl. 01-06 for *enebolig*, *tomannsbolig* og *rekkehus/kjedehus* i Nordre Follo stammer trolig fra elbillading. Prosentendringen er ikke signifikant for de tre boligene, hverken med eller uten Bonferroni korreksjon. Ettersom det resten av dagen er en generell nedgang for de tre boligtypene, kan dette tyde på lastflytting til nattestimene. Den samme økningen sees ikke hos Fredrikstad, hvor andelen elbiler er lavere, eller hos *blokk/leilighet*.

Sammenlignet med resten av døgnet, er det nattestimene mellom kl. 00-04 som har hatt lavest absolutt prosentendring for alle boligtyper. Hovedårsaken til dette kan være at en stor andel setter elbilen til lading gjennom natten. På den måten vil ikke disse timene oppleve den samme reduksjonen i forbruk, slik som resten av døgnet. Derfor vil det ikke være like stor mulighet for å endre forbruket, som følge av basisforbruket som alltid vil være tilstede. Med dette til grunn er det vanskelig å fastslå andre årsaker for at det har vært en lav andel av endring om natten. En faktor som kan knytte det sammen med utformingen av nettleien, er energiledets inndeling av dag- og nattpriser. Natt-taksten for energiledet ligger omtrent 20 % lavere enn om dagen. Insentivet til å flytte forbruk er derfor høyere på dagen, og vil i større grad motivere forbrukere til å tilpasse sitt eget forbruk i tidsrommet mellom 06-22. Verken behovet eller mulighetene er store for forbrukerfleksibilitet på natten ettersom strømmettet ikke per i dag har en effekttopp der, og forbruket generelt er lavere i dette tidsrommet.

Gjennom resultatene fra t-testene er det timene mellom kl. 08-15 som kommer gjennom med signifikant endring. Det økende fokuset på strømforbruk, energieffektiviserende tiltak og energisparing, kan være hovedårsakene til at disse timene har hatt en nedgang. Både smart- og manuellstyring av varmekilder til husholdninger vil kunne gjøre store utslag på forbrukskurvene til husholdninger. Selv om gjennomsnittstemperaturen viser til at det var kjøligere vintersesongen 2022/2023, var også forbruket lavere, som kan indikere at fokuset på energibesparende tiltak har økt.

Ved å se på endringen til gjennomsnittet av de tre øverste forbrukstoppene per boligtype, er det tilnærmet samme mønster som i det generelle forbruket. De fleste månedene har hatt en nedgang i forbruk, selv om det i januar og mars har vært økning for noen av boliggruppene. Reduksjonen i gjennomsnittet av toppetimene i november skyldes antagelig økningen i temperatur. Økningen i toppforbruk i mars stammer antagelig fra nedgangen i gjennomsnittstemperatur på omtrent 2°C, som fører til et høyere oppvarmingsbehov. Fra seksjon 4.3 er det tydelig at desember er den kjøligste måneden for begge kommunene, som fører til mindre mulighet for å variere oppvarming av husholdningen. Bakgrunnen for de

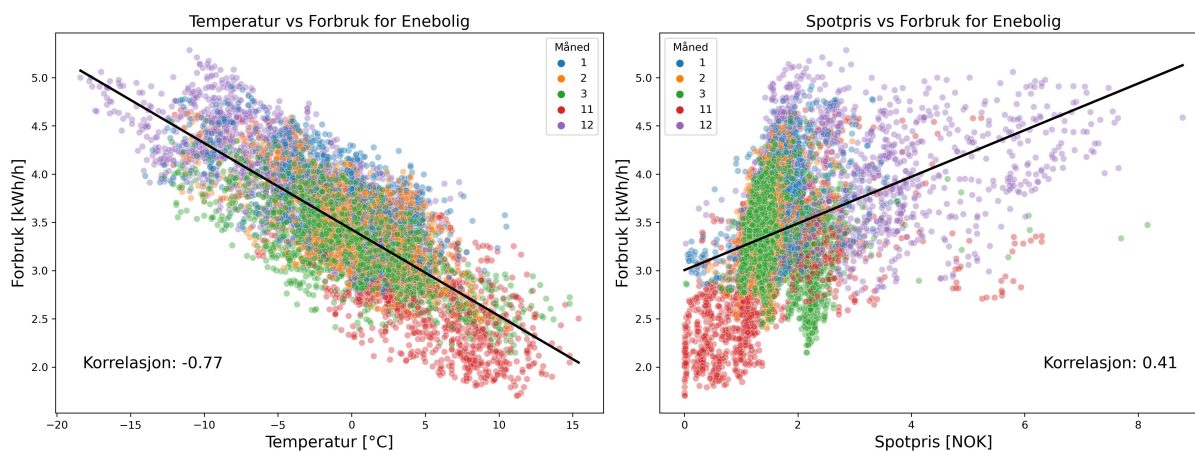
variable prosentendringene skyldes antagelig en sammensetning av ulike eksogene faktorer i tillegg til temperatur, som for eksempel spotpris og helligdager.

Basert på den aggregerte analysen er det vanskelig å anslå hvorvidt den nye nettleien har hatt en virkning, og til hvilken grad. Det er tydelig at det har vært en reduksjon i forbruk hos de ulike boligtypene og at topplasttimene har sunket parallelt. Det er derimot ikke en bekreftende faktor for at nettleien har hatt ønsket virkning. For å kunne se om nettarriffen har hatt en virkning er det derfor nødvendig å se på enkelthusholdninger, der topplasttimene kan kartlegges og sammenlignes med kapasitetstrinnene i nettarriffen. På denne måten kan det undersøkes om den individuelle husholdningen aktivt forsøker å holde seg under et kapasitetstrinn, eller generelt prøver å redusere forbruk. Det vil antagelig i større grad være mulig å se hvordan husholdningene har flyttet forbruk, med hensyn på energiledet.

5.1.4 Eksogene påvirkningsfaktorer

Korrelasjonsanalyse

Korrelasjonsanalysen til forbruk mot temperatur og spotpris for alle boligtypene i begge kommunene er presentert i figur A.2 og A.3 i Appendiks A.3.4. Et utdrag for *enebolig* i Nordre Follo er vist i figur 5.4. Det er en negativ korrelasjon mellom forbruk og temperatur, som henviser til at en økning i temperatur, reduserer forbruk. For alle boligene ligger målepunktene tett om korrelasjonslinjen. For forbruk og spotpris er det mer spredning mellom punktene, og et tydeligere skille mellom månedene. Alle boligtypene har i begge kommunene en positiv korrelasjon mellom forbruk og spotpris.



Figur 5.4: Ett utdrag av *enebolig* i Nordre Follo fra korrelasjonsanalysen vist i plot A.2 og A.3 i Appendiks A.3.4. I venstre plott er korrelasjon mellom forbruk og temperatur, og høyre plott viser korrelasjon mellom forbruk og spotpris. De ulike månedene er farget som gitt i forklaringsboksen i figuren, og korrelasjonskoeffisienten tilhørende plottet er gitt i henholdsvis nedre venstre og høyre hjørne.

De spesifikke korrelasjonsverdiene til hver boliggruppe i hver kommune er gitt i tabell 5.4. Det er en jevn korrelasjon mellom forbruk og temperatur på mellom -0,77 og -0,65 for de ulike boligtypene. *Blokk/leilighet* skiller seg ut for begge kommunene ettersom den ligger på omlag -0,52. Korrelasjonen mellom forbruk og spotpris er betydelig jevnere mellom boliggruppene hvor Nordre Follo ligger på omlag 0,4 og Fredrikstad på omlag 0,44.

Tabell 5.4: En oversikt over korrelasjonskoeffisientene tilhørende hver boliggruppe i hver kommune. Koeffisientene viser korrelasjonen mellom forbruk og temperatur i midtre kolonne, og forbruk og spotpris i ytterste høyre kolonne. For visualisering av korrelasjonslinjene, se figur A.2 og A.3 i Appendiks A.3.4.

	Boligtype	Forbruk - Temp.	Forbruk - NO1
Nordre Follo	Enebolig	-0,772	0,410
	Tomannsbolig	-0,712	0,404
	Rekkehus/kjedehus	-0,654	0,418
	Blokk/leilighet	-0,507	0,404
Fredrikstad	Enebolig	-0,767	0,445
	Tomannsbolig	-0,703	0,457
	Rekkehus/kjedehus	-0,690	0,468
	Blokk/leilighet	-0,543	0,435

Lineær modell med blandede effekter

I tabell 5.5 og 5.6 er de lineære modellene med blandede effekter for henholdsvis Nordre Follo og Fredrikstad gitt. For å finne modellen som ga best tilnærming til datasettet ble det testet et ulikt antall variabler for faste effekter. For begge modellene presentert under er temperatur, bygningstype, spotpris og før/etter satt som faste effekter, mens dag/natt og bygningstype er satt som variable effekter. Den lineære modellen konvergerer for begge kommunene.

I tabell 5.5 og 5.6 er resultatene fra modellen til henholdsvis Nordre Follo og Fredrikstad gitt. Krysningspunktet angir gjennomsnittlig basisforbruk per husholdning, som i begge tilfeller er *blokk/leilighet*, etter innføringen av nettleieordningen. Likt som i de tidligere seksjonene ligger Fredrikstad sitt basisforbruk lavere enn Nordre Follo. Som forventet viser de tre andre boligtypene til en økning i forbruk, sammenlignet med *blokk/leilighet*. Som diskutert i tidligere seksjoner, kommer det også her frem signifikant forskjell mellom boligtypene gjennom p-verdiene. Prediktoren for periode, *før*, henviser til at det er en økning med henholdsvis 0,1 og 0,065 for perioden før innføringen av nettleien. Temperatur og spotpris er de eneste kontinuerlige variabelene av prediktorene. Med en negativ koeffisient, henviser temperaturen til en økning i forbruk ved temperaturer under 0 °C, og avtagende forbruk ved temperaturer over 0 °C. Spotpriskoeffisienten er positiv, og viser til en økning i forbruk ved økning i pris. Både temperatur, spotpris og *før/etter* er under signifikansnivå, og er derfor betydelige faktorer for forbruket. Gruppevariansene til Nordre Follo og Fredrikstad er på henholdsvis 0,58 og 0,26, og forklarer hvor mye av variansen til datasettet som er forklart av variable effekter.

Tabell 5.5: En oversikt over resultatene fra den lineære modellen med variable effekter til Nordre Follo. Krysningpunktet på 1,059 utgjør basisforbruket til en blokk/leilighet etter nettariffen. De andre koeffisientene beskriver den tilhørende prediktorens påvirkning på forbruket. Dersom p -verdien til den tilhørende prediktoren er mindre enn $\alpha = 0,05$, er prediktorens påvirkning statistisk signifikant til modellen.

Prediktor	Koeffisient	Std. Err.	z	P> z	[0.025	0.975]
Krysningpunkt	1,059	0,170	6,238	<0,001	0,726	1,391
Enebolig	2,247	0,240	9,364	<0,001	1,777	2,717
Rekkehus/kjedehus	0,965	0,240	4,020	<0,001	0,494	1,435
Tomannsbolig	1,526	0,240	6,539	<0,001	1,056	1,996
Før	0,100	0,003	29,494	<0,001	0,094	0,107
Temperatur	-0,061	0,000	-161,073	<0,001	-0,062	-0,060
Spotpris	0,015	0,002	7,841	<0,001	0,011	0,019
Gruppe var	0,058	0,145				

Tabell 5.6: En oversikt over resultatene fra den lineære modellen med variable effekter til Fredrikstad. Krysningpunktet på 0,886 utgjør basisforbruket til en blokk/leilighet etter nettariffen. De andre koeffisientene beskriver den tilhørende prediktorens påvirkning på forbruket. Dersom p -verdien til den tilhørende prediktoren er mindre enn $\alpha = 0,05$, er prediktorens påvirkning statistisk signifikant til modellen.

Prediktor	Koeffisient	Std. Err.	z	P> z	[0.025	0.975]
Krysningpunkt	0,886	0,113	7,809	<0,001	0,664	1,108
Enebolig	1,694	0,160	10,565	<0,001	1,380	2,009
Rekkehus/kjedehus	0,627	0,160	3,907	<0,001	0,312	0,941
Tomannsbolig	1,028	0,160	6,411	<0,001	0,714	1,342
Før	0,065	0,003	24,579	<0,001	0,060	0,070
Temperatur	-0,045	0,000	-152,079	<0,001	-0,046	-0,045
Spotpris	0,021	0,002	12,848	<0,001	0,018	0,024
Gruppe var	0,026	0,078				

Diskusjon - Eksogene påvirkningsfaktorer

Som forventet er det en tydelig korrelasjon mellom forbruk og temperatur, som vist i figur 5.4 og tabell 5.4. *Blokk/leilighet* skiller seg ut fra de andre boligtypene ved at det er betydelig lavere korrelasjon til temperatur. Årsaken for dette skyldes trolig, som diskutert i seksjon 5.1.3, høyere grad av varmeutveksling vertikalt eller oppvarming gjennom sentralfyring eller fjernvarmeanlegg.

Det at korrelasjonen mellom forbruk og spotpris er positiv er ikke overraskende, av den grunn at prisene varierer med etterspørsel. Det er dyrere for strøm i morgen- og kveldstimmene enn midt på dagen, og tilsvarende er også forbruket høyere morgen og kveld. Derimot er det betydelig mer opphopning av punkter i det lavere sjiktet av spotpris, selv om forbruket også her er høyt. Desember skiller seg ut som den måneden med høyt forbruk på tross av høye priser. Dette kan være på grunn av kjøligere temperaturer og helligdager. Når det kommer til korrelasjonen mellom forbruk og spotpris er det også viktig å se til

korrelasjonskoeffisienten, som sammenlignet med forbruk-temperatur korrelasjonskoeffisienten, er lav. Ansamlingen av punktene i venstre del av plottet, gir en indikasjon på at det forsøkes å bruke mer strøm når prisene er lavere. Det er sentralt å huske på at ikke alt forbruk er like mobilt, slik at den naturlige variasjonen i spotpris gjennom dagen i stor grad sammenfaller med variasjonen i forbruk.

Spotpris anses som en signifikant prediktor i de lineære modellene for forbruk. Dette henger i stor grad sammen med den sammenfallende faktoren av variasjon i spotpris og forbruk, og ikke nødvendigvis en økning i forbruk ved økning i spotpriser. Basert på studier på prisfølsomhet [10][13], er det tydelig at forbrukere responderer på prissignaler. En lineær tilnærming vil ikke kunne beskrive eller fange opp alle deler av komplekse sammenhenger. Derimot fanger modellene opp trendene som også sees i praksis, samt som forsterker resultatet fra de tidligere presenterte resultatene i analysen.

Prediktoren temperatur i tabell 5.5 og 5.6 har et standardavvik på 0. I teorien betyr dette at prediktorens påvirkningskoeffisient er helt sikker, derimot er det sjeldent slik i praksis. Standardavviket vises i kvantilene til et intervall, som kan tyde på at det er et standardavvik som er nærme 0. Temperaturkoeffisienten ansees derfor som korrekt for fremstilling av forbruk i denne analysen, ettersom variasjonen i temperatur henger tett sammen med forbruk.

For å få det beste sammenligningsgrunnlaget ble de lineære modellene for Nordre Follo og Fredrikstad basert på samme oppbygning av variable og faste effekter. Resultatet fra de to modellene følger samme trender for de ulike prediktorene, men av ulik størrelse. Det er ikke uventet, med tanke på at de to kommunene som vist i tidligere seksjoner, har en ulik basislinje. Alle prediktorene er av statistisk signifikans i begge modellene.

Koeffisientene til prediktorene i begge modellene har et lavt standardavvik. Dette indikerer at presisjonen av koeffisienten er et godt estimat, basert på dataen tilgjengelig. Gruppevariansen til begge modellene tilsier at det er en beskjeden forskjell mellom gruppene. Derimot er standardavviket her noe større, som kan indikere lavere presisjon i de variable effektene, sammenlignet med de faste effektene i modellen. Alle konfidensintervallene, for begge kommunene, unnviker å strekke seg gjennom 0. Dette er en sterk indikasjon på at alle prediktorenes koeffisienter har en effekt på forbruket til husholdningene. Dersom konfidensintervallene hadde inneholdt 0, ville det vært en sannsynlighet for at den prediktoren ikke har en effekt på forbruket, basert på modellen. Det er ikke tilfellet, og en kan derfor med 95 % sikkerhet si at det beste estimatet for prediktorens koeffisient ligger i intervallene.

Trendene som fremtrer i tabell 5.5 og 5.6 er tilsvarende trendene fra de tidligere t-testene. Det er betydelig forskjell mellom de ulike boligtypene innad begge kommunene, der *enebolig* har høyest forbruk, og *blokk/leilighet* har lavest. De like standardavvikene skyldes at boligtype står som både variabel og fast effekt. I tillegg indikerer modellen, likt som t-testene, at det var høyere forbruk før innføringen av nettarriffen. En kan ikke bekrefte eller avkrefte de faktiske årsakene for dette gjennom den lineære modellen. Derimot styrkes påstanden om at forbruket har gått ned etter innføringen, når både t-testene og de lineære modellene, henviser til signifikant endring.

5.2 Analyse av privathusholdningene

5.2.1 Oversikt over forbruk hos privathusholdningene

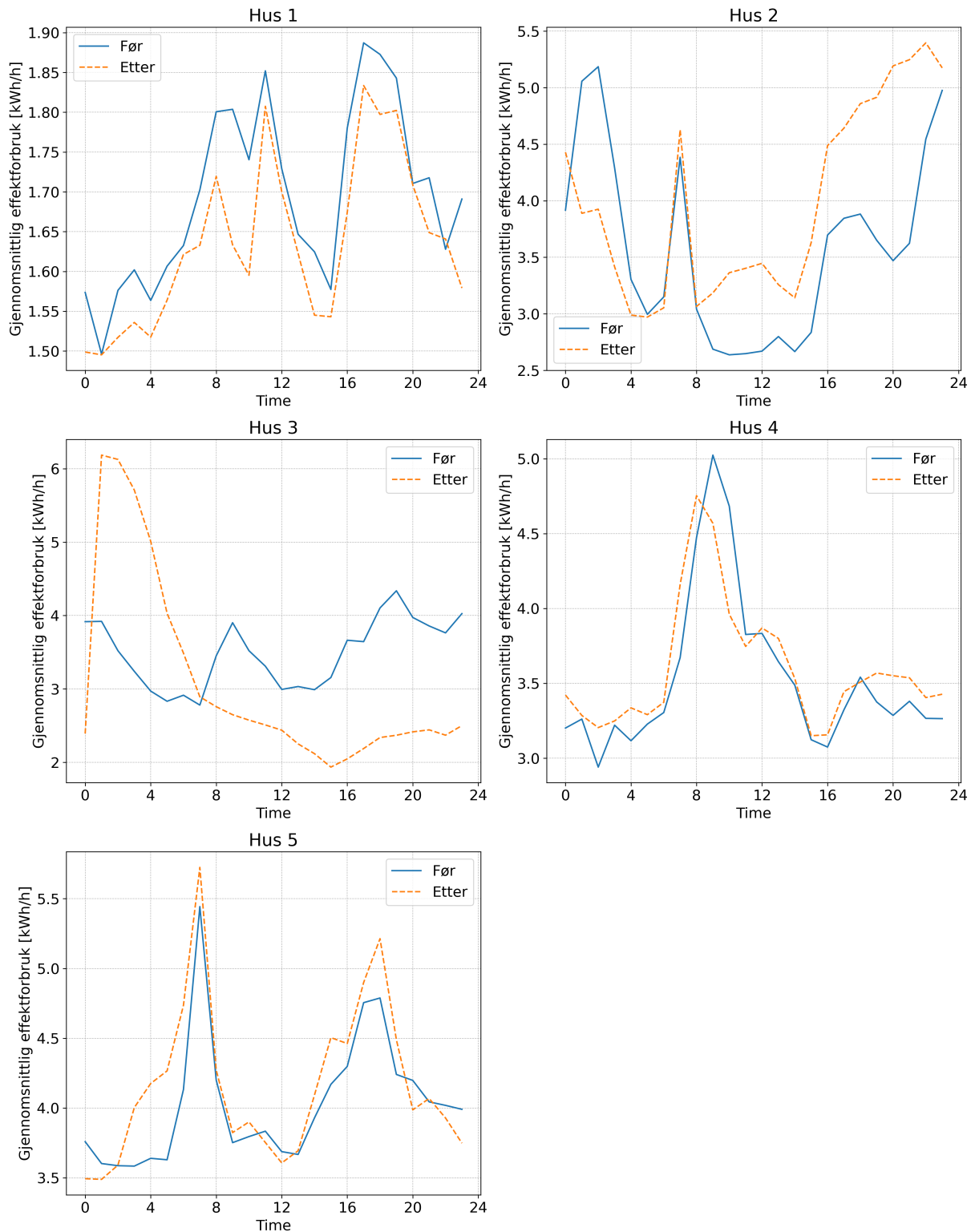
Gjennomsnitts- og medianforbruk per time fra privathusholdningene i Nordre Follo og Fredrikstad er gitt i tabell 5.7. I høyre kolonne er tilhørende varians til forbruket. Det er tydelige forskjeller mellom de ulike husene. Etter innføringen av nettariffen ligger Hus 1 nede på 1,6 kWh/h i gjennomsnittsforbruk, mens Hus 6 er rett over 4 kWh/h. I motsetning til den aggregerte analysen, er det en trend av høyere varians til hver enkeltbolig, som for eksempel Hus 2 og 3 i Nordre Follo hvor variansen ligger rundt 7 kWh/h. Den høyeste prosentendringen i gjennomsnitts- og medianforbruk forekommer hos Hus 9 på henholdsvis 49,97 % og 159,60 %. Hus 7 er boligen med høyest prosentendring i varians, med 57,30 %.

Tabell 5.7: En oversikt over de ulike privathusholdningenes gjennomsnitts- og medianforbruk, for de to tidsperiodene før og etter innføringen av nettariffen. Variansen gitt i siste kolonne for de samme tidsperiodene.

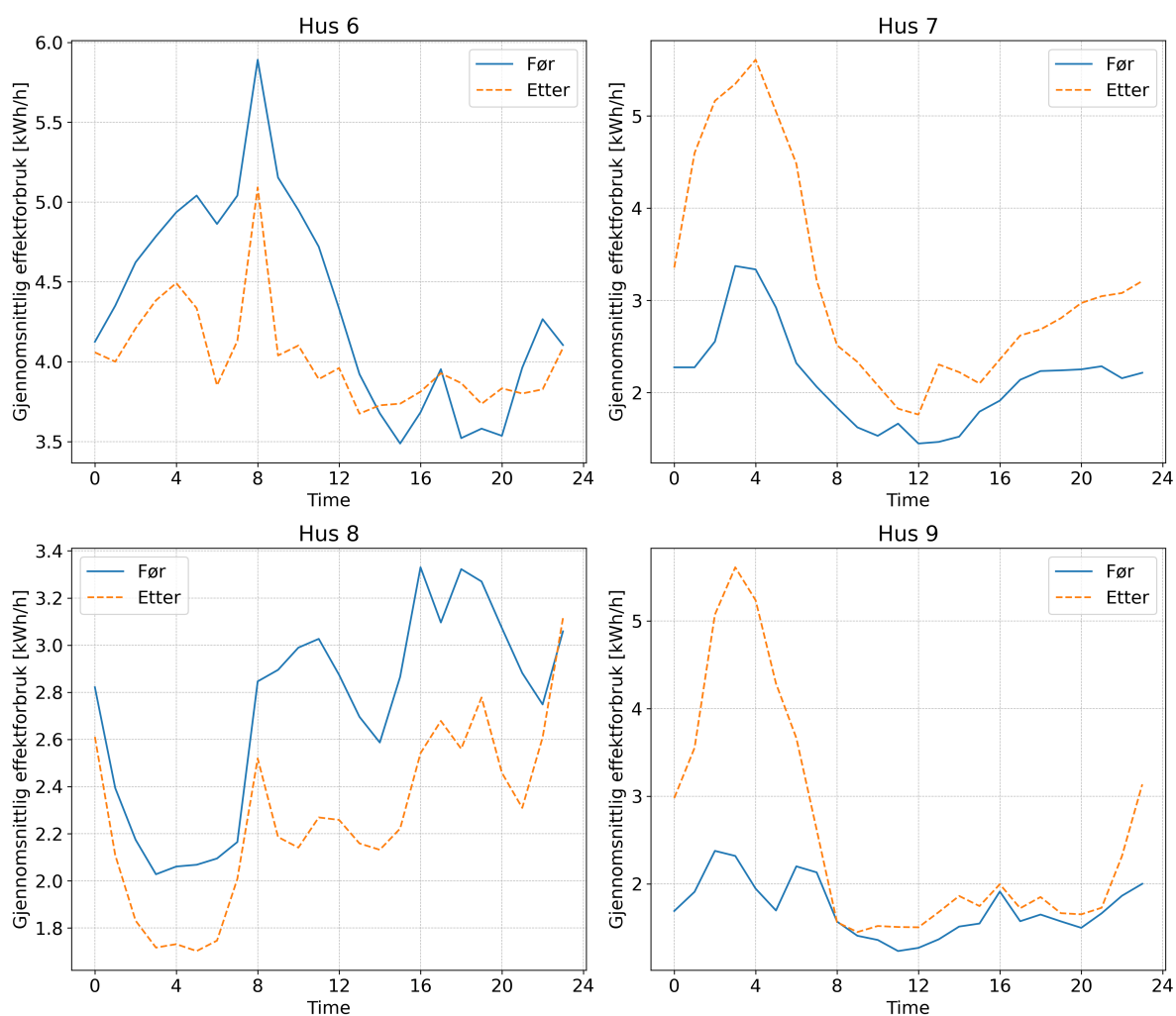
	Hus nr.	Gjennomsnitt		Median		Varians	
		[kWh/h]		[kWh/h]		[(kWh/h) ^{1/2}]	
		Før	Etter	Før	Etter	Før	Etter
Nordre Follo	Hus 1	1,694	1,635	1,570	1,520	0,312	0,334
	Hus 2	3,582	3,988	2,840	3,100	4,972	7,758
	Hus 3	3,493	3,073	2,440	2,100	7,342	6,569
	Hus 4	3,596	3,523	3,352	3,456	1,885	1,868
	Hus 5	4,031	4,164	3,830	3,960	2,050	2,405
Fredrikstad	Hus 6	4,354	4,024	4,063	3,647	5,374	6,234
	Hus 7	2,143	3,197	1,780	2,800	2,699	4,267
	Hus 8	2,734	2,266	2,380	2,000	1,407	1,111
	Hus 9	1,720	2,580	1,240	1,540	2,295	2,958

Som vist i figur A.4a og A.4b i Appendiks A.4.1 er ikke fordelingskruvene for *før* og *etter* normalfordelte, og Wilcoxon signed-rank tester ble derfor benyttet. P-verdiene til alle privathusene fra både Nordre Follo og Fredrikstad er under signifikansnivå, som vist i tabell A.12 i Appendiks A.4.2. Wilcoxon testene resulterte i at H_0 , som gitt i ligning (3.2), kan forkastes. Alle husholdningene har hatt signifikant endring i totalt medianforbruk, *før* og *etter* innføringen av nettariffen.

Forbruksendringen gjenspeiles også i timeskurvene gitt i figur 5.5 og 5.6. Y-aksen til de ulike plottene er tilpasset enkelthuset forbruk for best å få frem deres individuelle forbruksfluktasjoner. Heltrukken blå linje henviser til gjennomsnittsforbruket før nettleieordningen, mens den oransje stiplede linjen henviser til forbruket etter. For Hus 1, 4 og 5 i Nordre Follo er det ingen store forandringer som kan sees i *før*- og *etter*-kurvene. Hus 2 har hatt en betydelig økning fra kl. 15 og utover, mens Hus 3 har en markant økning om natten og reduksjon resten av døgnet som kan indikere lastflytting. For Fredrikstad har alle husene tilnærmet lik form på kurvene *før* og *etter* innføringen. Hus 6 og 8 har hatt en nedgang i forbruk, mens Hus 7 har en betydelig høyere kurve etter innføringen av nettariffen. I motsetning til Hus 7, har Hus 9 lite forandring fra kl. 08 og ut dagen, derimot har begge husene en bemerkelsesverdig økning i tidsrommet kl. 00-08.



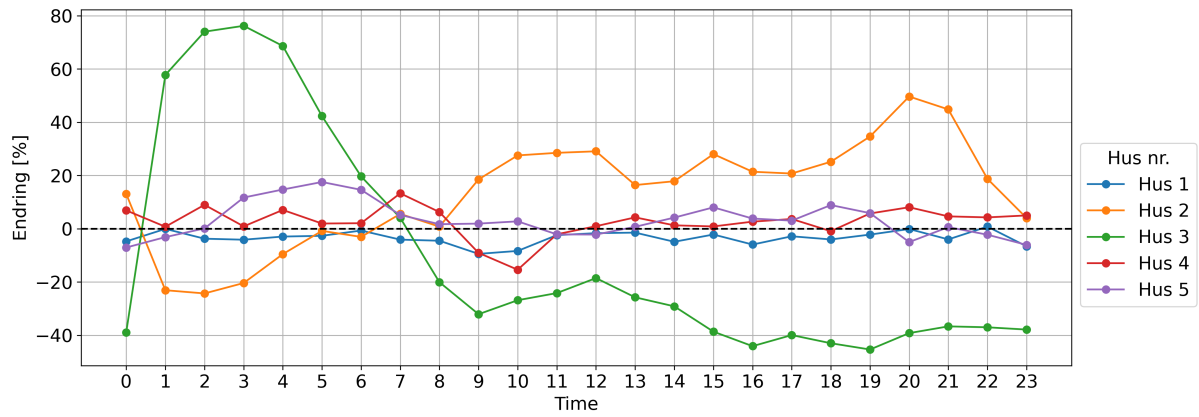
Figur 5.5: En oversikt over de ulike privathusholdningenes effektforbruk [kWh/h] i Nordre Follo. Heltrukken blå linje og stiplet oransje linje refererer til henholdsvis de to sesongene før og etter innføringen av nettariffen. Fra øverst til venstre er Hus 1, deretter følger de andre i kronologisk rekkefølge. De ulike privathusholdningene har hver sin individuelle y-akse for best å få frem deres individuelle forbruksfluktasjoner.



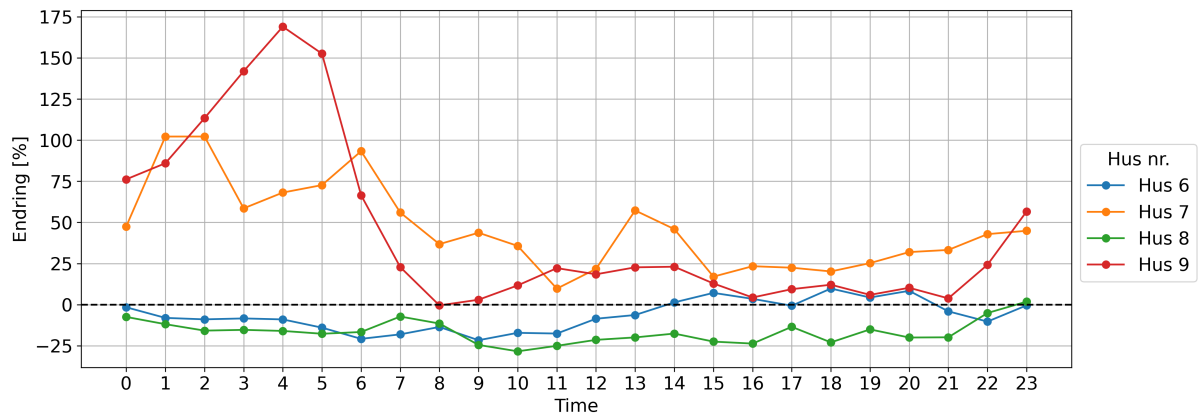
Figur 5.6: En oversikt over de ulike privathusholdningenes gjennomsnittlige effektforbruk [kWh/h] i Fredrikstad. Heltrukken blå linje og stiplet oransje linje refererer til henholdsvis de to sesongene før og etter innføringen av nettariffen. Fra øverst til venstre er Hus 6, deretter følger de andre i kronologisk rekkefølge. De ulike privathusholdningene har hver sin individuelle y-akse for best å få frem deres individuelle forbruksfluktasjoner.

5.2.2 Endring i forbruk

Resultatene fra Wilcoxon testene per time for hver enkelthusholdning er gitt i tabell A.13 til A.21 i Appendiks A.4.3. I samme tabeller er endring per time [%], for å kartlegge retningen til forbruksendringen. Bonferroni korreksjon har her et signifikansnivå på $\alpha_{Bonferroni} = 0,002$, ettersom det er 24 tester som utføres per husholdning. I figur 5.7 er den gjennomsnittlige prosentendringen per time for privatboligene gitt for å oppsummere tabellene i Appendiks A.4.3. De to figurene har ulik y-akse.



(a)



(b)

Figur 5.7: Prosentendring per time for de ulike privathusholdningene i Nordre Follo (a) og Fredrikstad (b). X-aksen viser timen i døgnet, og y-aksen henviser til prosentendring fra sesongen før innføringen av nettariffen til sesongen etter. Y-aksene er ulike for de to kommunene. Den stiplede grå linjen representerer 0% endring.

Resultatene til boligene i Nordre Follo i tabell A.13 til A.17 i Appendiks A.4.3 viser at alle privathusholdningene har signifikant endring flere timer i døgnet, selv om antallet og hvilke timer, varierer. Hus 5 har positiv prosentendring mellom kl. 03-06, hvorav de fire timene har p-verdier under signifikansnivå, med og uten korreksjon. Hus 1, 4 og 5 har det laveste antallet timer med signifikante p-verdier, både med og uten korreksjon. Det kommer tydelig frem i figur 5.7a, hvor de tre husene ligger tett om 0 %-linjen.

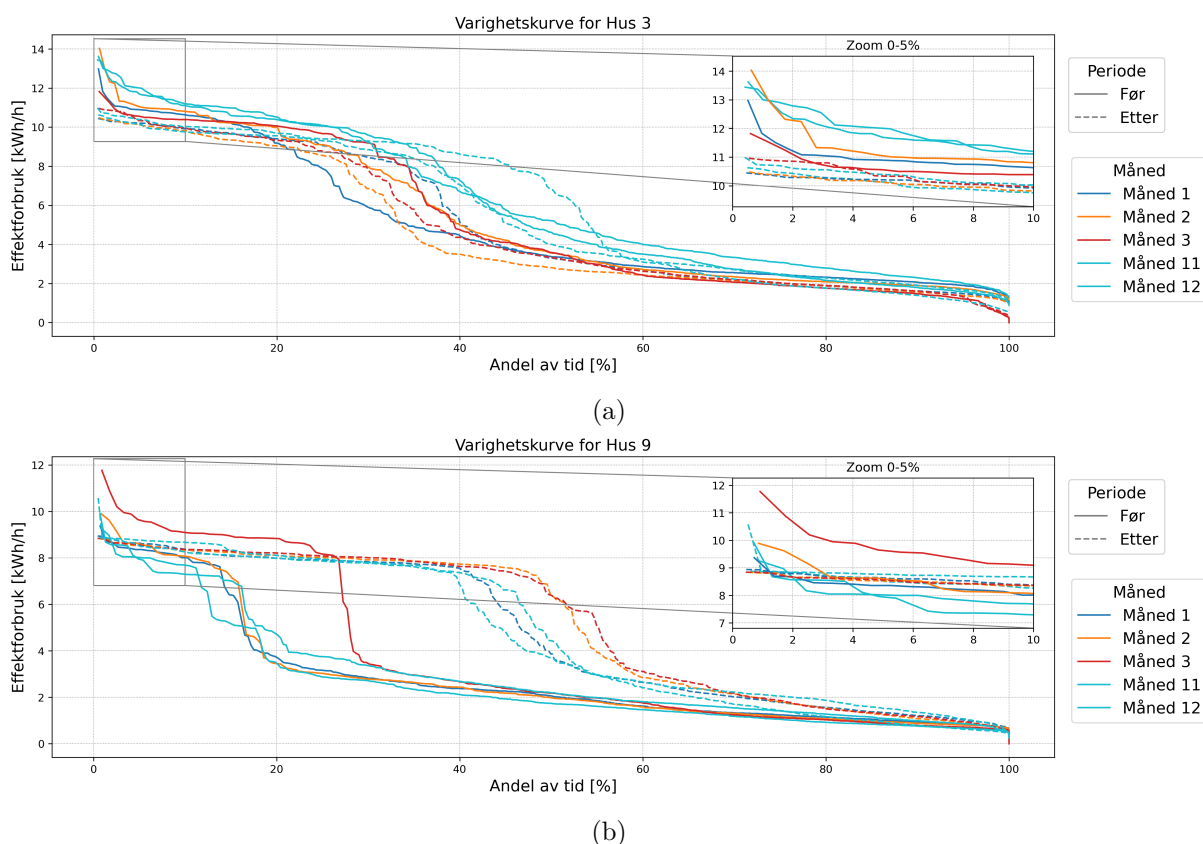
Hus 2 har p-verdier som viser til signifikant reduksjon mellom kl. 01-03, samtidig som timene mellom 09-21 viser en signifikant økning. Det er hovedsakelig mellom kl. 10-12, samt 18-21 som er av statistisk signifikans med korreksjon. Hus 3 er verdt å bemerke seg, med en signifikant økning i forbruk mellom 00-04 og signifikant reduksjon mellom 08-23. Alle de nevnte timene for Hus 3 er av statistisk signifikans, både med og uten korreksjon. Hus 2 og 3 sine endringsmønstre kommer frem i figur 5.7a, hvor de har markant avstand fra 0 %-linjen, som gjenspeiler hvilke p-verdier som er av signifikans.

Resultatene tilhørende privathusholdningene i Fredrikstad er presentert i tabell A.18 til A.21 i Appendiks A.4.3. Det er et tydelig skille mellom Hus 6 og 8, mot Hus 7 og 9. For Hus 6 og 8 viser alle timene der p-verdiene er signifikante, både med og uten korreksjon, at det er en reduksjon i forbruk. Tidsrommene for statistisk signifikant endring med korreksjon er fra 01-13 og 01-21 for henholdsvis Hus 6 og 8. P-verdiene av signifikans med korreksjon samsvarer med når linjene i figur 5.7b har større avstand til 0 %-linjen.

Hus 7 og 9 på den andre siden viser til en signifikant økning flere timer i døgnet. Hus 7 har signifikant endring for nesten alle timer i døgnet, med og uten korreksjon. Det gjenspeiles ved at den oransje kurven i figur 5.7b ligger godt over 0 %-linjen. Timer av signifikant endring forekommer for Hus 9 hovedsakelig i tidsrommet 23-06. Av disse timene, er kl. 00-06 av statistisk signifikant endring med korreksjon. Dette gjenspeiles i figur 5.7b, med bemerkelsesverdig topp i samme tidsrom.

5.2.3 Fordeling av forbruk og topplasttimer

Varighetskurvene til privathusholdningene i Nordre Follo og Fredrikstad er gitt i figur A.5 og A.6 i Appendiks A.4.4. Utdrag fra figurene er gitt i figur 5.8 for henholdsvis Hus 3 fra Nordre Follo og Hus 9 fra Fredrikstad. Perioden er merket *før* og *etter* med henholdsvis heltrukket og stiplet linje.



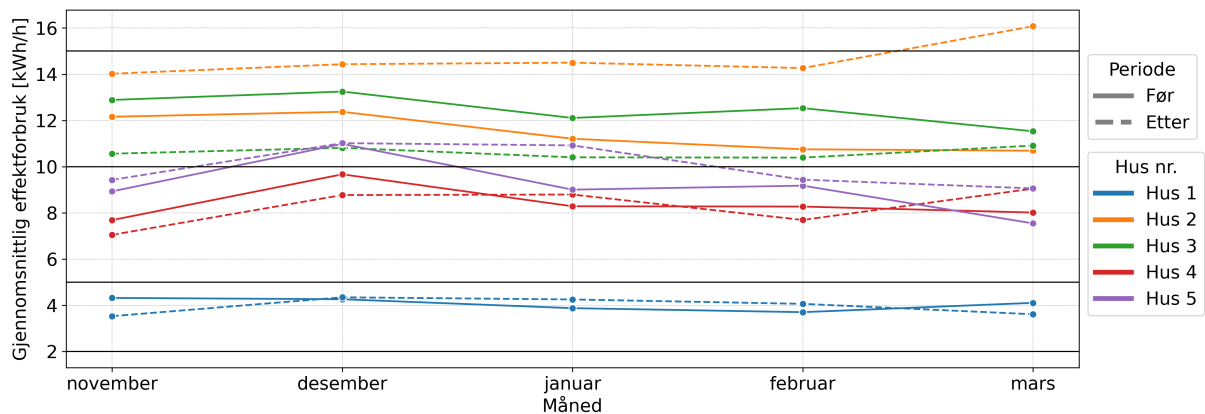
Figur 5.8: Utdrag av varighetskurvene fra alle månedene i de to sesongene, før og etter innføringen av nettariffen, til Hus 3 i Nordre Follo (a) og Hus 9 i Fredrikstad (b). Varighetskurvene til resten av husene er gitt i figur A.5 og A.6 i Appendiks A.4.4. Langs x-aksen er andelen av tiden gitt i [%], og effektforbruk [kWh/h] langs y-aksen. Heltrukket og stiplet linje representerer henholdsvis før og etter innføringen av nettleien, mens måneden er gitt med fargene som vist i tekstboksene i figuren. Den innzoomede rammen øverst til høyre i plottet viser topplasten til varighetskurvene, som forekommer 0-5% av tiden.

Fra figur A.5 har Hus 1 i Nordre Follo et jevnt forbruk rundt 2,5 kWh/h. De holder seg stabilt under kapasitetstrinn fem, foruten mars etter innføringen, da de kommer så vidt over. Hus 4 og 5 har en relativt lik form på varighetskurvene *før* og *etter*, slik som Hus 1. Både Hus 4 og 5 ligger med et jevnt forbruk mellom 4-6 kWh/h, men har begge en økning oppmot og over 10 kWh/h for mellom 1-3 % av måneden. 1-5 % av måneden ligger Hus 2 og flukterer mellom kapasitetstrinn 3 og 4, og har hatt en systematisk økning etter innføringen av nettariffen mellom 1-25 % av måneden. Hus 3 har, som vist i figur 5.8a,

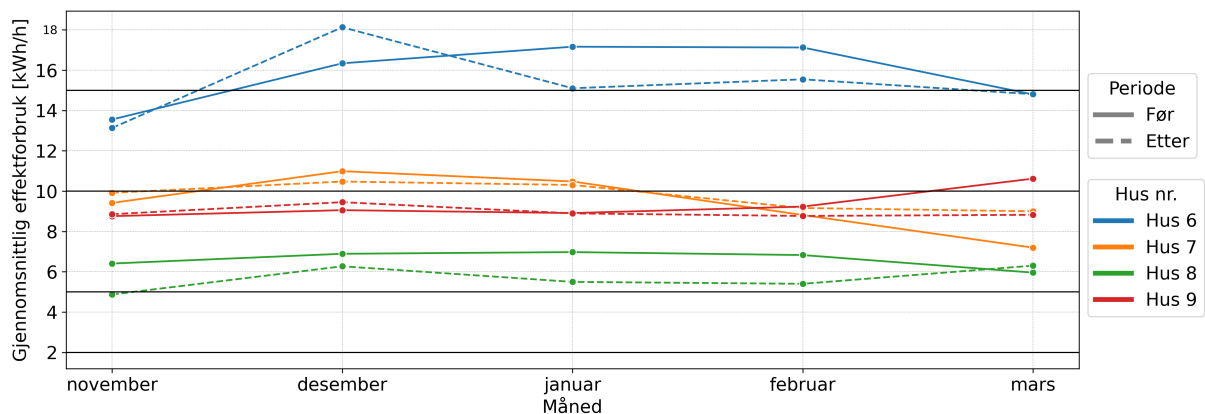
en tydelig trappetrinnform og ligger jevnt i effektrinn 3 etter innføringen av nettariffen. Topplasten forekommer mellom 1-5 % av tiden og ligger på over 10 kWh/h her.

Fra figur A.6 ligger varighetskurvene til Hus 6 og 8 jevnt før og etter innføringen av nettariffen. De holder seg henholdsvis innefor effektrinn 2 og 3, 85 % av tiden. Hus 6 har ett trappetrinnshopp opp til rundt 15 kWh/h i de resterende 15 % av måneden. I samme andel, overstiger Hus 8 kapasitetstrinn 2, og går opp til kapasitetstrinn 3. Hus 7 har en jevnere varighetskurve hvor de holder seg innenfor kapasitetstrinn 2, 90 % av tiden. Den siste andelen av månedene er de oppmot, og over, 10 kWh/h. Hus 9 skiller seg fra resten av varighetskurvene, ved å ha en tydeligere endring i forbruk etter innføringen av nettariffen. Som vist i figur 5.8b hadde de før rundt 80 % av forbruket under 4 kWh/h, før det steg til omlag 10 kWh/h. Topplasten mellom ca. 1-20 % er fortsatt rundt 10 kWh/h etter innføringen av nettariffen. Det er en betydelig økning fra 3 til 8 kWh/h ved 50 % av måneden, før det resten av måneden ligger mellom 8-10 kWh/h.

For å kartlegge hvilke effektrinn hver husholdning tilhørte de ulike månedene, er verdiene for gjennomsnittet av de tre topptimene gitt for hver enkeltbolig i figur 5.9. Punktene tilhørende de heltrukne linjene representerer forbruket i perioden *før* innføringen av nettleien, mens den stiplede linjen perioden *etter*. De sorte linjene ved 2, 5, 10 og 15 kWh/h markerer intervallene mellom de fem nederste kapasitetstrinnene i kapasitetsleddet.



(a)



(b)

Figur 5.9: Visualisering av gjennomsnittet til hver av privatboligene sine tre topptimer per måned for Nordre Follo (a) og Fredrikstad (b). Heltrukken og stiplede linje trukket mellom punktene representerer henholdsvis sesongen før og etter innføringen av nettariffen, mens fargene i tekstboksen angir hver respektive bolig. De sorte linjene ved 2, 5, 10 og 15 kWh/h markerer intervallene til kapasitetstrinn 1, 2, 3, 4 og 5 i kapasitetsleddet.

For Nordre Follo er det en spredning fra Hus 1 med forbrukstopper rundt 4 kWh/h, mot Hus 2 med gjennomsnitt av topplasttimene på oppmot 16 kWh/h i mars. Hus 1 er eneste privatbolig som holder seg under kapasitetstrinn 2, og Hus 4 er eneste som holder seg under kapasitetstrinn 3 for alle månedene. Resten av husholdningene ligger i effekttrinn 4 stort sett alle månedene. Hus 5 varierer mellom kapasitetstrinn 3 og 4. Hus 3 er eneste bolig som har hatt en reduksjon i topp effekt for alle månedene etter innføringen av nettleien, mens Hus 2 og 5 kun har hatt økning. Fra figur 5.9a er det tydelig at Hus 1 og 4 fluktuerer mellom økning og reduksjon i toppforbruk de ulike månedene etter innføringen av nettleieordningen.

I likhet med privatboligene i Nordre Follo, er det spredning mellom topplasten til boligene i Fredrikstad. Den eneste boligen med en måned i kapasitetstrinn 2 er Hus 8, resten av månedene ligger Hus 8 innenfor kapasitetstrinn 3. Hus 9 ligger stabilt i toppsjiktet av trinn 3, sett bort fra mars før innføringen, da de var over 10 kWh/h. Hus 7 fluktuerer mellom kapasitetstrinn 3 og 4, og topptimene før og etter innføringen av kapasitetstrinnene ser ut til å følge samme periodiske variasjon gjennom vintersesongene. Hus 6 skiller seg markant fra resten av boligene, som eneste privatbolig i Fredrikstad i effekttrinn 5. Det er kun i januar og mars hvor Hus 6 kommer seg ned til kapasitetstrinn 4. Det er ingen av privathusene som har hatt en nedgang i gjennomsnittet av effekttopper for alle månedene i Fredrikstad.

5.2.4 Diskusjon - Privathusholdningene

Ulikt fra den aggregerte analysen har privathusholdningene mer variabelt forbruks- og endringsmønster, i tillegg til store forskjeller mellom dem. Den store variansen i målepunkter tilhørende husholdningene indikerer større spredning i forbruk. Husholdninger har en naturlig fluktusjon i forbruk, både gjennom et døgn og gjennom perioder. Følgelig forekommer høyere varians i forbruket til privathusholdningene sammenlignet med den aggregerte. Den aggregerte dataen vil i større grad utjevne variansen, da den er beregnet på et gjennomsnitt. De karakteristiske forbrukskurvene gitt i figur 5.5 og 5.6 forsterker viktigheten av å analysere enkeltboliger, ettersom alle husholdningene har et unikt forbruksmønster.

Det var ønskelig å gjennomføre t-tester for privathusholdningene, slik som i den aggregerte analysen, for å kartlegge endring. Det ble ikke mulig da alle husene har en markant venstre hale, og kravet om normalfordeling ikke er oppfylt til paret t-test. Transformasjon av forbruksdataen førte ikke til en tilnærming til normalfordelingskurve. Wilcoxon signed-rank test ble derfor benyttet, ettersom den er en ikke-parameterisk versjon av en paret t-test, samt at det sikrer et godt sammenligningsgrunnlag. I boksplottet i figur A.4a og A.4b forekommer det en stor mengde datapunkter utenfor de fire hovedkvartilene. Ekstremalpunktene ble ikke fjernet, ettersom ekstremalpunktene inneholder viktig informasjon om det variable forbruket til husholdningene.

Diskusjonsdelen er delt opp ved at enkeltboligene som har lignende forbrukskurver og endringsmønster diskuteres samlet.

Lav andel av endring - Hus 1, 4 og 5

Hus 1, 4 og 5 er de tre husene med lavest antall timer av signifikant endring i forbruk mellom de to sesongene. Med ett gjennomsnittsforgbruk på omlag 1,6 kWh/h, har Hus 1 antagelig liten mulighet til å flytte forbruk, da forbruket generelt er lavt. Årsaken til Hus 4 og 5 sin lave endring er vanskelig å anslå. Figur 5.5 viser til at begge husene har minst

én markant topp, hvor det kan være gode muligheter for toppkutting eller lastflytting.

Timer av signifikant endring for Hus 1, 4 og 5 stemmer godt med hva som observeres i forbrukskurvene i figur 5.5, samt prosentendringsskurvene i 5.7a. Basert på informasjonen samlet inn fra spørreundersøkelsen er de tre boligene relativt like sett til personene som bor der, oppvarming og energimerking. Hus 1 skiller seg fra de andre boligene ved at det er et rekkehus/kjedehus, som kan være en forklaringsvariabel for hvorfor forbruket til Hus 1 generelt ligger lavere enn de andre husene. Rekkehus/kjedehus har i større grad varmetveksling mellom boenheter, samt ofte mindre boareal sammenlignet med eneboliger. Mellom 03-06 forekommer de eneste timene av signifikant økning for Hus 5, som trolig er grunnet deres elbil. Det er ingen andre spesifikke faktorer som ser ut til å forklare årsaken til det lave antallet timer av signifikant endring, basert på innsamlet informasjon. Temperatur kan være en forklaringsvariabel for den lave andelen timer av signifikant endring, ettersom det kun er en forskjell på 0,02 °C i gjennomsnittstemperatur for de to periodene.

Varighetskurvene til Hus 1, 4 og 5 i figur A.5 ligger alle jevnt og har ingen markante endringer mellom de to sesongene. Hus 1 og 4 har en jevn fordeling av toppene til varighetskurvene, både før og etter innføringen av kapasitetstrinnene. Umiddelbart kan det se ut som kapasitetstrinnene har hatt en virkning for de to boligene i figur 5.9a, ettersom de ligger stabilt i samme kapasitetstrinn. Derimot var gjennomsnittet av de tre toppetimene før innføringen av nettariffen i samme størrelsesorden, som indikerer at forbruket til de to boligene sammenfaller heldig med plasseringen av kapasitetstrinnene. Hus 5 i Nordre Follo havner akkurat opp i trinn 4 i desember og januar etter nettariffen, som vist i figur 5.9a. Det kan være en indikasjon på at de forsøker å ligge i trinn 3, men at det grunnet kjøligere temperaturer og helligdager, var vanskelig å holde seg i kapasitetstrinn 3. Boligen har to elbiler som vil være med å trekke opp forbruket dersom det er kjøligere. I tillegg er Hus 5 av boligtypen enebolig som ofte indikerer større arealer å holde varmt.

Hus 5 har oppgitt å ha svømmebasseng, som dersom oppvarmet ville vært en stor belastning på strømforbruket. Med bakgrunn i at det er vinter vil ikke dette utgjøre en last på strømforbruket da det ikke blir benyttet på vinterstid. På sommerhalvåret vil svømmebassenget utgjøre en andel av husholdningens elektrisitetskonsum, derimot er basisforbruket av strøm lavere på sommeren, og forbrukstoppene vil av den grunn antagelig ikke overgå de som forekommer på vinterhalvåret.

Reduksjon i forbruk - Hus 6 og 8

Den jevne nedgangen i forbruk hos Hus 6 og 8 i Fredrikstad tyder på en generell reduksjon i elektrisitetsforbruk, fremfor toppkutting og lastflytting. Det vises i figur 5.6 og ved de signifikante p-verdier i Wilcoxon testene, både med og uten Bonferroni korreksjon. Hus 6 har i tidsrommet 14-20 hatt en økning i forbruk, derimot er ingen av timene av signifikans, og det kan derfor utelukkes eventuell lastflytting. Det er derfor tydelig at begge boligene generelt har kuttet forbruk fremfor å flytte det. Bakgrunnen for kutting kan være den økonomiske påkjenningen av høyere priser, samt at fokus på energieffektiviserende tiltak kan ha oppmanet til forbrukskutting hos husholdningen.

Det er vanskelig å trekke ut konkret hva som kan være årsaken bak Hus 6 og 8 sitt endringsmønster. Boligspesifikk informasjon, oppvarmingskarakter og annen relevant informasjon om personene i de to husholdningene er relativt likt. Det eneste som skiller seg ut mellom de to husene er energikarakter, der Hus 6 har B, mens Hus 8 har G. En lav energikarakter tilsier høyere forventet bruk av energi, som vil øke elektrisitets-

forbruket. I motsetning til forventningene fra energikarakterens informasjon, har Hus 6 høyere energiforbruk enn Hus 8. Energikarakteren alene er derfor vanskelig å bruke som forklaringsvariabel til de to husene. For en mer korrekt karakterisering så behøves mer bygningsspesifikk informasjon om de to husene før energikarakteren kan brukes som en forklaringsvariabel til forbrukskurvens utforming.

Hus 6 og 8 i Fredrikstad ligger begge i bunnsjiktet av henholdsvis effektrinns 5 og 3 majoriteten av månedene, som vist i figur 5.9b. Fra varighetskurvene i figur A.6 og topptimekurvene i figur 5.9b, kan det se ut til at Hus 6 forsøker å komme seg ned til kapasitetstrinn 4 etter innføringen av nettariffen. Her er det en tydelig endring i størrelse på topptimene, hvor boligen ser ut til å aktivt forsøke å komme ned til kapasitetstrinn 4, og derav forsøker å tilpasse seg kapasitetsleddet. Basert på innsamlet informasjon er det vanskelig å anslå hvilke tiltak som er gjort. Wilcoxon testene til Hus 8 viste at husholdningen har hatt statistisk signifikant endring uten korreksjon mellom kl. 01-21, og tilhørende prosentendring henviste til nedgang i forbruk. Det er antagelig bakgrunnen for hvorfor topptimene har sunket parallelt. Med korreksjon er det hovedsakelig forbrukstoppene fra figur 5.6 som kommer gjennom som signifikante og med høyest nedgang for begge boligene. Det er som forventet da forbrukstoppene ofte har større andel av elektrisitetskonsum som kan endres. Varighetskurven til Hus 8 viser ikke til drastisk endring mellom de to sesongene, som derfor i seg selv ikke indikerer en sterk påvirkning fra nettleiens endring. Hus 8 sine topptimegjennomsnitt ligger også jevnt i kapasitetstrinn 3, som understøtter påstanden om at de ikke aktivt forsøker å minke forbruk med hensyn på den nye nettleieordningen. Basert på figur 5.9b, er det indikasjon på at boligene forsøker å komme seg ned til kapasitetstrinnet under ettersom de ligger nær kapasitetstrinngrensen. Derimot viser begge boligenes varighetskurver til at omlag 85-95 % av forbruket befinner seg i kapasitetstrinnet de tilhører i henhold til toppforbruk.

Lastflytting - Hus 2 og 3

Hus 2 og 3 har større endringer i forbruk mellom de to sesongene, enn de ovennevnte husholdningene. Resultatene presentert i 5.2.2 viste til at Hus 2 har hatt en betydelig økning i tidsrommet 15-01, og en reduksjon mellom kl. 01 - 04. I motsetning til Hus 2, har Hus 3 hovedsakelig hatt signifikant nedgang i gjennomsnittsforbruk per time, men har en signifikant økning i nattestimene mellom kl. 00-07. De begge oppgir å ha to elbiler, som kan være en forklarende faktor for endring. Fra forbrukskurvene i figur 5.5 og tabell 5.7, har de to husholdningene høy varians i forbruket. Dette er ikke uvanlig å se for husholdninger med hjemmelading ettersom det er en stor last sammenlignet med basisforbruket.

De to husene er bemerkelsesverdige med hensyn på lastflytting. Økningen i forbruk for Hus 3 mellom kl. 00-07 ser ut til å kompenseres for med nedgangen i forbruk mellom 08-00. Forbruksflyttingen kommer enda tydeligere frem ved å se til figur 5.3a og 5.5, der toppene stemmer overens med p-verdiene av signifikans fra Wilcoxon testene. De har oppgitt at de gikk til innkjøp av elbil sommeren 2022, som gir mening i forhold til den økte forbrukstoppen på natten. Det oppgis manuelt ladesystem, og basert på timesforbruket og forbrukendringen kan det tyde på at laderen kobles i på natten. Den betydelige nedgangen i forbruk resten av dagen kan indikere at husholdningen gjør andre energieffektiviserende tiltak for å minke strømforbruket og kompensere for ladetoppen. Boligens energimerking (rød F) indikerer et høyt energibehov og lav andel av fornybare energikilder til oppvarming. Derimot er det lite trolig at den høye prosentendringen på natten stammer fra oppvarming, da boligen generelt har et lavt forbruk gjennom hele dagen og kvelden.

I figur 5.7a viser grafen for prosentendring at Hus 2 har hatt en reduksjon i forbruk mellom kl. 01-06, samt en økning i forbruk fra kl. 08 og utover. Høyest økning har de hatt mellom 18 og 21 på kvelden, de samme timene er av signifikans med Bonferroni korreksjon. I motsetning til Hus 3, har Hus 2 en høyere energimerking (gul C) som indikerer et lavere oppvarmingsbehov. Hus 2 har derimot et generelt høyere forbruk enn Hus 3, så her behøves det mer byggspesifikk informasjon for å bedre forstå hvordan energimerkingen kan benyttes som forklaringsvariabel. Likt som Hus 3, har Hus 2, to elbiler. Fra forbrukskurven i figur 5.5 kan det se ut som de hadde én elbil første sesongen, og to den andre, da nattforbrukstoppen er relativt stabil i form, men økt i størrelse. En mulig årsak bak forbruksflyttingen til Hus 2 kan stamme fra mer lading i kveldstimene fremfor mellom kl. 00 og 04 som Hus 3.

I varighetskurvene gitt i figur A.5, skiller Hus 2 og 3 seg ut fra resten. Fra grafen som viser gjennomsnitt av topp effekt i figur 5.9a og varighetskurven i figur 5.1a, kan det se ut som Hus 2 aktivt forsøker å holde seg innenfor kapasitetstrinn 4. Dette fordi de ligger helt i toppsjiktet av kapasitetstrinnet. De stiplede linjenes økning i varighetskurven i figur 5.1a rundt 20 %, kan tyde på et tillegg av en større last, som for eksempel en ekstra elbil, da boligen står oppført med to. På den andre siden er det en mulighet for at boligen ikke klarer å få ned forbrukstoppene slik at de kommer innefor kapasitetstrinn 3, og derfor heller legger seg i toppsjiktet av trinn 4, når de uansett må betale avgiften for det. Hus 3 ligger i bunnsjiktet av kapasitetstrinn 4 etter innføringen av nettтарiffen. Som diskutert tidligere er det antagelig hjemmelading som har ført til lastflytting, men likevel ser det ut til at husholdningen sliter med å kutte på de øverste toppene. Fra varighetskurven i figur 5.8a kan det se ut som husholdningen aktivt forsøker å holde seg innenfor kapasitetstrinn 3, da grensen kun overgås i 0-7 % av forbruket per måned. Som diskutert over, er det for Hus 3, tydelige tegn på lastflytting, da timene av signifikant endring med korreksjon viser økning mellom kl. 00-07 og reduksjon mellom 08-00.

Økning i forbruk - Hus 7 og 9

Hus 7 og 9 har hatt en sterk økning i toppforbruket mellom kl. 00-06, hvorav alle timene er av signifikans med Bonferroni korreksjon for begge boligene. De har begge store likheter med forbrukskurven til Hus 3 som kan indikere like forhold mellom de tre boligene. Til forskjell fra alle de andre boligene har Hus 7 og 9 fra Fredrikstad hatt en generell økning i forbruk gjennom hele døgnet. Selv om de ut ifra energikarakter har vidt forskjellig energibehov, er forbrukskurvene fra figur 5.6 relativt like, både i størrelse og form. Følgelig er det vanskelig å anslå hvorvidt energikarakter kan brukes som forklaringsvariabel til det økte forbruket. Gjennomsnittstemperaturene viste til en nedgang på 1 °C i området rundt Fredrikstad. Derimot er det ikke en sikker forklaringsvariabel for økningen i forbruk, da samme økning ikke forekommer hos de to andre boligene i Fredrikstad. I tillegg vil antagelig ikke nedgang i temperatur kunne føre til den markante økningen i forbruk på natten.

Økningen i forbruk for begge husholdningene om natten, som sees i forbrukskurvene i figur 5.6, kommer også tydelig frem i figur 5.7b. Samme som for Hus 3 i Nordre Follo, er det trolig at denne markante økningen i nattesforbruk stammer fra elbillading. Hus 7 og 9 oppgir begge å ha to elbiler, med automatisk hjemmeladingssystem. Hus 9 oppgir at de hadde én elbil vintersesongen 2021/2022, og at de gikk til innkjøp av en til før vintersesongen 2022/2023. Det forklarer i stor grad den markante økningen de har på natten. Uten at Hus 7 har oppgitt samme informasjon, kan det se ut som de følger samme trend basert på timesforbruks- og prosentendringsskurvene i figur 5.3b og 5.6.

Hus 7 har oppgitt tilleggsopplysning om at de har installert et solcelleanlegg på 17,4 kW_p. I perioder med mye sol vil dette kunne føre til at de blir pluss kunder og sender strøm ut på nettet, fremfor å trekke strøm. Derfor er det muligheter for at forbruket til Hus 7 er forstyrret, da verdiene innsamlet til analysen er hentet fra nettselskapet, som kun registrerer det som går inn og ut av husholdningen. Derimot er brukstiden for solceller lavere på vinterhalvåret da solen står lavt. Det er mulighet for at forbruket til Hus 7 ville vært høyere om de ikke hadde installert solceller på taket, derimot ser det ut til at det har vært lav andel av produksjon på anlegget, basert på den observerte økningen i forbruk.

Hus 7 ser ut til å forsøke å holde seg innenfor kapasitetstrinn 3, og klarer det for månedene foruten desember og januar, som forøvrig er de kaldeste månedene. Hverken varighetskurven i figur A.6 eller toppforbruket i figur 5.9b til Hus 7 viser tydelige tegn på endring i forbruk i topplast for perioden etter innføringen av nettariffen. De ligger både i figur 5.1b og 5.9b relativt likt med sesongen før, og det er derfor vanskelig å kunne fastslå at forbruket er tilpasset etter kapasitetstrinnene i nettariffen. Plasseringen av kapasitetstrinnene kan ha vært hensiktsmessig etter deres forbruk, men det utelukker ikke det faktum at de aktivt kan forsøke å holde seg under trinn 4, ettersom husholdningen har sett et stort hopp i forbruk ellers.

Hus 9 er et godt eksempel på en bolig som trender til å være sterkt påvirket av innføringen av kapasitetstrinnene. De stiplede varighetskurvene i figur 5.8b viser hvordan husholdningen aktivt ligger under 10 kWh/h hele måneden. Ved 50 % av tiden har de ett opprykk i forbruk, som de selv har bekreftet er fra innkobling av elbillading. De har oppgitt tilleggsinformasjon om at de har automatisk styring av ladesystem, som er tilpasset slik at topplast for husholdningen ikke skal overstige trinn 4. Samme tendens i varighetsplott og toppeffekt kan sees hos hus 3 fra Nordre Follo, på tross av at den husholdningen akkurat ikke har kuttet toppforbruk nok til å ligge i kapasitetstrinn 4.

Elbil som utslagsgivende påvirkningsfaktor

Det er en påvirkningsfaktor som skiller seg betydelig ut; elbillading er trolig årsaken bak de høye toppene som forekommer hos alle husene foruten om Hus 1 og 8. Hus 2, 3, 7 og 9 har alle to elbiler og tydelig forekomst av forbrukstopper en gang mellom kl. 20-06. Hus 5 oppgir også å ha to elbiler, derimot kan det se ut som lademønsteret til bilene er markant forskjellig fra de andre boligene. De har forekomst av topper mellom kl. 05-08 og 16-20, og følger i større grad dagsfordelingen som det aggregerte forbruket. Det kan tyde på at det i større grad er lading utenfor hjemmet, ettersom elbilene ikke ser ut til å være like utslagsgivende på forbrukskurven. Hus 4 og 6 har i tillegg til én elbil, oppgitt at de også har to fossildrevne biler. De har ikke den tydelige økningen i forbruk i samme tidsrom, som kan tyde på at det er en skiftning mellom bruk av de ulike bilene til husholdningen. Derav vil ikke ladebehovet være like høyt, som for de fire boligene som oppgir elbiler som eneste kjøretøy. Likt som Hus 5, har Hus 1 og 8 likere forbrukskurer som den aggregerte dataen, med forbrukstopper morgen og kveld. De har ikke oppgitt å ha elbil, som derfor forsterker troverdigheten om at lading er årsaken til de andre husholdningenes markante forbrukstopper.

5.3 Diskusjon

5.3.1 Sammenligning av kommuneaggregert data og privathusholdningene

Det er tydelige forskjeller mellom aggregert forbruk og enkelthusholdninger. Aggregering av forbrukskurver utjevner de karakteristiske egenskapene som en individuell husholdning har. Følgelig forsterkes viktigheten av å analysere enkelthusholdninger fremfor aggregerte datasett. De aggregerte forbrukskurvene har en bemerkelsesverdig glatt form, og viser til en jevn reduksjon i forbruk for majoriteten av timene i døgnet. Parallelt viser den aggregerte analysen til at toppene følgelig har blitt redusert for alle boliggruppene. Det er forskjeller i mengden reduksjon hos de ulike boliggruppene i den aggregerte analysen, hvor *blokk/leilighet* skiller seg fra de andre med jevn reduksjon alle timer i døgnet. Hus 1, 4, 5, 6 og 8 viser alle tegn på enten minimal endring, eller generell nedgang og kutting av forbruk. På den andre siden er det Hus 2 og 3 som ser ut til å ha hatt en større grad av lastflytting for mulig å kompensere for de nye forbrukstoppene om kvelden/natten. Til slutt er det Hus 7 og 9 i Fredrikstad som har en økning alle timer i døgnet, samtidig som de har indikasjon på at de aktivt forsøker å motvirke økning i kapasitetstrinn.

Husholdningers individualitet gjør det vanskelig å anslå hvilke faktorer som påvirker deres forbruksfordeling. Det gjenspeiles i fleksibilitetskapsitalen til husholdningen slik som Powells m.fl. [76] beskriver i sin rapport og husholdningens preferanseheterogenitet som Bakaloglou m.fl. [79] beskriver i sitt studie. Basert på analysen er det elbiler og hjemmelading som kan trekkes ut som en sentral faktor. Etter å ha analysert forbruksmønsteret til privatboligene, kan samme trend tydes i det aggregerte datasettet. Den minimale endringen for *før* og *etter* innføringen av nettтарiffen mellom kl. 00-08 hos *enebolig*, *tomannsbolig* og *rekkehus/kjedehus* kan være forårsaket av den økende andelen av elbiler i kommunene. Elbiler utgjør en spesielt stor andel av bilparken i Nordre Follo, og det er i samme kommune de tre boligene har minimal endring i nattestimene, sammenlignet med resten av døgnet. Disse resultatene støtter oppunder flere av analysene fra seksjon 2.3 [10][11][73], hvor lademønster er en hovedfleksibilitetskilde for husholdninger med elbil, og hovedårsak til lastflytting.

Fra korrelasjonsanalysen i seksjon 5.1.4, var det forventet å se en større påvirkning fra temperatur på forbruket, også hos enkeltboligene. Derimot er det mange faktorer som spiller inn. Dersom strømprisene blir unormalt høye, vil også automatisk husholdninger forbruke mindre for å redusere den økonomiske påkjenningen. Ikke minst vil det økte fokuset på energieffektivisering og besparende tiltak i media ha påvirket forbrukerens forbruksmønster, slik som også Hofmann m.fl. viser til i sin analyse [73]. I tillegg kan det ha vært en økt bruk av peis som kilde til oppvarming, eller andre energieffektiviserende tiltak som ikke er blitt kartlagt i denne analysen. Energimerking har ikke kommet gjennom som en godt forklarende faktor i analysen. Det var forventet at energimerking i større grad skulle gi en god indikasjon på forventet forbruk og oppvarmingsbehov. Derimot behøves det betydelig mer byggspesifikk informasjon før den kan ansees som en godt forklarende faktor i denne analysen.

Fra analysene av det aggregerte datasettet og privathusholdningene, er det hovedsakelig forbrukstoppene husholdninger har kuttet mest. Det støtter oppunder nettleiens mål om å minke forbrukstoppene i nettet. Derimot er ikke generell reduksjon av forbruk og toppkutting i seg selv nok til å fastslå en virkning av energi- og kapasitetsleddet. Forbruk har hovedsakelig økt mest eller forblitt stabilt om natten, og blitt redusert hovedsakelig på dagen, lignende som Fors og Ahmed [13] så i sin analyse som presentert i seksjon 2.3. Re-

duksjonen på dagen er i seg selv en indikasjon på at energiledet kan ha hatt en virkning med dag og natt takst. Derimot er forskjellen mellom dag og natt takst i energiledet på 8,5 og 7,5 øre/kWh hos henholdsvis Norgesnett og Elvia, sammenlignet med spotpris som hadde gjennomsnittlig forskjell i 2022 på 0,65 NOK/kWh i løpet av et døgn. I tillegg er det antagelig flere andre faktorer som påvirker forbruk som generelt lavere forbruk om natten, økningen fra lading av elbil og temperaturer. Hvilken av de ovennevnte faktorene som har påvirket fordelingen av forbruk vil være individuell til hver enkelt husholdning og deres bolig, derav er hovedpåvirkningsfaktor vanskelig å generalisere. Det understøttes av flere av analysene som presentert i seksjon 2.3 [10][69][73].

Fra den aggregerte analysen var det ikke mulig å hente ut om kapasitetsleddet har hatt en virkning, ettersom de individuelle forbrukstoppene som angir kapasitetstrinn blir tapt i et aggregert datasett. Til gjengjeld viste den aggregerte analysen at forbrukstoppene er timene av størst endring. Enkelthusholdningenes toppfordeling som vist i figur 5.9, gir en indikasjon på at effektleddet ser ut til å ha hatt en virkning for noen av enkelthusene. Det er tatt i betraktning av at flere av husholdningene holder seg rett under en kapasitetstrinngrense, slik som Hus 2 og 9. På den andre siden kan også Hus 3 og 6 vise til husholdninger som ser ut til å forsøke å holde seg under, men akkurat ikke klarer å kutte forbruket nok. Hus 5 og 7 har begge en base i kapasitetstrinn 3, men viser hvordan antagelig lavere temperaturer gjorde at de steg opp ett kapasitetstrinn i januar og desember. I motsetning til de ovennevnte er det Hus 1 og 4 som ligger jevnt i kapasitetstrinn 2 og 3, med minimal endring etter innføringen av nettariffen. Basert på analysen utført er det vanskelig å konkludere med hvorvidt prisdifferansen mellom de ulike kapasitetstrinnene er riktig balansert, da reaksjonsmønsteret mellom de ulike boligene er variabelt. Derimot viser blant annet CESifo [11] i sin analyse til at en ekstrem økning i pris, fører til en respons hos alle deltakende husstander, som forsterker viktigheten av de økonomiske insentivene for å oppnå endring. En norsk analyse [64] viser i likhet til større andel av reduksjon ved høye priser, selv om de konkluderer med at størrelsen ikke er utslagsgivende, så lenge forbruker vet at den er høy. Öhrlund m.fl. [68] og Winther m.fl. [69] sine studier konkluderer også med at dannelse av vaner basert på faste prisvariasjoner gjennom dagen ga større endringsutslag.

Strømstøtte er ikke tatt høyde for i analysen, som nevnt i presentasjonen av forsknings-spørsmålene. Det er stor sannsynlighet for at strømstøtte har hatt en dempende virkning på de høye strømprisene som var i perioden for analysen. Samtidig er det grunn til å tro at ettersom strømstøtten var i begge periodene, ville fortsatt annen prisfølsomhet ha kommet gjennom. Dette sikret at et godt sammenligningsgrunnlag ble beholdt.

5.3.2 Overordnet diskusjon

Kapitlene 1 og 2 beskriver kapasitetsutfordringen strømmettet nærmer seg i høylasttimer. Det er ikke det generelle forbruket som er hovedkilden til flaskehalsene som oppstår, det er toppene som øker i takt med det totale økende forbruket i landet. Dette var bakgrunnen for innføringen av den nye nettleieordningen, som hadde som formål å kutte forbruks-topper i husholdningssektoren. Basert på analysene presentert over kommer størrelsen på og frekvensen av høylasttimer tydelig frem; de er høye sammenlignet med basisforbruket, og forekommer sjeldent. For at forsyningssikkerheten skal være ivaretatt må strømmettet dimensjoneres for å tåle timene med høyt overføringsbehov. Hvorvidt forbrukerfleksibilitet kan være en utløser for å redusere overdimensjoneringen og videre utbyggelse av nettet er ikke mulig å fastslå basert på analysen. Derimot er det tydelig at endringsvillighet er tilstede hos forbrukerne, da endring observeres. Den reduserende trenden, spesielt i forbruks-

toppene, som sees i både den aggregerte analysen og i analysen av privathusholdningene, understøtter flere av analysene presentert i seksjon 2.3. Det er sammensetningen av riktig mengde insentiver, preferanseheterogenitet, fleksibilitetskapital og informasjonsformidling ut til forbrukerne som vil være avgjørende for andel utløst implisitt forbrukerfleksibilitet.

Som presentert i figur 1.1 i kapittel 1, har husholdninger en større andel fluktuerende forbruk gjennom året enn de andre sektorene, og dermed et høyt potensiale for implisitt fleksibilitet. Forbrukskutting og andre energieffektiviserende tiltak er sentrale for å redusere kapasitetsutfordringen nettet står ovenfor. Ettersom energi- og kapasitetsledet fortrinnsvis legger opp til henholdsvis lastflytting vekk fra dagtid og toppkutting, er det hver husholdnings individuelle topper som vil påvirkes. Det er ikke alle husholdningers forbrukstopper som sammenfaller med nettets effekttopper, men gjennom nettleien oppfordres alle til å begrense toppforbruket, uansett når de forekommer. Selv om belastningsreduksjonen på nettnivå er lavere enn for hver husholdning, vil det kunne utsette det umiddelbare behovet for utbygging av strømmettet, og med tid potensielt bli en pålitelig kilde til balanse og fleksibilitet i nettet. Om insentiver i tillegg rettes mot tilrettelegging for innkjøp av automatiserte styringssystemer viser Enrich m.fl. [12], Hofmann m.fl. [65], NVE [66] og VasaETT [67] i sine analyser til økt andel av forbruksendring, da det ikke påvirkes av tap av interesse slik som manuell styring gjør, som vist i andre studier [65][70][71]. Elvia opplever at kundene forstår og forsøker å tilpasse seg den nye nettleie-modellen [98]. De ser tydelige mønster av utjevning og reduksjon i forbruk hos forbrukerne, men understreker at de ikke kan fastslå hvorvidt det er nettleieordningen eller de høye strømprisene som er årsaken.

For at implisitt fleksibilitet skal kunne være en erstatning til utbygging av strømmettet, er det essensielt at insentivene leder forbrukeren mot hensiktsmessig forbruksendring. Analysene utført av Enrich m.fl. [12], Öhrlund m.fl. [68] og Winther m.fl. [69] viser til at ordninger med faste høypristimer, i større grad fører til forbrukskutting de gitte timene. Det er fordi de kan innvende seg vaner for forbruksflytting disse timene. Dersom nettleieordningen utformes slik at det i større grad kuttes forbruk de timene nettet nærmer seg en kapasitetsutfordring, vil belastningen i større grad reduseres. Derimot er det viktig å være oppmerksom slik at ikke det ender med at nye forbrukstopper dannes og en gjeninnkoblingseffekt oppstår. Det optimale for strømmettets dimensjonering hadde vært at alle fordelte forbruket sitt jevnt utover hele dagen, derimot er det vanskelig å oppnå da rutiner fører til naturlig fluktuasjon gjennom døgnet.

Basert på datagrunnlaget i denne analysen er det vanskelig å fastslå hvorvidt toppkutting, lastflytting og generell reduksjon i forbruk har ført til bemerkelsesverdig lastreduksjon i nettet i høylasttimer. Det understøttes av konklusjonen i Hofmann m.fl. [64] sin analyse av husholdningers reaksjon på variable strømpriser. Det er en tydelig trend av reduksjon i forbruk i den aggregerte analysen, og flere av enkelthusene viser til samme trend. Med innfasingen av mer uregulerbar væravhengig kraft og en markant økende elektrifisering av samfunnet, er det helt nødvendig at kraftnettet har flere kilder til fleksibilitet og balanse. Ved å utarbeide en nettariff hvor forbrukeres fleksibilitetskapital tas mer hensyn til, insentivene er høye nok, og forbrukerne får nok informasjon om energieffektiviserende tiltak og priser, er potensialet for forbrukerfleksibilitet antagelig stort. Husholdningssektoren utgjør 20% av det nasjonale forbruket, og spiller en sentral og viktig rolle i utviklingen som følger i fremtiden.

Kapittel 6

Konklusjon og videre arbeid

6.1 Konklusjon

Gjennom analyse av forbruksdata fra et aggregert datasett og ulike privathusholdninger var det ønskelig å se hvorvidt innføringen av ny nettleieordning 1. juli 2022, som insentiv til implisitt forbrukerfleksibilitet, har hatt den ønskede virkningen på husholdningers forbruksmønster (**H**). Endringsmønster ble kartlagt for Nordre Follo og Fredrikstad (**U1**), samt at flere ulike eksogene påvirkningsfaktorer ble undersøkt (**U2**). Avslutningsvis var det ønskelig å se hvorvidt aggregert forbruksdata kan være et godt grunnlag for analyse av enkelthus (**U3**).

Resultatene viser til signifikant forbruksendring i henhold til t-testene og Wilcoxon testene etter innføringen av ny nettleieordning. Det gjelder for både aggregert forbruk og flere av enkelthusholdningene, selv om antall timer av signifikant endring varierer og derav også endringsmønsteret. Den aggregerte analysen viser i hovedsak til signifikant reduksjon i forbruk på dagtid for alle boliggruppene, og følgelig også toppreduksjon. Det er spredning mellom de ulike boligtypene, hvor *blokk/leilighet* er boliggruppen med høyest andel av p-verdier under signifikansnivå. Prediksjonskoeffisientenes signifikans for boliggruppetilhørighet, tid på døgnet og tidsperiode er alle signifikante i de blandede lineære modellene, og understøtter resultatene fra t-testene. I analysen av enkelthusoldninger fordelte boligene seg i fire hovedgrupper basert på endringsmønster og timer av signifikant endring fra Wilcoxon testene; *lav andel av endring, reduksjon i forbruk, lastflytting og økning i forbruk*. Spredningen i variasjon av endrings- og forbruksmønster tapes i det aggregerte datasettet, hvor også avgjørende informasjon om effekttopplasten til enkelthusholdninger faller hen. Det aggregerte datasettet fanger derimot opp trender som går igjen i enkelthusholdningene som elbillading og generell forbrukskutting, selv om ikke det gjelder for alle enkelthusene.

Elbillading skiller seg ut som en betydelig påvirkningsfaktor til endring av forbruk, og understøttes av tidligere studier [10][11]. Av de ni enkelthusholdningene har Hus 2, 3, 7 og 9 alle bemerkelsesverdige forbrukstopper om natten etter innføringen av nettariffen som indikerer lading av elbil. Wilcoxon testene og prosentendring viste til signifikant økning for alle de ovennevnte husholdningene i nattestimene. Det er antagelig også årsaken til *enebolig, tomannsbolig* og *rekkehus/kjedehus* sin minimale reduksjon/økning i tidsrommet 01-05, ettersom t-testene og prosentendring viser til signifikant reduksjon i forbruk resten av døgnet. Eksogene faktorer som temperatur, arbeidstid og oppvarmingsbehov har påvirket fordelingen av forbruk individuelt hos hver av husholdningene. Derav er hoved-

påvirkningsfaktor vanskelig å generalisere, som også understøttes av andre analyser på prisfølsomhet [10][69][73].

Som nevnt i seksjon 2.1.6 hadde en gjennomsnittlig dag i 2022 en spotpris variasjon på 0,65 NOK/kWh, og dagen med størst forskjell gjennom året viste til en variasjon på 5,69 NOK/kWh. Energiledets insentiv til endring er på mellom 7,5 og 8,5 øre/kWh. Uten å kunne fastslå påstanden, er det antagelig at energiledets insentiv har falt i skyggen til spotprisens økning og variasjon, og derav ikke hatt utslagsgivende effekt på forbruksendring hos husholdninger. Gjennom det aggregerte datasettet var det ikke mulig å uthente informasjon om hvorvidt kapasitetsleddet har hatt en virkning, da effekttopper til husholdninger er individuelle. Derimot viser blant annet Hus 5, 7 og 9 gode indikasjoner på at de aktivt forsøker å holde seg innenfor sine respektive kapasitetstrinn. Høyere prishopp mellom de ulike kapasitetstrinnene vil antagelig føre til høyere respons hos forbrukerne. Gjennomsnittlig økning i pris på de fem nederste trinnene hos Elvia ligger på omlag 103 NOK, som kun utgjør 4,05 % av en gjennomsnittlig strømregning i NO1 vintersesongen 2023/2024.

Med det varierende forbruket til husholdninger er potensialet stort for forbrukerfleksibilitet dersom de riktige insentivene settes inn. Det understøttes i Statnett sitt iFleks prosjekt om prisfølsomhet knyttet til elektrisitetsforbruk [10]. Derimot må forbruket i høypristimer reduseres betraktelig, dersom implisitt fleksibilitet skal kunne begrense nettutbygging fremover. I utformingen av insentiver til implisitt fleksibilitet er det helt sentralt at tilgjengelighet av fleksibilitetskapsitet og preferanseheterogenitet tas i betraktning, slik som Powells m.fl. [76] og Bakaloglou m.fl. [79] presiserer i sine analyser. Informasjonsformidling av sanntidspriser, informasjon om tiltak og insentiver til automatiserte styringssystemer vil kunne hjelpe forbrukerne med lastflytting og vanedannelser. I tillegg har innføring av høy- og lavpristimer vist til respons hos forbrukere i flere analyser [65][68][69], som vil være en enkel måte å vise forbrukere når det er hensiktsmessig å forbruke strøm. Utformingen av nettleien må også representere utfordringen i nettet og målet med innføringen, slik som Hofmann m.fl. [82] presiserer i sitt studie, for at riktig nettnivå skal påvirkes av endringen.

Basert på analysen er det spredning mellom enkelthusholdningene om hvorvidt insentivene i nettleieordningen fra 1 juli 2022 har hatt ønsket virkning. Hovedsakelig er det enkelthusholdningene med elbil som i stor grad har tilpasset seg gjennom lastflytting, samtidig som tendenser av forbrukskutting forekommer hos flere. Den aggregerte analysen viser til forbrukskutting og generell nedgang som ikke sikkert kan sies å stamme fra nettleieordningen. Det er vanskelig å fastslå hvorvidt det er nettleieordningens innføring, spotpris økningen, det økte mediefokuset eller andre eksogene faktorer som har hatt størst påvirkning på forbruk. Det er et sammensatt forhold, hvor hver individuelle husholdning vil ha ulike årsaker for endring.

6.2 Videre arbeid

Nettleieordningens virkning på husholdningers forbruk i Nordre Follo og Fredrikstad er analysert gjennom et aggregert datasett og et lite utvalg av privathus. Selv om det kan vises til trender i analysen, er ikke datagrunnlaget bredt nok for å kunne fastslå en virkning av nettleieordningen.

For å danne et bedre perspektiv av virkningen til innføringen av nettleieordningen er det nødvendig med et bredere datagrunnlag, hvorav en større representasjon av befolk-

ningen er med. Dette innebærer data fra flere ulike prissoner, nettselskap og geografisk plassering. Det vil være interessant å se hvordan totalforbruket i husholdningssektoren har endret seg for å kartlegge hvorvidt de ulike nettnivåene ser en endring i effekttoppene og forbruksfordelingen som var det opprinnelige målet med innføringen av den nye nettleieordningen.

Individualiteten til hver husholdnings forbruksmønster har kommet frem i analysen i masteroppgaven, og understøttes i flere av studiene presentert i seksjon 2.3. Det hadde derfor vært lærerrikt å kartlegge et bredere spekter av påvirkningsfaktorer i ulike husholdninger, i tillegg til å sammenligne flere geografiske plasseringer for å se om de ulike områdene responderer på ulike faktorer. Ved å ha omfattende spørreundersøkelser, intervjuer, individuell forbruksdata og oppfølging over tid, åpner det opp for en dypere analyse som kan gi mer konkret informasjon om tilgjengelig fleksibilitetskapital. Her vil det være sentralt å bruke individuell forbruksdata fremfor aggregering, for å beholde de karakteristiske trekkene i hver husholdnings forbruksmønster.

En eksogen faktor som trolig vil være givende å undersøke fremover er inntekt og utdanning. Det ble forsøkt i denne masteroppgaven å se til endringsmønster og påvirkning av høyeste fullførte utdanningsnivå, derimot var datagrunnlaget for lavt til at trender ble oppdaget. I dag kreves det i større grad høyere fullført utdanning for å få tilgang på enkelte jobber, som derfor er knyttet tett sammen med inntektsnivå.

Det ble forsøkt å kartlegge hvorvidt energimerking kunne være en forklarende faktor for elektrisitetsforbruk i husholdninger. Derimot var ikke datagrunnlaget bredt nok i analysen av privathusholdninger, samt at den aggregerte dataen ikke hadde direkte tilhørende energimerking. Følgelig ville det vært interessant å undersøke muligheten for å bruke energimerking som forklarende faktor for forbrukstrender. Ikke minst å kartlegge hvordan ulike endringer som resulterer i høyere energikarakter fører til endring i forbruksmønster. Det vil potensielt kunne brukes som argument for investering og insentivering i teknologi eller andre byggetekniske oppgraderinger og tiltak.

Det fremkom en tydelig trend av elbillading som hovedkilde til lastflytting i analysen. Det ville vært spennende å undersøke videre hvorvidt manuell og automatiske styringssystemer påvirker de ulike husholdningenes forbruksendring relatert til nettleien. Ikke minst vil det være interessant å se på samtidighetsfaktoren for automatisk lading og hvorvidt nye effekttopper i nettet oppstår og en gjeninnkoblingseffekt finner sted. Der vil spesielt sammenhengen mellom den eksponentielle veksten i elbiler og utformingen av nettleietakster være interessant å se på fremover.

Bibliografi

- [1] Klima- og miljødepartementet, *Det grønne skiftet*, Hentet fra: <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/innsiktsartikler-klima-miljo/det-gronne-skiftet/id2879075/> (Lest: 17.02.2024).
- [2] United Nations, *Paris agreement*, 2015. Hentet fra: https://fn.no/assets/images/FN-kunnskap/Avtaler/FN-konvensjoner-filer/Parisavtalen_engelsk.pdf (Lest: 14.02.2024).
- [3] FN-Sambandet, *Parisavtalen*, Hentet fra: <https://fn.no/avtaler/miljoe-og-klima/parisavtalen> (Lest: 20.02.2024).
- [4] Miljødirektoratet, *Norges klima- og miljømål, Klima*, Hentet fra: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/miljomal/klima/> (Lest: 20.02.2024).
- [5] C. Sepúlveda og THEMA Consulting Group, *Bruk av reguleringsressurser i DSOenes nett- prissetting og incentiver*, THEMA Consulting Group, Oslo, Norge, 8/2019, februar 2019. Hentet fra: https://publikasjoner.nve.no/eksternrapport/2019/eksternrapport2019_08.pdf (Lest: 28.03.2024).
- [6] H. Vefsnmo, T. Hermansen, G. Kjølle og K. Sand, *Scenarier for fremtidens elektriske distribusjonsnett anno 2030-2040*, CINELDI, 01:2020. Norge, 24. september 2020. Hentet fra: <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/bitstream/handle/11250/2681944/01-2020%2B-%2BCINELDI-rapport.pdf?sequence=2> (Lest: 14.02.2024).
- [7] NVE, *Smarte strømmålere AMS*, Hentet fra: <https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten/kunde/stroem/stroemkunde/smar-te-stroemmaalere-ams/> (Lest: 08.02.2024).
- [8] Elhub, *Datsett: Forbruk per prisområde, gruppe og time (kWh og antall), januar 2021 til januar 2024*, Hentet fra: https://elhub.no/data/apnedata/#consumption_per_group_mba_hour (Lastet ned: 22.02.2024).
- [9] P. Meland, A. Tjeldflåt og T. S. Wahl, *Forbrukerfleksibilitet i det norske kraftmarkedet*, NVE, Norge, 7/2006, februar 2007. Hentet fra: https://publikasjoner.nve.no/oppdragsrapportA/2006/oppdragsrapportA2006_07.pdf (Lest: 22.02.2024).
- [10] T. Siebenbrunner og M. Hofmann, *Sluttrapport for FoU-prosjektet iFleks Framtidig prisfølsomhet til sluttbrukerne. Et prosjekt under Statnetts FoU-program; Samhandling i energisystemet*, Statnett, Oslo, Norge, 2019-169, 13. januar 2022. Hentet fra: <https://www.statnett.no/om-statnett/FoU-og-innovasjon/vare-sentrale-prosjekter/ifleks---prisfol-somhet/> (Lest: 11.03.2024).
- [11] C. Garnache, Ø. Hernæs og A. Imenes, *Which Households Respond to Electricity Peak Pricing Amid High Levels of Electrification?* "CESifo Working Paper", nr. 9657, 2022, doi: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4072262> (Lest: 03.05.2024).
- [12] J. Enrich, R. Li, A. Mizrahi og M. Reguant, *Measuring the impact of time-of-use pricing on electricity consumption: Evidence from Spain*, "Journal of Environmental Economics and Management", vol. 123, nr. 102901, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2023.102901> (Lest: 03.05.2024).

- [13] E. M. Fors og S. Ahmed, *The effect of Time of Use in Norway: an empirical analysis of the effect of Time of Use tariff in combination with four different communication strategies on electricity consumption from a field experiment in Eastern Norway*, Masteroppgave i økonomi og business administration, Norwegian School of Economics, Bergen, 2021. Hentet fra: <https://openaccess.nhh.no/nhh-xmlui/bitstream/handle/11250/2771909/masterthesis.pdf>.
- [14] H. Bråthen, *Fire av fem nye biler i 2022 var elbiler*, Hentet fra: <https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/landtransport/statistikk/bilparken/artikler/fire-av-fem-nye-biler-i-2022-var-elbiler> (Lest: 13.02.2024).
- [15] NVE, *Forbrukstopper og fleksibilitet i strømmettet*, Hentet fra: <https://www.nve.no/energi/energisystem/energibruk/forbrukstopper-og-fleksibilitet-i-stroemnettet/> (Lest: 07.05.2024).
- [16] Energidepartementet, *Kraftproduksjon*, Hentet fra: <https://energifaktanorge.no/norsk-energiforsyning/kraftforsyningen/> (Lest: 22.02.2024).
- [17] Energidepartementet, *Norsk vannkraftshistorie på 5 minutter*, Hentet fra: <https://www.regjeringen.no/no/tema/energi/fornybar-energi/norsk-vannkraftshistorie-pa-fem-minutter/id2346106/> (Lest: 06.03.2024).
- [18] J. Cabrol, *Hvor stor andel av vannkraften i Norge er fleksibel*, NVE, Norge, Fakta 1/2013, februar 2023. Hentet fra: https://publikasjoner.nve.no/fakta/2023/fakta2023_01.pdf (Lest: 29.04.2024).
- [19] NVE, *Kraftproduksjon*, Hentet fra: <https://www.nve.no/energi/energisystem/kraftproduksjon/> (Lest: 06.03.2024).
- [20] Energidepartementet, *Strømmettet*, Hentet fra: <https://energifaktanorge.no/norsk-energiforsyning/kraftnett/> (Lest: 17.01.2024).
- [21] S. Gjerdåker, *Endra nettleigestructur som insentiv for sluttbrukar til å jamne ut straumforbruk med batteri*, Masteroppgave i miljøfysikk og fornybar energi, REAL-TEK, Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, Ås, 2020. Hentet fra: <https://hdl.handle.net/11250/2673225> (Lest: 16.01.2024).
- [22] J. G. Kirkerud, M. Buvik, I. Holm mfl., *Langsiktig kraftmarkedsanalyse 2023*, NVE, Oslo, Norge, 25/2023, november 2023. Hentet fra: https://publikasjoner.nve.no/rapport/2023/rapport2023_25.pdf (Lest: 10.03.2024).
- [23] Statistisk sentralbyrå, *Nysgjerrig på elbiler i Norge? Se siste elbilstatistikk her*, Hentet fra: <https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/landtransport/statistikk/bilparken/artikler/nysgjerrig-pa-elbiler-i-norge-se-siste-elbilstatistikk-her> (Lest: 06.03.2024).
- [24] Y. Zhou og X. Li, *Vehicle to grid technology: A review*, "2015 34th Chinese Control Conference (CCC)", s. 9031-9036, 14 september, 2015, doi: <https://doi.org/10.1109/ChiCC.2015.7261068>. Lest: (29.04.2024).
- [25] D. Guo og C. Zhou, *Potential performance analysis and future trend prediction of electric vehicle with V2G/V2H/V2B capability*, "AIMS Energy", vol. 4, s. 331-346, mars, 2016, doi: <https://doi.org/10.3934/energy.2016.2.331>. (Lest: 29.04.2024).
- [26] N. K. Nakstad, M. H. Bjørndal, T. A. Lien mfl., *Nett i tide*, Olje- og energidepartementet, Oslo, Norge, NOU 2022: 6, 14. juni 2022. Hentet fra: <https://www.regjeringen.no/contentassets/9dabbb7fb58e4bb297f4388696570460/no/pdfs/nou202220220006000dddpdfs.pdf> (Lest: 13.02.2024).
- [27] Å. G. Tveten, M. Buvik, J. Cabrol mfl., *Norsk og Nordisk effektbalanse fram mot 2030*, NVE, Oslo, Norge, 20/2022, mai 2022. Hentet fra: https://publikasjoner.nve.no/rapport/2022/rapport2022_20.pdf (Lest: 20.03.2024).

- [28] L. Sjørgard, Ø. Andresen, B. F. Fredriksen mfl., *Mer av alt, raskere*, Olje- og energidepartementet, Oslo, Norge, NOU 2023: 3, 1. februar 2023. Hentet fra: <https://www.regjeringen.no/contentassets/5f15fcec3143d1bf9cade7da6afe6e/no/pdfs/nou202320230003000dddpdfs.pdf> (Lest: 13.02.2024).
- [29] Energidepartementet, *Forsyningssikkerhet*, Hentet fra: <https://energifaktanorge.no/norsk-energiforsyning/forsyningssikkerhet/> (Lest: 11.03.2024).
- [30] G. G. Løvås, *Oppdatert investeringsplan 2022*, Statnett, Norge, 1. november 2022. Hentet fra: <https://www.statnett.no/globalassets/for-aktorer-i-kraftsystemet/planer-og-analyser/investeringsplaner/oppdatert-investeringsplan-2022.pdf> (Lest: 09.03.2024).
- [31] R. A. Nordeng, J. Tjersland, H. S. F. Lars Eirik Eilifsen, T. N. Gange og K. Ness, *Driften av kraftsystemet 2018*, NVE, Oslo, Norge, 27/2019, juni 2019. Hentet fra: https://publikasjoner.nve.no/rapport/2019/rapport2019_27.pdf (Lest: 11.03.2024).
- [32] T. Kallevik, I. G. Birkeland, T. Kallevik mfl., *Driften av kraftsystemet 2021*, RME/NVE, Oslo, Norge, 3/2022, juni 2022. Hentet fra: https://www.nve.no/media/14186/rme_rapport2022_03.pdf (Lest: 11.03.2024).
- [33] Statnett, *Datsett: Produksjon og forbruk, januar 2022 til desember 2022*. Hentet fra: <https://www.statnett.no/for-aktorer-i-kraftbransjen/tall-og-data-fra-kraftsystemet/last-ned-grunndata/> (Lastet ned: 27.02.2024).
- [34] M. Holstad og T. Aanensen, *Tilgang og anvendelse av elektrisitet i perioden 1993-2017*, Statistisk sentralbyrå, Oslo/Kongsvinger, Norge, 2018/16, 8. mai 2018. Hentet fra: https://www.ssb.no/energi-og-industri/artikler-og-publikasjoner/_attachment/348783?_ts=1632600d5b8 (Lest: 24.01.2024).
- [35] A. C. Bøeng, *Hva er gjennomsnittelig strømforbruk i husholdninger*, Hentet fra: <https://www.ssb.no/energi-og-industri/energi/artikler/hva-er-gjennomsnittlig-stromforbruk-i-husholdningene> (Lest: 24.01.2024).
- [36] Meteorologisk institutt, *Klima fra 1900 til i dag*, Hentet fra: <https://www.met.no/vaer-og-klima/klima-siste-150-ar> (Lest: 09.02.2024).
- [37] Elvia, *Slik fungerer den nye nettleiemodellen; Hva bruker mest strøm?* Hentet fra: <https://www.elvia.no/nettleie/slik-fungerer-nettleiemodellen/hva-bruker-mest-strom/> (Lest: 24.01.2024).
- [38] Eurostat, *Energy consumption in households by type of end-use*, Hentet fra: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_consumption_in_households#Energy_consumption_in_households_by_type_of_end-use (Lest: 24.01.2024).
- [39] International Energy Agency, *Heating*, Hentet fra: <https://www.iea.org/energy-system/buildings/heating> (Lest: 24.01.2024).
- [40] J. P. Johansen og I. H. Magnussen, *Varme*, Hentet fra: <https://www.nve.no/energi/energisystem/termisk-energi/varme/> (Lest: 24.01.2024).
- [41] O. K. Isachsen, *Energibruk i bygg*, Hentet fra: <https://www.nve.no/energi/energisystem/energibruk/energibruk-i-bygg/> (Lest: 24.01.2024).
- [42] Energidepartementet, *Lov om produksjon, omforming, overføring, omsetning, fordeling og bruk av energi m.m. (energiloven)*, 1990. Hentet fra: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1990-06-29-50>.
- [43] I. R. Gran, H. Taule, P. V. Hansen mfl., *Strømprisutvalgets rapport; Balanse-kunst*, Strømprisutvalget, Oslo, Norge, 12. oktober 2023. Hentet fra: <https://www.regjeringen.no/contentassets/2c6bdb1746d345a0bf31449f8dbf84b2/stromprisutvalgets-rapport.pdf> (Lest: 08.03.2024).

- [44] Energidepartementet, *Kraftmarkedet*, Hentet fra: <https://energifaktanorge.no/norsk-energiforsyning/kraftmarkedet/> (Lest: 08.03.2024).
- [45] Statnett, *Derfor har vi prisområder*, Hentet fra: <https://www.statnett.no/om-statnett/bli-bedre-kjent-med-statnett/om-strompriser/fakta-om-prisomrader/> (Lest: 22.01.2024).
- [46] Energidepartementet, *Prissoner*, Hentet fra: <https://www.statnett.no/for-aktorer-i-kraftbransjen/systemansvaret/kraftmarkedet/reservemarkeder/introduksjon-til-reserver/> (Lest: 08.03.2024).
- [47] Statnett, *Introduksjon til reserver*, Hentet fra: <https://www.statnett.no/for-aktorer-i-kraftbransjen/systemansvaret/kraftmarkedet/reservemarkeder/introduksjon-til-reserver/> (Lest: 08.03.2024).
- [48] Statnett, *Rapport fra systemansvarlig - Om kraftsystemet i Norge 2022*, Offentlig, Statnett, 13/02251-24. Hentet fra: <https://www.statnett.no/globalassets/for-aktorer-i-kraftsystemet/systemansvaret/arsrapporter-fra-systemansvarlig/rapport-fra-systemansvarlig-2022.pdf> (Lest: 11.03.2024).
- [49] Forbrukerrådet og Nord Pool, *Datsett: Spotpriser, 1. januar 2016 til 31. desember 2023*, Hentet fra: <https://www.forbrukerradet.no/strompris/spotpriser> (Lastet ned: 11.03.2024).
- [50] J. L. Gunnerød, D. Vagner, R. Korneliussen mfl., *Langsiktig markedsanalyse, Norge, Norden og Europa 2022 - 2050*, Statnett, Oslo, Norge, 15. mars 2023. Hentet fra: <https://www.statnett.no/globalassets/for-aktorer-i-kraftsystemet/planer-og-analyser/lma/langsiktig-markedsanalyse-2022-2050.pdf> (Lest: 11.03.2024).
- [51] Statnett, *Fleksibilitet som kilde til verdiskaping og forretningsutvikling*, Statnett, Oslo, Norge, September 2023. Hentet fra: <https://www.statnett.no/contentassets/3c42c9b85bb04a7b944fe6884284a959/fleksibilitet-som-kilde-til-verdiskaping-og-forretningsutvikling.pdf> (Lest: 23.01.2024).
- [52] P. Andersen, S. Georg, K. Gram-Hanssen mfl., *Using residential buildings to manage flexibility in the district heating network: perspectives and future visions from sector professionals*, "IOP Conference Series: Earth and Environmental Science", vol. 352, s. 012032, oktober 2019, doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/352/1/012032> (Lest: 15.02.2024).
- [53] Norgesenergi, *Hva består strømregningen av?* Hentet fra: <https://norgesenergi.no/stromsmart/hva-bestaar-stromregningen-av/> (Lest: 31.01.2024).
- [54] L. Ø. Öberg, *Hva består strømregningen din av?* Hentet fra: <https://www.huseierne.no/nyheter/hva-bestaar-stromregningen-din-av/> (Lest: 31.01.2024).
- [55] Fornybar Norge, *Strømprisindeksen*, Hentet fra: <https://www.fornybarnorge.no/strommarked/stromprisindeksen/> (Lest: 09.05.2024).
- [56] Regjeringen, *Regjeringen med milliardpakke i strømstøtte*, Hentet fra: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/regjeringen-med-milliardpakke-i-stromstotte/id2891839/> (Lest: 05.05.2024).
- [57] NVE, *Strømstøtte for husholdninger*, Hentet fra: <https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten/kunde/strom/dette-er-stromstoetteordningen-for-hoeje-stroempriser/stromstoette-for-husholdninger/> (Lest: 05.05.2024).
- [58] NVE, *Ny nettleie (fra 1. juli 2022)*, Hentet fra: <https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten/kunde/nett/ny-nettleie-fra-1-juli-2022/> (Lest: 01.02.2024).

- [59] Norgesnett, *Nettleie privat*, Hentet fra: <https://norgesnett.no/kunde/nettleie-privat/> (Lest: 31.01.2024).
- [60] Elvia, *Nettleieprier for privatkunder*, Hentet fra: <https://www.elvia.no/nettleie/alt-om-nettleiepriser/nettleiepriser-for-privatkunder/> (Lest: 08.02.2024).
- [61] M. Hofmann, S. Bjarghov, H. Sæle og K. B. Lindberg, *Grid Tariff Design and Peak Demand Reduction: A Comparative Tariff Analysis with Simulated Demand Response*, SRNN", 4 mai 2023, doi: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4437997> (Lest: 20.03.2024).
- [62] M. E. Andersen, *Elastisitet*, Hentet fra: https://snl.no/elastisitet_-_%C3%B8konomi (Lest: 07.04.2024).
- [63] C. Bartusch, F. Wallin, M. Odlare, I. Vassileva og L. Wester, *Introducing a demand-based electricity distribution tariff in the residential sector: Demand response and customer perception*, Energy Policy", 9-39, s. 5008-5025, 2011, doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.06.013> (Lest: 14.03.2024).
- [64] M. Hofmann og K. B. Lindberg, *Do households react to variable power prices? - Results from a Norwegian pricing experiment*, "2021 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT Europe)", s. 1-6, Espoo, Finland, 2021, doi: <https://doi.org/10.1109/ISGTEurope52324.2021.9639976> (Lest: 03.05.2024).
- [65] M. Hofmann og K. B. Lindberg, *Evidence of households' demand flexibility in response to variable hourly electricity prices - Results from a comprehensive field experiment in Norway*, Smart Energy", vol. 184, nr. 113821, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2023.113821> (Lest: 03.05.2024).
- [66] C. Dromacque, T. Mikkelsen og R. Grigoriou, *The potential of smart meter enabled programs to increase energy and systems efficiency: a mass pilot comparison*, NVE, 34-2017, 2017, Hentet fra: https://publikasjoner.nve.no/rapport/2017/rapport2017_34.pdf (Lest: 14.03.2024).
- [67] J. Stromback, C. Dromacque og M. H. Yassin, *The potential of smart meter enabled programs to increase energy and systems efficiency: a mass pilot comparison*, "Vaasa ETT", Hentet fra: <https://www.esmig.eu/wp-content/uploads/2021/11/ESMIG-Empower-Demand-report-phase-I.pdf> (Lest: 14.03.2024).
- [68] I. Öhrlund, Å. Linné og C. Bartusch, *Convenience before coins: Household responses to dual dynamic price signals and energy feedback in Sweden*, Energy Research Social Science", vol. 52, s. 236-246, juni 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.02.008> (Lest: 07.05.2024).
- [69] T. Winther og Ø. Sundet, *Flexibility for whom? Householder and stakeholder perspectives on justice regarding the introduction of dynamic grid tariffs in Norway*, Energy Efficiency", vol. 16, nr. 75, 2023, doi: <https://doi.org/10.1007/s12053-023-10153-1> (Lest: 02.05.2024).
- [70] J.-H. Kim og A. Shcherbakova, *Common failures of demand response*, Energy", vol. 36, nr. 2, s. 873-880, februar, 2011. doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.12.027> (Lest: 04.03.2024).
- [71] K. Vanthournout, B. Dupont, W. Foubert, C. Stuckens og S. Claessens, *An automated residential demand response pilot experiment, based on day-ahead dynamic pricing*, "Applied Energy", vol. 155, s. 195-203, oktober, 2015. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.05.100> (Lest: 04.03.2024).
- [72] S. Pon, *The Effect of Information on TOU Electricity Use: An Irish Residential Study*, The Energy Journal", vol. 38, nr. 6, s. 55-80, 2017, doi: <https://doi.org/10.5547/01956574.38.6.spon> (Lest: 14.03.2024).

- [73] M. Hofmann og K. B. Lindberg, *Residential demand response and dynamic electricity contracts with hourly prices: A study of Norwegian households during the 2021/22 energy crisis*, Smart Energy", vol. 13, nr. 100126, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.segy.2023.100126> (Lest: 03.05.2024).
- [74] H. Sæle, *Household customers' assessment to capacity based distribution grid tariff*, IEEE, "2020 17th International Conference on the European Energy Market (EEM)", s. 1-6, Stockholm, Sverige, 2020, doi: <https://doi.org/10.1109/EEM49802.2020.9221937> (Lest: 29.03.2024).
- [75] H. Sæle og K. Ingebritsen, *Analyse av uttesting av nettariffer blant kunder tilknyttet Lyse Elnett*, SINTEF, 2020:00316, 24 mars 2020, Hentet fra: <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/bitstream/handle/11250/2670633/2020-00316.pdf?sequence=1> (Lest: 11.05.2024).
- [76] G. Powells og M. J. Fell, *Flexibility capital and flexibility justice in smart energy systems*, Energy Research Social Science", vol. 54, s. 56-59, August 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.03.015> (Lest: 02.05.2024).
- [77] I. F. Fjellså, M. Ryghaug og T. M. Skjølvold, *Flexibility poverty: 'locked-in' flexibility practices and electricity use among students*, Energy sources, Part B: Economics, Planning, and Policy", vol. 16, s. 1076-1093, 2021, doi: <https://doi.org/10.1080/15567249.2021.1937403> (Lest: 03.05.2024).
- [78] I. F. Fjellså, A. Silvast og T. M. Skjølvold, *Justice aspects of flexible household electricity consumption in future smart energy systems*, Environmental Innovation and Societal Transitions", vol. 38, s. 98-109, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.eist.2020.11.002> (Lest: 03.05.2024).
- [79] S. Bakaloglou og D. Charlier, *Energy Consumption in the French Residential Sector: How Much do Individual Preferences Matter?* The Energy Journal", vol. 40, nr. 3, s. 77-100, 2019, doi: <https://doi.org/10.5547/01956574.40.3.sbak> (Lest: 29.04.2024).
- [80] K. Standal, M. Aasen, I. Christensen mfl., *Forbrukerfleksibilitet: Et kunnskapsgrunnlag for å forstå husholdningers oppfatninger og muligheter*, CICERO Senter for klimaforskning, "CICERO Report", 2023:08, 20 september, 2023, Hentet fra: <https://pub.cicero.oslo.no/cicero-xmlui/handle/11250/3089075> (Lest: 02.05.2024).
- [81] S. Bjarghov og M. Hofmann, *Grid Tariffs for Peak Demand Reduction: Is there a Price Signal Conflict with Electricity Spot Prices?* "2022 18th International Conference on the European Energy Market (EEM)", s. 1-6, 2022, doi: <https://doi.org/10.1109/EEM54602.2022.9921012> (Lest: 03.05.2024).
- [82] M. Hofmann, S. Bjarghov, H. Sæle og K. B. Lindberg, *A Comparison of the Peak Demand Reduction Performance of Various Energy-Based and Capacity-Based Tariffs at Different Grid Levels*, SRNN", 29 september 2022, doi: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4229798> (Lest: 02.05.2024).
- [83] Elhub, *Hva gjør vi?* Hentet fra: <https://elhub.no/om-elhub/hvagjorvi/> (Lest: 08.02.2024).
- [84] A. Agresti, *Statistical Methods for the Social Sciences*, 5th edition, University of California, Pearson Education, 2018, ISBN: 978-0-13-450710-1.
- [85] G. G. Løvås, *Statistikk for universiteter og høyskoler*, 4. utgave, Oslo, Norge: Universitetsforlaget, 2018, ISBN: 978-82-15-03104-1.
- [86] Universitetet i Oslo, Institutt for biovitenskap, *Mikset effektmodeller*, Hentet fra: <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/matematikk/mikset-effektmodeller.html> (Lest: 02.04.24).

- [87] Undervisningsutvalget ved REALTEK, U. G. Indahl og N. P. Mintorovitch, *Retningslinjer for bruk av kunstig intelligens ved REALTEK*, Hentet fra: <https://www.nmbu.no/fakulteter/fakultet-realfag-og-teknologi/kunstig-intelligens-ved-realtek> (Lest: 25.04.2024).
- [88] Geonorge og Kartverket, *Datsett: Fylkeskart - kommunegrenser 2020, illustrasjonskart, geografisk område: Viken (gammel)*, Hentet fra: <https://kartkatalog.geonorge.no/?text=illustrasjonskart> (Lastet ned: 15.03.2024).
- [89] Statistisk sentralbyrå, *Nordre Follo*, Hentet fra: <https://www.ssb.no/kommunefakta/nordre-follo> (Lest: 13.01.2024).
- [90] Statistisk sentralbyrå, *Boliger, etter bygningstype, statistikkvariabel, år og region*, Hentet fra: <https://www.ssb.no/statbank/table/06265/tableViewLayout1/> (Lest: 15.01.24).
- [91] Statistisk sentralbyrå, *Fredrikstad*, Hentet fra: <https://www.ssb.no/kommunefakta/fredrikstad> (Lest: 15.01.2024).
- [92] Statistisk sentralbyrå, *Boliger, etter bygningstype, statistikkvariabel, år og region*, Hentet fra: <https://www.ssb.no/statbank/table/06265/tableViewLayout1/> (Lest: 17.01.2024).
- [93] Fredrikstad kommune, *Fakta om Fredrikstad*, Hentet fra: <https://www.fredrikstad.kommune.no/tjenester/om-fredrikstad/fakta-om-fredrikstad/> (Lest: 20.01.2024).
- [94] Norsk Klimaservicesenter og Meteorologisk Institutt, *Datsett: Observasjoner og værstatistikk, 1. januar 2021 til 31. desember 2023*, Hentet fra: <https://seklima.met.no/> (Lastet ned: 02.02.2024).
- [95] Kartverket, *Matrikkelen - Bygningspunkt Utvidet*, Versjon: 20221101. 1. november 2022. Hentet fra: <https://dokument.geonorge.no/produktspesifikasjoner/matrikkelen-bygningspunkt-utvidet/20221101/produktspesifikasjon-matrikkelen-bygningspunktutvidet-v1-versjon20221101.pdf> (Lest: 02.04.2024).
- [96] Enova, *Om energiattesten*, Hentet fra: <https://www.enova.no/energimerking/om-energimerkeordningen/om-energiattesten/> (Lest: 22.02.2024).
- [97] Enova, *Datsett: Energimerkestatistikk. Gruppering: boliggrupper: alt innenfor husholdninger, Kommune: Nordre Follo og Fredrikstad*, Hentet fra: <https://www.enova.no/energimerking/energimerkestatistikk/> (Lastet ned: 20.04.2024).
- [98] H. Barstad, *Høy strømpris feier den nye nettleien av banen*, Hentet fra: <https://www.europower.no/nett/hoy-strompris-feier-den-nye-nettleiemodellen-av-banen/2-1-1405426> (Lest: 07.05.2024).

Tillegg A

Appendiks

A.1 Informasjonsskriv til privathusholdningene

Informasjon til deltakere i forskningsprosjektet

«Effekten av nettleien som et insentiv til økt forbrukerfleksibilitet i strømmettet»

Dette er et spørsmål til deg om å delta i et forskningsprosjekt hvor formålet er å kartlegge strømforbruk over de siste årene, samt andre påvirkende faktorer. Dette skrivet skal gi deg informasjon om målene for prosjektet og hva deltakelse vil innebære for deg.

Formål

Datainnsamlingen er del av en masteroppgave om forbrukerfleksibilitet og nettleien. Formålet med denne oppgaven er å sammenlikne forbrukskurver, for å se på om det er blitt en endring i forbruk etter innføringen av den nye nettartiffen 1. juli 2022. I tillegg vil ulike andre faktorer som elbil, oppvarming, utdanningsnivå og boligtyper undersøkes for å se om det er ulike eksogene faktorer som kan se ut til å ha påvirket endringsvillighet.

Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?

Emma Sand er ansvarlig for masteroppgaven, og Heidi Nygård er intern veileder på NMBU, ved fakultetet Realtek.

Hvorfor får du spørsmål om å delta?

Jeg ønsker å kartlegge energiforbruk i fem ulike boliger i kommunene Nordre Follo og Fredrikstad og sammenligne med en aggregert analyse for hele kommunen. Dette for å se om det er ulike faktorer som kan utpekes i forhold til bedre utnyttelse av forbrukerfleksibilitet og kapasitet i strømmettet.

Hva innebærer det for deg å delta?

Deltakelse vil skje gjennom at energimerkedata fra Enova hentes ut om huset, samt forbruksdata fra Elhub tilhørende huset. Eventuelle andre opplysninger sendes også per epost. Dette må gjøres selv, og sendes til meg via epost eller lignende. I det data mottas vil dataen anonymiseres til hus nr 1, nr 2 osv. Og ikke være sporbar tilbake til person.

Det er frivillig å delta

Det er frivillig å delta i prosjektet. Hvis du velger å delta, kan du når som helst trekke samtykket tilbake uten å oppgi noen grunn. Alle dine personopplysninger vil da bli slettet. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg.

Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger

Dataen vil bli anonymisert med en gang den mottas. Det vil ikke være mulig å spore seg tilbake til huset eller eiere i masteroppgaven. Det vil kun bli oppgitt generell byggeteknisk informasjon, antall beboere, elbil, postnummer og evt. gjennomsnittsinntekt/utdanning, i tillegg til forbrukskurver for husstanden.

I publisering av resultatene vil alle svar være helt anonymisert.

Hva skjer med personopplysningene dine når forskningsprosjektet avsluttes?

Etter endt mastergrad, planlagt 30. juni 2024, vil all data slettes.

Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?

Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke.

På oppdrag fra Realtek har Sikt – Kunnskapssektorens tjenesteleverandør vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

Dine rettigheter

Så lenge du kan identifiseres i datamaterialet, har du rett til:

- innsyn i hvilke opplysninger vi behandler om deg, og å få utlevert en kopi av opplysningene
- å få rettet opplysninger om deg som er feil eller misvisende
- å få slettet personopplysninger om deg
- å sende klage til Datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger

Hvis du har spørsmål til studien, eller ønsker å vite mer om eller benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med

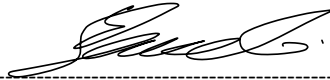
- Emma Sand (emma.sand@nmbu.no), ev. veileder Heidi S. Nygård (heidi.nygard@nmbu.no)

Hvis du har spørsmål knyttet til vurderingen som er gjort av personverntjenestene fra Sikt, kan du ta kontakt via:

- Epost: personverntjenester@sikt.no eller telefon: 73 98 40 40.

Med vennlig hilsen

Emma Sand
(masterstudent)



Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet «Effekten av nettleien som et insentiv til økt forbrukerfleksibilitet i strømnettet», og har fått anledning til å stille spørsmål.

Jeg samtykker til å bidra med nødvendig data og til at mine opplysninger behandles frem til prosjektet er avsluttet. Jeg er innforstått med at det arkiverte datamaterialet kan være indirekte identifiserbart.

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

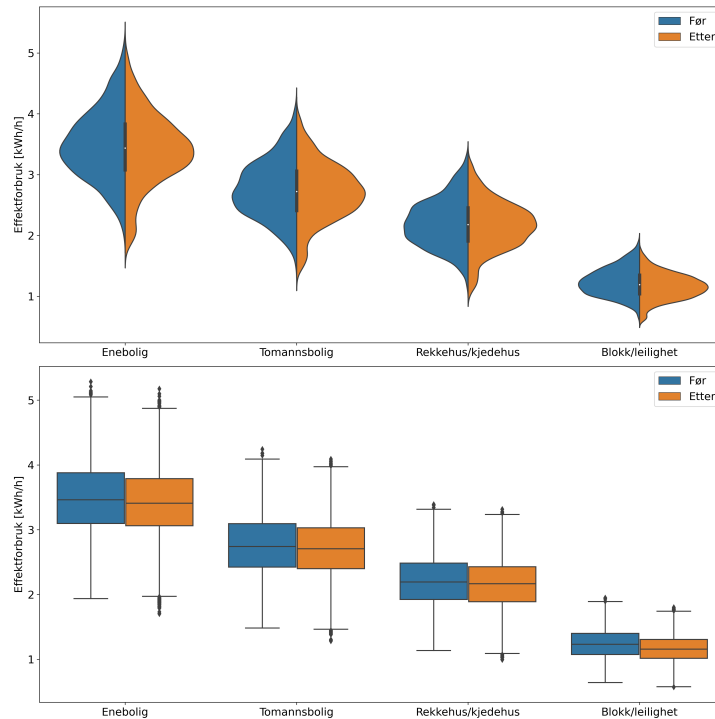
A.2 Oversikt over boliginndeling fra Matrikkelen

Tabell A.1: En oversikt over de ulike boliggruppe som skal benyttes i masteroppgaven. Boliggruppene Enebolig, Tomannsbolig, Rekkehus/kjedehus og Blokk/leilighet er alle beskrevet med tilhørende undergrupper og initialverdi fra Matrikkelen [95]. Ved uthenting av data fra Elhub sitt API, er dette initialverdiene til gruppene benyttet i analysen.

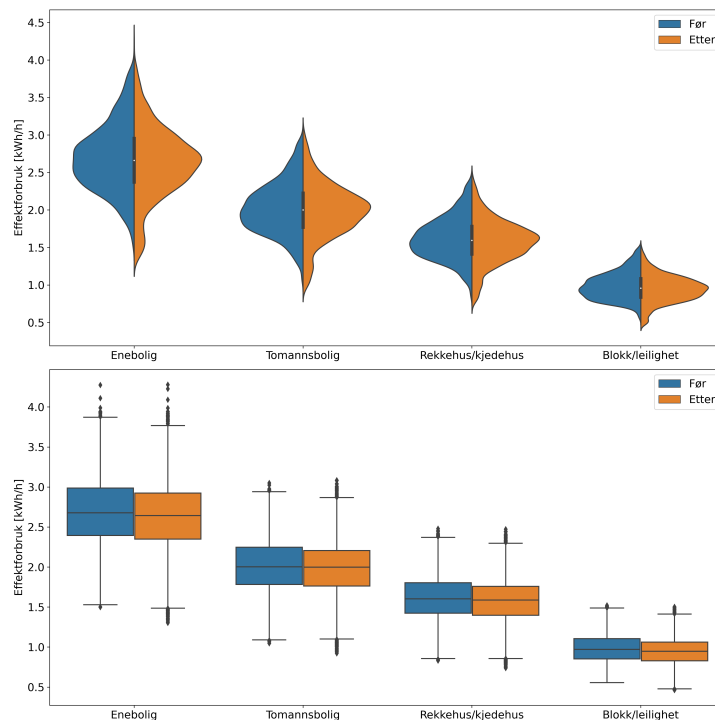
Boliggruppe	Navn	Initialverdi
Enebolig	Enebolig	111
	Enebolig m/hybel/sokkelleilighet	112
	Våningshus	113
Tomannsbolig	Tomannsbolig, vertikal	121
	Tomannsbolig, horisontaldelt	122
	Del av våningshus. tomannsbolig/vert	123
	Våningshus. tomannsbolig/horisont	124
Rekkehus/kjedehus	Rekkehus	131
	Kjede/atriumshus	133
	Andre småhus med 3 boliger eller flere	136
Blokk/leilighet	Terassehus	135
	Stort frittliggende boligbygg på 2 etasjer	141
	Stort frittliggende boligbygg på 3 og 4 etasjer	142
	Stort frittliggende boligbygg på 5 -> etasjer	143
	Stort sammenhengende boligbygg på 2 etasjer	144
	Stort sammenhengende boligbygg på 3 og 4 etasjer	145
	Stort sammenhengende boligbygg på 6 -> etasjer eller over (5 boliger eller mer)	146

A.3 Aggregert analyse av kommunene

A.3.1 Fordelingskurver - Aggregert analyse



(a)



(b)

Figur A.1: *Fiolin og boksplott som viser fordelingen av datapunkter innenfor de ulike boliggruppene i Nordre Follo (a) og Fredrikstad (b). Blå markerer sesongen før innføringen av nettleien, mens oransje markerer perioden etter.*

A.3.2 T-test og prosentendring per time - Aggregert analyse

Tabell A.2: Oversikt over endring [%] per time mellom de to sesongene for eneboliger i Nordre Follo. Kolonne tre viser p-verdiene fra den gjennomførte parede t-testen. Kolonne 4 og 5 viser til hvorvidt p-verdien er signifikant uten ($\alpha = 0,05$) eller med ($\alpha_{Bonferroni} = 0,05/24 = 0,002088$) korreksjon.

Time	Endring [%]	P-verdi	Signifikant	Signifikant m/Bonferroni korreksjon
0	-1,51	0,224	Nei	Nei
1	-0,575	0,663	Nei	Nei
2	0,077	0,956	Nei	Nei
3	0,443	0,760	Nei	Nei
4	0,339	0,820	Nei	Nei
5	-0,440	0,772	Nei	Nei
6	-1,422	0,350	Nei	Nei
7	-2,164	0,156	Nei	Nei
8	-3,551	0,019	Ja	Nei
9	-5,045	$3,592 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
10	-5,035	$2,876 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
11	-4,75	$7,718 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
12	-4,516	$1,537 \cdot 10^{-3}$	Ja	Ja
13	-4,139	$4,147 \cdot 10^{-3}$	Ja	Nei
14	-3,584	0,014	Ja	Nei
15	-3,127	0,032	Ja	Nei
16	-2,84	0,046	Ja	Nei
17	-3,321	0,011	Ja	Nei
18	-3,247	$9,004 \cdot 10^{-3}$	Ja	Nei
19	-3,361	$4,936 \cdot 10^{-3}$	Ja	Nei
20	-3,372	$3,907 \cdot 10^{-3}$	Ja	Nei
21	-3,085	$8,326 \cdot 10^{-3}$	Ja	Nei
22	-2,82	0,019	Ja	Nei
23	-2,24	0,066	Nei	Nei

Tabell A.3: Oversikt over endring [%] per time mellom de to sesongene for tomannsbolig i Nordre Follo. Kolonne tre viser p-verdiene fra den gjennomførte parede t-testen. Kolonne 4 og 5 viser til hvorvidt p-verdien er signifikant uten ($\alpha = 0,05$) eller med ($\alpha_{Bonferroni} = 0,05/24 = 0,002088$) korreksjon.

Time	Endring [%]	P-verdi	Signifikant	Signifikant m/Bonferroni korreksjon
0	-0,450	0,720	Nei	Nei
1	0,485	0,719	Nei	Nei
2	1,47	0,302	Nei	Nei
3	1,8	0,226	Nei	Nei
4	1,807	0,238	Nei	Nei
5	1,023	0,515	Nei	Nei
6	0,244	0,876	Nei	Nei
7	-0,435	0,782	Nei	Nei
8	-2,246	0,154	Nei	Nei
9	-4,717	$8,06 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
10	-5,031	$1,979 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
11	-5,175	$2,261 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
12	-5,159	$3,466 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
13	-4,709	$1,307 \cdot 10^{-3}$	Ja	Ja
14	-4,12	$5,613 \cdot 10^{-3}$	Ja	Nei
15	-3,517	0,017	Ja	Nei
16	-3,111	0,029	Ja	Nei
17	-3,211	0,012	Ja	Nei
18	-3,108	$9,975 \cdot 10^{-3}$	Ja	Nei
19	-2,957	0,011	Ja	Nei
20	-2,781	0,014	Ja	Nei
21	-2,451	0,034	Ja	Nei
22	-2,225	0,067	Nei	Nei
23	-1,408	0,26	Nei	Nei

Tabell A.4: Oversikt over endring [%] per time mellom de to sesongene for rekkehus/kjedehus i Nordre Follo. Kolonne tre viser p-verdiene fra den gjennomførte parede t-testen. Kolonne 4 og 5 viser til hvorvidt p-verdien er signifikant uten ($\alpha = 0,05$) eller med ($\alpha_{\text{Bonferroni}} = 0,05/24 = 0,002088$) korreksjon.

Time	Endring [%]	P-verdi	Signifikant	Signifikant m/Bonferroni korreksjon
0	-1,14	0,371	Nei	Nei
1	-0,689	0,616	Nei	Nei
2	-0,103	0,944	Nei	Nei
3	0,130	0,932	Nei	Nei
4	-0,265	0,865	Nei	Nei
5	-0,787	0,616	Nei	Nei
6	-1,413	0,367	Nei	Nei
7	-1,375	0,380	Nei	Nei
8	-2,497	0,112	Nei	Nei
9	-4,855	$5,645 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
10	-4,978	$2,806 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
11	-5,013	$3,794 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
12	-4,684	$1,081 \cdot 10^{-3}$	Ja	Ja
13	-4,276	$3,064 \cdot 10^{-3}$	Ja	Nei
14	-3,618	0,012	Ja	Nei
15	-3,145	0,027	Ja	Nei
16	-2,641	0,056	Ja	Nei
17	-2,668	0,033	Ja	Nei
18	-2,462	0,038	Ja	Nei
19	-2,57	0,026	Ja	Nei
20	-2,37	0,038	Ja	Nei
21	-1,996	0,090	Nei	Nei
22	-1,934	0,111	Nei	Nei
23	-1,599	0,197	Nei	Nei

Tabell A.5: Oversikt over endring [%] per time mellom de to sesongene for blokk/leilighet i Nordre Follo. Kolonne tre viser p-verdiene fra den gjennomførte parede t-testen. Kolonne 4 og 5 viser til hvorvidt p-verdien er signifikant uten ($\alpha = 0,05$) eller med ($\alpha_{\text{Bonferroni}} = 0,05/24 = 0,002088$) korreksjon.

Time	Endring [%]	P-verdi	Signifikant	Signifikant m/Bonferroni korreksjon
0	-5,879	$1,158 \cdot 10^{-7}$	Ja	Ja
1	-5,469	$3,009 \cdot 10^{-6}$	Ja	Ja
2	-5,565	$4,652 \cdot 10^{-6}$	Ja	Ja
3	-5,612	$6,481 \cdot 10^{-6}$	Ja	Ja
4	-5,687	$6,066 \cdot 10^{-6}$	Ja	Ja
5	-5,866	$2,801 \cdot 10^{-6}$	Ja	Ja
6	-6,189	$8,153 \cdot 10^{-7}$	Ja	Ja
7	-6,36	$2,959 \cdot 10^{-7}$	Ja	Ja
8	-6,912	$2,055 \cdot 10^{-8}$	Ja	Ja
9	-7,876	$1,124 \cdot 10^{-11}$	Ja	Ja
10	-8,371	$2,077 \cdot 10^{-13}$	Ja	Ja
11	-8,295	$1,498 \cdot 10^{-12}$	Ja	Ja
12	-8,067	$2,787 \cdot 10^{-11}$	Ja	Ja
13	-7,671	$6,61 \cdot 10^{-10}$	Ja	Ja
14	-7,168	$1,601 \cdot 10^{-8}$	Ja	Ja
15	-6,804	$5,511 \cdot 10^{-8}$	Ja	Ja
16	-6,61	$4,326 \cdot 10^{-8}$	Ja	Ja
17	-6,814	$1,517 \cdot 10^{-9}$	Ja	Ja
18	-6,637	$8,232 \cdot 10^{-10}$	Ja	Ja
19	-6,688	$1,107 \cdot 10^{-10}$	Ja	Ja
20	-6,543	$1,382 \cdot 10^{-10}$	Ja	Ja
21	-6,444	$3,135 \cdot 10^{-10}$	Ja	Ja
22	-6,303	$2,161 \cdot 10^{-9}$	Ja	Ja
23	-6,258	$5,918 \cdot 10^{-9}$	Ja	Ja

Tabell A.6: Oversikt over endring [%] per time mellom de to sesongene for eneboliger i Fredrikstad. Kolonne tre viser p-verdiene fra den gjennomførte parede t-testen. Kolonne 4 og 5 viser til hvorvidt p-verdien er signifikant uten ($\alpha = 0,05$) eller med ($\alpha_{Bonferroni} = 0,05/24 = 0,002088$) korreksjon.

Time	Endring [%]	P-verdi	Signifikant	Signifikant m/Bonferroni korreksjon
0	-1,693	0,205	Nei	Nei
1	-0,899	0,526	Nei	Nei
2	-0,510	0,732	Nei	Nei
3	-0,458	0,767	Nei	Nei
4	-0,828	0,604	Nei	Nei
5	-1,621	0,321	Nei	Nei
6	-2,665	0,103	Nei	Nei
7	-3,259	0,044	Ja	Nei
8	-4,324	$6,831 \cdot 10^{-3}$	Ja	Nei
9	-5,255	$4,881 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
10	-5,089	$5,411 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
11	-4,796	$1,194 \cdot 10^{-3}$	Ja	Ja
12	-4,377	$3,449 \cdot 10^{-3}$	Ja	Nei
13	-3,85	0,011	Ja	Nei
14	-3,377	0,028	Ja	Nei
15	-3,098	0,041	Ja	Nei
16	-3,001	0,036	Ja	Nei
17	-3,014	0,025	Ja	Nei
18	-3,308	0,011	Ja	Nei
19	-3,614	$3,927 \cdot 10^{-3}$	Ja	Nei
20	-3,573	$3,343 \cdot 10^{-3}$	Ja	Nei
21	-3,357	$5,79 \cdot 10^{-3}$	Ja	Nei
22	-2,994	0,017	Ja	Nei
23	-2,45	0,058	Nei	Nei

Tabell A.7: Oversikt over endring [%] per time mellom de to sesongene for tomannsbolig i Fredrikstad. Kolonne tre viser p-verdiene fra den gjennomførte parede t-testen. Kolonne 4 og 5 viser til hvorvidt p-verdien er signifikant uten ($\alpha = 0,05$) eller med ($\alpha_{\text{Bonferroni}} = 0,05/24 = 0,002088$) korreksjon.

Time	Endring [%]	P-verdi	Signifikant	Signifikant m/Bonferroni korreksjon
0	-0,964	0,464	Nei	Nei
1	-0,421	0,763	Nei	Nei
2	-0,758	0,618	Nei	Nei
3	-0,290	0,850	Nei	Nei
4	-0,587	0,708	Nei	Nei
5	-1,126	0,483	Nei	Nei
6	-1,71	0,285	Nei	Nei
7	-2,004	0,204	Nei	Nei
8	-2,822	0,068	Nei	Nei
9	-3,853	$8,206 \cdot 10^{-3}$	Ja	Nei
10	-3,942	$5,407 \cdot 10^{-3}$	Ja	Nei
11	-3,715	$8,85 \cdot 10^{-3}$	Ja	Nei
12	-3,446	0,016	Ja	Nei
13	-2,998	0,040	Ja	Nei
14	-2,668	0,071	Nei	Nei
15	-2,473	0,091	Nei	Nei
16	-2,377	0,089	Nei	Nei
17	-2,249	0,089	Nei	Nei
18	-2,056	0,110	Nei	Nei
19	-2,413	0,053	Nei	Nei
20	-2,354	0,053	Nei	Nei
21	-2,257	0,065	Nei	Nei
22	-1,948	0,117	Nei	Nei
23	-1,733	0,172	Nei	Nei

Tabell A.8: Oversikt over endring [%] per time mellom de to sesongene for rekkehus/kjedehus i Fredrikstad. Kolonne tre viser p-verdiene fra den gjennomførte parede t-testen. Kolonne 4 og 5 viser til hvorvidt p-verdien er signifikant uten ($\alpha = 0,05$) eller med ($\alpha_{\text{Bonferroni}} = 0,05/24 = 0,002088$) korleksjon.

Time	Endring [%]	P-verdi	Signifikant	Signifikant m/Bonferroni korleksjon
0	-1,67	0,210	Nei	Nei
1	-0,885	0,531	Nei	Nei
2	-1,174	0,437	Nei	Nei
3	-0,986	0,524	Nei	Nei
4	-1,319	0,407	Nei	Nei
5	-2,054	0,208	Nei	Nei
6	-2,684	0,099	Nei	Nei
7	-2,993	0,062	Nei	Nei
8	-3,425	0,030	Ja	Nei
9	-4,527	$2,079 \cdot 10^{-3}$	Ja	Ja
10	-4,617	$1,158 \cdot 10^{-3}$	Ja	Ja
11	-4,504	$1,505 \cdot 10^{-3}$	Ja	Ja
12	-4,137	$3,742 \cdot 10^{-3}$	Ja	Nei
13	-3,533	0,015	Ja	Nei
14	-3,302	0,025	Ja	Nei
15	-2,921	0,045	Ja	Nei
16	-2,935	0,033	Ja	Nei
17	-2,991	0,021	Ja	Nei
18	-3,117	0,013	Ja	Nei
19	-3,48	$4,621 \cdot 10^{-3}$	Ja	Nei
20	-3,425	$4,341 \cdot 10^{-3}$	Ja	Nei
21	-3,224	$7,499 \cdot 10^{-3}$	Ja	Nei
22	-2,818	0,024	Ja	Nei
23	-2,284	0,076	Nei	Nei

Tabell A.9: Oversikt over endring [%] per time mellom de to sesongene for blokk/leilighet i Fredrikstad. Kolonne tre viser p-verdiene fra den gjennomførte parede t-testen. Kolonne 4 og 5 viser til hvorvidt p-verdien er signifikant uten ($\alpha = 0,05$) eller med ($\alpha_{Bonferroni} = 0,05/24 = 0,002088$) korreksjon.

Time	Endring [%]	P-verdi	Signifikant	Signifikant m/Bonferroni korreksjon
0	-3,763	$3,783 \cdot 10^{-3}$	Ja	Nei
1	-3,277	0,016	Ja	Nei
2	-3,156	0,024	Ja	Nei
3	-3,161	0,026	Ja	Nei
4	-3,583	0,013	Ja	Nei
5	-3,924	$6,905 \cdot 10^{-3}$	Ja	Nei
6	-4,285	$3,215 \cdot 10^{-3}$	Ja	Nei
7	-4,123	$4,839 \cdot 10^{-3}$	Ja	Nei
8	-4,918	$6,873 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
9	-5,852	$1,78 \cdot 10^{-5}$	Ja	Ja
10	-5,811	$1,275 \cdot 10^{-5}$	Ja	Ja
11	-5,533	$4,672 \cdot 10^{-5}$	Ja	Ja
12	-5,339	$1,273 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
13	-4,898	$6,242 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
14	-4,506	$2,085 \cdot 10^{-3}$	Ja	Nei
15	-4,445	$2,071 \cdot 10^{-3}$	Ja	Ja
16	-4,645	$6,932 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
17	-4,555	$4,709 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
18	-4,761	$1,913 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
19	-4,611	$1,548 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
20	-4,317	$3,554 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
21	-4,347	$3,333 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
22	-4,168	$7,135 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
23	-4,248	$7,903 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja

A.3.3 Endring i effekttopper - Aggregert analyse

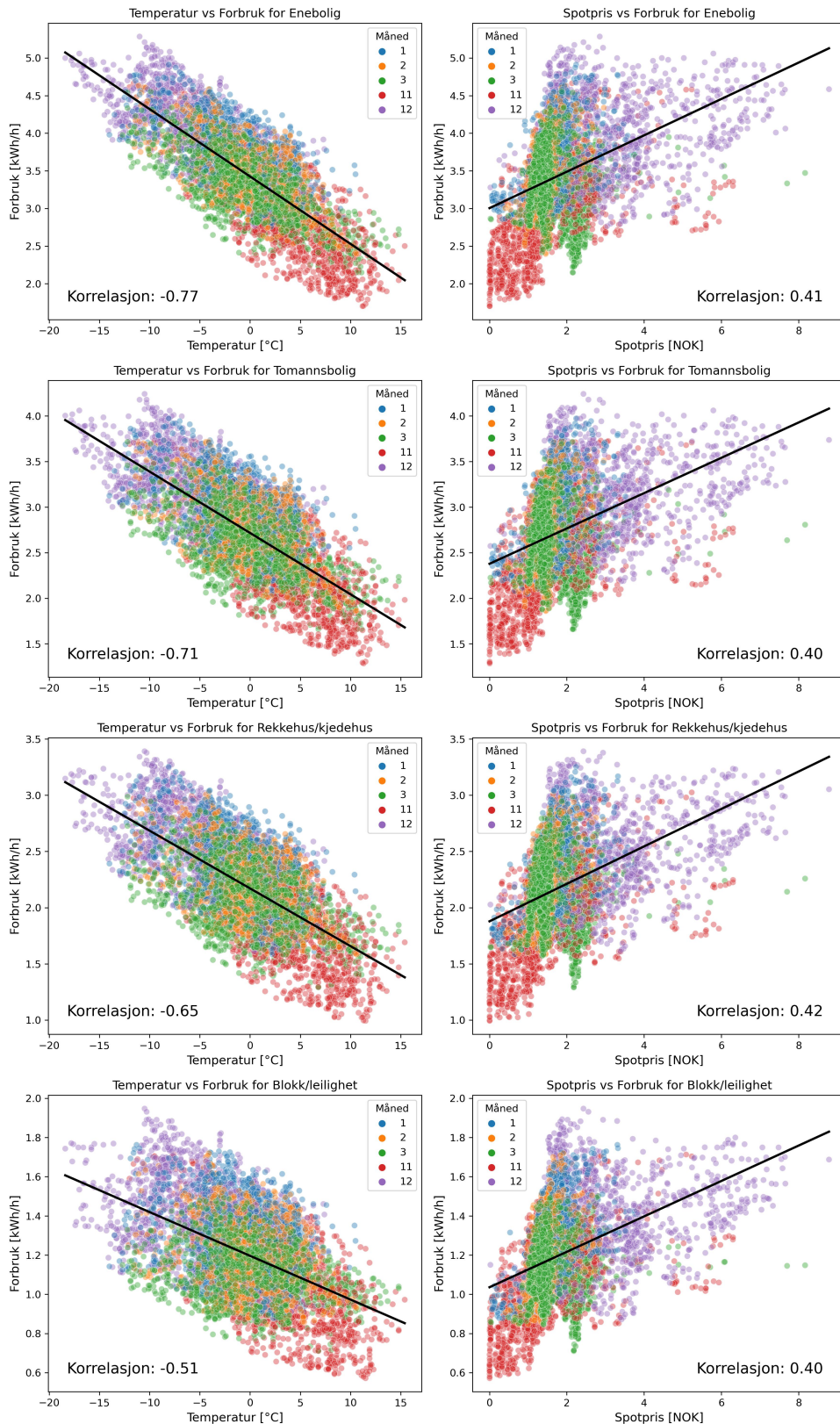
Tabell A.10: Oversikt over endring [%] i gjennomsnittlig topplast per måned for de to sesongene for hver boliggruppe i Nordre Follo. Topplasten er beregnet ved å ta gjennomsnittet av de tre timene med høyest forbruk fra forskjellige døgn. Kolonne 3 angir p-verdi fra utført parett-test, og kolonne 4 og 5 viser til hvorvidt p-verdien er signifikant uten ($\alpha = 0,05$) eller med ($\alpha_{Bonferroni} = 0,05/5 = 0,01$).

Måned	Endring [%]	P-verdi	Signifikant	Signifikant m/ korreksjon
November				
Enebolig	-16,565	$1,082 \cdot 10^{-3}$	Ja	Ja
Tomannsbolig	-14,069	$6,588 \cdot 10^{-3}$	Ja	Ja
Rekkehus/kjedehus	-13,724	$3,986 \cdot 10^{-3}$	Ja	Ja
Blokk/leilighet	-15,302	$2,146 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
Desember				
Enebolig	-2,425	$9,538 \cdot 10^{-3}$	Ja	Ja
Tomannsbolig	-2,720	0,042	Ja	Nei
Rekkehus/kjedehus	-2,631	0,011	Ja	Nei
Blokk/leilighet	-6,679	$6,233 \cdot 10^{-3}$	Ja	Ja
Januar				
Enebolig	3,278	$3,590 \cdot 10^{-3}$	Ja	Ja
Tomannsbolig	4,530	0,030	Ja	Nei
Rekkehus/kjedehus	4,171	0,029	Ja	Nei
Blokk/leilighet	-3,767	$3,403 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
Februar				
Enebolig	-4,322	$1,738 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
Tomannsbolig	-3,907	0,065	Nei	Nei
Rekkehus/kjedehus	-4,065	0,017	Ja	Nei
Blokk/leilighet	-10,116	$3,695 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
Mars				
Enebolig	12,767	$7,195 \cdot 10^{-3}$	Ja	Ja
Tomannsbolig	12,793	0,013	Ja	Nei
Rekkehus/kjedehus	12,722	$4,025 \cdot 10^{-3}$	Ja	Ja
Blokk/leilighet	1,731	0,350	Nei	Nei

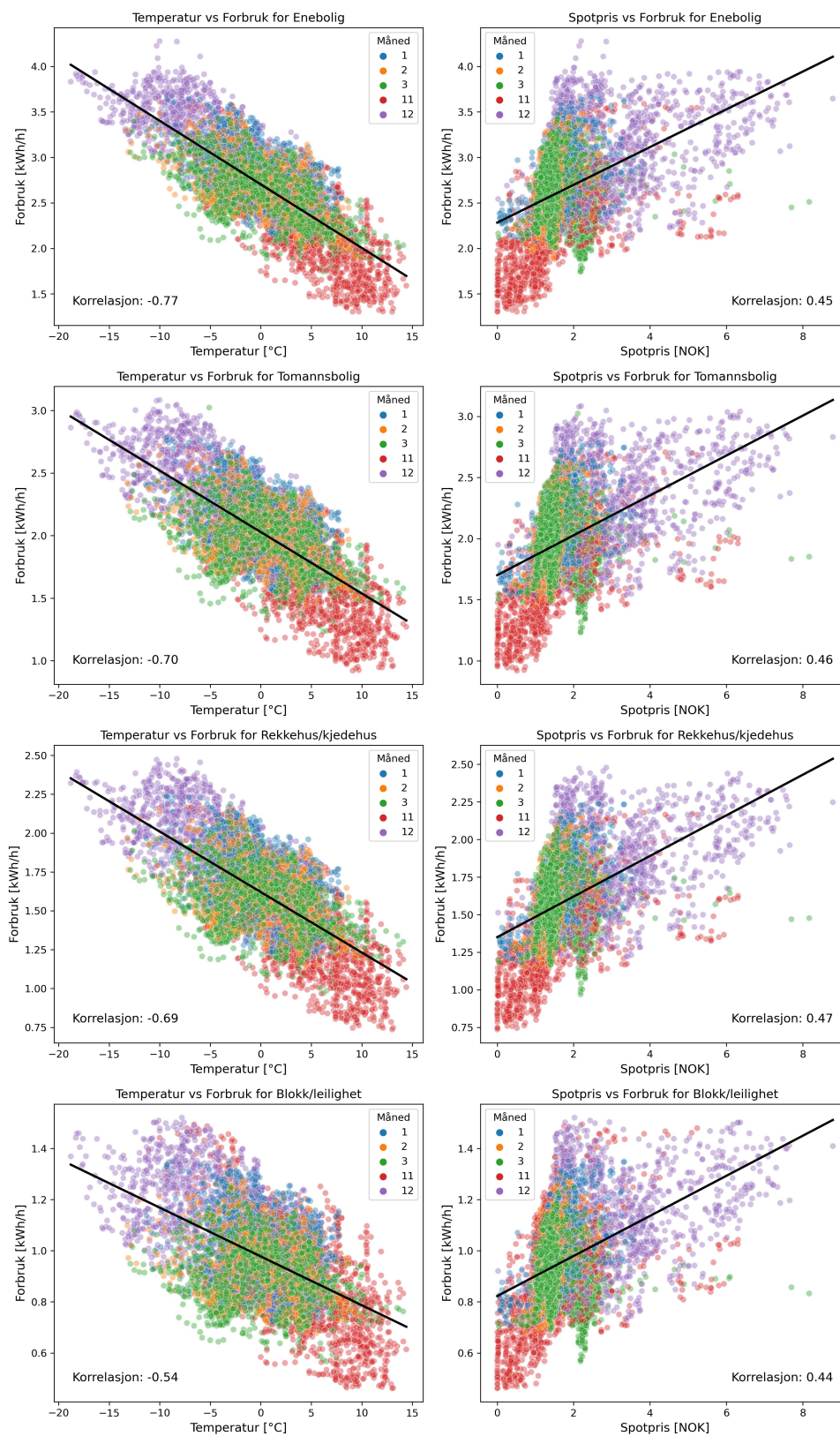
Tabell A.11: Oversikt over endring [%] i gjennomsnittlig topplast per måned for de to sesongene for hver boliggruppe i Fredrikstad. Topplasten er beregnet ved å ta gjennomsnittet av de tre timene med høyest forbruk fra forskjellige døgn. Kolonne 3 angir p-verdi fra utført parett-test, og kolonne 4 og 5 viser til hvorvidt p-verdien er signifikant uten ($\alpha = 0,05$) eller med ($\alpha_{Bonferroni} = 0,05/5 = 0,01$).

Måned	Endring [%]	P-verdi	Signifikant	Signifikant m/ korreksjon
November				
Enebolig	-16,694	$8,021 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
Tomannsbolig	-14,876	$6,516 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
Rekkehus/kjedehus	-13,501	$1,111 \cdot 10^{-3}$	Ja	Ja
Blokk/leilighet	-20,447	$8,093 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
Desember				
Enebolig	-0,309	0,529	Nei	Nei
Tomannsbolig	1,518	0,045	Ja	Nei
Rekkehus/kjedehus	-0,180	0,055	Nei	Nei
Blokk/leilighet	-1,292	0,108	Nei	Nei
Januar				
Enebolig	$7,103 \cdot 10^{-3}$	0,989	Nei	Nei
Tomannsbolig	1,038	0,430	Nei	Nei
Rekkehus/kjedehus	-0,199	0,761	Nei	Nei
Blokk/leilighet	-1,339	0,186	Nei	Nei
Februar				
Enebolig	-0,367	0,464	Nei	Nei
Tomannsbolig	-1,122	0,066	Nei	Nei
Rekkehus/kjedehus	-1,608	0,027	Ja	Nei
Blokk/leilighet	-2,827	0,041	Ja	Nei
Mars				
Enebolig	9,035	0,018	Ja	Nei
Tomannsbolig	-1,029	0,898	Nei	Nei
Rekkehus/kjedehus	9,941	0,020	Ja	Nei
Blokk/leilighet	8,401	0,019	Ja	Nei

A.3.4 Korrelasjonsanalyse - Aggregert analyse



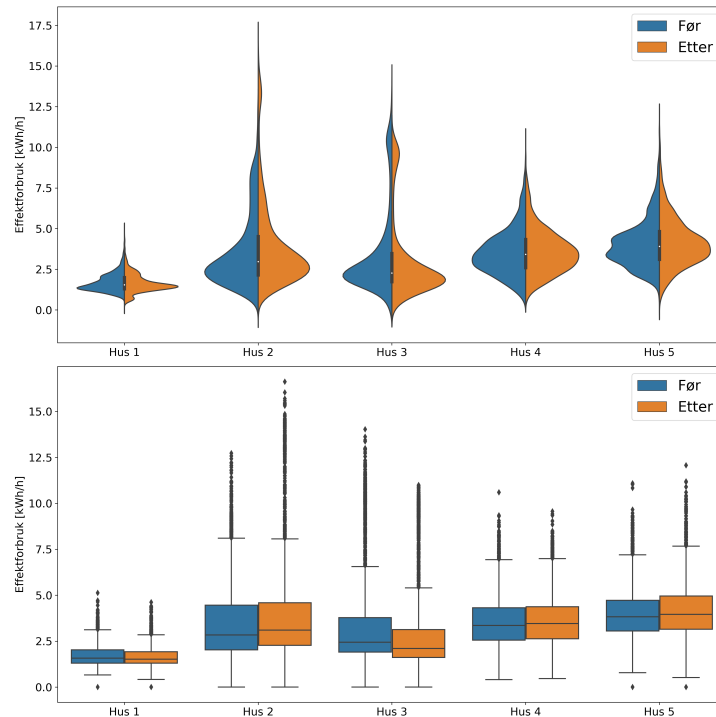
Figur A.2: I venstre kolumnen er korrelasjonsplott mellom forbruk og temperatur for hver boliggruppe i Nordre Follo vist. Tilsvarende er korrelasjonsplott mellom forbruk og spotpris vist i venstre kolonne. De ulike månedene er farget med respektive farger som gitt i forklaringsboksen i figuren, og korrelasjonskoeffisienten tilhørende plottet er gitt i henholdsvis venstre og høyre hjørnet av hvert subfigur.



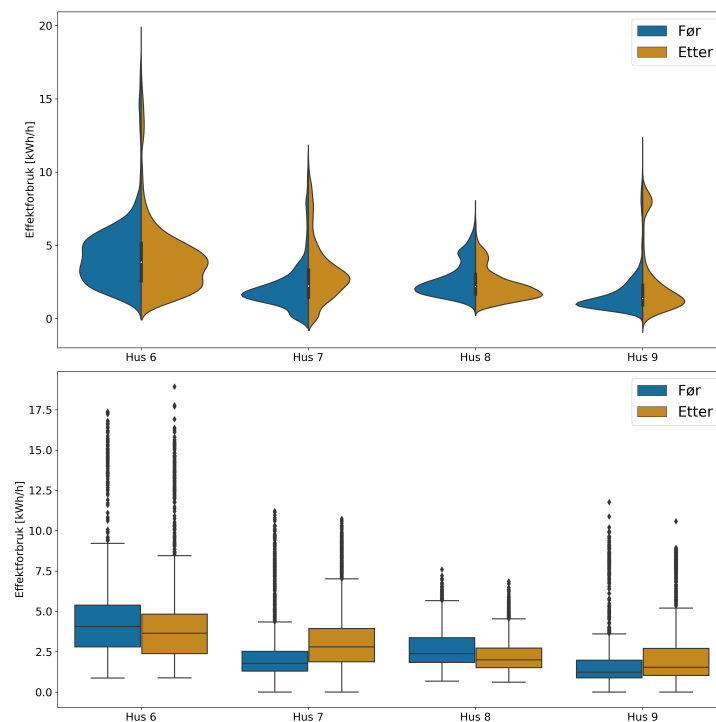
Figur A.3: I venstre kollonne er korrelasjonsplott mellom forbruk og temperatur for hver boliggruppe i Fredrikstad vist. Tilsvarende er korrelasjonsplott mellom forbruk og spotpris vist i venstre kolonne. De ulike månedene er farget med respektive farger som gitt i forklaringsboksen i figuren, og korrelasjonskoeffisienten tilhørende plottet er gitt i henholdsvis venstre og høyre hjørnet av hvert subfigur.

A.4 Analyse av privathusholdningene

A.4.1 Fordelingskurver - Privathusanalyse



(a)



(b)

Figur A.4: *Fiolin og boksplott som viser fordelingen av datapunkter innenfor de ulike privatboligene i Nordre Follo (a) og Fredrikstad (b). Blå markerer sesongen før innføringen av nettleien, mens oransje markerer perioden etter.*

A.4.2 Wilcoxon test per hus - Privathusanalyse

Tabell A.12: Resultatet fra gjennomførte Wilcoxon tester for husholdningene innad hver kommune med og uten Bonferroni korreksjon. Signifikansnivåene er $\alpha = 0,05$, $\alpha_{Bonferroni_{NordreFollo}} = 0,01$ og $\alpha_{Bonferroni_{Fredrikstad}} = 0,0125$.

	Hus nr.	P-verdi	Signifikant	Signifikant m/Bonferroni korreksjon
Nordre Follo	Hus 1	$3,047 \cdot 10^{-7}$	Ja	Ja
	Hus 2	$1,491 \cdot 10^{-13}$	Ja	Ja
	Hus 3	$1,150 \cdot 10^{-32}$	Ja	Ja
	Hus 4	$2,676 \cdot 10^{-3}$	Ja	Ja
	Hus 5	$1,356 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
Fredrikstad	Hus 6	$2,770 \cdot 10^{-34}$	Ja	Ja
	Hus 7	$2,509 \cdot 10^{-168}$	Ja	Ja
	Hus 8	$1,482 \cdot 10^{-24}$	Ja	Ja
	Hus 9	$9,407 \cdot 10^{-53}$	Ja	Ja

A.4.3 Wilcoxon test og prosentendring per time - Privathusanalyse

Tabell A.13: Oversikt over endring [%] per time mellom de to sesongene for Hus 1 i Nordre Follo. Kolonne tre viser p-verdiene fra den gjennomførte Wilcoxon signed-rank testen. Kolonne 4 og 5 viser til hvorvidt p-verdien er signifikant uten ($\alpha = 0,05$) eller med ($\alpha_{Bonferroni} = 0,05/24 = 0,002088$) korreksjon.

Time	Endring [%]	P-verdi	Signifikant	Signifikant m/Bonferroni korreksjon
0	-4,760	0,477	Nei	Nei
1	-0,058	0,722	Nei	Nei
2	-3,748	0,327	Nei	Nei
3	-4,126	0,320	Nei	Nei
4	-2,948	0,569	Nei	Nei
5	-2,659	0,307	Nei	Nei
6	-0,686	0,701	Nei	Nei
7	-4,092	0,128	Nei	Nei
8	-4,513	0,070	Nei	Nei
9	-9,443	0,003	Ja	Nei
10	-8,337	0,012	Ja	Nei
11	-2,406	0,411	Nei	Nei
12	-1,666	0,374	Nei	Nei
13	-1,464	0,763	Nei	Nei
14	-4,900	0,027	Ja	Nei
15	-2,175	0,285	Nei	Nei
16	-5,945	0,146	Nei	Nei
17	-2,842	0,480	Nei	Nei
18	-4,028	0,287	Nei	Nei
19	-2,203	0,516	Nei	Nei
20	-0,112	0,754	Nei	Nei
21	-4,010	0,335	Nei	Nei
22	0,793	0,447	Nei	Nei
23	-6,615	0,063	Nei	Nei

Tabell A.14: Oversikt over endring [%] per time mellom de to sesongene for Hus 2 i Nordre Follo. Kolonne tre viser p-verdiene fra den gjennomførte Wilcoxon signed-rank testen. Kolonne 4 og 5 viser til hvorvidt p-verdien er signifikant uten ($\alpha = 0,05$) eller med ($\alpha_{Bonferroni} = 0,05/24 = 0,002088$) korreksjon.

Time	Endring [%]	P-verdi	Signifikant	Signifikant m/Bonferroni korreksjon
0	13,080	0,550	Nei	Nei
1	-23,100	0,001	Ja	Nei
2	-24,300	$1,22 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
3	-20,390	$8,979 \cdot 10^{-3}$	Ja	Nei
4	-9,541	0,751	Nei	Nei
5	-0,814	0,762	Nei	Nei
6	-3,067	0,479	Nei	Nei
7	5,561	0,303	Nei	Nei
8	0,784	0,944	Nei	Nei
9	18,530	$4,0 \cdot 10^{-3}$	Ja	Nei
10	27,530	$4,47 \cdot 10^{-6}$	Ja	Ja
11	28,500	$7,05 \cdot 10^{-5}$	Ja	Ja
12	29,070	$8,25 \cdot 10^{-6}$	Ja	Ja
13	16,400	$3,711 \cdot 10^{-3}$	Ja	Nei
14	17,840	$3,836 \cdot 10^{-3}$	Ja	Nei
15	28,010	$2,22 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
16	21,400	$6,06 \cdot 10^{-4}$	Ja	Nei
17	20,730	$6,884 \cdot 10^{-3}$	Ja	Nei
18	25,150	$2,4 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
19	34,630	$2,23 \cdot 10^{-5}$	Ja	Ja
20	49,650	$2,72 \cdot 10^{-7}$	Ja	Ja
21	44,81	$6,08 \cdot 10^{-5}$	Ja	Ja
22	18,720	0,167	Nei	Nei
23	4,002	0,850	Nei	Nei

Tabell A.15: Oversikt over endring [%] per time mellom de to sesongene for Hus 3 i Nordre Follo. Kolonne tre viser p-verdiene fra den gjennomførte Wilcoxon signed-rank testen. Kolonne 4 og 5 viser til hvorvidt p-verdien er signifikant uten ($\alpha = 0,05$) eller med ($\alpha_{Bonferroni} = 0,05/24 = 0,002088$) korreksjon.

Time	Endring [%]	P-verdi	Signifikant	Signifikant m/Bonferroni korreksjon
0	-38,91	$1,38 \cdot 10^{-5}$	Ja	Ja
1	57,76	$8,21 \cdot 10^{-5}$	Ja	Ja
2	74	$4,14 \cdot 10^{-6}$	Ja	Ja
3	76,2	$6,33 \cdot 10^{-6}$	Ja	Ja
4	68,63	$3,71 \cdot 10^{-5}$	Ja	Ja
5	42,31	0,072	Nei	Nei
6	19,67	0,363	Nei	Nei
7	4,061	0,604	Nei	Nei
8	-20,07	$1,11 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
9	-32,11	$3,35 \cdot 10^{-8}$	Ja	Ja
10	-26,85	$1,18 \cdot 10^{-5}$	Ja	Ja
11	-24,17	$4,3 \cdot 10^{-5}$	Ja	Ja
12	-18,54	$1,33 \cdot 10^{-5}$	Ja	Ja
13	-25,76	$1,65 \cdot 10^{-5}$	Ja	Ja
14	-29,15	$1,85 \cdot 10^{-6}$	Ja	Ja
15	-38,66	$6,86 \cdot 10^{-9}$	Ja	Ja
16	-44,1	$9,37 \cdot 10^{-11}$	Ja	Ja
17	-39,94	$4,56 \cdot 10^{-10}$	Ja	Ja
18	-43,01	$8,6 \cdot 10^{-10}$	Ja	Ja
19	-45,36	$4,89 \cdot 10^{-11}$	Ja	Ja
20	-39,2	$2,22 \cdot 10^{-9}$	Ja	Ja
21	-36,67	$3,3 \cdot 10^{-8}$	Ja	Ja
22	-37,02	$2,65 \cdot 10^{-7}$	Ja	Ja
23	-37,88	$1,48 \cdot 10^{-6}$	Ja	Ja

Tabell A.16: Oversikt over endring [%] per time mellom de to sesongene for Hus 4 i Nordre Follo. Kolonne tre viser p-verdiene fra den gjennomførte Wilcoxon signed-rank testen. Kolonne 4 og 5 viser til hvorvidt p-verdien er signifikant uten ($\alpha = 0,05$) eller med ($\alpha_{Bonferroni} = 0,05/24 = 0,002088$) korreksjon.

Time	Endring [%]	P-verdi	Signifikant	Signifikant m/Bonferroni korreksjon
0	6,886	0,069	Nei	Nei
1	0,743	0,881	Nei	Nei
2	8,973	0,013	Ja	Nei
3	0,881	0,656	Nei	Nei
4	7,050	0,046	Ja	Nei
5	1,952	0,534	Nei	Nei
6	2,072	0,571	Nei	Nei
7	13,300	0,004	Ja	Nei
8	6,261	0,210	Nei	Nei
9	-9,068	0,023	Ja	Nei
10	-15,400	$3,7 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
11	-2,082	0,388	Nei	Nei
12	0,950	0,819	Nei	Nei
13	4,261	0,144	Nei	Nei
14	1,272	0,906	Nei	Nei
15	0,858	0,793	Nei	Nei
16	2,659	0,326	Nei	Nei
17	3,653	0,195	Nei	Nei
18	-0,931	0,883	Nei	Nei
19	5,729	0,189	Nei	Nei
20	8,063	0,047	Ja	Nei
21	4,638	0,173	Nei	Nei
22	4,254	0,251	Nei	Nei
23	4,997	0,145	Nei	Nei

Tabell A.17: Oversikt over endring [%] per time mellom de to sesongene for Hus 5 i Nordre Follo. Kolonne tre viser p-verdiene fra den gjennomførte Wilcoxon signed-rank testen. Kolonne 4 og 5 viser til hvorvidt p-verdien er signifikant uten ($\alpha = 0,05$) eller med ($\alpha_{Bonferroni} = 0,05/24 = 0,002088$) korreksjon.

Time	Endring [%]	P-verdi	Signifikant	Signifikant m/Bonferroni korreksjon
0	-7,056	0,012	Ja	Nei
1	-3,151	0,277	Nei	Nei
2	0,111	0,803	Nei	Nei
3	11,710	$1,13 \cdot 10^{-5}$	Ja	Ja
4	14,720	$6,3 \cdot 10^{-6}$	Ja	Ja
5	17,540	$2,92 \cdot 10^{-8}$	Ja	Ja
6	14,610	$2,06 \cdot 10^{-5}$	Ja	Ja
7	5,163	0,136	Nei	Nei
8	1,703	0,753	Nei	Nei
9	1,919	0,845	Nei	Nei
10	2,767	0,667	Nei	Nei
11	-2,121	0,337	Nei	Nei
12	-2,194	0,461	Nei	Nei
13	0,726	0,756	Nei	Nei
14	4,176	0,567	Nei	Nei
15	8,025	0,149	Nei	Nei
16	3,813	0,472	Nei	Nei
17	3,035	0,405	Nei	Nei
18	8,879	0,098	Nei	Nei
19	5,856	0,146	Nei	Nei
20	-5,023	0,159	Nei	Nei
21	0,594	0,837	Nei	Nei
22	-2,252	0,510	Nei	Nei
23	-6,072	0,129	Nei	Nei

Tabell A.18: Oversikt over endring [%] per time mellom de to sesongene for Hus 6 i Fredrikstad. Kolonne tre viser p-verdiene fra den gjennomførte Wilcoxon signed-rank testen. Kolonne 4 og 5 viser til hvorvidt p-verdien er signifikant uten ($\alpha = 0,05$) eller med ($\alpha_{Bonferroni} = 0,05/24 = 0,002088$) korreksjon.

Time	Endring [%]	P-verdi	Signifikant	Signifikant m/Bonferroni korreksjon
0	-1,603	0,131	Nei	Nei
1	-8,055	0,029	Ja	Nei
2	-8,949	$6,0 \cdot 10^{-3}$	Ja	Nei
3	-8,380	$4,0 \cdot 10^{-3}$	Ja	Nei
4	-8,983	$5,17 \cdot 10^{-5}$	Ja	Ja
5	-13,990	$4,19 \cdot 10^{-5}$	Ja	Ja
6	-20,790	$4,69 \cdot 10^{-10}$	Ja	Ja
7	-18,060	$1,46 \cdot 10^{-8}$	Ja	Ja
8	-13,570	$3,89 \cdot 10^{-6}$	Ja	Ja
9	-21,620	$5,29 \cdot 10^{-12}$	Ja	Ja
10	-17,140	$1,43 \cdot 10^{-7}$	Ja	Ja
11	-17,570	$1,03 \cdot 10^{-6}$	Ja	Ja
12	-8,568	$8,0 \cdot 10^{-3}$	Ja	Nei
13	-6,306	0,048	Ja	Nei
14	1,368	0,416	Nei	Nei
15	7,152	0,794	Nei	Nei
16	3,524	0,704	Nei	Nei
17	-0,658	0,150	Nei	Nei
18	9,786	0,541	Nei	Nei
19	4,337	0,525	Nei	Nei
20	8,404	0,144	Nei	Nei
21	-4,077	0,288	Nei	Nei
22	-10,3	0,075	Nei	Nei
23	-0,442	0,355	Nei	Nei

Tabell A.19: Oversikt over endring [%] per time mellom de to sesongene for Hus 7 i Fredrikstad. Kolonne tre viser p-verdiene fra den gjennomførte Wilcoxon signed-rank testen. Kolonne 4 og 5 viser til hvorvidt p-verdien er signifikant uten ($\alpha = 0,05$) eller med (0) korreksjon.

Time	Endring [%]	P-verdi	Signifikant	Signifikant m/Bonferroni korreksjon
0	47,52	$2,38 \cdot 10^{-9}$	Ja	Ja
1	102,2	$6,72 \cdot 10^{-16}$	Ja	Ja
2	102,2	$1,09 \cdot 10^{-15}$	Ja	Ja
3	58,54	$2,53 \cdot 10^{-12}$	Ja	Ja
4	68,14	$3,35 \cdot 10^{-13}$	Ja	Ja
5	72,67	$4,55 \cdot 10^{-14}$	Ja	Ja
6	93,29	$1,73 \cdot 10^{-18}$	Ja	Ja
7	55,99	$6,99 \cdot 10^{-15}$	Ja	Ja
8	36,78	$2,96 \cdot 10^{-7}$	Ja	Ja
9	43,71	$7,53 \cdot 10^{-10}$	Ja	Ja
10	35,7	$2,04 \cdot 10^{-6}$	Ja	Ja
11	9,737	0,317	Ja	Nei
12	21,69	0,019	Ja	Nei
13	57,26	$1,01 \cdot 10^{-6}$	Ja	Ja
14	45,92	$1,44 \cdot 10^{-5}$	Ja	Ja
15	17,02	0,011	Ja	Nei
16	23,36	$1,24 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
17	22,46	$3,55 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
18	20,19	$7,63 \cdot 10^{-4}$	Ja	Nei
19	25,25	$1,46 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
20	31,96	$1,63 \cdot 10^{-6}$	Ja	Ja
21	33,25	$1,03 \cdot 10^{-7}$	Ja	Ja
22	42,86	$1,54 \cdot 10^{-9}$	Ja	Ja
23	44,9	$7,83 \cdot 10^{-11}$	Ja	Ja

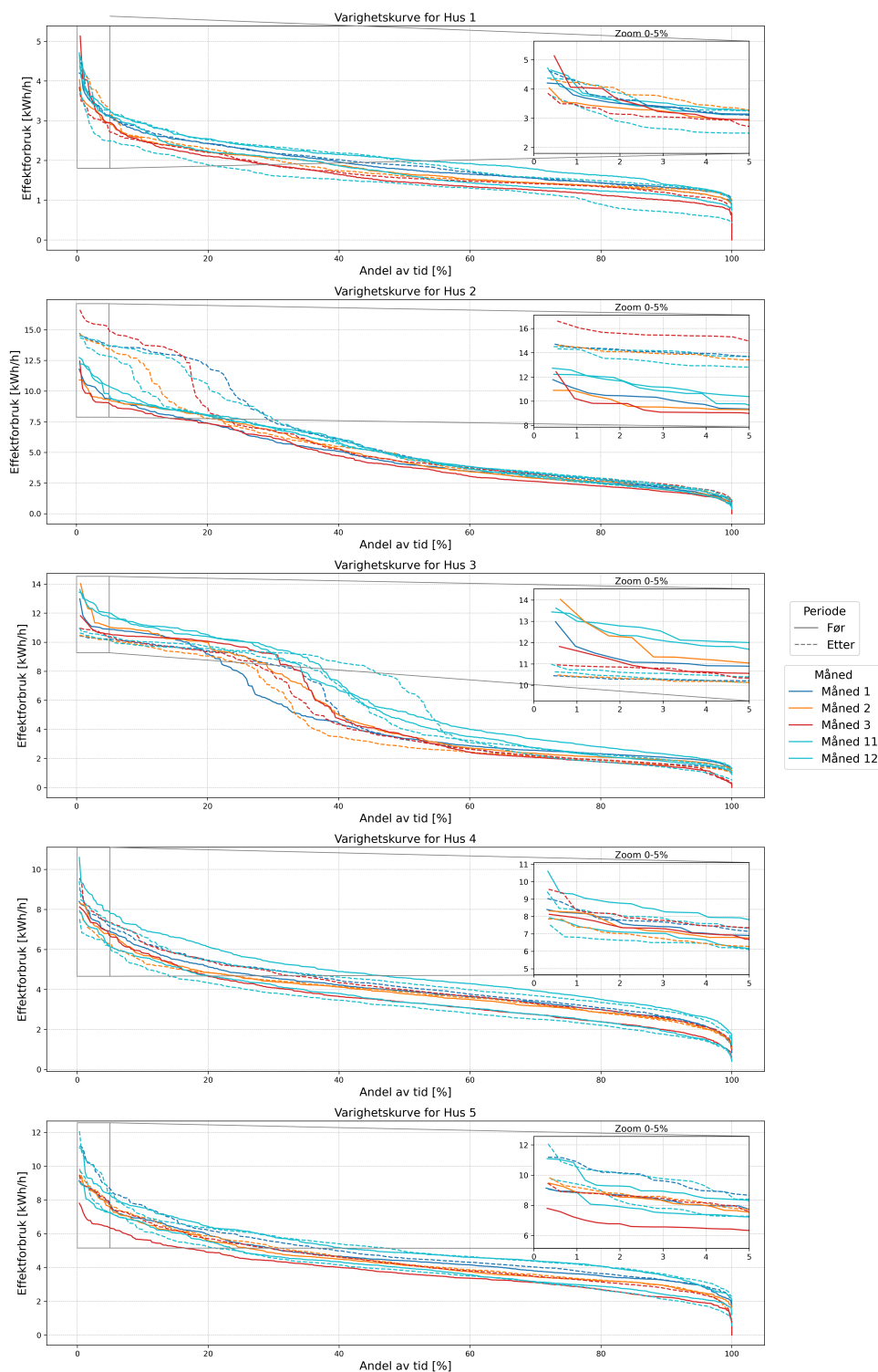
Tabell A.20: Oversikt over endring [%] per time mellom de to sesongene for Hus 8 i Fredrikstad. Kolonne tre viser p-verdiene fra den gjennomførte Wilcoxon signed-rank testen. Kolonne 4 og 5 viser til hvorvidt p-verdien er signifikant uten ($\alpha = 0,05$) eller med ($\alpha_{Bonferroni} = 0,05/24 = 0,002088$) korreksjon.

Time	Endring [%]	P-verdi	Signifikant	Signifikant m/Bonferroni korreksjon
0	-7,465	0,154	Nei	Nei
1	-11,880	$4,9 \cdot 10^{-3}$	Ja	Nei
2	-15,790	$3,63 \cdot 10^{-6}$	Ja	Ja
3	-15,340	$2,26 \cdot 10^{-7}$	Ja	Ja
4	-15,980	$9,71 \cdot 10^{-9}$	Ja	Ja
5	-17,7	$1,63 \cdot 10^{-9}$	Ja	Ja
6	-16,630	$9,35 \cdot 10^{-8}$	Ja	Ja
7	-7,224	0,036	Ja	Nei
8	-11,480	$7,0 \cdot 10^{-3}$	Ja	Nei
9	-24,490	$5,93 \cdot 10^{-8}$	Ja	Ja
10	-28,380	$2,13 \cdot 10^{-8}$	Ja	Ja
11	-25,030	$4,48 \cdot 10^{-7}$	Ja	Ja
12	-21,410	$1,83 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
13	-19,920	1,173	Ja	Nei
14	-17,590	$2,79 \cdot 10^{-4}$	Ja	Ja
15	-22,470	$2,21 \cdot 10^{-6}$	Ja	Ja
16	-23,680	$2,94 \cdot 10^{-7}$	Ja	Ja
17	-13,490	$4,262 \cdot 10^{-3}$	Ja	Nei
18	-22,940	$8,27 \cdot 10^{-7}$	Ja	Ja
19	-15,050	$3,344 \cdot 10^{-3}$	Ja	Nei
20	-19,990	$1,43 \cdot 10^{-5}$	Ja	Ja
21	-19,860	$6,33 \cdot 10^{-6}$	Ja	Ja
22	-5,091	0,142	Nei	Nei
23	1,824	0,735	Nei	Nei

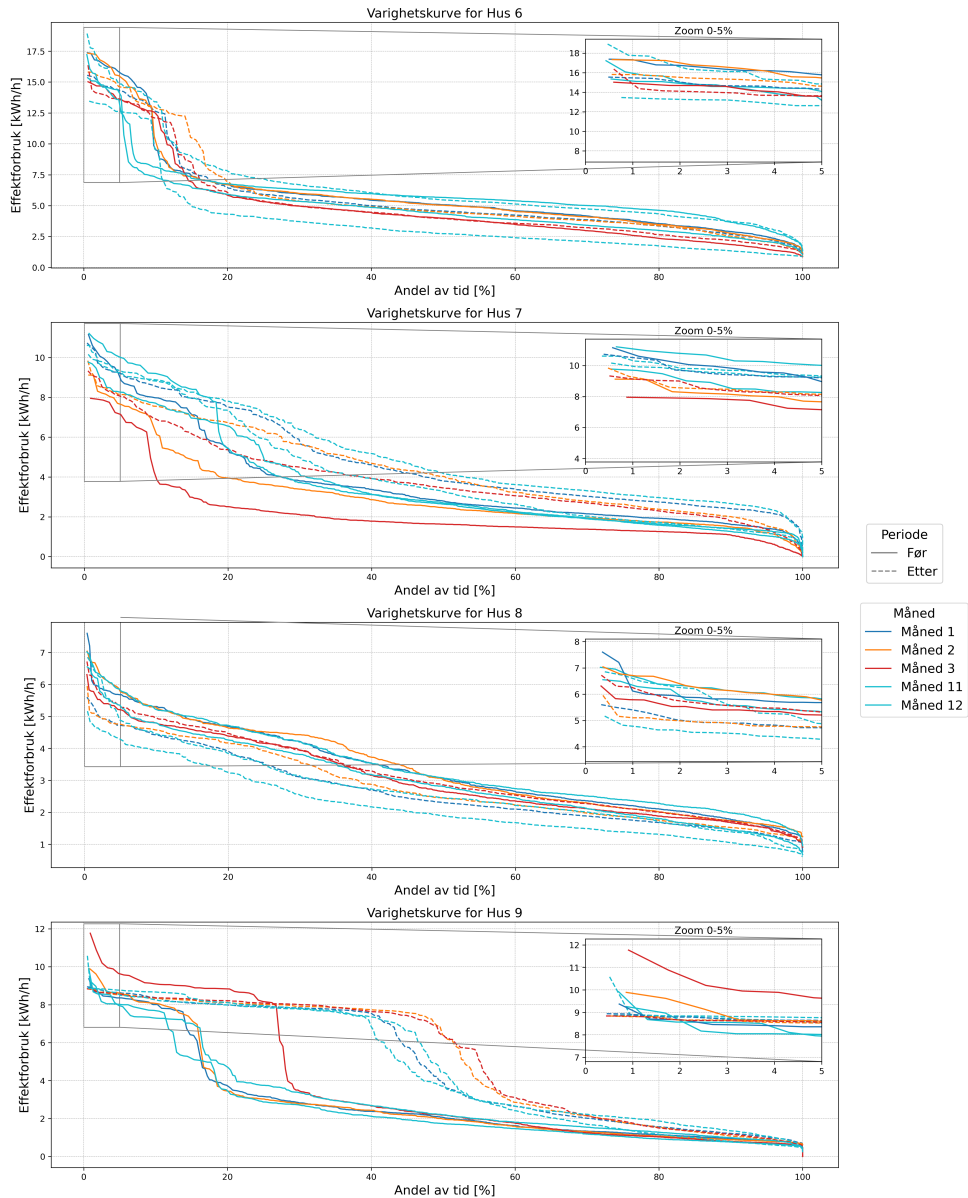
Tabell A.21: Oversikt over endring [%] per time mellom de to sesongene for Hus 9 i Fredrikstad. Kolonne tre viser p-verdiene fra den gjennomførte Wilcoxon signed-rank testen. Kolonne 4 og 5 viser til hvorvidt p-verdien er signifikant uten ($\alpha = 0,05$) eller med ($\alpha_{Bonferroni} = 0,05/24 = 0,002088$) korreksjon.

Time	Endring [%]	P-verdi	Signifikant	Signifikant m/Bonferroni korreksjon
0	76,190	$6,373 \cdot 10^{-7}$	Ja	Ja
1	85,970	$2,213 \cdot 10^{-6}$	Ja	Ja
2	113,4	$7,206 \cdot 10^{-11}$	Ja	Ja
3	141,9	$2,081 \cdot 10^{-13}$	Ja	Ja
4	169	$1,571 \cdot 10^{-15}$	Ja	Ja
5	152,6	$4,178 \cdot 10^{-13}$	Ja	Ja
6	66,5	$4,783 \cdot 10^{-10}$	Ja	Ja
7	22,820	0,061	Nei	Nei
8	-0,455	0,632	Nei	Nei
9	2,985	0,984	Nei	Nei
10	11,690	0,535	Nei	Nei
11	22,190	0,024	Ja	Nei
12	18,440	0,068	Nei	Nei
13	22,690	0,068	Nei	Nei
14	23,060	0,011	Ja	Nei
15	12,870	0,135	Nei	Nei
16	4,343	0,724	Nei	Nei
17	9,404	0,415	Nei	Nei
18	12,1	0,235	Nei	Nei
19	5,940	0,263	Nei	Nei
20	10,26	0,109	Nei	Nei
21	3,811	0,110	Nei	Nei
22	24,24	0,160	Nei	Nei
23	56,66	0,004	Ja	Nei

A.4.4 Varighetskurver - Privathusanalyse



Figur A.5: Varighetskurvene fra alle månedene i de to sesongene, før og etter innføringen av nettariffen, for alle privathusene i Nordre Follo. Langs x-aksen er andelen av måneden gitt i [%], og effektforbruk [kWh/h] langs y-aksen. Heltrukket og stiplet linje representerer henholdsvis før og etter innføringen av nettleien, mens måneden er gitt med fagene som vist i tekstboksen i figuren. Den innzoomede rammen øverst til høyre i alle plottene viser topplasten til varighetskurvene, som forekommer 0-5% av tiden.



Figur A.6: Varighetskurvene fra alle månedene i de to sesongene, før og etter innføringen av nettariffen, for alle privathusene i Fredrikstad. Langs x-aksen er andelen av måneden gitt i [%], og effektforbruk [kWh/h] langs y-aksen. Heltrukken og stiplede linje representerer henholdsvis før og etter innføringen av nettleien, mens måneden er gitt med fagene som vist i tekstboksen i figuren. Den innzoomede rammen øverst til høyre i alle plottene viser topplasten til varighetskurvene, som forekommer 0-5% av tiden.



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway