



Strømproduksjon fra solcelleanlegg i norske husholdninger

Analysen av plusskunder basert på Elhub

TALL

SOM FORTELLER

RAPPORTER / REPORTS

2022/25

Hanne Marit Dalen, Bente Halvorsen og Bodil Merethe Larsen

I serien Rapporter publiseres analyser og kommenterte statistiske resultater fra ulike undersøkelser. Undersøkelser inkluderer både utvalgsundersøkelser, tellinger og registerbaserte undersøkelser.

© Statistisk sentralbyrå

Publisert: 20. juni 2022

ISBN 978-82-587-1546-4 (trykt)

ISBN 978-82-587-1547-1 (elektronisk)

ISSN 0806-2056

Standardtegn i tabeller	Symbol
Ikke mulig å oppgi tall Tall finnes ikke på dette tidspunktet fordi kategorien ikke var i bruk da tallene ble samlet inn.	.
Tallgrunnlag mangler Tall er ikke kommet inn i våre databaser eller er for usikre til å publiseres.	..
Vises ikke av konfidensialitetshensyn Tall publiseres ikke for å unngå å identifisere personer eller virksomheter.	:
Desimaltegn	,

Forord

I denne rapporten dokumenteres arbeidet som er gjort for å beregne strømproduksjon og strømforbruk for husholdninger med solcelleanlegg som er knyttet til strømnettet.

En plusskunde er en nettkunde som både bruker og produserer strøm, og solcelleanlegg er mest vanlig. For SSB er det en målsetting å kunne lage statistikk for plusskunders strømproduksjon, både på grunn av stor allmenn interesse og fordi SSB har leveringsforpliktelser overfor Eurostat. Vi mangler imidlertid data for å produsere statistikk for denne stadig viktigere delen av kraftmarkedet, og vi ønsker å finne en metode for å beregne strømproduksjonen til denne gruppen.

Analysene baserer seg på statistiske sammenhenger i empiriske data fra Elhub og andre registre. Rapporten setter søkelys på analysene som er gjort, og gir også en kort beskrivelse av databearbeiding og datakoblinger.

Statistisk sentralbyrå, 6. mai 2022

Linda Nøstbakken

Sammendrag

Denne rapporten beskriver egenskapene til, og beregner elektrisitetsproduksjonen fra, norske husholdninger som er registrert som plusskunder, dvs. kunder som kan produsere strøm og som kan levere overskuddsstrøm tilbake til strømmettet. Disse analysene baseres på data for perioden mai 2019 til april 2021 fra Elhub, som er et system hvor data fra alle strømmålere i Norge samles. Vårt fokus er plusskunder med solcelleanlegg, siden det i husholdningssektoren nesten utelukkende er slike anlegg det produseres strøm fra. Vind og annet utgjør under 1 prosent av antall plusskunder i husholdningssektoren.

I løpet av den studerte perioden har antall plusskunder økt med i overkant av 150 prosent, fra nesten 2 500 i begynnelsen til over 6 100 i slutten av perioden. Disse husholdningene har en gjennomsnittlig installert effekt i solcelleanlegget på om lag 9 kW og et gjennomsnittlig månedlig salg av strøm til nettet mellom tilnærmet null og 500 kWh.

I rapporten ser vi også på den geografiske plasseringen av husholdningsplusskundene i Norge. Vi finner flest plusskunder i Viken fylke. Ser man imidlertid antall plusskunder relativt til antall husholdninger i de ulike fylkene, er det vanligst å være plusskunde i Agder, etterfulgt av Viken, Rogaland, Vestfold og Telemark og Innlandet.

For å studere hvorvidt plusskunder skiller seg fra andre strømkunder har vi sammenlignet noen sentrale variabler for plusskundene med et tilfeldig utvalg av andre husholdningskunder (ikke-plusskunder). Vi har også fulgt kunder som blir plusskunder i løpet av perioden tilbake i tid (pre-plusskunder), for å se hvordan de har endret forbruket etter at de ble plusskunder og om de avviker fra andre husholdningskunder også i perioden før de blir plusskunder. Vi finner et betydelig høyere kjøp av strøm hos både pre-plusskunder og plusskunder enn i utvalget av andre husholdningskunder. I vintermånedene med høyest kjøp av strøm ser vi heller ingen reduksjon i plusskundernes kjøp som følge av egen produksjon sammenlignet med pre-plusskundene, mens vi ser en klar reduksjon ellers i året og spesielt om sommeren hvor produksjonen er høyest.

Vi finner til dels store forskjeller i husholdningskarakteristika mellom plusskunder og ikke-plusskunder. Plusskundene har en høyere husholdningsinntekt, har flere husholdningsmedlemmer, bor i større grad i eneboliger, har større boligareal og eier i større grad boligen selv enn andre husholdninger. Det er imidlertid ikke store forskjeller i byggeår for boligene.

For å beregne forbruk og produksjon av strøm fra solcelleanlegg hos husholdningsplusskunder lager vi en simuleringsmodell (SOLEL+). Vi finner at plusskundernes produksjon av elektrisitet varierer fra måned til måned, men denne variasjonen er ikke så stor som variasjonen i forbruket. Tilnærmet hele produksjonen av strøm går til eget forbruk om vinteren, men om sommeren selger plusskundene tilnærmet like mye til nettet som de bruker selv av egen produksjon. Vi finner at gjennomsnittlig predikert total produksjon (forbruk av egen produksjon og salg til nettet) per husholdning varierer mellom tilnærmet null og opp mot 1000 kWh per måned over perioden som analyseres.

Abstract

This report describes the characteristics of, and calculates the electricity production from, Norwegian households that are registered as prosumers, i.e., customers who can produce electricity and who supply surplus electricity production back to the electricity grid. These analyses are based on data from Elhub during the period May 2019 to April 2021. Our focus is on prosumers with photovoltaic systems, since in the household sector prosumers almost exclusively have such plants.

During the period studied, the number of prosumers increased by just over 150 per cent, from almost 2,500 to over 6,100. These households have an average of 9 kW load installed and an average sale of electricity between approximately zero and 500 kWh per month.

In the report, we look at the geographical location of household prosumers in Norway. We find most prosumers in Viken county. However, if you compare the number of prosumers relative to the number of households in the counties, being a prosumer is most common in the county of Agder, followed by Viken, Rogaland, Vestfold and Telemark and Innlandet.

To analyse whether prosumer customer group differs from other electricity customers, we have compared some key variables relative to a random sample of other household customers (non-prosumers). We have also followed customers who become prosumers during the period back in time (pre-prosumers) to see how they have changed their consumption after they became prosumers and whether they differ from other households also in the period before they become prosumers. We find a significantly higher purchase of electricity from both pre-prosumers and prosumers compared to the sample of other households. During the winter months, when the purchase of electricity is at its highest, we see no reduction in prosumers' purchases due to their own electricity production compared to pre-prosumers, while we see a clear reduction during the rest of the year and especially during summer when production is at its highest.

We find large differences in household characteristics between prosumers and non-prosumers. Prosumers have a higher household income, live in larger households, live more often in detached houses, have a larger living area, and own the home to a greater extent than the average household. However, there are no major differences in the year of construction for their homes.

Based on the results from our analyses, we create a simulation model to calculate the consumption and production of electricity from photovoltaic systems by household prosumers (SOLEL+). We find that these prosumers' production of electricity varies from month to month, but not as much as their consumption. Almost all electricity production goes to own consumption during the winter, but in the summer these prosumers sell almost as much electricity to the grid as they use of their own production. We find that the predicted expected total production (i.e., the sum of consumption of own production and sales to the grid) per household varies between almost zero and up to 1000 kWh per month over the period being analysed.

Innhold

Forord	3
Sammendrag	4
Abstract	5
1. Innledning	7
2. Hva er en plusskunde?	9
3. Datakilder	10
3.1. Elhub.....	10
3.2. Boforholdsregisteret 2019	11
3.3. Meteorologisk institutt.....	11
3.4. Kort om kobling av data.....	12
4. Beskrivelse av plusskundene	13
4.1. Utviklingen i antall plusskunder	13
4.2. Installert effekt og salg.....	14
4.3. Geografisk fordeling av plusskunder	16
4.4. Sammenligning av plusskunder, pre-plusskunder og ikke-plusskunder	17
5. Simulering av strømproduksjon fra solcelleanlegg	26
5.1. Sammenheng mellom produksjon, forbruk, kjøp og salg av strøm	26
5.2. Estimering av strømforbruksmønsteret	27
5.3. Prediksjonsmodell for forventet strømforbruk og -produksjon	29
5.4. Simulering av strømproduksjon i husholdningene.....	32
6. Diskusjon av metoder for beregning av strømproduksjon fra plusskunder	35
6.1. Beregninger basert på installert effekt.....	35
6.2. Simuleringer basert på estimert forbruksmønster.....	35
7. Konklusjoner	37
Referanser	38
Figurregister	39
Tabellregister	40

1. Innledning

Det grønne skiftet vil kunne innebære en betydelig økning i strømforbruket. For å møte denne økningen er lokal småskala strømproduksjon, hvor strømkunder produserer egen strøm, en løsning. Dette kan foregå ved hjelp av solceller montert på hus og skoler, små vindmøller eller en liten vannturbin installert i en bekk på eiendommen. Strømkunder som kan produsere egen strøm og levere overskuddsstrøm til strømmettet, kalles plusskunder. Økt lokal strømproduksjon fra plusskunder vil også kunne bidra til å redusere økende utfordringer knyttet til utbygging av infrastruktur for å imøtekomme et økende strømforbruk.

Elhub er et nasjonalt register, forvaltet av Statnett, som håndterer måledata og markedsprosesser i det norske kraftmarkedet. Elhub inneholder informasjon om alle strømmålere i Norge, hvilke målepunkter som er knyttet til plusskundeordningen, samt mengden strøm kjøpt fra og levert til strømmettet for disse målepunktene. De fleste plusskundene både kjøper og selger strøm i løpet av en dag, men Elhub gir ikke informasjon om hvor mye disse kundene bruker selv av den strømmen de produserer eller hvor stor deres totale produksjon er. Det innebærer at det per i dag ikke finnes data for plusskunders produksjon av strøm, og heller ikke deres forbruk av egenprodusert strøm. Det gjør at SSB ikke produserer statistikk for produksjonen eller det samlede forbruket av strøm for plusskunder.

For SSB er det en målsetting å lage statistikk for plusskunders produksjon, både på grunn av stor allmenn interesse og fordi SSB har leveringsforpliktelser overfor Eurostat. Siden vi mangler data for å produsere statistikk for en stadig viktigere del av kraftmarkedet, ønsker vi å finne en metode for å beregne denne produksjonen. Med utgangspunkt i Elhub er det flere metoder som kan brukes for å få informasjon om plusskundernes strømproduksjon: i) Utnytte data for installert effekt på utstyret hos plusskundene samt informasjon om solforhold osv. og ut fra det beregne produksjonspotensialet for strøm for denne kundegruppen, og ii) Bruke økonometriske metoder til å beskrive forbruksstrukturen og hvordan denne varierer med ulike nøkkelfaktorer hos en referansepopulasjon, og bruke dette til å beregne forventet forbruk og predikert produksjon for plusskundene.

Formålet med denne rapporten er å beskrive arbeidet som er gjort i forbindelse med beregning av produksjon fra plusskunder basert på økonometriske sammenhenger i observerte data (metode ii). Rapporten beskriver datagrunnlaget og analysene bak simuleringsmodellen for beregning av forventet forbruk og total produksjon. Vårt fokus er husholdningsplusskunder med solcelleanlegg, siden det i husholdningssektoren nesten utelukkende er slike anlegg det produseres strøm fra (vind og annet utgjør under 1 prosent av antall plusskunder i husholdningssektoren). Vi beskriver plusskundene med hensyn til karakteristika ved husholdningen og boligen, og hvordan de avviker fra andre husholdningskunder når det gjelder forbruksmønster for strøm.

Analysene bygger på data fra ulike registre. Informasjon om kjøp og salg av strøm er hentet fra Elhub, og informasjon om karakteristika ved husholdningen og boligen er hentet fra SSBs Boforholdsregister. I tillegg har vi koblet på informasjon fra Meteorologisk institutts elektroniske database, eKlima. For å lage et produksjonsløp for statistikkproduksjon som er lett å gjennomføre, tolke og oppdatere, er prediksjonsmodellen kun basert på informasjon fra Elhub og åpent tilgjengelig informasjon om temperaturforhold. Modellen justeres for vanlige sesongvariasjoner, siden behovet for belysning, oppvarming og kjøling varierer over året. Videre vil ferier og feiringer gi sesongvariasjoner i forbruket. Vi har også inkludert en variabel som fanger opp effekten av koronatiltak på forbruksmønsteret, siden perioden vi studerer er mai 2019 til april 2021.

Basert på estimeringer av forbruksmønsteret til en referansepopulasjon, hvor kjøp av strøm er lik forbruket av strøm i en periode, konstruerer vi en simuleringsmodell som beregner forventet

strømforbruk for kunder som er registrert som plusskunder i Elhub. Denne prediksjonen av forventet strømforbruk, samt informasjon fra Elhub om kjøp og salg av strøm fra og til nettet, brukes til å gi et anslag på produksjon av strøm fra plusskunder og hvor mye de selv bruker av den strømmen de produserer.

I kapittel 2 beskrives hva som menes med en plusskunde og ulike aspekter ved plusskundeordningen, mens kapittel 3 gir en kort gjennomgang av datakildene for analysene. En detaljert beskrivelse av tilrettelegging og kobling av data gis ikke her, men er nærmere dokumentert i Dalen og Halvorsen (2022). I kapittel 4 beskrives plusskundene og karakteristika ved denne kundegruppen sammenlignet med strømkunder som ikke er plusskunder. Formålet med denne delen av analysen er å få en bedre forståelse av hvem plusskundene er og hvordan de eventuelt skiller seg fra andre kunder. Dette er av interesse i seg selv, men er også viktig for å kunne ta bedre valg med hensyn til bruk av referansepopulasjon i simuleringsmodellen. Kapittel 5 beskriver simuleringsmodellen for beregning av månedlig strømforbruk og -produksjon for plusskundene og gir en presentasjon av simulert forventet forbruk og produksjon fra plusskundene i perioden mai 2019 til april 2021. I kapittel 6 diskuterer vi fordeler og ulemper ved ulike metoder for beregning av produksjon fra plusskundene og kapittel 7 gir oppsummering og konklusjoner.

2. Hva er en plusskunde?

En plusskunde er en nettkunde som både bruker og produserer strøm. Typiske plusskunder er husholdninger og bedrifter som har installert solcellepanel eller vindmølle for å produsere strøm i begrenset omfang. En plusskunde er en sluttbruker med forbruk og produksjon bak tilknytningspunktet mot nettselskapet, som typisk er på kundens vegg. Plusskunder må inngå en tilknytnings- og nettleieavtale med sitt nettselskap. Overskuddskraft må selges til en kraftleverandør som kan håndtere både produksjon og forbruk. Plusskunder betaler ikke fastledd for kraften som leveres ut på nettet (innmating) og kan måle og avregne innmating og uttak i et felles målepunkt. Innmatet effekt i tilknytningspunktet skal ikke på noe tidspunkt overstige 100 kW. Gjør den det er plusskundeavtalen brutt, og kunden må betale fastledd for innmating. Plusskunder har anledning til å bruke av egen produksjon «bak måleren», noe som innebærer at dette forbruket ikke blir målt og avregnet. Mer informasjon om plusskundeordningen er gitt på NVE sine nettsider (www.nve.no).

Plusskunder må betale nettleie av strømmen de kjøper fra en kraftleverandør, men de betaler ikke nettleie av det de forbruker selv av egenprodusert strøm. Når en plusskunde produserer mer enn sitt eget forbruk kan plusskunden levere overskuddsstrømmen ut på nettet. De får da ofte betalt av nettselskapet sitt, fordi overskuddsstrøm fra privatpersoner anses som et bidrag til å redusere energitapet i strømmettet. Dette kommer i tillegg til beløpet plusskunden får for salget av strømmen til kraftleverandøren. Hvilken pris plusskunden får for strømmen avhenger av avtalen som gjøres med kraftleverandøren. Denne kraftleverandøren selger også strøm til kunden i perioder hvor kunden ikke klarer å dekke forbruket fra egen produksjon.

Det er utviklet egne apper slik at plusskunder kan følge med på hvor mye de produserer. Denne informasjonen ligger ikke i Elhub, den er kun tilgjengelig for plusskunden. Siden Elhub ikke gir informasjon om hvor mye plusskundene bruker selv av den strømmen de produserer eller hvor stor deres totale produksjon er, må strømforbruk og -produksjon for denne gruppen beregnes.

Strømforbruk knyttet til solcellepaneler hjemme eller på hytta som ikke er koblet til strømmettet, holdes utenfor analysene i denne rapporten. Disse solcelleanleggene er ikke en del av plusskundeordningen, de er ikke registrert i Elhub og vi har ingen informasjon om denne produksjonen.

3. Datakilder

For å gi en beskrivelse av plusskundene trenger vi å benytte data fra ulike kilder. Den viktigste datakilden er Elhub, som er en registerdatabase over alle strømkunder i Norge. Andre viktige datakilder er SSBs Register over husholdninger og boliger (heretter kalt Boforholdsregisteret) og Meteorologisk institutts værdatabase (eKlima). Nedenfor gir vi en kort oversikt over datakildene. En mer utfyllende beskrivelse av tilrettelegging og kobling av data er gitt i Dalen og Halvorsen (2022).

3.1. Elhub

Elhub er et sentralt IT-system som understøtter og effektiviserer kraftmarkedsprosesser som strømsalg, inn- og utflytting og opphør samt distribusjon og aggregering av måleverdier for all forbruk og produksjon i Norge. Statnetts heleide datterselskap Elhub AS har ansvar for å drifte og forvalte Elhub, som ble satt i operativ drift i februar 2019. Elhub, sammen med smarte strømmålere (AMS), innebærer en fulldigitalisering av verdikjeden i strømmarkedet. Elhub beregner og distribuerer underlag for avregning av strømforbruk og strømproduksjon, og kraftleverandører og nettselskaper bruker måleverdiene fra Elhub som underlag for fakturering av strøm og nettleie til alle sluttbrukere i Norge. Mer informasjon er gitt på Elhub sine nettsider (<https://elhub.no/>).

Elhub inneholder informasjon organisert etter målepunkt for hver AMS-måler, dvs. målere som automatisk leser av strømforbruket hver time, installert i norske hjem og bedrifter. SSB har tilgang til aggregerte månedsdata for alle målere registrert i Elhub, siden dette er utgangspunktet for produksjon av SSBs månedlige elektrisitetsstatistikk. Uttrekket fra Elhub som SSB får hver måned gir bl.a. informasjon om samlet strømforbruk/-kjøp for alle målere over en måned, om dette er en husholdningskunde eller en bedriftskunde, om måleren leverer strøm til nettet (plusskundemåler), hva slags produksjonsutstyr måleren er knyttet opp mot, hvor mye strøm som leveres til nettet samt installert effekt på utstyret. I tillegg er det knyttet informasjon om adresse på målepunktet og til sluttbruker, samt et unikt identifikasjonsnummer for hver måler og sluttbruker. Dataene fra Elhub er registerdata, noe som innebærer at vi kan følge en bestemt måler over tid og studere utviklingen. Første måned SSB fikk tilgang til informasjon fra Elhub var for mai 2019.

Til analysene i denne rapporten benytter vi informasjon fra Elhub om to kundegrupper blant husholdningene: plusskunder (både før og etter at de ble plusskunder) og andre kunder (ikke-plusskunder). Elhub er en svært stor registerdatabase og inneholder alle målepunkter i Norge (om lag 3,3 millioner aktive målepunkter), hvorav om lag 2,5 millioner er knyttet til husholdningskunder. For plusskundene er dataomfanget såpass lite at vi kan benytte hele populasjonen, mens for ikke-plusskundene er datatilfanget for stort til populasjonsanalyser. Vi har derfor valgt å trekke et utvalg av 10 000 målere og følge informasjonen vi har for disse målerne over perioden vi har observasjoner for, som er fra mai 2019 til april 2021 (24 måneder). Denne trekningen er basert på de målepunktene som var registrert i Elhub per desember 2019 ved hjelp av en tilfeldig trekkeprosedyre. Det gir oss et paneldatasett for alle plusskundene og et paneldatasett for et utvalg av ikke-plusskunder over 24 perioder (måneder). Utvalget av ikke-plusskunder vi benytter i analysene vil bestå av litt færre enn 10 000 målere på grunn av nye bygg og bygg som blir fraflyttet. Noen observasjoner vil også falle fra på grunn av manglende koblinger mot andre registre. Frafallet er imidlertid lite, og i måneden med færrest observasjoner er i underkant av 3 prosent av det opprinnelige utvalget falt fra.

Vi ønsker å avgrense datasettene til målere for husholdninger, samt skille mellom plusskunder og ikke-plusskunder. Til dette har vi benyttet flere indikatorer i datasettet fra Elhub. For å identifisere husholdningskunder har vi brukt en variabel som heter ENHETS_TYPE, som har verdien «PERS» for personkunder. For å skille mellom kunder som er plusskunder og andre kunder, bruker vi en variabel som heter P-MERKE, som har verdi 1 for plusskunder. Det viser seg imidlertid at det finnes

personkunder som leverte strøm til nettet, men som ikke har verdi 1 på variabelen P-MERKE. Vi har derfor et tilleggskriterium: vi tar med måleren i plusskundeuttrekket dersom kunden er personkunde og har levert strøm til nettet, uavhengig av om variabelen P-MERKE har verdi 0 eller 1. Denne siste gruppen er ikke tatt med i analysene i denne rapporten, men disse dataene ble tatt med i uttrekket for å lære mer om disse kundene. Se Dalen og Halvorsen (2022) for en nærmere beskrivelse av denne gruppen og hvorfor vi besluttet å holde dem utenfor analysene som presenteres i denne rapporten.

Videre ønsker vi å beskrive nivået på strømforbruket til plusskundene før de ble plusskunder. Vi har derfor trukket ut, og følger, disse kundene gjennom hele perioden, både før og etter at de ble plusskunder. Dette uttrekket er basert på identifikasjonsnummeret (S-nummeret) registrert på en plusskundemåler i den første perioden denne måleren er registrert i Elhub. Dette innebærer at vi kan følge kundene knyttet til disse målepunktene og forbruket deres over perioden før de ble plusskunde, samt kjøpet deres av strøm etter at de er registrert som plusskunde.

3.2. Boforholdsregisteret 2019

For å få en forståelse av hva som karakteriserer plusskundene, har vi knyttet dem til en husholdning og en bolig gjennom en kobling mot SSBs Register over husholdninger og boliger (Boforholdsregisteret) for 2019. Vi har koblet informasjon fra Elhub og Boforholdsregisteret ved å benytte et anonymisert identifikasjonsnummer (S-nummer) som er felles for begge registrene. Boforholdsregisteret inneholder informasjon fra flere ulike registre, bl.a. Folkeregisteret, Ligningsregisteret og Matrikkelen, og er organisert med husholdning som enhet, noe som gjør det mulig å knytte en husholdning og en bolig til den enkelte måleren.

Boforholdsregisteret gir informasjon om karakteristika ved husholdning og bolig, som størrelse og type bolig, antall medlemmer i husholdningen, kjønn, alder og samlet husholdningsinntekt. Det inneholder også informasjon om adresse for boenhet og et unikt identifikasjonsnummer (S-nummer) for hver av medlemmene i husholdningen. Mer informasjon om Boforholdsregisteret er gitt på SSBs nettsider (<https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/bolig-og-boforhold/statistikk/boforhold-registerbasert>).

3.3. Meteorologisk institutt

Informasjon om værforhold er hentet fra Meteorologisk institutts værdatabase, eKlima. Den inneholdt data for hver enkelt værstasjon og i hvilken kommune den er lokalisert. I vår analyse benytter vi månedssdata for middeltemperatur, minimums- og maksimumstemperatur, samt middelerdien over måneden for observert minimums- og maksimumstemperatur over døgnet, etter målestasjoner. Mer informasjon finnes på Meteorologisk institutts nettsider (<https://seklima.met.no/>).

Det finnes informasjon om stasjonsnummer og kommunelokasjon i form av navn på kommunen en værstasjon befinner seg i, men vi har ikke informasjon om kommunenummer fra eKlima. Dette er problematisk når vi skal koble, siden små forskjeller i staving av kommunenavnet ikke gir match i koblingen. For å koble data relatert til værforhold til Elhub og Boforholdsregisteret trenger vi derfor en koblingsnøkkel mellom stasjonsnummer og kommunenummer. En slik koblingsnøkkel er laget basert på informasjonen om kommunenavn og stasjonsnummer fra eKlima og en liste over sammenhengen mellom kommunenummer og kommunenavn. Denne koblingsnøkkelen lages manuelt for å unngå problemer i de tilfellene hvor kommunenavn er stavet ulikt i de to kildene, og denne koblingsnøkkelen må korrigeres dersom nye stasjoner som ikke tidligere er registrert kommer til. Dette kan skje dersom en værstasjon har vært ute av drift gjennom hele den perioden vi ser på (mai 2019 til april 2021), men så kommer i drift igjen på et senere tidspunkt.

3.4. Kort om kobling av data

Registrene vi kobler for husholdningskundene er Elhub og Boforholdsregisteret. De månedlige observasjonene i Elhub blir koblet til en sammenhengende tidsserie ved hjelp av målnummer, mens tidsserien fra Elhub blir koblet til Boforholdsregisteret via S-nummer. Det er viktig å legge merke til at vi kun har informasjon fra Boforholdsregisteret på ett tidspunkt (desember 2019), noe som innebærer at vi implisitt forutsetter at variabelverdiene fra Boforholdsregisteret er konstante over perioden vi studerer. Dette ble gjort fordi på det tidspunktet analysen ble gjort var dette de nyeste dataene som var tilgjengelig fra Boforholdsregisteret. Om denne analysen skal oppdateres på et senere tidspunkt vil det være mulig å koble på Boforholdsregisteret for hvert enkelt år, og dermed få med endringer i husholdnings- og boligkarakteristika gjennom analyseperioden.

Disse registrene blir koblet til værdataene fra eKlima (Meteorologisk institutt), som er registrert på værstasjonsnummer, ved hjelp av koblingsnøkkelen mellom stasjonsnummer og kommunenummer.

Vi har dermed to hovedkategorier av data: i) De som varierer over tid og over strømmåler (variabler fra Elhub samt utetemperatur), hvor vi har observasjoner for perioden mai 2019 til april 2021 (24 måneder), og ii) de som kun varierer over strømmåler (variabler fra Boforholdsregisteret per desember 2019). Paneldimensjonen i dataene er knyttet til strømmåler.

For mer informasjon om disse koblingene av data, se Dalen og Halvorsen (2022).

4. Beskrivelse av plusskundene

Det kan være mange årsaker til at en husholdning ønsker å bli plusskunde, både teknisk interesse, miljøhensyn, for å dekke en forventet økning i strømforbruket (f.eks. som følge av anskaffelse av elbil) og muligheter for å spare energikostnader. Vi har i utgangspunktet relativt få forventninger om hvem plusskundene er og hvordan forbruket deres avviker fra andre kunder, både før og etter at de ble plusskunder. Vi kan imidlertid stille noen hypoteser som utgangspunkt for å beskrive plusskundene ved hjelp av empiriske data.

Solcelleanlegg har en relativt høy investeringskostnad og tilbakebetalingstiden på anlegget reduseres betydelig med nivået på strømforbruket. Det er derfor grunn til å tro at husholdninger som velger å investere i et solcelleanlegg i utgangspunktet bruker mer strøm i gjennomsnitt enn andre husholdninger. Sannsynligvis har de også høyere inntekt. Videre forventer vi at det er en overvekt av eneboliger og våningshus blant plusskundene, blant annet på grunn av at det har vært vanskelig for borettslag å bli plusskunde i den perioden vi har observasjoner for. Vi forventer også at de i hovedsak befinner seg i de sørlige delene av landet siden produksjonspotensialet på vinteren, når en husholdning trenger mest strøm, er størst der.

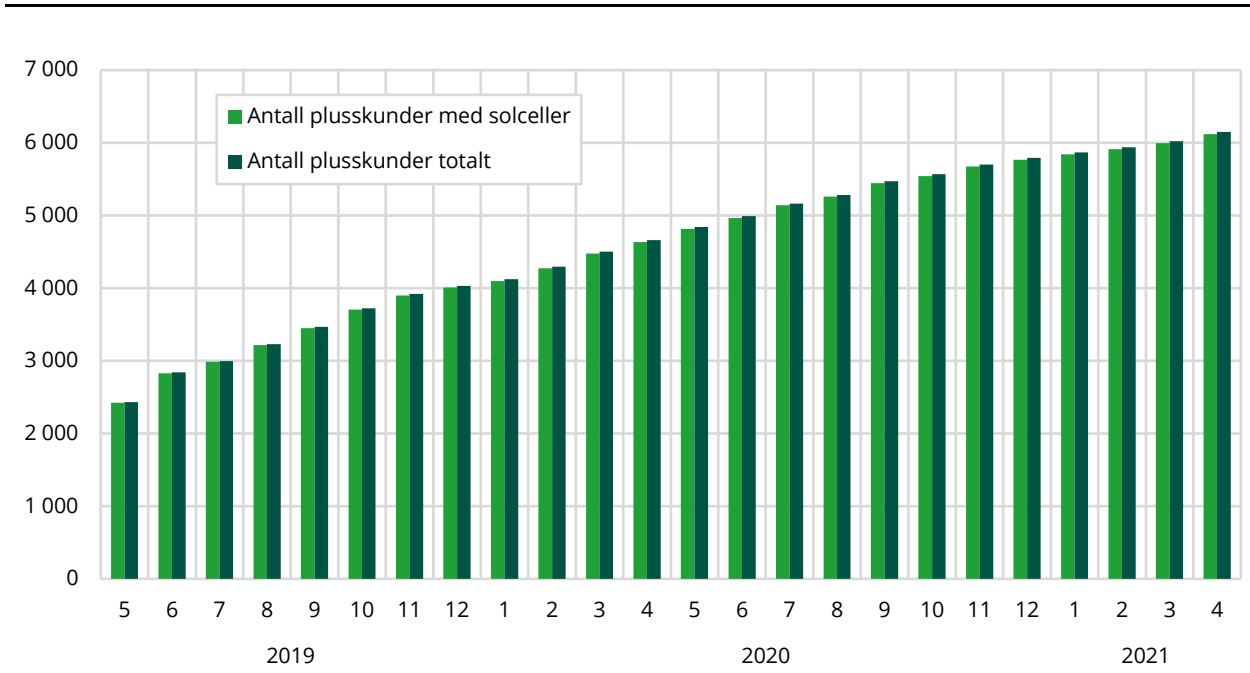
Disse hypotesene vil vi belyse i dette avsnittet ved hjelp av deskriptiv statistikk. Vi studerer forskjeller mellom husholdninger som er plusskunder og husholdninger som er vanlige strømkunder (ikke-plusskunder). I tillegg studerer vi gruppen av husholdninger i perioden før de blir plusskunder (pre-plusskunder). Vi er opptatt av å beskrive hvordan plusskundene avviker fra vanlige strømkunder, både før og etter at de er registrert som plusskunde, for bedre å forstå hvem som velger å bli plusskunde. Dette vil også hjelpe oss å ta bedre valg med hensyn til referansepopulasjon når vi skal lage en simuleringsmodell for total produksjon av strøm fra plusskunder med solcelleanlegg.

4.1. Utviklingen i antall plusskunder

Plusskunder er en kundegruppe som har vokst kraftig i den perioden vi studerer. Figur 4.1 viser utviklingen i antall plusskunder totalt og antall plusskunder med solcelleanlegg fra mai 2019 til april 2021. Vi ser at nesten alle plusskunder i husholdningene (over 99 prosent) har solcelleanlegg. Noen få plusskunder har andre typer produksjonsutstyr, men som figur 4.1 viser er disse svært få i antall.

Vi ser av figur 4.1 at antallet plusskunder er mer enn doblet i løpet av de to årene vi har observasjoner for, fra et antall på 2 425 husholdninger i mai 2019 til 6 118 i april 2021. Antall plusskunder er imidlertid svært lite i forhold til de om lag 2,5 millioner husholdningsmålerne.

Vi ser en svak tendens til at økningen i antall plusskunder har avtatt over perioden, men dette kan skyldes svingninger over året ved at antall nye plusskunder er lavere på vinteren enn ellers i året.

Figur 4.1 Antall plusskunder totalt og plusskunder med solcelleanlegg, mai 2019 – april 2021

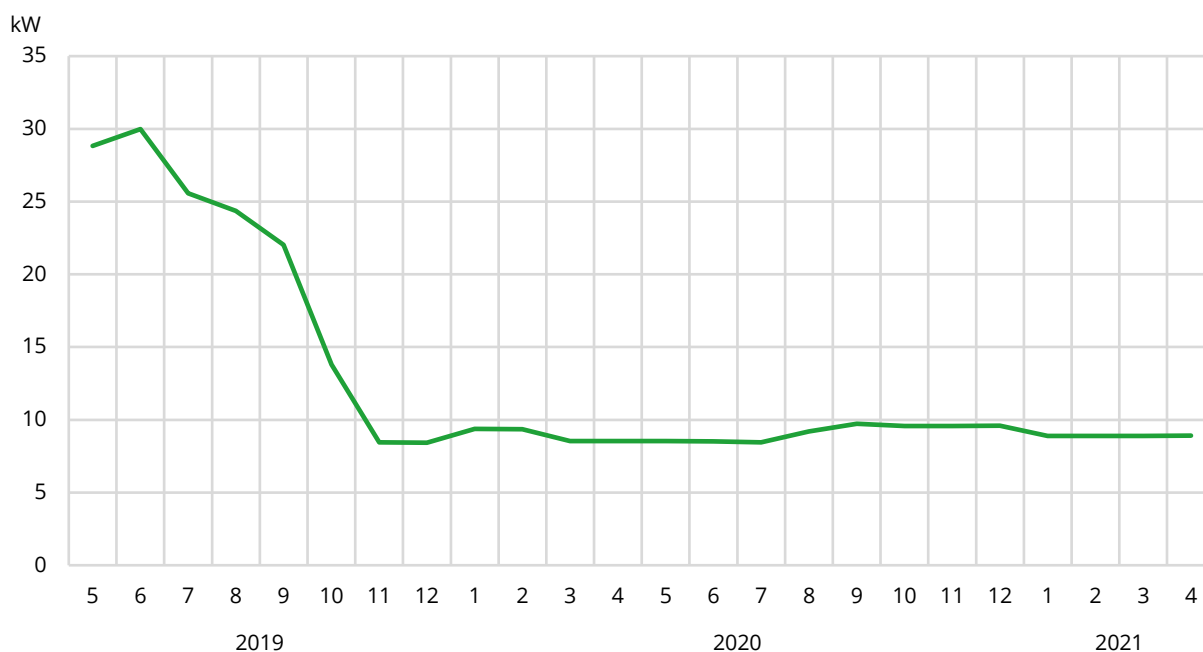
Kilde: Elhub

Analysene i resten av denne rapporten setter søkelys på plusskunder i husholdningene med solcelleanlegg, både fordi de utgjør hovedtyngden av plusskundene i husholdningene og fordi vi ønsker å skille mellom ulike typer husholdningsproduksjon for statistikkformål. Simuleringsmodellen vi har laget for beregning av produksjon fra plusskunder i husholdningene (SOLEL+), fokuserer av den grunn kun på plusskunder med solcelleanlegg. Det ville vært interessant å studere plusskunder med annen teknologi enn solceller, men datagrunnlaget er ikke stort nok til å lage tilsvarende analyser for andre kundegrupper.

4.2. Installert effekt og salg

Hvor mye av strømforbruket som kan dekkes av egenproduksjon er avhengig av blant annet installert effekt på produksjonsanleggene. Installert effekt gir en øvre grense for produksjonen under optimale forhold, og kan brukes som grunnlag for beregninger av produksjonspotensialet.

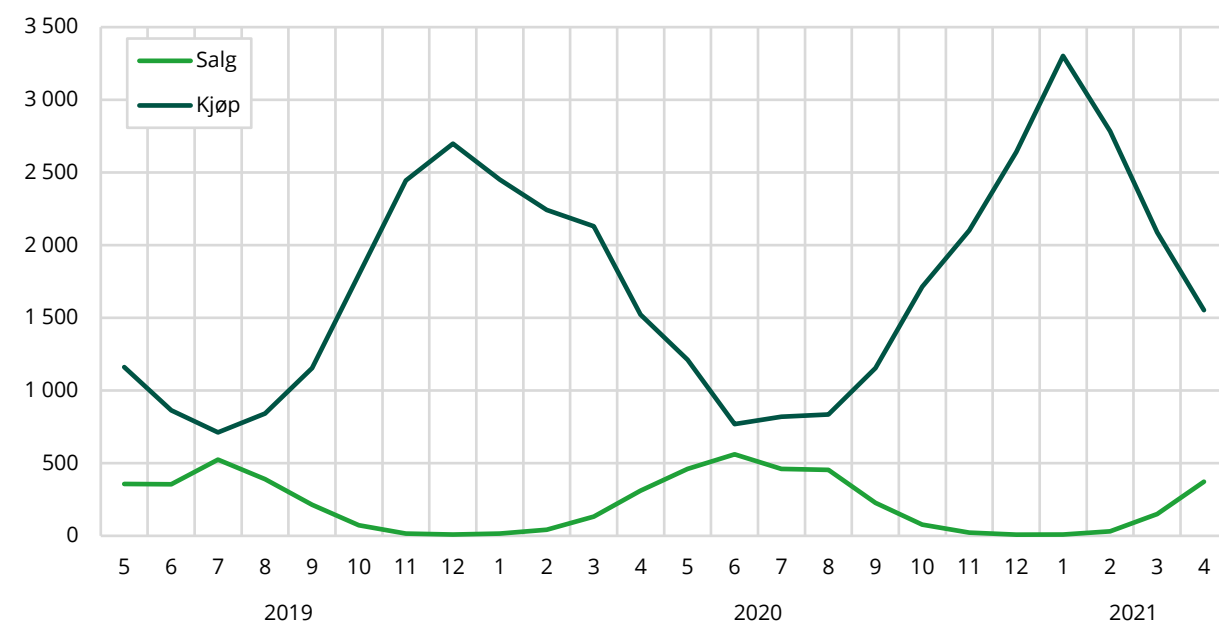
Figur 4.2 viser at gjennomsnittlig installert effekt er om lag 9 kW for de fleste av månedene vi studerer. Det er imidlertid noen ekstremobservasjoner. I dataene fra Elhub er det registrert enkelte anlegg med en installert effekt som er svært høy, noe som gir store utslag i gjennomsnittlig installert effekt, spesielt for noen måneder i 2019. Elhub har også tilfeller hvor plusskunder er registrert med positivt salg av strøm og samtidig 0 kW installert effekt. Disse problemene ser ut til å være størst i oppstartsfasen av Elhub. Ved bruk av disse dataene til beregning av produksjonspotensialet bør man derfor være oppmerksom på disse problemene og gjøre en vurdering av hvordan de vil påvirke resultatene.

Figur 4.2 Gjennomsnittlig installert effekt på solcelleanlegg for husholdninger registrert som plusskunder i Elhub, kW, mai 2019 – april 2021

Kilde: Elhub

Installert effekt kan si noe om potensialet for produksjon, men hvor mye som faktisk produseres og hvor mye som leveres til nettet, avhenger også av solinnstråling, vedlikehold og rengjøring og hvor mye plusskunden velger å bruke av egen produksjon. Elhub har ikke informasjon om forbruk og produksjon for plusskundene, men kun salg og kjøp av strøm til og fra nettet. Forskjellen mellom kjøp og forbruk, og salg og produksjon er mengden strøm som brukes av egen produksjon (se også avsnitt 5.1 for en nærmere beskrivelse av disse sammenhengene).

I figur 4.3 har vi gjengitt gjennomsnittlig månedlig kjøp og salg av strøm fra Elhub gjennom hele observasjonsperioden for plusskunder med solcelleproduksjon. Vi ser fra figuren at kjøp av strøm overstiger salg av strøm for disse plusskundene gjennom hele perioden, selv midt på sommeren når produksjonen er høyest og forbruket lavest. Dette kan virke overraskende, men det er viktig å merke seg at forbruk og produksjon av strøm ikke nødvendigvis foregår på samme tidspunkt. Produksjonen skjer i all hovedsak midt på dagen når solen står høyest, mens forbruket skjer til alle døgnets tider. Husholdningene har normalt en forbrukstopp på morgenen og en på ettermiddagen (Ericson og Halvorsen, 2008), men det er også en del forbruk til kjøleskap, fryser, stand-by, lys i enkelte rom, etc. som må dekkes med kjøp av strøm fra nettet i de timene husholdningen ikke produserer nok strøm selv. Dette gjør at plusskundene både kan kjøpe og selge strøm i samme måned. Figur 4.3 indikerer at behovet for å kjøpe strøm til basisforbruk i perioder man ikke produserer selv (kveld/natt/tidlig morgen/overskyet) er større enn restproduksjonen som selges i de periodene man produserer strøm og bruker av egen produksjon, selv midt på sommeren.

Figur 4.3 Gjennomsnittlig kjøp og salg av strøm for plusskunder med solcelleanlegg, kWh, mai 2019 - april 2021

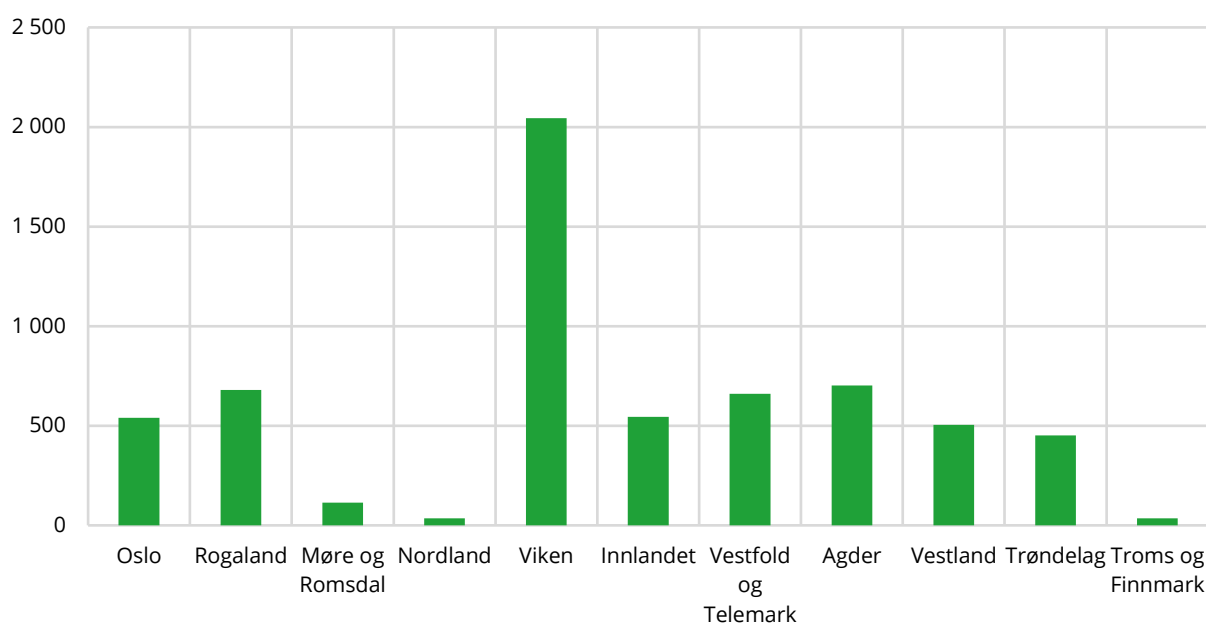
Kilde: Elhub

4.3. Geografisk fordeling av plusskunder

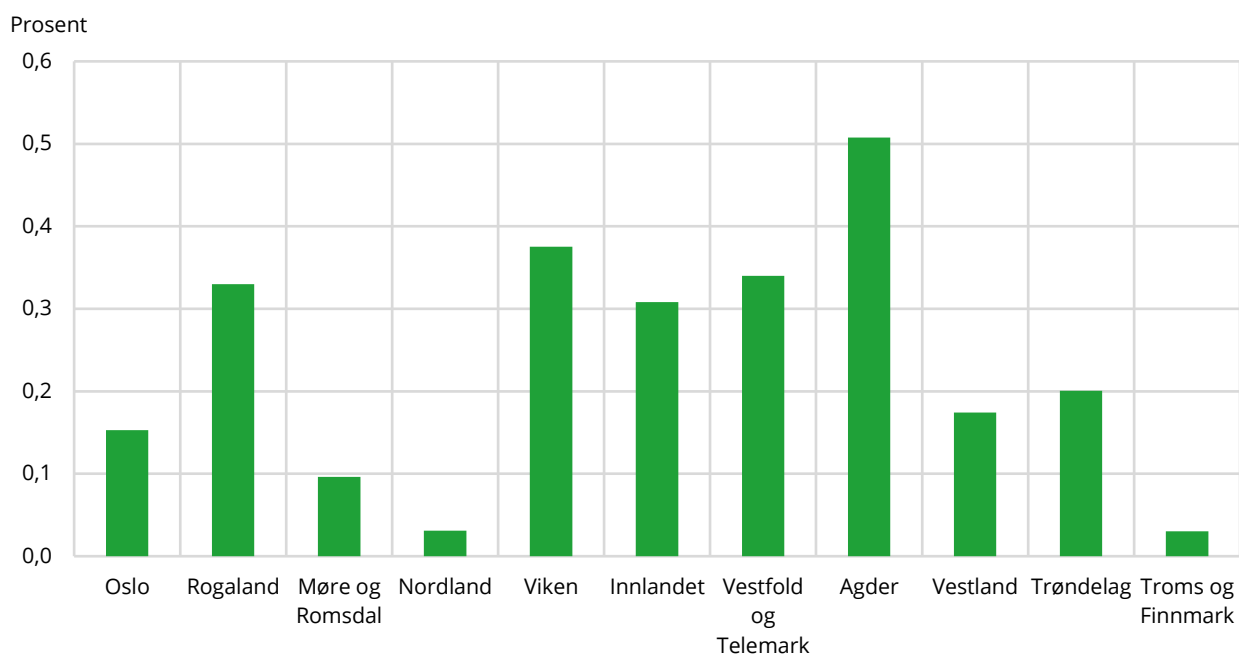
Norge er lokalisert langt mot nord, og solinnstrålingen vinterstid er relativt lav (eller ikke-eksisterende) i store deler av året. Strømproduksjon fra solcelleanlegg er av den grunn mest lønnsomt i de sørlige delene av landet, og vi forventer at de fleste plusskundene er lokalisert i de sørligste fylkene.

Figurene 4.4 og 4.5 viser geografisk lokalisering etter fylke av husholdninger som er plusskunder med solcelleanlegg, både absolutt antall husholdninger og som andel av husholdninger i fylket. Ser vi på antall plusskunder (figur 4.4) er Viken dominerende, med drøyt 2 000 plusskunder, etterfulgt av Agder med om lag 700 plusskunder. Vi ser at det er nesten ingen plusskunder i Møre og Romsdal, Nordland og Troms og Finnmark. Det er imidlertid overraskende mange plusskunder i Trøndelag - nesten like mange som i Vestland, Innlandet og Oslo.

På grunn av store forskjeller i antall husholdninger mellom de ulike fylkene kan absolutte forskjeller i antall plusskunder gi et skjevt bilde av hvor vanlig det er å være plusskunde i ulike deler av landet. Vi har derfor beregnet antall plusskunder per fylke som andel av antall husholdninger i de ulike fylkene, vist i figur 4.5. Vi ser at det er relativt sett mest vanlig å være plusskunde i Agder, hvor 5 promille av husholdningene er plusskunder, etterfulgt av Viken, med 4 promille. Av figur 4.5 ser vi også at det er mer vanlig å være plusskunde i Trøndelag enn i Vestland og Oslo, selv om dette fylket ligger lenger nord. Dette indikerer at det er lokale forskjeller i holdninger, sammensetning av boligtyper, forbruksmønster eller andre faktorer som gjør at det ikke er én-til-én-sammenheng mellom solinnstråling og hvor mange som ønsker å bli plusskunde.

Figur 4.4 Antall plusskunder per fylke

Kilde: Elhub og Boforholdsregisteret 2019

Figur 4.5 Antall plusskunder som andel av antall husholdningskunder per fylke, prosent

Kilde: Elhub og Boforholdsregisteret 2019

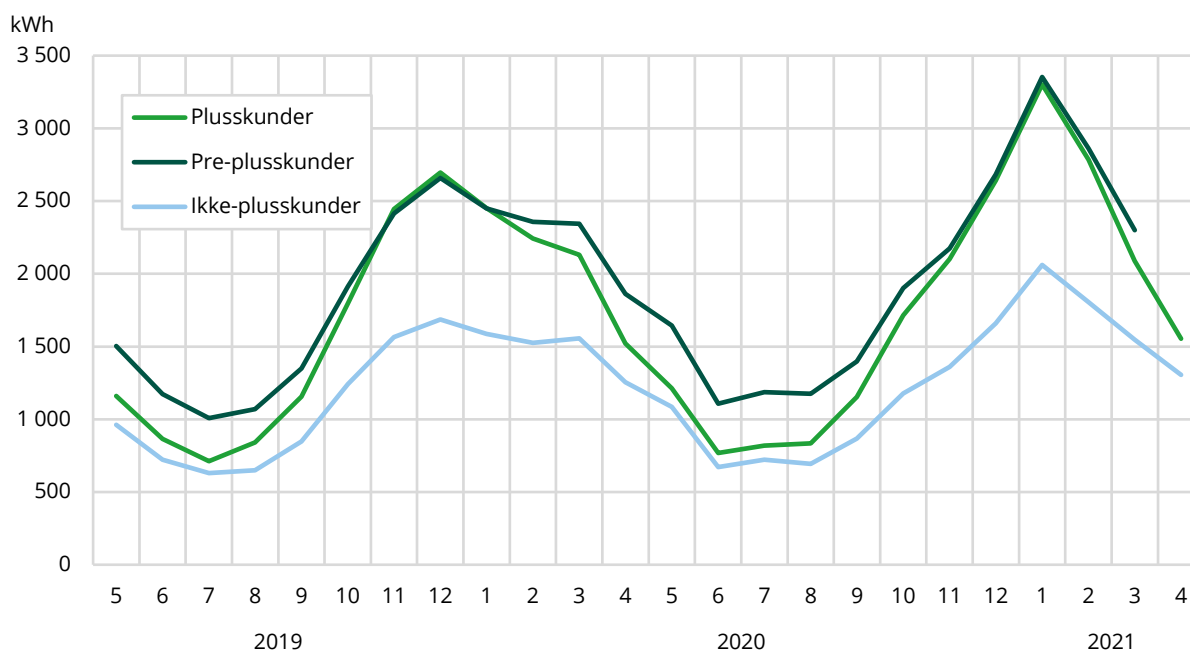
4.4. Sammenligning av plusskunder, pre-plusskunder og ikke-plusskunder

Vi ser av figur 4.5 at det er flere plusskunder i Trøndelag enn vi ville forvente dersom solinnstrålingen var den eneste faktoren som var viktig for beslutningen om å bli plusskunde eller ikke. I dette avsnittet vil vi beskrive ulike karakteristika ved plusskundene og hvordan de avviker fra andre husholdningskunder, både ikke-plusskunder og pre-plusskunder.

Strømforbruk

En mulig viktig forklaringsfaktor for ønsket om å bli plusskunde er den økonomiske lønnsomheten knyttet til et solcelleanlegg. Nivået på strømforbruket vil da være viktig. Figur 4.6 viser gjennomsnittlig kjøp av strøm for de tre kundegruppene ikke-plusskunder, plusskunder og pre-plusskunder (dvs. plusskunder i perioden før de blir plusskunder).

Figur 4.6 Gjennomsnittlig kjøp av strøm for ulike kundegrupper, kWh, mai 2019 – april 2021



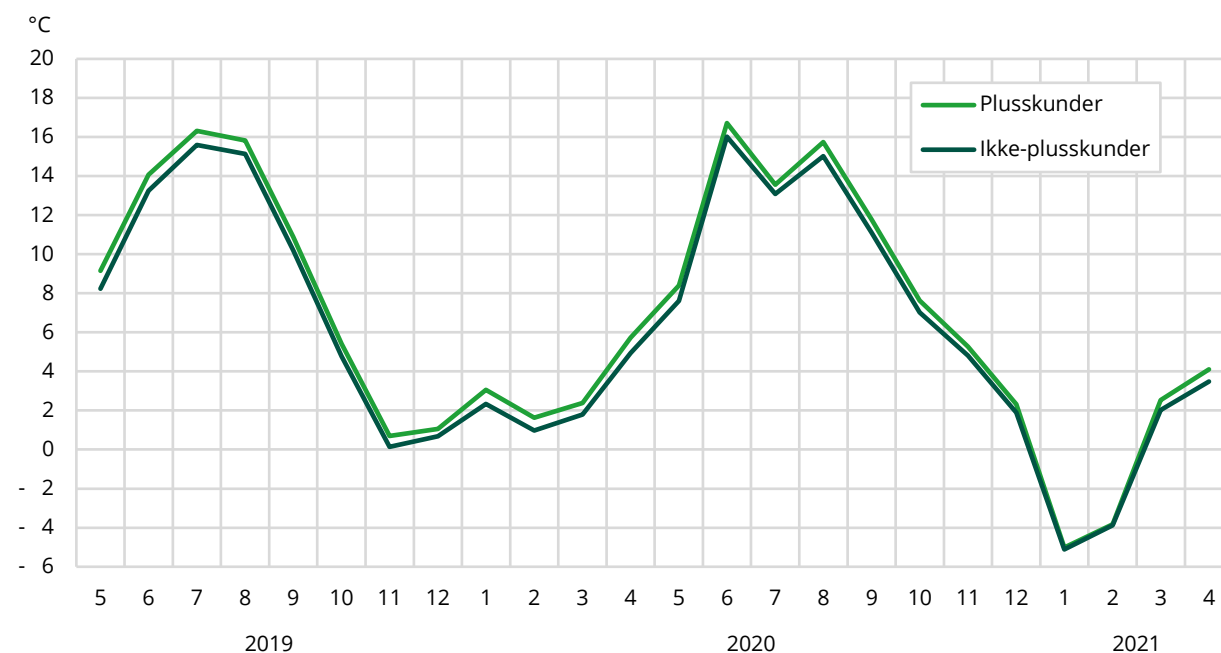
Kilde: Elhub og Boforholdsregisteret 2019

Vi ser at gjennomsnittlig strømkjøp for ikke-plusskunder er lavere enn kjøpet for de to andre gruppene i hele perioden, samt at pre-plusskundernes kjøp er høyest. Videre viser figur 4.6 at pre-plusskundernes kjøp er høyere enn plusskundernes for alle måneder bortsett fra noen få måneder på vinteren. Plusskunderne har tilsvarende strømkjøp som pre-plusskunderne om vinteren og lavere om sommeren og vår/høst. Dette indikerer at plusskunderne produserer mest om sommeren hvor forbruket er lavest, og at produksjonen ser ut til å være relativt lav midtvinters når forbruket er høyest. Dette er som forventet, siden solinnstrålingen er mye lavere om vinteren enn om sommeren. Dersom plusskunderne har noe produksjon også midtvinters som de konsumerer selv, indikerer disse dataene også at plusskunderne øker forbruket etter at solcelleanlegget installeres. At strømförbruket ser ut til å gå opp midtvinters kan tyde på at endringene er knyttet til oppvarming. Forklaringen kan være at installeringen av solcelleanlegg helt eller delvis var motivert ut fra en forventet økning i strømförbruket og at husholdningen samtidig med installeringen av solcelleanlegg investerer i annet utstyr (for eksempel elbil), tar inn leieboere eller utvider boligarealet. En annen forklaring kan være at overgangen til å bli plusskunde innebærer en del økonomiske fordeler, ved at utgiftene til kjøp av strøm går ned samtidig som de tjener penger på salg av strøm til nettet. Egenprodusert strøm medfører at strømprisen går ned relativt til perioden før de ble plusskunde, noe som kan føre til systematiske endringer i adferden. Eksempler på dette kan være at husholdningen varmer opp deler av boligen som tidligere har stått kald om vinteren, bruker strøm som oppvarmingskilde i større grad enn før, holder høyere innetemperatur og kjører mer elektrisk bil. Rebound-effekter i boligoppvarmingen har vi også observert og analysert tidligere (se bl.a. Halvorsen og Larsen, 2021).

Vi ser av figur 4.6 at forbrukstoppen vinteren 2020/21 var mye høyere enn forbrukstoppen vinteren før. Årsaken til dette er at denne vinteren var mye kaldere. Figur 4.7 viser middeltemperaturen per måned (°C) for plusskunderne og ikke-plusskunderne. Figuren viser gjennomsnittlig

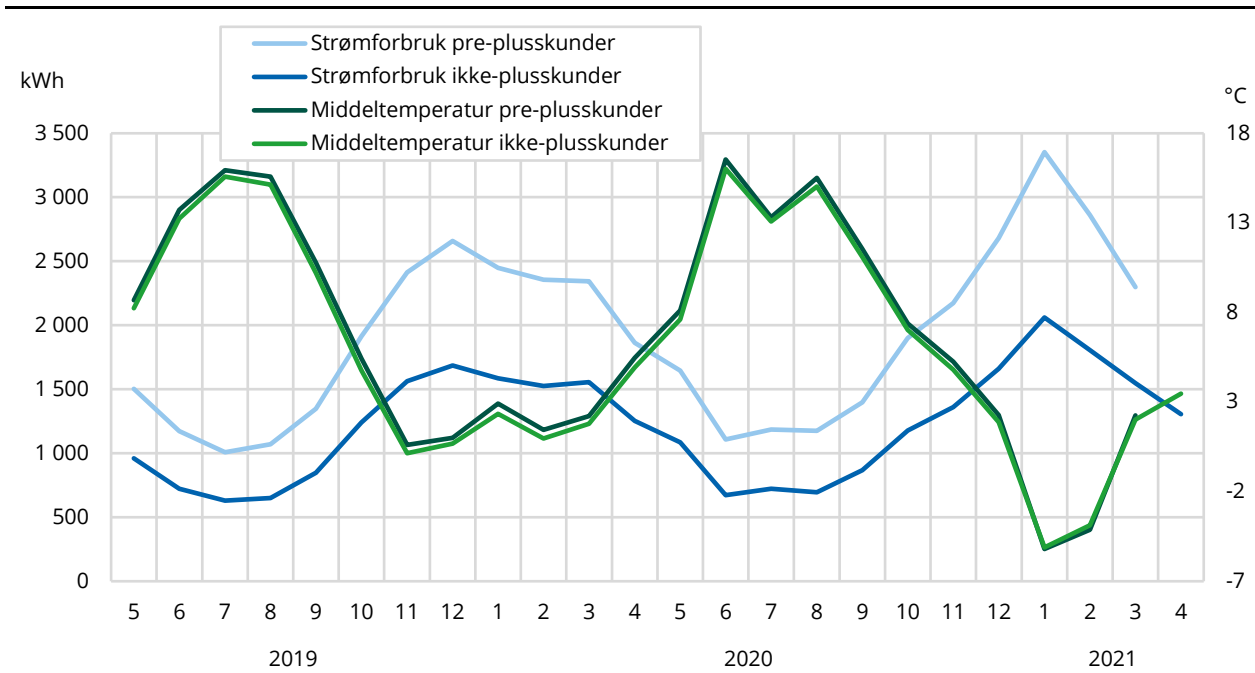
middeltemperatur over alle værstasjonene i kommunen hvor husholdningen er bosatt. Vi ser at det er noen forskjeller i temperaturen mellom de to gruppene, ved at plusskundene har en noe høyere utetemperatur enn ikke-plusskundene. Årsaken kan være at plusskundene bor lenger sør i landet. Vi ser imidlertid at januar og februar 2021 var tilnærmet like kalde for alle og mye kaldere enn januar og februar 2020, hvor det var relativt mildt og gjennomsnittlig middeltemperatur knapt kom under 0 °C. Dette er viktig, siden det er en sterk sammenheng mellom strømforbruk og utetemperatur i norske husholdninger, hvor oppvarming i stor grad er basert på strøm.

Figur 4.7 Utetemperatur for ulike kundegrupper, °C, mai 2019 - april 2021



Kilde: Elhub og Meteorologisk institutt

Figur 4.8 viser utetemperatur og strømforbruk for pre-plusskunder og ikke-plusskunder. Pre-plusskundene er de samme husholdningene som plusskundene, men de er observert før de ble plusskunder (kjøp av strøm tilsvarer da forbruket av strøm). Pre-plusskundene kan derfor gi et bilde av hvordan strømforbruket varierer med utetemperatur hos plusskundene før de installerte solcelleanlegg. Vi ser av figuren at pre-plusskundene har et høyere nivå på strømforbruket for samme utetemperatur enn ikke-plusskundene, men forbruksmønsteret (dvs. hvordan forbruksprofilen varierer med utetemperaturen) ser ut til å være relativt likt.

Figur 4.8 Utetemperatur og strømforbruk for ikke-plusskunder og pre-plusskunder, kWh og °C, mai 2019 – april 2021

Kilde: Elhub og Meteorologisk institutt

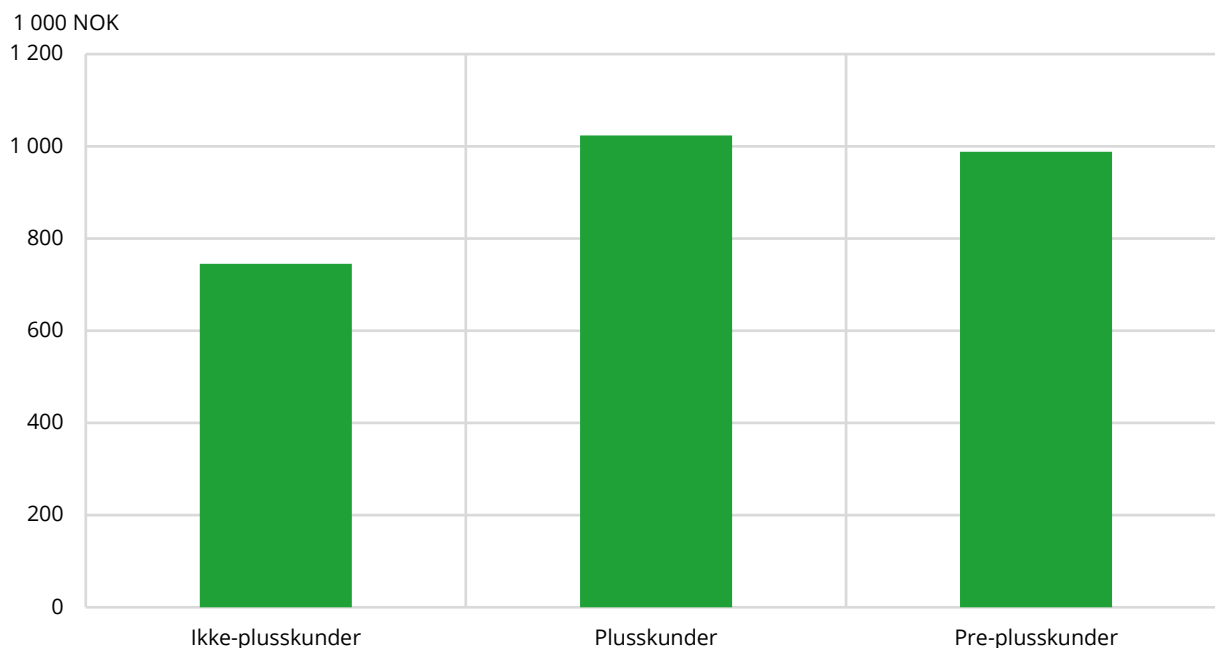
Husholdnings- og boligkarakteristika

I det foregående har vi vist at pre-plusskundene har et betydelig høyere forbruk enn ikke-plusskundene på tross av at de bor i områder med noe mildere klima. Det må derfor være andre årsaker enn klima til høyere forbruk og det er nærliggende å tro at forskjeller i karakteristika ved husholdningen og boligen er viktige.

Investeringer i et solcelleanlegg er kostbart, og det er rimelig å anta at gjennomsnittsinntekten er høyere for plusskundene enn for ikke-plusskunder. Figur 4.9 viser husholdningsinntekt for de tre kundegruppene plusskunder, ikke-plusskunder og pre-plusskunder. Vi ser av figuren at plusskundene har betydelig høyere husholdningsinntekt enn ikke-plusskundene og noe høyere inntekt enn pre-plusskundene. Pre-plusskundene er de samme husholdningene som plusskundene, men observert på ulike tidspunkter i perioden før de ble plusskunder. Forskjell i gjennomsnittsinntekt mellom plusskunder og pre-plusskunder kan indikere en forskjell i hvilken type husholdninger som ble plusskunder først, dvs. at dette er en indikasjon på «first mover»-effekter i dataene. Det kan også skyldes at renoveringer som ble gjort i forbindelse med solcelleinstalleringen har ført til en økning i inntektene i seg selv, f.eks. ved nye utleieenheter i boligen og ved salg av strøm til nettet. Vi har ikke data for dette, men det er grunn til å tro at begge effekter bidrar.

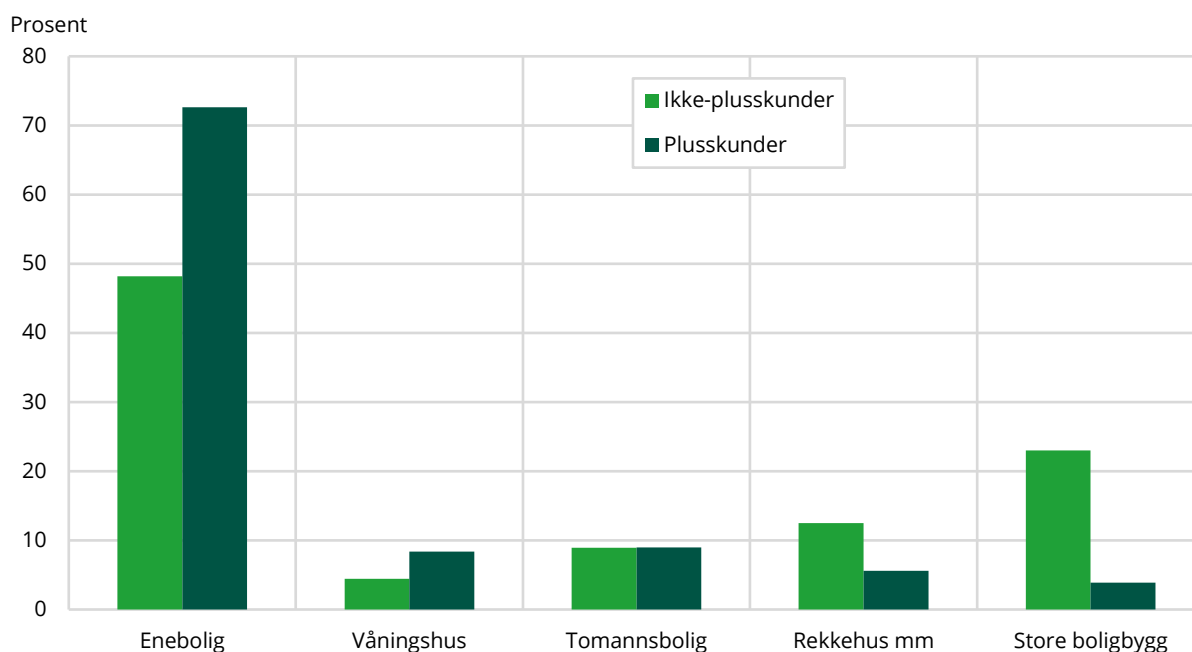
Det er også rimelig å tro at en større andel av plusskundene bor i eneboliger og våningshus sammenlignet med husholdningene ellers. Det er en relativt lav andel plusskunder i Oslo, hvor det er mye blokkbebyggelse sammenlignet med andre fylker på tilsvarende breddegrad. Dataene våre støtter denne hypotesen. Vi ser av figur 4.10 at det er relativt flere plusskunder i eneboliger og våningshus, og klart færre plusskunder i rekkehus og store boligbygg.

Figur 4.9 Gjennomsnittlig husholdningsinntekt etter skatt for ulike kundegrupper, 1000 kr



Kilde: Elhub og Boforholdsregisteret 2019

Figur 4.10 Boligtype for plusskunder og ikke-plusskunder, prosent¹



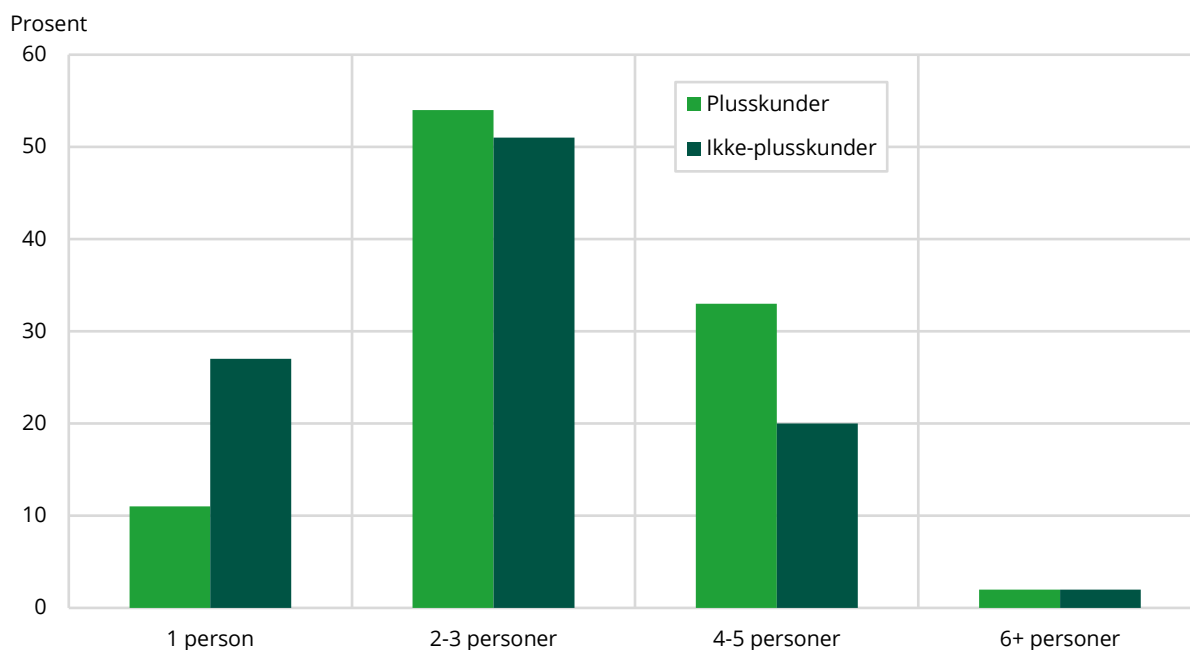
¹ Tallene summerer seg ikke til 100 da ikke alle kategorier er med
 Kilde: Elhub og Boforholdsregisteret 2019

I figur 4.10 skiller vi ikke mellom pre-plusskunder og plusskunder, i og med at det ikke er noen nevneverdig forskjell i gjennomsnittsverdien for disse to gruppene. Det samme er tilfelle for de resterende figurene, og pre-plusskundene er derfor ikke inkludert i de etterfølgende figurene. Det indikerer at det ikke er noen «first-mover»-effekter å spore med hensyn til disse variablene, noe som kan indikere at forskjellen i gjennomsnittsinntekten mellom pre-plusskunder og plusskunder i all hovedsak skyldes økning i inntekt etter at solcelleanlegget er installert. Vi er imidlertid ikke i stand til å bekrefte eller avkrefte denne hypotesen basert på datamaterialet som foreligger.

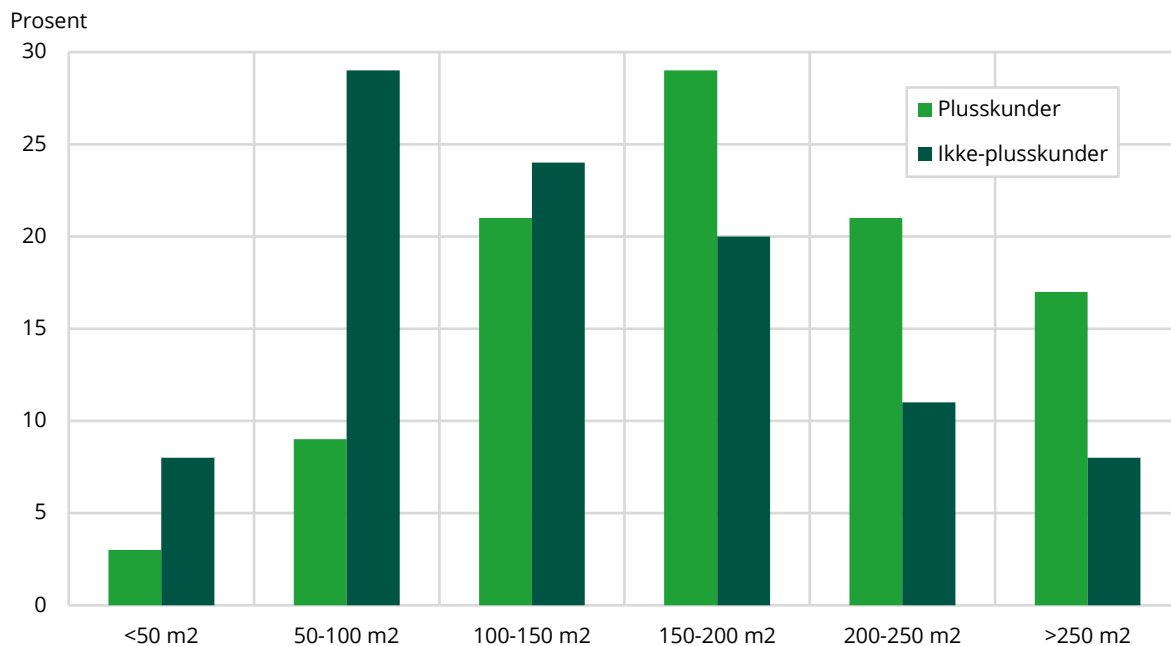
Det er også andre faktorer som påvirker strømforbruket, og dermed også lønnsomheten av et solcelleanlegg. Strømforbruket vil f.eks. øke med antall medlemmer i husholdningen, og det vil derfor være relativt mer lønnsomt for store husholdninger å investere i et solcelleanlegg enn for mindre husholdninger, alt annet likt. Figur 4.11 viser andelen av husholdningene som er plusskunder og ikke-plusskunder etter husholdningsstørrelse. Vi ser av figuren at det er relativt færre én-personhusholdninger og flere 4-5-personhusholdninger blant plusskundene sammenlignet med vanlige strømkunder.

Siden en stor del av strømforbruket går til oppvarming forventer vi også at lønnsomheten av solcelleanlegget øker med størrelsen på boligen. Figur 4.12 viser andelen husholdninger i de to kundegruppene etter størrelsen på boligen. Vi ser at andelen plusskunder relativt til andre husholdningskunder øker med størrelsen på boligen. Det ser også ut til at det er et vendepunkt ved en boligstørrelse over 150 m². Dette henger nok sammen med at eneboliger er større enn leiligheter, og at mye av den effekten vi ser her like gjerne kan tilskrives at anleggene i større grad installeres i frittliggende boliger enn i andre typer bygg (se diskusjonen av figur 4.10). Noe av grunnen kan ligge i at større husholdninger har større boliger. Det er imidlertid grunn til å tro at det er en ekstra effekt av størrelsen på boligen, fordi større boliger krever mer oppvarming og dermed høyere forbruk, noe som øker lønnsomheten av investeringen i solcelleanlegget.

Figur 4.11 Antall personer i husholdningen for ulike kundegrupper, prosent

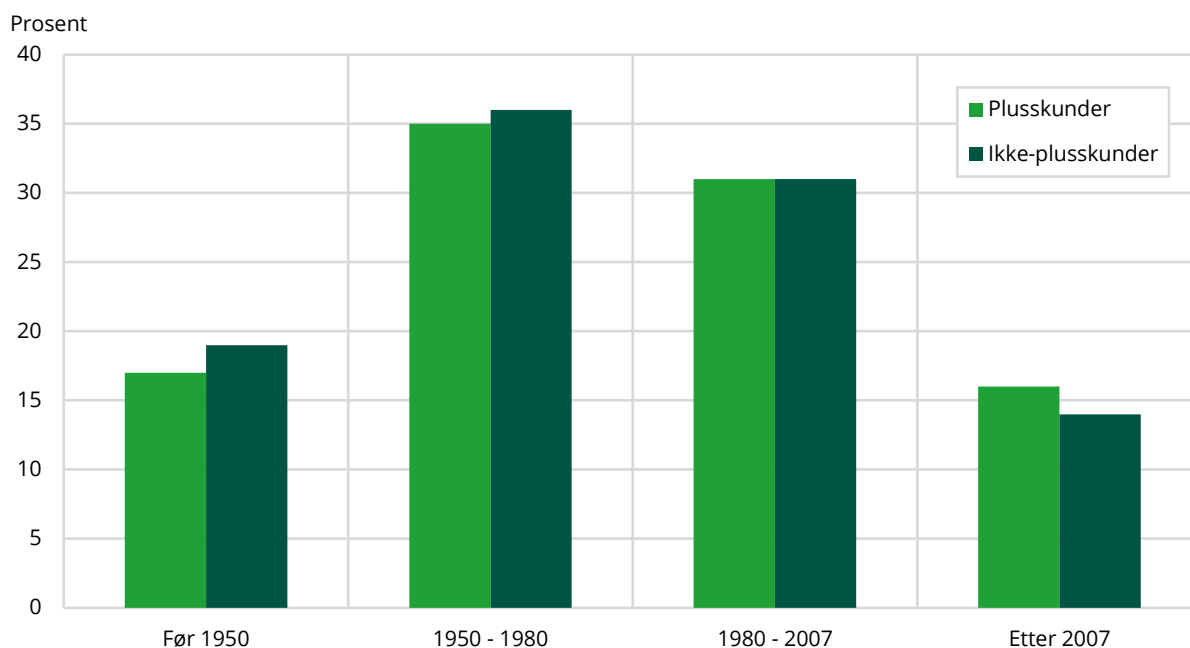


Kilde: Elhub og Boforholdsregisteret 2019

Figur 4.12 Andel husholdninger etter boligens bruksareal, prosent

Kilde: Elhub og Boforholdsregisteret 2019

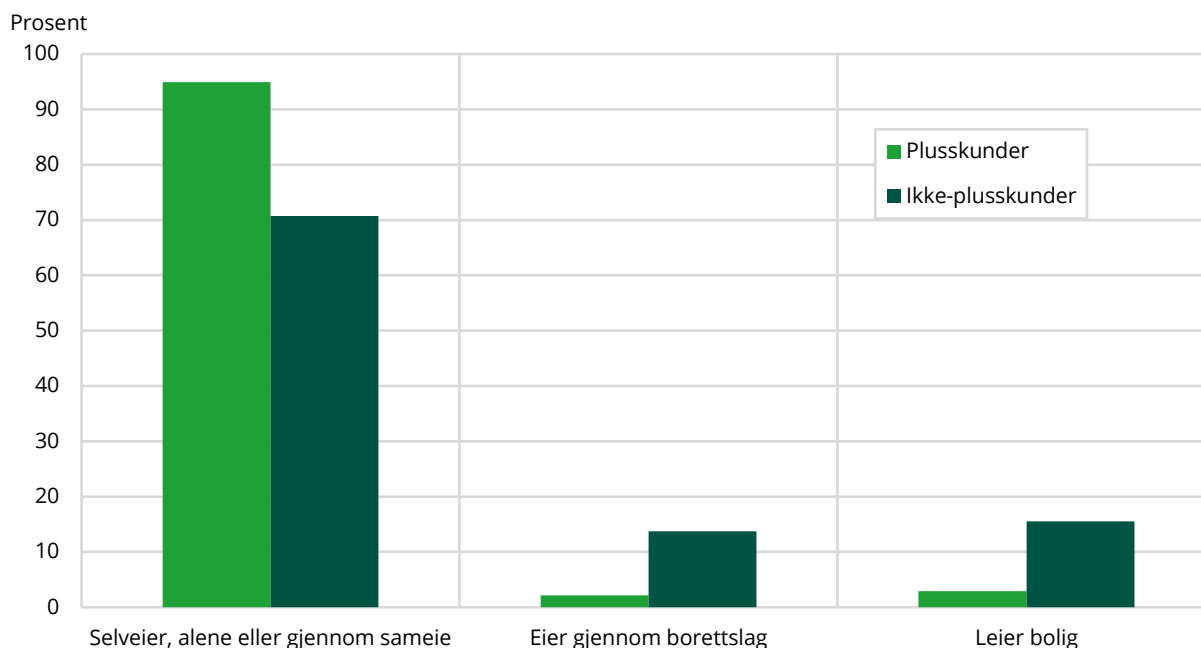
Vi forventet også at andelen plusskunder er høyere i eldre boliger enn i nyere boliger, ved at graden av isolering er dårligere her, noe som vil gi høyere forbruk og dermed høyere lønnsomhet av solcelleanlegg. Figur 4.13 viser imidlertid at denne hypotesen trolig ikke stemmer. I dataene våre øker andelen plusskunder relativt til andre kunder jo nyere boligen er. Det kan ha sammenheng med størrelsen på boliger bygget i ulike tidsperioder, at det er billigere å installere solcelleanlegg når boligen bygges enn etterpå og at nyere boliger egner seg bedre for denne typen anlegg. Alder på boligen ser imidlertid ikke ut til å ha stor betydning for om en husholdning blir plusskunde eller ikke.

Figur 4.13 Andel husholdninger etter byggeår for bolig, prosent

Kilde: Elhub og Boforholdsregisteret 2019

En annen faktor som antas å være av betydning for om hvorvidt en husholdning ønsker å investere i et solcelleanlegg er om de eier eller leier boligen. Blant leietakere er det grunn til å tro at det vil være relativt få plusskunder, siden det hverken er incentiver eller muligheter til å gjøre store investeringer på annens eiendom. Figur 4.14 viser at nesten alle plusskunder eier bolig og at selveie er betydelig mer vanlig blant plusskunder enn øvrige kunder. Det er imidlertid noen leietakere som er registrert som plusskunde. Dette kan henge sammen med administrative forhold, f.eks. ved at en utleieenhet har solcelleanlegg og leietakeren er registrert på måleren og ikke eieren av utleieenheten. Det kan også forekomme at noen leietakere har investert i et solcelleanlegg, spesielt dersom dette dreier seg om langvarige og stabile leieforhold, men dette har vi ikke informasjon om i våre data.

Figur 4.14 Eierforhold til bolig for plusskunder og ikke-plusskunder, prosent



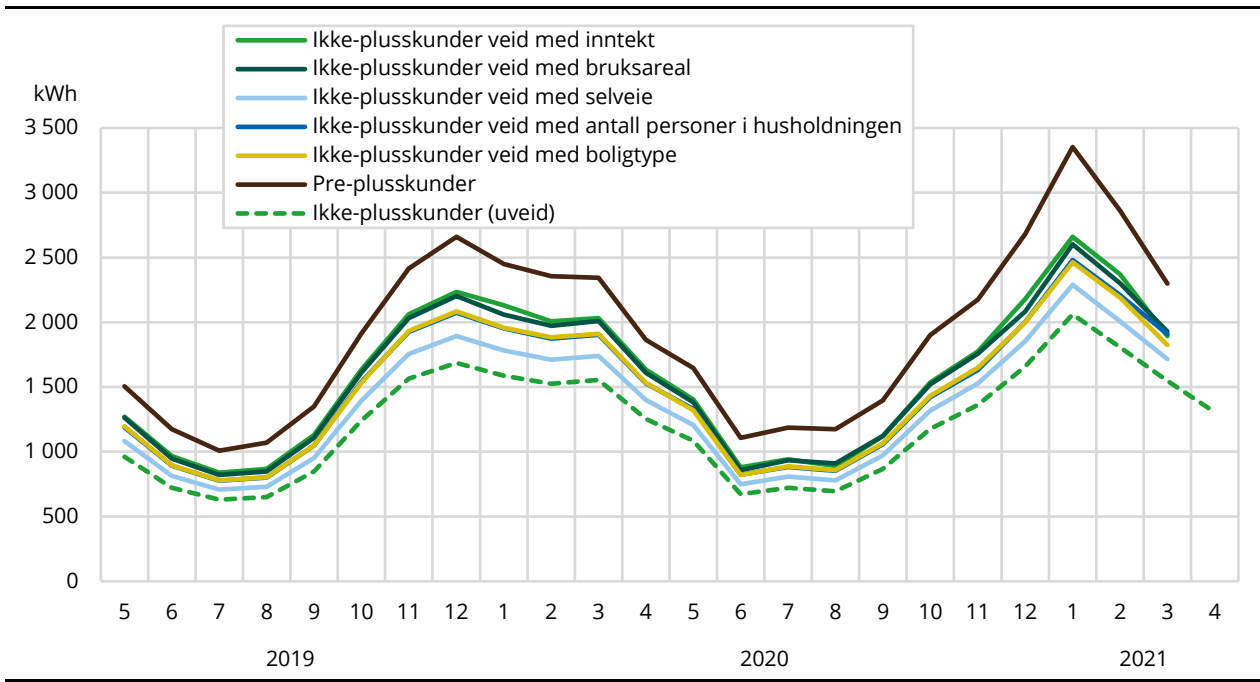
Kilde: Elhub og Boforholdsregisteret 2019

Ikke-plusskunders strømforbruk veid med husholdnings- og boligkarakteristika

Vi har ikke data for plusskundernes strømforbruk, og vi ønsker å finne empiriske data for å predikere forbruksnivå og forbruksmønster, dvs. hvordan forbruket varierer med for eksempel utetemperatur. Vi så fra figur 4.8 at forbruksmønsteret er relativt likt for ikke-plusskunder og pre-plusskunder, men at det er en klar nivåforskjell i forbruket. Vi så også at det er mer enn utetemperatur som kan forklare denne nivåforskjellen, som husholdnings- og boligstørrelse, inntekt og eierforhold.

Figur 4.15 viser gjennomsnittlig strømforbruk for ikke-plusskunder og pre-plusskunder, samt gjennomsnittsforkbruket for ikke-plusskundene veid med henholdsvis inntekt, husholdningsstørrelse, boligstørrelse, boligtype og leie/eie-status. Her har vi brukt enkle populasjonsvekter, dvs. at variabelen som veies multipliseres med forholdet mellom andelen husholdninger med ulike karakteristika i utvalget av ikke-plusskunder og populasjonen av pre-plusskunder. Vi ser fra figuren at pre-plusskundernes forbruk er betydelig høyere enn ikke-plusskundernes forbruk. Korrigeringen for de karakteristika ved husholdning og bolig som vi har tilgang til er ikke tilstrekkelig for å forklare nivåforskjellen i forbruket mellom ikke- og pre-plusskunder. Det kan derfor være problematisk å bruke ikke-plusskundene som referansepopulasjon i en simulering av plusskundernes forbruk.

Figur 4.15 Strømforbruk for ikke-plusskunder og pre-plusskunder, uveid og veide gjennomsnitt, kWh, mai 2019 - april 2021



Kilde: Elhub og Boforholdsregisteret 2019

5. Simulering av strømproduksjon fra solcelleanlegg

Fra Elhub har vi informasjon om hvilke målepunkter som er knyttet til en plusskunde, samt kjøp og salg av strøm fra og til nettet for disse plusskundene. Plusskundene kan bruke strøm fra egen produksjon, og vi har derfor ikke data for hvor mye de produserer eller forbruker av strøm. Vi ønsker å lage en simuleringsmodell for å beregne produksjon av strøm fra solcelleanlegg i husholdningene.

I dette avsnittet går vi gjennom sammenhengene mellom produksjon, forbruk, kjøp og salg av strøm for plusskundene. Disse sammenhengene samt informasjon fra Elhub benyttes til å bygge en simuleringsmodell, SOLEL+, for å få et estimat på strømproduksjonen fra denne kundegruppen. Denne modellen benyttes til å beregne forbruk og produksjon fra plusskundene i analyseperioden.

5.1. Sammenheng mellom produksjon, forbruk, kjøp og salg av strøm

En plusskundes kjøp av strøm i periode t (E_t^K) vil være lik forbruket av strøm (E_t^F) minus forbruk av egen strømproduksjon (T_t^F):

$$(1) \quad E_t^K = E_t^F - T_t^F$$

Det plusskunden selger av egen strømproduksjon (T_t^S) vil være lik den totale produksjonen (T_t^P) minus forbruket av egen strømproduksjon:

$$(2) \quad T_t^S = T_t^P - T_t^F.$$

Løser vi ligning (1) med hensyn på forbruk av egen produksjon (T_t^F) og setter inn i ligning (2) finner vi sammenhengen mellom produksjon, forbruk, kjøp og salg av strøm for plusskundene:

$$(3) \quad T_t^P = T_t^S + (E_t^F - E_t^K).$$

Denne ligningen sier at produksjonen er lik det plusskunden selger av strøm til nettet pluss forbruk av egen produksjon, som er lik totalt forbruk minus det man kjøper av strøm fra nettet ($E_t^F - E_t^K$).

I ligning (3) har vi to kjente variabler (E_t^K , T_t^S) og to ukjente variabler (E_t^F , T_t^P). Vi har 1 ligning og 2 ukjente og kan ikke bruke ligningen direkte for å finne strømproduksjonen. For å kunne benytte ligning (3) til å beregne produksjonen av strøm fra plusskundene trenger vi et estimat på forbruket av strøm for plusskundene.

For å finne et estimat på forbruket trenger vi både å beskrive nivået og hvordan forbruket varierer over tid og med temperatur, dvs. forbruksmønsteret. Ideelt sett skulle vi brukt data for pre-plusskundene til å identifisere alle effektene av endringer i forklaringsvariablene på strømforbruket, dvs. at vi skulle brukt populasjonen av pre-plusskunder til å beskrive både forbruksnivå og forbruksmønster. Vi har imidlertid for få observasjoner for pre-plusskundene, spesielt i de siste periodene, til å få tilstrekkelig variasjon i forklaringsvariablene til å få gode estimater i en regresjon av forbruksmønsteret. Dette er fordi populasjonen av pre-plusskunder går mot null per definisjon mot slutten av perioden. Dette er spesielt problematisk for identifikasjon av vinterforbruket fordi vi kun har observasjoner for to vintre, hvorav kun en av dem var kald. Siden korrigeringen for de karakteristika ved husholdning og bolig som vi har tilgang til ikke er tilstrekkelig for å forklare nivåforskjellen i forbruket mellom ikke- og pre-plusskunder (se diskusjon av figur 4.15), vil det være problematisk å bruke ikke-plusskundene som referanse-populasjon for å forklare forbruksnivået. Vi velger derfor å bruke ulike referanse-populasjoner for beregningen av forbruksmønsteret og forbruksnivået: Vi bruker data for pre-plusskunder til å lage et estimat for forbruksnivået og ikke-plusskunder for å identifisere forbruksstrukturen siden temperaturavhengigheten i

forbruksmønsteret for pre-plusskunder og ikke-plusskunder ser ut til å følge hverandre bra (se figur 4.8). Dette innebærer at vi forutsetter at plusskundene reagerer identisk med ikke-plusskundene på endringer i forklaringsfaktorene.

5.2. Estimering av strømforbruksmønsteret

I estimeringen av forbruksmønsteret bruker vi et utvalg på 5 000 ikke-plusskunder tilfeldig trukket fra Elhub. Først har vi trukket et tilfeldig utvalg på 10 000 målere som vi bruker i beskrivelsen av ikke-plusskundene i avsnitt 4. Fra dette utvalget har vi deretter trukket et tilfeldig utvalg av 5 000 målere til analysen av forbruksmønsteret. Årsaken til at vi trekker et mindre utvalg er ressursbegrensninger i statistikkprogrammet vi benytter i paneldata-analysene (Greene, 2007). Til analysene bruker vi paneldatasettet med 5 000 målepunkter over 24 perioder for utvalget av ikke-plusskunder fra Elhub, til sammen 120 000 observasjoner. Datasettet brukes til å identifisere hvordan ikke-plusskunders forbruksmønster varierer over sesonger (representert ved måneder), koronatiltaksperioder og utetemperatur.

Formålet med estimeringen er å bruke resultatene som input i en prediksjonsmodell for forventet forbruk til plusskundene. For å gjøre modellen enkel å bruke, tolke og oppdatere har vi valgt å kun inkludere variabler som varierer over tid og som er de viktigste drivkreftene for variasjonen i strømforbruket over tid. Strømforbruket antas å variere med utetemperatur siden en stor del av elforbruket i norske hjem brukes til oppvarming, samt over månedene på grunn av endringer i lys og andre forhold som endres over året (som høytider og ferier). I perioden med koronatiltak var både skoler og arbeidsplasser stengt i lengre perioder, og siden det er rimelig å anta at denne situasjonen vil påvirke forbruksmønsteret i husholdningene har vi også inkludert en korona-dummy.

Dersom vi forutsetter en stokastisk lineær approksimering av strømforbruket per måler, kan vi uttrykke strømforbruket knyttet til måler i på tidspunkt t , y_{it} , ved:

$$(4) \quad y_{it} = \gamma_t + X_{it}\beta + \varepsilon_{it},$$

hvor X_{it} er en vektor av de faktorene vi ønsker å identifisere effekten på forbruket av (måned, temperatur og korona), γ_t er et konstantledd som viser gjennomsnittsforkonsumet og kan tolkes som basisforbruket på tidspunkt t korrigert for faktorene i X_{it} . ε_{it} er et stokastisk ledd som fanger opp variasjoner i forbruket som ikke kan forklares ved endringer i X_{it} . Vi forutsetter at dette restleddet er tilfeldig fordelt med forventning lik 0 og konstant varians. Gitt disse forutsetningene vil forventet forbruk (Y_{it}) for måler i i periode t være gitt ved:

$$(5) \quad E(y_{it}) = Y_{it} = \gamma_t + X_{it}\beta$$

I estimeringen har vi valgt å bruke en paneldatamodell med faste effekter (Greene, 1993). Denne estimeringsmetoden beregner avvik fra gjennomsnittet og de estimerte koeffisientene angir hvordan det forventede forbruket avviker fra et gjennomsnittsnivå ved endringer i forklaringsvariablene. En egenskap ved slike modeller er at forbruksmønsteret kan beregnes i en hvilken som helst dimensjon, hvor konstantleddet beregnes basert på ligning (5) avhengig av hva vi ønsker å se på forbruksmønsteret for, f.eks. basert på år, måned og fylke. Modelltypen er å foretrekke til vårt formål siden den skiller mellom nivå på forbruket, beregnet ved hjelp av gjennomsnittsbetraktninger, og avvik fra dette, som representeres ved de parameterne som estimeres. Denne strukturen har også den fordel at det er lett å tolke og bruke modellen, siden behovet for data er begrenset.

Resultatene fra estimeringen av strømforbruket for ikke-plusskunder er gjengitt i tabell 5.1. Første kolonne beskriver de variablene vi har identifisert effektene av, mens de resterende kolonnene angir henholdsvis de estimerte koeffisientene, indikator for signifikans, samt p-verdien.

Vi har fem ulike variabler som fanger opp variasjoner i strømforbruket som følge av utetemperatur. Den første er absoluttverdien (tallverdien) av differansen mellom gjennomsnittlig månedlig middeltemperatur over alle målestasjoner i kommunen og 17 °C. Middelerdien er et gjennomsnitt over en periode, og jo lavere denne middeltemperaturen er (og lavere enn 17 °C), jo større er oppvarmingsbehovet og jo høyere er absoluttverdien. Siden middeltemperaturen over en måned i datasettet sjelden er høyere enn 17 °C, vil disse variabelverdiene være nær null i den øvre delen av fordelingen. Dersom utetemperaturene i en simulering er veldig høye, blir differansen positiv og høy. I disse tilfellene vil det kunne oppstå behov for kjøling, og siden en relativt stor andel av norske hjem har installert varmepumper vil forbruket kunne øke.

For å ta hensyn til ulike effekter av oppvarming og kjøling på strømforbruket, har vi korrigert denne temperatureffekten med en sommer-dummy med verdi 1 for månedene juni, juli og august og 0 for de andre månedene, og en vinter-dummy med verdi 1 for månedene desember, januar og februar. På den måten får vi både en generell temperatureffekt som gjelder høst og vår, en sommer-temperatureffekt som er vår/høst-effekten korrigert for sommereffekten, og en vintertemperatur-effekt som er vår/høst-effekten korrigert for vintereffekten.

I tillegg har vi inkludert variabler for kvadrert gjennomsnittlig middeltemperatur over alle målestasjonene i en kommune, samt gjennomsnittlig maksimumstemperatur ved alle målestasjoner i en kommune.

Vi ser at de fleste av estimatene er signifikante og med forventet fortegn og styrkeforhold. Den eneste koeffisienten som avviker fra dette, er den estimerte koeffisienten for mars. Årsaken til dette er trolig at koronatiltakene ble satt inn midt i denne måneden. Siden vi kun har informasjon om forbruket på månedsbasis, måtte koronadummyen enten settes lik 0 eller 1 denne måneden. Vi valgte å sette koronadummyen lik 0. Det gjør at den estimerte mars-dummyen er høyere enn trenden, som i hovedsak skyldes endringer i lysforhold, slik at den estimerte koeffisienten ikke blir signifikant forskjellig fra 0. Vi hadde fått samme problem dersom vi hadde valgt å sette koronadummyen lik 1, men da med motsatt fortegn.

Tabell 5.1 Estimeringsresultater for ikke-plusskunders strømforbruk. N=5 000 ikke-plusskunder, T = 24 måneder

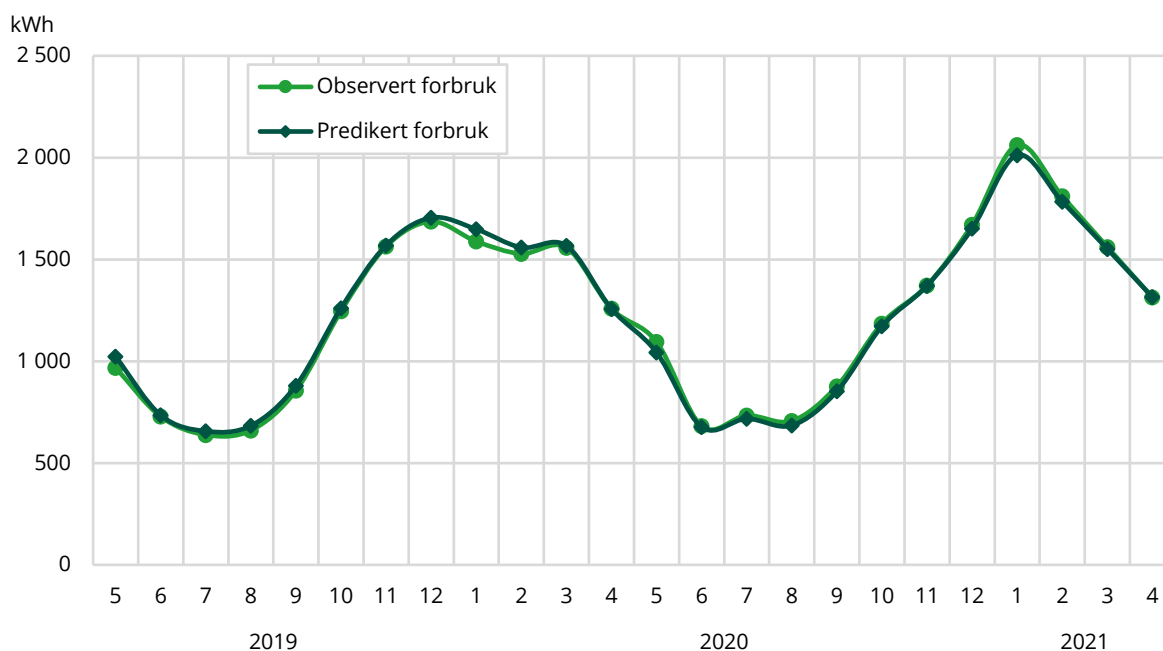
Variabel	Koeffisient	Signifikansnivå	p-verdi
Dummyvariabler (0, 1) for måned, avvik fra desember			
Januar	12,25	**	0,04
Februar	-138,94	***	0,00
Mars	-2,89		0,92
April	-200,50	***	0,00
Mai	-287,83	***	0,00
Juni	-379,91	***	0,00
Juli	-397,63	***	0,00
August	-380,66	***	0,00
September	-359,61	***	0,00
Oktober	-186,55	***	0,00
November	-73,19	***	0,00
Temperaturvariabler (gjennomsnittlig middeltemperatur)			
Absoluttverdien av temperatur-17°C	40,94	***	0,00
Kvadrert temperatur	0,42	***	0,00
Absoluttverdien av temperatur-17°C, sommer	-10,22	***	0,00
Absoluttverdien av temperatur -17°C, vinter	5,53	***	0,00
Maksimumstemperatur (°C)	-2,21	*	0,06
Koronatiltak (0, 1)	48,99	***	0,00

* Signifikant på nivå 10%, ** signifikant på nivå 5%, *** signifikant på nivå 1%

Vi har sjekket hvor godt estimeringen reproducerer det observerte forbruket for en gjennomsnittshusholdning i utvalget. Resultatene for prediksjonsegenskapene til estimeringen er vist i figur 5.1. Vi ser av figuren at det predikerte gjennomsnittsforbruket til ikke-plusskundene følger forløpet

til det observerte forbruket for plusskundene. Det ser ikke ut til at den estimerte koeffisienten for mars måned er et problem. Vi ser også at estimeringene er i stand til å fange opp avvik i forbruksmønsteret, som de relativt varme månedene januar og februar 2020, den kalde perioden i juli 2020 og de relativt kalde månedene januar og februar i 2021. Prediksjonsfeilen ser ut til å være litt større i disse periodene, hvor temperaturen avviker fra det som er normalt for årstiden, men alt i alt ser estimeringene ut til å treffe relativt bra med hensyn til hvordan gjennomsnittsforkonsumet varierer med temperatursvingninger. Vi anser derfor estimeringen til å gi et relativt godt bilde av variasjonen i forbruket over året for denne kundegruppen.

Figur 5.1 Predikert og observert strømforbruk for en gjennomsnittshusholdning i utvalget av ikke-plusskunder, kWh, mai 2019 - april 2021



Kilde: Elhub og egne estimeringer

5.3. Prediksjonsmodell for forventet strømforbruk og -produksjon

Vi trenger å beregne samlet forbruk for plusskundene for en gitt måned for å få et estimat på samlet produksjon ved hjelp av sammenhengene i ligning (3). Dette gjør vi ved å lage en prediksjonsmodell ved hjelp av informasjon fra ulike referansepopulasjoner hvor forbruk er likt kjøp av strøm i en periode for å beregne forventet forbruk for en gjennomsnittlig plusskunde, dvs. en plusskunde med gjennomsnittlige egenskaper i den måneden vi ser på. For å få et estimat på hvordan forventet totalt forbruk i hele populasjonen varierer over tid, kan man multiplisere estimatet for forventet forbruk for en gjennomsnittlig husholdningsplusskunde med antall plusskunder på et tidspunkt t .

Ligninger for prediksjon

Fra ligningene (1) – (3) vet vi at vi trenger et estimat på forbruksnivået for å kunne beregne nivået på produksjonen, for gitt observasjon av kjøp og salg. I prediksjonsmodellen forutsetter vi samme lineære approksimasjon til forbruksmønsteret for plusskundene som i estimeringen av forbruksmønsteret til ikke-plusskundene. Det følger fra ligning (5) at gjennomsnittlig forventet forbruk i periode t , definert som forbruket til gjennomsnittskunden i perioden, er gitt ved: $\bar{Y}_t = \gamma_t + \bar{X}_t\beta$. Vi ønsker å bruke denne egenskapen til å finne et estimat på forventet forbruk i periode t for en gjennomsnittlig plusskunde:

$$(6) \quad \hat{E}_t^F = \hat{Y}_t = \hat{\gamma}_t + \bar{X}_t\hat{\beta}.$$

Vi benytter gjennomsnittlig forbruksnivå til pre-plusskundene som grunnlag for beregningen av et estimat for konstantleddet til plusskundene ($\hat{\gamma}_t$). Estimeringsresultatene fra paneldataestimeringen for ikke-plusskundene benyttes til beregningen av hvordan forbruksmønsteret avviker fra gjennomsnittet over månedene, koronatiltak og med temperatursvingninger ($\hat{\beta}$). Det følger fra ligning (5) at estimatet for konstantleddet til plusskundene beregnes ved å trekke gjennomsnittlig forbruksnivå for pre-plusskundene i periode t (\bar{Y}_t), f.eks. mai måned 2020, fra det predikerte avviket fra gjennomsnittet i perioden $\bar{X}_t\hat{\beta}$ basert på estimeringsresultatene og gjennomsnittsverdiene for forklaringsvariablene i perioden for den kundegruppen vi ønsker å predikere forbruksmønsteret for. Til slutt bruker vi gjennomsnittsnivået for alle forklaringsvariablene i periode t fra populasjonen av plusskunder (\bar{X}_t) for å predikere forventet forbruksnivå for en gjennomsnittlig plusskunde i periode t (\hat{E}_t^F).

Estimatet for forventet forbruk i periode t kan så brukes til å beregne et estimat på forventet produksjon for en gjennomsnittlig plusskunde ved hjelp av ligningene (1) – (3). Vi har observasjoner for kjøp av strøm for plusskundene, og vi bruker disse observasjonene som et estimat på forventet kjøp av strøm fra nettet for plusskundene, gitt ved: $\hat{E}_t^K = \bar{y}_t$. Basert på dette kan vi beregne forventet forbruk av egen produksjon:

$$(7) \quad \hat{T}_t^F = \hat{E}_t^F - \hat{E}_t^K = \hat{\gamma}_t + \bar{X}_t\hat{\beta} - \bar{y}_t.$$

Vi har også observasjoner for plusskundernes salg av strøm (z_{it}), og vi bruker disse observasjonene som et estimat på forventet produksjon av strøm levert til nettet i periode t for gjennomsnittsplusskunden ($\hat{T}_t^S = \bar{z}_t$). Fra ligningene (2) og (7) finner vi et estimat på forventet produksjon for en gjennomsnittlig plusskunde i periode t , gitt ved:

$$(8) \quad \hat{T}_t^P = \hat{T}_t^S + \hat{T}_t^F = \hat{\gamma}_t + \bar{X}_t\hat{\beta} + \bar{z}_t - \bar{y}_t.$$

I denne modellen ligger de estimerte parameterne $\hat{\gamma}_t$ og $\hat{\beta}$ fast. Disse parameterne er beregnet for henholdsvis pre-plusskundene og ikke-plusskundene. For å simulere predikert produksjon for en kundegruppe trenger vi informasjon om kjøp (y_{it}) og salg (z_{it}) av strøm til nettet, samt en vektor med informasjon om temperaturforhold i periode t (X_{it}) for den kundegruppen vi ønsker å predikere produksjonen for. I vårt tilfelle ønsker vi å predikere forventet produksjon for en gjennomsnittlig plusskunde med solcelleproduksjon over de månedene vi har observasjoner fra Elhub i vårt datamateriale, dvs. fra mai 2019 til april 2021.

I simuleringsmodellen vil prediksjonene bli gjort for gjennomsnittsplusskunden (gjennomsnittsverdier for variablene). Vi finner samlet strømproduksjon i periode t (\hat{T}_t^P) ved å multiplisere predikert forbruk for gjennomsnittsplusskunden (\hat{T}_t^P) med antall plusskunder i perioden (N_t^P):

$$(9) \quad \hat{\mathbf{T}}_t^P = \hat{T}_t^P N_t^P.$$

Simuleringsmodellen SOLEL+

Modellen for simulering av strømforbruk og -produksjon fra plusskunder med solcelleanlegg, SOLEL+, kan brukes for å predikere produksjonen for enkelthusholdninger eller for en undergruppe, f.eks. for plusskunder etter fylke. Vi ønsker å sette søkelys på samlet produksjon for hele husholdningssektoren og beregner derfor kun produksjon for gjennomsnittsplusskunden i en gitt periode. Vi kunne simulert modellen for alle plusskundene enkeltvis på et gitt tidspunkt, for deretter å summere opp til hele husholdningssektoren. Modeller basert på estimerte parametere predikerer imidlertid best rundt gjennomsnittet, så en slik simulering vil gi større feilkilder enn for gjennomsnittshusholdningen. Modellen er programmert i Excel, og simuleringsresultatene som presenteres i denne rapporten gjelder for gjennomsnittsplusskunden.

Figur 5.2 viser informasjonen som må legges inn i regnearket som grunnlag for simuleringen, med 2020 som eksempel. For å simulere SOLEL+ må kjøp og salg av strøm angis, samt midlere utetemperatur og maksimumstemperatur for de månedene det skal simuleres for. Videre må informasjon om koronatiltak gjeldende måned i form av en dummyvariabel oppgis. Vi er i stand til å simulere effekter av slike tiltak fordi effekt av utetemperatur er estimert i en periode både med og uten koronatiltak. I tillegg trengs det månedlig informasjon om antall plusskunder med solcelleanlegg.

Disse tallene brukes så til å beregne predikert forventet strømforbruk, produksjon og forbruk av egen produksjon, både for gjennomsnittshusholdningen (kWh) og for husholdningssektoren som helhet (GWh). Disse tallene presenteres som en tabell (gjengitt i figur 5.3) og i figurform (kun for gjennomsnittshusholdningen).

For å finne samlet forbruk og produksjon for plusskunder multipliseres predikert forventet produksjon og forbruk for gjennomsnittshusholdningen med antall plusskunder per måned (oppgitt i input-arket).

Figur 5.2 Input-ark i simuleringsmodellen SOLEL+

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Instruksjon og informasjon								
2	- Skriv inn gjennomsnittsverdiene for alle plusskunder av kjøp og salg per måned. Variabelen for kjøp heter "strømforbruk" og variabelen for salg heter "produksjon" i Elhub.								
3	Du må også finne tall for middeltemperatur og midlere maksimumstemperatur per måned (finnes på www.met.no) og for antall plusskunder per måned (Elhub).								
4	- Modellen predikerer produksjonen og forbruket, både for en gjennomsnittlig plusskunde og for alle plusskunder i hele husholdningssektoren.								
5	- Figurer for produksjon og forbruk genereres automatisk.								
6	- Du kan kun skrive inn i arkfanen som heter <i>Inputdata</i> , men du kan kopiere fritt fra alle andre arkfaner.								
7	Du kan fritt legge til egne arkfaner for egne analyser/figurer.								
8	- Dersom du har behov for å låse opp en arkfane er passordet "passord".								
9									
10	Innput til prediksjonene								
11									
12	År	2020							
13									
14	Måned	Kjøp fra Elhub	Salg fra Elhub	Middeltemperatur	Maksimumstemperatur	Antall plusskunder	Korona-tiltak (0, 1)		
15	Januar	2 452	16	3,05	9,40	4 099	0		
16	Februar	2 242	41	1,63	8,50	4 275	0		
17	Mars	2 130	132	2,38	10,16	4 476	0		
18	April	1 521	310	5,73	17,50	4 635	1		
19	Mai	1 212	461	8,40	22,66	4 817	1		
20	Juni	768	561	16,71	28,48	4 966	1		
21	Juli	820	460	13,57	23,46	5 139	1		
22	August	835	455	15,74	26,40	5 258	1		
23	September	1 154	226	11,78	20,80	5 444	1		
24	Oktober	1 714	78	7,63	16,07	5 540	1		
25	November	2 101	22	5,27	14,00	5 675	1		
26	Desember	2 642	8	2,32	8,21	5 765	1		
27									
28	Sum for året	19 592	2 771						
29									
30									

Figur 5.3 Output-ark i simuleringsmodellen SOLEL+

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	a) Predikerte verdier for en gjennomsnittlig plusskundefhusholdning (kWh)				b) Predikerte verdier for alle plusskunder i husholdningssektoren (GWh)						
2											
3	Måned	Predikert produksjon	Predikert forbruk	Predikert forbruk av egen produksjon	Måned	Predikert produksjon	Predikert forbruk	Predikert forbruk av egen produksjon			
4	Januar	478	2 914	463	Januar	1,97	11,98	1,90			
5	Februar	501	2 702	460	Februar	2,15	11,58	1,97			
6	Mars	592	2 590	460	Mars	2,66	11,62	2,06			
7	April	668	1 879	358	April	3,10	8,72	1,66			
8	Mai	873	1 624	412	Mai	4,21	7,83	1,99			
9	Juni	938	1 145	377	Juni	4,67	5,70	1,88			
10	Juli	806	1 166	346	Juli	4,15	6,00	1,78			
11	August	779	1 160	325	August	4,10	6,11	1,71			
12	September	477	1 405	251	September	2,60	7,65	1,37			
13	Oktober	299	1 935	221	Oktober	1,66	10,73	1,22			
14	November	230	2 309	208	November	1,31	13,11	1,18			
15	Desember	152	2 786	144	Desember	0,88	16,07	0,83			
16											
17	Sum for året	6 794	23 615	4 023	Sum for året	33,44	117,10	19,55			
18											
19											

5.4. Simulering av strømproduksjon i husholdningene

Vi har brukt modellen SOLEL+ til å simulere strømforbruk, forbruk av egen produksjon og produksjon for gjennomsnittshusholdningen blant plusskundene med solcelleanlegg i Elhub for alle måneder i perioden mai 2019 til april 2021. Resultatene fra disse simuleringene presenteres i figurene 5.4 – 5.6.

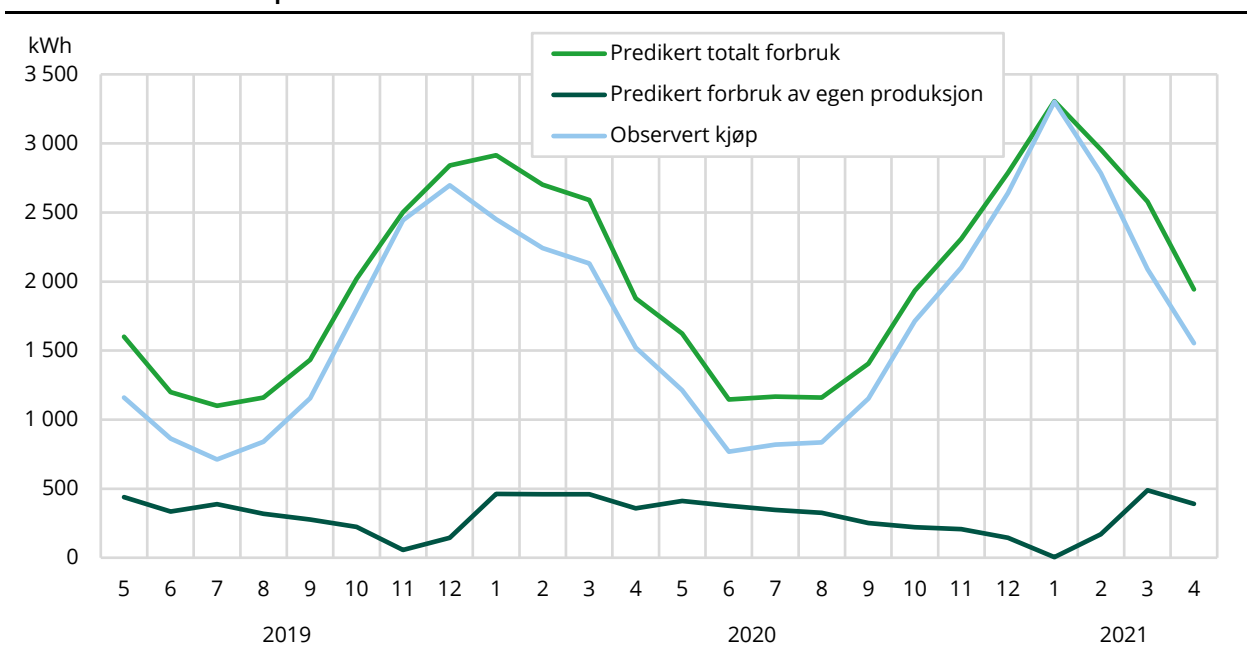
I figur 5.4 har vi plottet observert kjøp av strøm, predikert forventet forbruk og differansen mellom dem, som gir predikert forbruk av egen strømproduksjon. Vi ser at forbruket av egen produksjon er relativt jevnt over hele perioden. Det går noe opp i januar og februar 2020, noe som kan skyldes en overpredikasjon av forbruket denne perioden på grunn av den uvanlig milde vinteren. Tilsvarende kan dippen i forbruket av egen produksjon januar 2021 skyldes at dette var en relativt kald januar. Siden modellen predikerer best rundt hovedtyngden av observasjonene (se figur 5.1) kan en slik uvanlig kald måned trolig medføre en underpredikasjon av forventet forbruk den måneden.

Det predikerte forbruket av egen strømproduksjon brukes i modellen til å predikere strømproduksjon for gjennomsnittshusholdningen blant plusskundene (se figur 5.5). Vi ser at observert salg (og dermed også produksjonen) varierer en del fra måned til måned utover det vi skulle forvente ut fra rene sesongeffekter. Dette sees tydelig ved den lave produksjonen/salget i juli 2020 og i juni 2019, som kan skyldes overskyet vær. Vi ser også fra forbrukstallene/kjøp av strøm og fra temperaturene (figur 4.7) at spesielt juli 2020 var en kjølig måned, noe som gjenspeiles i det predikerte forbruket i figur 5.4.

Vi ser av figur 5.5 at husholdningene selger lite strøm midtvinters, men bruker alt de produserer selv. Om sommeren har de imidlertid en del strøm til overs som de velger å selge. Midtsommers selger disse plusskundene tilnærmet like mye til nettet som de bruker av egen produksjon, mens om vinteren går tilnærmet hele produksjonen til eget forbruk.

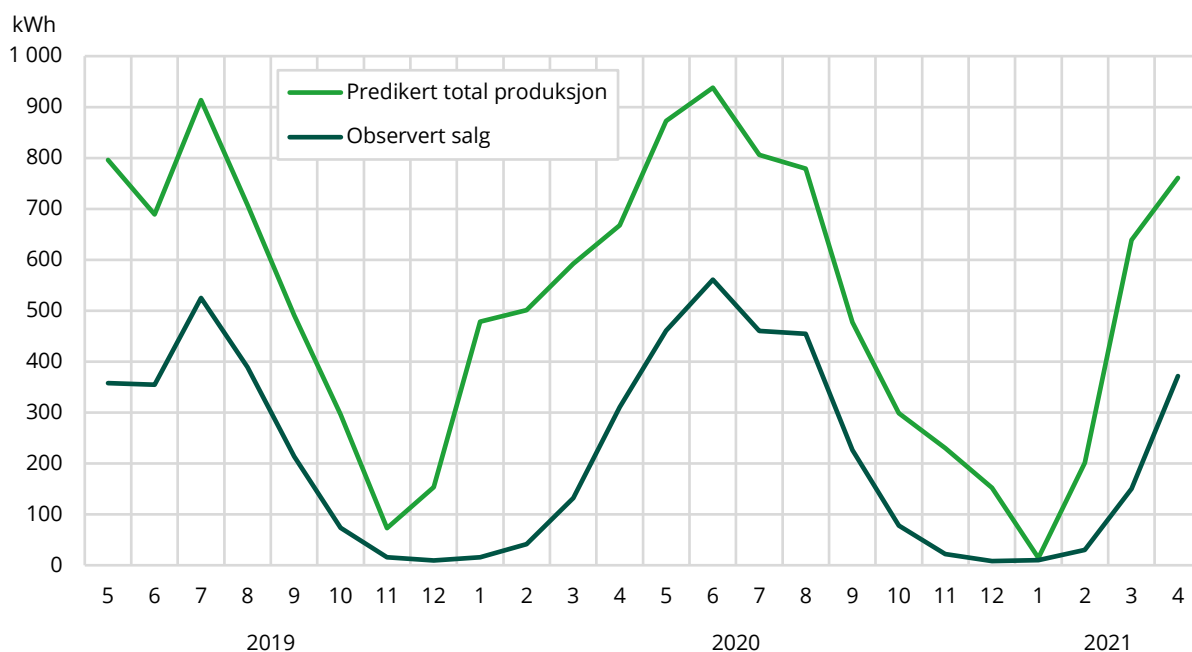
Dette ser vi også av figur 5.6, som viser alle prediksjonene fra modellen for plusskundene med solcelleanlegg i perioden mai 2019 til og med april 2021. Vi ser at produksjonen svinger en del fra måned til måned, men ikke så mye som forbruket. Om vinteren bruker plusskundene i hovedsak alt de produserer, mens på sommeren selger de nesten like mye som de kjøper.

Figur 5.4 Predikert strømforbruk og forbruk av egen strømproduksjon for en gjennomsnittlig plusskunde, kWh, mai 2019 – april 2021



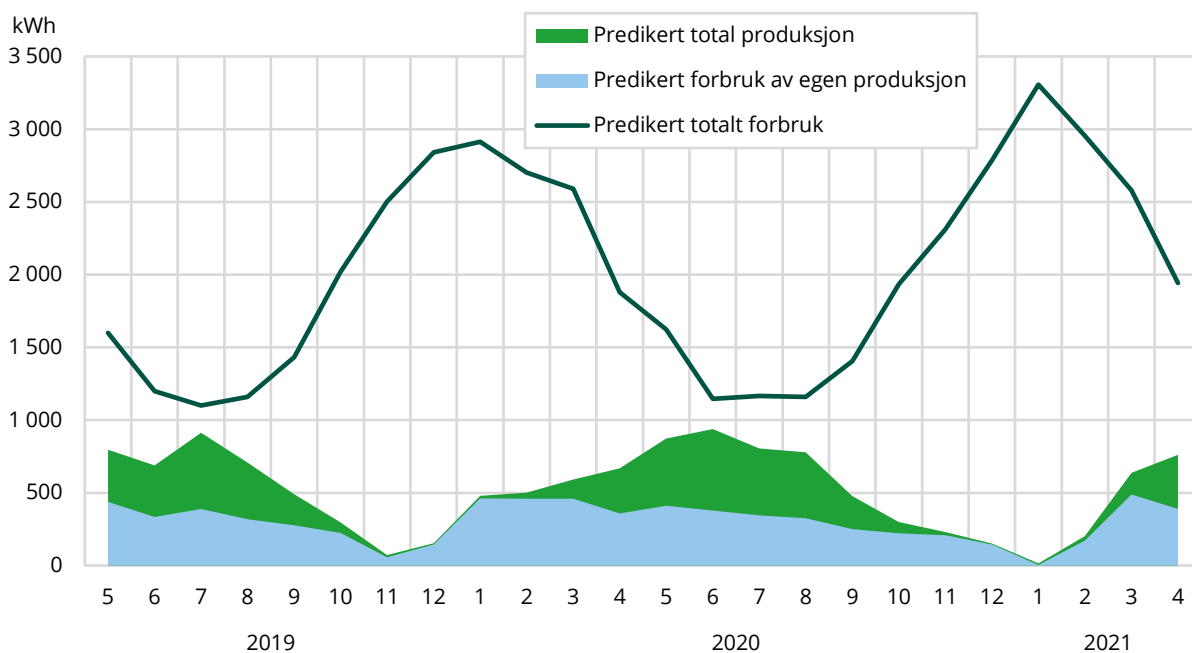
Kilde: Elhub og egne simuleringer av SOLEL+

Figur 5.5 Predikert strømproduksjon for en gjennomsnittlig plusskunde samt observert salg av strøm, kWh, mai 2019 – april 2021



Kilde: Elhub og egne simuleringer av SOLEL+

Figur 5.6 Prediksjoner for forbruk, produksjon og forbruk av egen produksjon for en gjennomsnittlig plusskunde registrert med solcelleanlegg, kWh, mai 2019 – april 2021



Kilde: Elhub og egne simuleringer av SOLEL+

En kanskje noe overraskende observasjon i dette datamaterialet er at observert kjøp av strøm fra Elhub for plusskundene er relativt stort, selv midt på sommeren. Dette skyldes at bruk av strøm og produksjon av strøm fra solcelleanlegg ikke er sammenfallende i tid, og at husholdningene ikke har lagringskapasitet. De må derfor kjøpe strøm fra nettet når solcellepanelene produserer for lite.

I datamaterialet som brukes i denne analysen har vi kun data per måned, så vi kan ikke analysere hvordan forbruk og produksjon fordeler seg over døgnet. Det er rimelig å tro at det i hovedsak er midt på dagen, og spesielt i sommermånedene, at produksjonen overstiger forbruket og at disse

plusskundene derfor har overskuddsproduksjon de kan selge. De månedlige salgs- og kjøpstallene fra Elhub ser ut til å støtte denne hypotesen, men vi kan ikke si noe sikkert om forløpet over døgnet uten timesdata fra Elhub. Tidligere analyser av døgnforbruk i husholdninger har vist at strømforbruket har en morgentopp mellom kl 07.00 og 10.00 og en kveldstopp fra kl 17.00 til 23.00 (se Ericson og Halvorsen, 2008). Videre viser disse analysene at toppene er lavere om sommeren og at kveldstoppen er mindre markert, og kommer senere, enn på vinteren og at det er et ikke neglisjerbart basisforbruk av strøm på natten, også i sommermånedene. Når strømproduksjonen i stor grad skjer midt på dagen og på sommeren, trenger husholdningene å kjøpe en god del strøm, selv midt på sommeren når produksjonen er på det høyeste.

6. Diskusjon av metoder for beregning av strømproduksjon fra plusskunder

Analysen som presenteres i denne rapporten er en av flere metoder som kan brukes sammen med informasjonen fra Elhub for å få informasjon om produksjon fra plusskunder. En løsning kan være å ta utgangspunkt i installert effekt på utstyret hos plusskundene og ut fra det beregne produksjonspotensialet for strøm. En annen er å bruke økonometriske metoder til å beskrive forbruksstrukturen hos en referansepopulasjon og bruke denne til å beregne forventet forbruk og predikert produksjon for plusskundene. Det er den siste tilnærmingen som er presentert i denne rapporten.

Begge metodene har fordeler og ulemper, hvorav noen er spesifikke i forhold til datagrunnlaget som er tilgjengelig og kvaliteten på det, og noen er av mer metodisk art.

6.1. Beregninger basert på installert effekt

Strømproduksjonen fra solcelleanlegg kan beregnes ved å bruke data for installert effekt og antall soltimer, i kombinasjon med forutsetninger om adferd og andre tekniske forhold.

En svakhet ved denne metoden er problemer knyttet til tilgangen på data. Vår studie av data fra Elhub kan tyde på at data for effekt foreløpig ikke er kvalitetssjekket i like stor grad som andre variable, og da spesielt dataene som danner grunnlag for avregning til kunden (kjøp og salg av strøm). Det finnes heller ikke gode regionale data for antall soltimer i løpet av en periode. Noen meteorologiske stasjoner måler dette, men de er få i antall og det er mange hull i seriene. Det er mulig å beregne antall soltimer regionalt ved bruk av soloppgang og solnedgang gjennom et år, men solinnstråling er også avhengig av skydekke. Gode regionale data for skydekke er mindre tilgjengelig enn data for antall soltimer. I tillegg vil lokale forhold ved selve solcelleanlegget kunne påvirke produksjonen, som vinkel på tak, terreng og vegetasjon rundt huset, renhold av anlegget (fjerning av løv), snødekke, samt feil på anlegget som måtte oppstå. På det nåværende stadiet finnes det ingen informasjon om dette i Elhub eller andre kilder som kan kobles til informasjonen i Elhub.

Metodikken innebærer at det må gjøres antagelser om effekten av en rekke variabler for hvert enkelt anlegg. Små feil i disse forutsetningene vil kunne få store utslag på aggregerte tall. Produksjonstallene vil være svært avhengig av valgene som gjøres i analysen, spesielt forutsetninger om vær og adferd. Disse forholdene gjør det problematisk å bruke en slik «bottom-up» metodikk for å beregne produksjonen av strøm fra plusskundene, og usikkerheten kan være svært stor. Metoden er ikke statistisk fundert, og det er ikke mulig å si noe kvantitativt om usikkerhet basert på disse analysene.

Det er mindre problematisk å bruke installert effekt til å beregne produksjonspotensialet (dvs. det som er mulig å produsere dersom det alltid er sol og folk gjør som de skal med tanke på å optimere produksjonen), siden det ikke krever like sterke forutsetninger om vær og adferd. Produksjonspotensialet er imidlertid noe annet enn faktisk produksjon, og det er viktig å skille mellom disse to størrelsene.

6.2. Simuleringer basert på estimert forbruksmønster

Alternativt kan vi bruke en «top-down» tilnærming basert på statistiske sammenhenger i dataene for å gi et anslag på produksjonen (noe som er gjort i denne studien). Denne metoden er basert på statistisk inferens og observert adferd og den kan si noe kvantitativt om forventet faktisk produksjon. Vi trenger ikke å gjøre forutsetninger om solforhold og adferd knyttet til vedlikehold av anlegget for å beregne produksjonen. Metoden er teoretisk og metodisk fundert, og resultatene er

lett å tolke. Metoden gir anslag på både produksjon og forbruk av egen produksjon, noe som er en stor fordel for SSB i forhold til leveringsforpliktelsene for begge størrelser til internasjonal statistikk.

En annen fordel er at man ikke trenger å gjøre anslag for alle enkelthusholdninger, men kun for en gjennomsnittshusholdning, for å finne samlet produksjon for hele gruppen av plusskunder. Det gjør metodikken mindre følsom overfor feilobservasjoner i data og annen usikkerhet i de statistiske analysene. Dette reduserer usikkerheten i prediksjonen og er en stor fordel når man kun er interessert i et anslag på sektornivå. Ønsker man derimot å gi råd til enkelthusholdninger som vurderer å installere et slikt anlegg, vil beregninger av produksjonspotensialet være av større interesse.

En ulempe ved denne metoden er at den er tidkrevende, spesielt i den første fasen av arbeidet. Når simuleringsmodellen og et system for oppdatering av modellen er på plass, vil ressursbruken trolig være om lag den samme som for begge metoder. Siden forbruksmønsteret for strøm er i stadig endring, vil det imidlertid være nødvendig å oppdatere modellen med jevne mellomrom.

En annen ulempe med denne metodikken er at regresjonsanalysene krever et visst dataomfang for å sikre gode estimeringsresultater. I våre analyser medførte det at vi ikke kunne bruke pre-plusskundene som referansepopulasjon i estimeringene av forbruksstrukturen, men måtte bruke ikke-plusskunder. Dette innebærer en forutsetning om at plusskundene har samme relative respons på de estimerte forklaringsfaktorene som ikke-plusskundene. Basert på analysene våre er det grunn til å tro at dette ikke er en veldig streng forutsetning, men det ville vært en stor fordel å kunne bruke informasjon om plusskundernes forbruk i perioden før de ble plusskunder fremfor å bruke ikke-plusskundene. Hvis det på sikt blir flere plusskunder blir datatilfanget større, og det vil være mulig å benytte pre-plusskundene som referansepopulasjon.

7. Konklusjoner

For SSB er det en målsetting å kunne lage statistikk for plusskunders strømproduksjon, både på grunn av stor allmenn interesse og fordi SSB har leveringsforpliktelser overfor Eurostat. Siden vi mangler data for å produsere statistikk for en stadig viktigere del av kraftmarkedet, ønsker vi å finne en metode for å beregne strømproduksjonen. I denne rapporten dokumenteres arbeidet som er gjort for å beregne strømproduksjon og strømforbruk for husholdninger med solcelleanlegg som er knyttet til strømmettet. Analysene baserer seg på statistiske sammenhenger i empiriske data fra Elhub og andre registre.

Antall plusskunder er mer enn doblet i løpet av den perioden vi studerer (mai 2019 til april 2021), men utgjør fremdeles en veldig liten andel av det totale antall husholdningskunder i Norge. Vi finner at det klart største antallet plusskunder er i Viken fylke. Relativt til antall husholdninger er det flest plusskunder i Agder, etterfulgt av Viken, Rogaland, Vestfold og Telemark og Innlandet. Over 99 prosent av plusskundene har installert solcelleanlegg, og gjennomsnittlig installert effekt for disse anleggene er om lag 9 kW.

Plusskundene har høyere gjennomsnittlig månedlig kjøp av strøm fra nettet enn andre husholdninger, men det er lavere enn forbruket de hadde før de ble plusskunde (pre-plusskunder). I vintermånedene med høyest kjøp av strøm, ser vi tilnærmet ingen reduksjon i plusskundernes kjøp som følge av egenproduksjon sammenlignet med pre-plusskundene. Den største reduksjonen i kjøp fra nettet som følge av egenproduksjon sees i sommerhalvåret, hvor de fleste plusskundene har overskuddsstrøm som selges tilbake til nettet. Vi finner også store forskjeller i husholdningskarakteristika mellom plusskunder og ikke-plusskunder. Plusskunder har høyere husholdningsinntekt, flere husholdningsmedlemmer, bor i større grad i eneboliger, har større boligareal og eier i større grad boligen selv. Det er ikke store forskjeller i byggeår for boligene.

Siden vi ikke har data for plusskundernes produksjon og forbruk av strøm har vi laget en simuleringsmodell basert på parametere estimert ved hjelp av statistiske regresjonsanalyser og informasjon om kjøp og salg av strøm fra Elhub. Vi finner at plusskundene selger lite strøm midtvinters. Om sommeren har de imidlertid en del strøm til overs som de velger å selge. Midtsommers selger disse plusskundene tilnærmet like mye til nettet som de bruker av egen produksjon, mens om vinteren går tilnærmet hele produksjonen til eget forbruk. Det kan virke noe overraskende at plusskundernes kjøp av strøm er relativt stort selv midt på sommeren når salget er på det høyeste. Dette skyldes at bruk og produksjon av strøm ikke er sammenfallende i tid, og at husholdningene ikke har lagringskapasitet. Produksjonen skjer i hovedsak midt på dagen om sommeren, mens forbruket er mer jevnt fordelt over døgnet. De må derfor kjøpe strøm fra nettet når solcellepanelene produserer for lite til å dekke det løpende forbruket.

Metoden for beregning av total produksjon og forbruk for plusskundene er statistiske sammenhenger i empiriske data. Den største styrken ved denne metoden er at den baserer seg på faktisk observert adferd og krever derfor et minimum av forutsetninger om denne. Den antatt største svakheten ved analysen i denne rapporten er at vi har litt få observasjoner for pre-plusskundene til å bruke denne gruppen som referansepopulasjon for plusskundene i alle sammenhenger. Antallet plusskunder har vært relativt lite til nå og tidsserien er relativt kort (kun to år). På sikt vil omfanget av data for informasjon om plusskundene i perioden før de blir plusskunder øke. Det vil gi gode muligheter til å basere beregninger på informasjon om denne kundegruppen og til å analysere om de endrer adferd etter at de blir plusskunder. Dette vil styrke analysemulighetene og sikre enda bedre og mer treffsikre prediksjoner for denne kundegruppen i fremtiden.

Referanser

- Dalen, H.M. og B. Halvorsen (2022): Strømproduksjon fra solcelleanlegg i husholdninger. Dokumentasjon av databearbeiding og koblinger av Elhub og Boforholdsregisteret. Kommer i serien Notater, Statistisk sentralbyrå.
- Ericson, T. og B. Halvorsen (2008): Hvordan varierer timeforbruket av strøm i ulike sektorer? Økonomiske analyser 6/2008, Statistisk sentralbyrå.
- Greene, W. H. (1993): "Econometric analysis", MacMillan Publishing Company, New York.
- Greene, W. H. (2007): "Limdep Version 9.0. Econometric Modelling Guide. Volume 1", Econometric Software Inc., New York.
- Halvorsen, B. and B.M. Larsen (2021): "Identifying drivers for the direct rebound when energy efficiency is unknown. The importance of substitution and scale effects", Energy Vol 222, 1 May. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.119879>

Figurregister

Figur 4.1	Antall plusskunder totalt og plusskunder med solcelleanlegg, mai 2019 – april 2021	14
Figur 4.2	Gjennomsnittlig installert effekt på solcelleanlegg for husholdninger registrert som plusskunder i Elhub, kW, mai 2019 – april 2021	15
Figur 4.3	Gjennomsnittlig kjøp og salg av strøm for plusskunder med solcelleanlegg, kWh, mai 2019 – april 2021	16
Figur 4.4	Antall plusskunder per fylke.....	17
Figur 4.5	Antall plusskunder som andel av antall husholdningskunder per fylke, prosent	17
Figur 4.6	Gjennomsnittlig kjøp av strøm for ulike kundegrupper, kWh, mai 2019 – april 2021	18
Figur 4.7	Utetemperatur for ulike kundegrupper, °C, mai 2019 – april 2021	19
Figur 4.8	Utetemperatur og strømforbruk for ikke-plusskunder og pre-plusskunder, kWh og °C, mai 2019 – april 2021	20
Figur 4.9	Gjennomsnittlig husholdningsinntekt etter skatt for ulike kundegrupper, 1000 kr.....	21
Figur 4.10	Boligtype for plusskunder og ikke-plusskunder, prosent ¹	21
Figur 4.11	Antall personer i husholdningen for ulike kundegrupper, prosent.....	22
Figur 4.12	Andel husholdninger etter boligens bruksareal, prosent	23
Figur 4.13	Andel husholdninger etter byggeår for bolig, prosent	23
Figur 4.14	Eierforhold til bolig for plusskunder og ikke-plusskunder, prosent	24
Figur 4.15	Strømforbruk for ikke-plusskunder og pre-plusskunder, uveid og veide gjennomsnitt, kWh, mai 2019 – april 2021	25
Figur 5.1	Predikert og observert strømforbruk for en gjennomsnittshusholdning i utvalget av ikke-plusskunder, kWh, mai 2019 – april 2021	29
Figur 5.2	Input-ark i simuleringsmodellen SOLEL+	31
Figur 5.3	Output-ark i simuleringsmodellen SOLEL+	31
Figur 5.4	Predikert strømforbruk og forbruk av egen strømproduksjon for en gjennomsnittlig plusskunde, kWh, mai 2019 – april 2021	32
Figur 5.5	Predikert strømproduksjon for en gjennomsnittlig plusskunde samt observert salg av strøm, kWh, mai 2019 – april 2021	33
Figur 5.6	Prediksjoner for forbruk, produksjon og forbruk av egen produksjon for en gjennomsnittlig plusskunde registrert med solcelleanlegg, kWh, mai 2019 – april 2021	33

Tabellregister

Tabell 5.1	Estimeringsresultater for ikke-plusskunders strømforbruk. N=5 000 ikke-plusskunder, T = 24 måneder	28
------------	---	----