



Høgskulen på Vestlandet

Bacheloroppgave i fornybar energi

FE403-BO-2023-VÅR1-FLOWassign

Predefinert informasjon

| | | | |
|-----------------------|--------------------------|------------------------|----------------------------|
| Startdato: | 08-07-2023 09:00 CEST | Termin: | 2023 VÅR1 |
| Sluttdato: | 21-08-2023 14:00 CEST | Vurderingsform: | Norsk 6-trinns skala (A-F) |
| Eksamensform: | Bacheloroppgåve | | |
| Flowkode: | 203 FE403 1 BO 2023 VÅR1 | | |
| Intern sensor: | (Anonymisert) | | |

Deltaker

| | |
|---------------------|---------------|
| Navn: | Sigbjørn Aase |
| Kandidatnr.: | 230 |
| HVL-id: | 594636@hvl.no |

Informasjon fra deltaker

| | |
|----------------------|-------|
| Antall ord *: | 15032 |
|----------------------|-------|

Egenerklæring *: Ja
Jeg bekrefter at jeg har Ja
registrert
oppgavetittelen på
norsk og engelsk i
StudentWeb og vet at
denne vil stå på
vitnemålet mitt *:

Gruppe

| | |
|-----------------------------------|--|
| Gruppenavn: | Bachelor |
| Gruppenummer: | 2 |
| Andre medlemmer i gruppen: | Njål Lade Seljeset, Bjørn Thommas Munoz Andersen |

Jeg godkjenner avtalen om publisering av bacheloroppgaven min *

Ja

Er bacheloroppgaven skrevet som del av et større forskningsprosjekt ved HVL? *

Nei

Er bacheloroppgaven skrevet ved bedrift/virksomhet i næringsliv eller offentlig sektor? *

Nei

BACHELOROPPGAVE

Pålitelighetsanalyse av estimatverktøy for ytelse av solcelle-PV-installasjoner og sammenligning med erfaringer fra installasjonseiere.

Reliability analysis of estimation tools for solar PV installation performance and comparison with experiences from installation owners

230, 231, 232

Fornybar Energi

FIN/Institutt for Miljø- og Naturvitskap

Veileder: Jan Pedro Zeiss

Innleveringsdato: 21.08.2023

Sammendrag

Denne bacheloroppgaven tar sikte på å undersøke tilfredsheten til eiere av solcelleanlegg og nøyaktigheten av estimeringsverktøyene som brukes i planleggings prosessen av solcelleanlegg installasjoner. Formålet med studien var å få innsikt i solcelleanlegg-eieres opplevelser og synspunkter, samt deres tilfredshet med installasjonen og ytelsen til solcellepanelene. Studien vår brukte både en kvalitativ og kvantitativ tilnærming. Undersøkelsen av brukeropplevelser er basert på intervjuer. Analysen av nøyaktigheten til verktøyene er basert på en kvantitativ sammenligning av estimater fra ulike verktøy med hverandre og de faktiske reelle verdiene.

Etter grundig analyse av intervjudataene, konkluderte studien med at økende strømpriser og miljøhensyn er viktige faktorer som driver installasjonen av solcellepaneler. Samtlige deltakere ga uttrykk for generell tilfredshet med installasjonen og ytelsen til solcellepanelene sine, men noen utfordringer ble også identifisert. Studiens funn gir verdifull innsikt i brukeropplevelsen med solcellepaneler og kan være nyttige for potensielle solcelleiere, installatører og politikere som ønsker å fremme bruken av solenergi.

For å evaluere nøyaktigheten av solcelle-estimeringsverktøyene har vi valgt fem verktøy, og SAM (System Advisor Model) har blitt brukt som referanse for å vurdere resultatene. SAM er et anerkjent verktøy for solcelleanalyse og -prosjektering, og vi benyttet det som en referanse for å forstå hvilke parametere som er kritiske for å oppnå nøyaktige resultater i lignende solenergiverktøy.

Resultatene fra evalueringen av estimeringsverktøyene viser variasjoner i nøyaktighet for ulike solcelleanlegg. Otovo og Lyse skilte seg ut som mer pålitelige verktøy for noen av deltakerne, mens de andre verktøyene, inkludert Fjordkraft, Solcelle-Energi og Solkart, viste en tendens til å overvurdere produksjonsverdiene, spesielt for større anlegg.

Studiens funn gir viktig informasjon for forbrukere som vurderer solcelleanlegg og kan hjelpe dem med å ta informerte beslutninger ved valg av estimeringsverktøy. Videre forskning bør fortsette å undersøke nøyaktigheten av disse verktøyene og deres påvirkning på brukeropplevelsen og beslutningstaking. Gjennom å forstå solcellepanelers effektivitet og nøyaktigheten av estimeringsverktøyene, kan samfunnet bedre forstå potensialet for solenergi som en bærekraftig og miljøvennlig energikilde.

Abstract

This bachelor thesis aims to investigate the satisfaction of solar installation owners and the accuracy of estimation tools used in the planning process of solar installations. The purpose of the study was to gain insight into the experiences and perspectives of solar installation owners, as well as their satisfaction with the installation and performance of the solar panels. Our study used both a qualitative and quantitative approach. The investigation of user experiences is based on interviews. The analysis of the accuracy of the tools is based on a quantitative comparison of estimates from different tools with each other and the actual real values.

After thorough analysis of the interview data, the study concluded that rising electricity prices and environmental concerns are important factors driving the installation of solar panels. All participants expressed general satisfaction with the installation and performance of their solar panels, but some challenges were also identified. The findings of the study provide valuable insight into user experiences with solar panels and can be useful for potential solar owners, installers, and policymakers who wish to promote the use of solar energy.

To evaluate the accuracy of solar estimation tools, we selected five specific tools, and SAM (System Advisor Model) was used as a reference to evaluate the results. SAM is a recognized tool for solar analysis and design, and we used it as a reference to understand which parameters are critical to achieving accurate results in similar solar energy tools.

The results of the evaluation of estimation tools show variations in accuracy for different solar installations. Otovo and Lyse stood out as more reliable tools for some participants, while other tools, including Fjordkraft, Solar Energy, and Solkart, tended to overestimate production values, especially for larger installations.

The findings of the study provide important information for consumers considering solar installations and can help them make informed decisions when choosing estimation tools. Further research should continue to examine the accuracy of these tools and their impact on user experience and decision-making. By understanding the efficiency of solar panels and the accuracy of estimation tools, society can better understand the potential of solar energy as a sustainable and environmentally friendly energy source.

Takk til

Vi ønsker å takke vår veileder, Jan Pedro Zeiss, for hans kontinuerlige støtte og tilgjengelighet gjennom hele prosessen. Hans engasjement og tålmodighet har vært uvurderlig, og vi setter pris på hans dedikasjon til veiledning til tross for en travel timeplan.

Vi vil også uttrykke vår takknemlighet til våre intervjukandidater som generøst stilte opp og brukte sin tid for å gjennomføre intervjuene. Deres deltakelse har vært uvurderlig for vår forskning, og vi er takknemlige for deres engasjement og bidrag.

Vi vil også takke Dejene Assefa Hagos som hjalp oss å utføre beregninger i undersøkelsene våre.

Innholdsliste

| | |
|--|-----------|
| 1 Innledning | 7 |
| 2 Bakgrunn | 9 |
| 2.1 Solcelle-PV | 9 |
| 2.1.1 Tekniske aspekter for solcelle-PV | 9 |
| 2.1.2 Global Utvikling (USA, Europa og Kina) | 10 |
| 2.1.3 Norge | 12 |
| 2.2 Politikk og rammeverk i Norge for solcelle PV | 14 |
| 2.2.1 Statlige aktører | 14 |
| 2.2.2 Reguleringer i Norge | 15 |
| 2.2.3 Subsidiar | 16 |
| 2.2.4 Grønne sertifikater og innmatingstariff | 17 |
| 2.2.5 Plusskundeordning og grønne sertifikater | 17 |
| 2.2.6 Opprinnelses garanti | 18 |
| 2.3 System Advisor Model (SAM) | 19 |
| 3 Metode | 22 |
| 3.1 Intervjuene | 22 |
| 3.2 Estimeringsverktøyene | 23 |
| 3.2.1 Dokumentanalyse | 23 |
| 3.2.2 Sammenligning av estimerer fra solcelle-estimeringsverktøy med private sol- celleanlegg og deres produksjon | 23 |
| 4 Resultater | 28 |
| 4.1 Intervju resultater | 28 |
| 4.1.1 Kandidat 1 | 28 |
| 4.1.2 Kandidat 2 | 29 |
| 4.1.3 Kandidat 3 | 29 |
| 4.1.4 Kandidat 4 | 30 |
| 4.1.5 Kandidat 5 | 30 |

| | |
|--|-----------|
| 4.1.6 Kandidat 6 | 31 |
| 4.2 Dokument analyse | 32 |
| 4.2.1 Informasjon som er lik for alle estimeringsverktøyene | 32 |
| 4.2.2 Otovo.no | 33 |
| 4.2.3 Solcelle-energi.no | 33 |
| 4.2.4 Solkart.no (Solcelle spesiallisten) | 34 |
| 4.2.5 Lyse.no | 34 |
| 4.2.6 Fjordkraft.no | 34 |
| 4.3 Resultater fra sammenligning av estimerte og faktiske produksjon av solcelleanlegger | 35 |
| 4.3.1 Metode 1 for energi produksjon | 35 |
| 4.3.2 Metode 2 for energiproduksjon | 37 |
| 4.3.3 Totalkostnad | 40 |
| 5 Diskusjon | 42 |
| 5.1 Intervju diskusjon | 42 |
| 5.2 Estimeringsverktøy diskusjon | 43 |
| 5.2.1 Brukervennlighet | 43 |
| 5.2.2 Begrensninger til estimeringsverktøyene | 44 |
| 5.2.3 Estimert produksjon i forhold til faktisk produksjon | 45 |
| 5.3 Intervju og estimeringsverktøy diskusjon | 48 |
| 6 Konklusjon | 49 |
| 7 Åpne spørsmål | 50 |

Figurliste

| | |
|--|----|
| Figur 1 Alle komponentene som er på et fungerende solcellesystem. | 10 |
| Figur 2 Sammenligning av faktisk produksjon med estimert produksjon, basert på metode 1. | 35 |
| Figur 3 Prosentvis endring av faktisk- og estimert produksjon, basert på metode 1. | 36 |
| Figur 4 Faktisk årlig produksjon sammenlignet med verktøyenes estimeringer, basert på metode 2. | 38 |
| Figur 5 Prosentvis endring i faktisk produksjon i forhold til estimert produksjon, basert på metode 2. | 39 |
| Figur 6 Sammenlignet estimert totalkostnad av alle verktøyene | 40 |
| Figur 7 Prosentvis endring i totalkostnad for alle verktøyene | 41 |
| Figur 8 Værdata fra stasjon Skardsbøfjellet som viser nedbør og middeltemperatur fra året 2018 til og med 2022. Hentet fra https://seklima.met.no | 46 |

Kapittel 1

Innledning

Solenenergi har vist seg å være en lovende og miljøvennlig kilde til energiproduksjon. Dette reflekteres i det betydelige antallet nye solcelleanlegg som har blitt installert, spesielt i årene fra 2021 til 2023 hvor vi har sett en økning på over 11 000 anlegg i Norge (Elhub 2023b). For enkeltpersoner og bedrifter som vurderer å investere i solenergi, har online solar PV-kalkulatorer blitt en praktisk ressurs for å få estimater og informasjon om kostnad, installert effekt og andre relevante parametre basert på deres geografiske plassering. Disse kalkulatorene presenterer potensielle kunder med viktige data som kan hjelpe dem med å ta informerte beslutninger om investeringen i solcelleanlegg.

I dagens samfunn, hvor bevisstheten om klimaendringer og behovet for bærekraftige energiløsninger er høy, er det avgjørende å vurdere nøye hvor nøyaktige og pålitelige disse online solar PV-kalkulatorene er. For å sikre en vellykket overgang til fornybar energi, er det viktig at investeringsbeslutninger er basert på realistiske estimater og pålitelige data. (Axaopoulos et al. 2014)

Inspirert av nyhetsartikler som kastet dårlig lys på solenergi, som eksemplifisert av overskrifter som «Solceller på taket hjemme: «Mange problemer og mindre strøm enn forventet»» skriver TU (Teknisk Ukeblad 2018), og «Misvisende om solceller: Otovos påstander om besparelser er sterkt overdrevne, hevder Per Ivar Gjørum og Torkel Hasle.» skriver Finansavisen (Finansavisen 2023). Vi å utforske dette emnet i vår bacheloroppgave. Selv om vi ikke direkte vurderte disse artiklene, var de med på å vekke vår nysgjerrighet og interesse. Vårt mål var å oppnå en helhetlig forståelse av estimeringsverktøyenes rolle i eierens tilfredshet med solanleggene.

Denne bacheloroppgaven tar sikte på å evaluere nøyaktigheten og prestasjonsestimaterne til online solar PV-kalkulatorer. Ved å bruke en helhetlig tilnærming vil vi analysere flere viktige aspekter av solcelleanlegg og deres prestasjon, og vi vil utforske hvor godt kalkulatorene klarer å forutsi den faktiske energiproduksjonen til solcelleanlegget.

For å få verdifulle innsikter vil vi gjennomføre grundige intervjuer med 5 privatpersoner som har

solcelleanlegg installert på sine boliger, samt intervjuere rektoren ved en folkehøgskole som har tatt i bruk solenergi som en del av deres energiforsyning. Gjennom disse intervjuene vil vi innhente verdifull innsikt om deres erfaringer med solcelleanlegget, inkludert faktisk energiproduksjon, tilfredshet med investeringen og eventuelle utfordringer de har møtt underveis. Ved å sammenligne deres faktiske produksjonsdata med estimerte resultater fra utvalgte online solar PV-kalkulatorer, vil vi kunne evaluere nøyaktigheten av disse kalkulatorene og deres evne til å levere pålitelige prestasjonsestimater.

Gjennom en metodisk evaluering av online solar PV-kalkulatorer, håper vi å kunne gi verdifull innsikt og anbefalinger for enkeltpersoner og bedrifter som vurderer investering i solenergi. Vårt mål er å bidra til å fremme bruk av bærekraftige energiløsninger, øke bevisstheten om potensialet og fordelene ved solcelleanlegg, og samtidig gi en balansert forståelse av solenergi som inkluderer både dens styrker og områder for forbedring.

Kapittel 2

Bakgrunn

2.1 Solcelle-PV

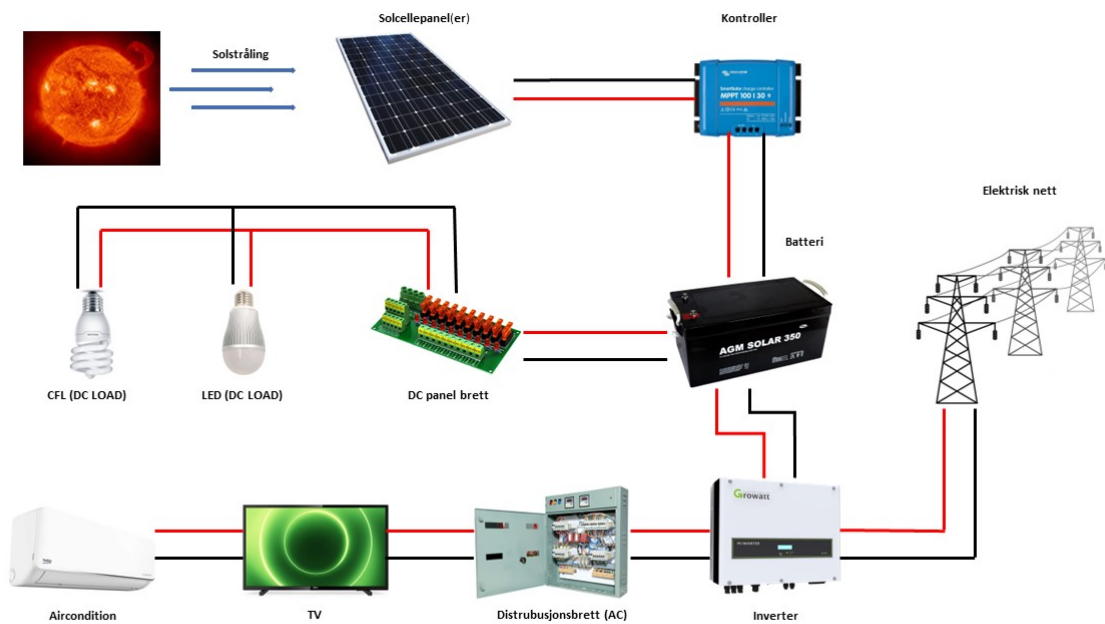
Edmond Becquerels banebrytende oppdagelse av den fotovoltaiske effekten i 1839 banet vei for utviklingen av solcelleteknologien vi kjenner i dag. Noen tiår senere, i 1883, ble et tak i New York City den første bygningen i verden som tok i bruk solcellepaneler. Den amerikanske forskeren Charles Fritts utviklet en solcelle der han brukte grunnstoffet selen og et tynt lag gull for å fange energi fra solen. Dette var en tidlig milepæl i anvendelsen av solcelleteknologi og markerte begynnelsen på den praktiske bruken av solenergi som en ren og fornybar energikilde. Med tanke på kostnadene på grunnstoffet selen var ikke denne oppfinnelsen lønnsom da solcellepanelet hadde en virkningsgrad på knappe 1 prosent (Chu & Tarazano 2023). I 1940 gjorde den amerikanske forskeren Russel Ohl en viktig oppdagelse innen solcelleteknologi. Han oppdaget at elektrisitet kunne genereres ved å belyse silisium. Denne oppdagelsen la grunnlaget for videre forskning på området og banet vei for utviklingen av solceller. I 1954 stod tre amerikanske forskere, Daryl Chapin, Calvin Fuller og Gerald Pearson, bak et bemerkelsesverdig gjennombrudd innen solcelleteknologien. De utviklet den første 2-centimeter krystallinske silisiumsolcellen og gjorde den tilgjengelig for offentligheten. Med en effektivitet på over 4 prosent markerer denne oppfinnelsen starten på utviklingen av moderne solceller som vi bruker i dag (Axpo 2019)

2.1.1 Tekniske aspekter for solcelle-PV

Et solcellepanel består av mange solceller koblet i sammen og en solcelle eller photovoltaic cell produserer strøm ved å konvertere direkte sollys om til elektrisitet (elektrisk strøm). Navnet PV kommer fra Photons P, og voltage V. En solcelle inneholder et materiale som bare leder strøm når energi blir tilført, av sollys i dette tilfelle. Dette materiale kalles en halvleder og når det blir utsatt for sollys absorberer den energien fra sollyset og transformere det til elektroner. Elektronene flyter gjennom halvleder som elektrisitet, fordi andre lag er designet for å føre ut elektrisiteten fra halv-

leder. Så går elektrisiteten gjennom metall kontakter før den får til den inverter som transformere elektrisiteten fra direct current (DC) til alternating current (AC), som går videre til en grid som f.eks går videre til et husstand. (Knier 2008). Ved å koble flere solceller i serie, får man en solcelle module (panel). Deretter hvis man kobler flere moduler i serier eller parallelt blir det kalt for en array og ved å koble dem enten i serie eller parallelt kan man bestemme ønskede voltage og current kombinasjon.

De viktigste komponentene en trenger for et solar PV system er solcellepanelene, kontroller, batteri, inverter, DC og AC panelbrett, monterings utstyr og fester til taket, tilkobling til et elektrisk nett hvis man ikke kobler opp et off grid system. Nedenfor viser figur 1 hvordan de forskjellige komponentene er koblet sammen for å lage et fungerende system som kan produsere elektrisitet til enten eget forbruk eller det elektriske nettet.



Figur 1: Alle komponentene som er på et fungerende solcellesystem.

Dersom solar PV systemet skal brukes som et off grid system, er de endringen som må gjøres i forhold til figuren, å fjerne tilkoblingen til det elektriske nettet og mest sannsynlig koble til flere batterier for å øke kapasiteten for den lagrede elektrisiteten.

2.1.2 Global Utvikling (USA, Europa og Kina)

Fra de tidlige eksperimentene med solcelleteknologi har solenergi blitt stadig mer integrert i vår moderne verden. Den kontinuerlige utviklingen av solcelleteknologien har gjort det mulig å utnytte solens kraft på stadig mer effektive og kostnadseffektive måter. Romfartøy har vært blant de første

teknologiene som aktivt tok i bruk solceller. Teknologien har spilt en viktig rolle i romforskning siden den første solcelledrevne satellitten, Vanguard 1, ble lansert i 1958 (NASA 2017). Siden da har solcellepaneler blitt brukt på en rekke forskjellige romfartøy og stasjoner. En viktig hendelse som bidro til å skape et økt fokus på alternative energikilder var oljekrisen som oppsto i USA i 1973. Denne krisen førte til betydelige økninger i prisen på bensin og råolje, og det ble tydelig at det var behov for å utforske mer bærekraftige energialternativer. Samtidig som miljøforkjempere presset for å redusere energiforbruket gjennom energieffektivitet og øke bruken av fornybar energi, ble politiske ledere stadig mer interessert i alternative energikilder. Når Jimmy Carter tok valgseier i 1976 økte støtten for fornybar energi betydelig, og i 1978 innførte kongressen Energy Tax Act som ga skattefradrag for boliger med solenergisystemer (University 2023).

I 1991 innførte Tyskland en viktig lov kalt Elektrisitetens innmating-loven for å fremme bruk og utvikling av fornybar energi. Loven sikret at elektrisitet produsert fra fornybare energikilder kunne bli tilkoblet strømmettet. I henhold til denne loven var strømleverandørene forpliktet til å betale en ekstra pris, kalt innmatingstariffer, for elektrisitet levert fra fornybare energikraftverk. Denne ekstra prisen ble beregnet årlig basert på en prosentandel av gjennomsnittsinntektene fra all strøm som ble solgt gjennom det offentlige strømmettet i foregående år. Dermed varierte denne prisen fra år til år og var direkte relatert til gjennomsnittlig strømpris for alle kunder. Fornybare energikraftverk, spesielt de som produserte vind- og solenergi, mottok den høyeste kompensasjonen. Med en premie på 90 prosent av gjennomsnittsinntektene skapte denne loven et sterkt insentiv for utbredelsen av disse fornybare energiteknologiene (Agency 2013).

I 2000 tok Tysklands regjering et viktig skritt ved å introdusere Renewable Energy Sources Act" (EEG 2000), som tok over for den tidligere Elektrisitetens innmating-loven". Dette ble raskt en sentral del av landets fornybare energistrategi. EEG-loven fastsatte en innmatingstariff, som sikret en stabil avkastningsrente over tjue år for produsenter innen fornybar energi, inkludert solenergi. Et hovedformål med denne loven var å sikre at minst 10 prosent av Tysklands elektrisitet skulle komme fra fornybare kilder innen 2010. Som en direkte følge av denne lovgivningen opplevde landet en oppsving i antall solenergi prosjekter. Globalt har EEG 2000 hatt en markant innvirkning, og bidratt til både introduksjonen av fornybare energikilder og teknologiske fremskritt. Gjennom klare og forutsigbare betingelser oppmuntret EEG 2000 til større investeringer i fornybar energi, og bidro til å styrke Tysklands posisjon som en frontløper innen dette feltet. (Leiren & Reimer 2018). Med sin ledende posisjon innenfor solenergimarkedet var Tyskland i en unik posisjon til å påvirke og samarbeide med andre nasjoner, som Kina.

På slutten av 1990-tallet begynte Kinas oppgang i solindustrien. Tyskland bidro med teknologi, kapital og eksperter for å tiltrekke seg Kina til å produsere solpaneler og imøtekomme den tyske etterspørselen. Kina så dette som en mulighet til å øke sin egen produksjon og dra nytte av den voksende etterspørselen. Kina kjøpte opp solenergiselskaper og inviterte andre til å etablere seg i Kina, der de fant rimelig og dyktig arbeidskraft, samtidig som de fikk skattefordeler i stedet for

å betale skatt. Dette førte til en betydelig økning i produksjonen og en reduksjon i produksjonskostnadene på hele 80 prosent fra 2008 til 2013. Kina innså at de hadde produsert en overflod av solpaneler, med omtrent to paneler som ble produsert for hver bestilling fra utenlandske kunder (Fialka 2016). Samtidig observerte de suksessen til Tyskland som hadde lyktes med å stimulere sin egen solenergiproduksjon ved hjelp av en innmatingstariff, som ga produsentene en fast betaling for den solenergien de genererte. I 2011, inspirert av Tysklands suksess, besluttet Kina å kopiere deres tariffmodell for å øke etterspørselen innenlands (Ye et al. 2017). Denne tariffen fungerte som en insentivordning som oppfordret til økte investeringer og utvikling av solenergianlegg i Kina. Etterspørselen etter solenergi økte betydelig som et resultat av denne politikken. Innen 2015 hadde etterspørselen i Kinas innenlandske marked økt så mye at det overgikk Tyskland, og ble verdens største solenergimarked (Fialka 2016).

Siden den gang har Kina opprettholdt sin ledende posisjon innen solenergi. I 2017 utgjorde Kina allerede en tredjedel av verdens totale solenergikapasitet, og denne veksten har fortsatt å ha en positiv innvirkning på den globale solenergiindustrien (Jianglong Li 2020). Den siste tilgjengelige halvårsrapporten fra China Electricity Council, som dekker perioden januar til juni 2023, indikerer at Kinas solenergiproduksjon opplevde en imponerende økning på 39,8 prosent i løpet av første halvår (Council 2023). Dette understreker landets engasjement for å styrke sin rolle som en ledende aktør innen fornybar energi. Med en stadig økende solenergikapasitet, viser Kina klart sin målrettede innsats for å øke sin andel av fornybar energi i kraftproduksjonen.

2.1.3 Norge

Norges solcellehistorie har vært preget av begrenset bruk på grunn av billig vannkraft og begrenset solinnstråling om vinteren. Landets geografiske og klimatiske forhold, som begrenser solinnstråling i vintermånedene, har tidligere vært en hindring for utbredelsen av solcelleteknologi. Men med teknologiske fremskritt, reduserte kostnader og økt fokus på fornybar energi, har solenergi blitt en stadig viktigere del av Norges energimiks. Tidligere ble solceller hovedsakelig benyttet til å dekke strømbehov uten tilgang til strøm fra kraftnettet, spesielt til formål som fritidshytter, fyrlykter, teleinstallasjoner, turisthytter og lignende. Imidlertid har det skjedd en betydelig endring på kort tid. Over 90 prosent av solkraften i landet er nå tilknyttet strømmettet, noe som har åpnet muligheten for å motta statlig økonomisk støtte gjennom Enovas støtteordninger (vassdrags- og energidirektorat 2023) (Enova 2023b).

Solenergisektoren i Norge har siden 2015 opplevd en betydelig oppsving når det gjelder installert effekt og antall solcelleanlegg koblet til strømmettet. Denne veksten viser solenergiens stadig økende relevans og popularitet som en strømkilde i Norge. Fra en relativt beskjeden start på 141 kW installert effekt i 2015, har solkraftsektoren i Norge opplevd en bemerkelsesverdig økning. Ved utgangen av 2023 hadde den installerte effekten nådd et betydelig høydepunkt på 373 025 kW (373 MW), noe som representerer en økning på over 264169,5 prosent fra 2015-nivåene Elhub (2023b).

Den mest betydelige økningen inntraff mellom 2021 og 2022, da den installerte effekten økte fra 42 669 kW til 152 721 kW. Parallelt med denne betydelige økningen i installert effekt, har antall solcelleanlegg koblet til strømnettet i landet også vist en markant vekst. I 2015 var det bare 24 installerte anlegg, men ved utgangen av 2023 hadde dette tallet vokst til imponerende 20 216 anlegg (Elhub 2023b).

Det er spekulert i om den nylige eskaleringen i strømprisene kan ha vært en vesentlig faktor som har bidratt til økningen i investeringer i solenergi. Den økte strømprisen kan potensielt ha gjort solenergi til et mer økonomisk attraktivt alternativ, og det er mulig at stadig flere huseiere ser fordelene ved å produsere sin egen strøm. Norge har satt ambisiøse mål for utviklingen av solenergi. Energikommisjonen har foreslått en betydelig økning, med en målsetting om å bygge ut 5 til 10 TWh solkraft innen 2030 (Bédos Ulvin & Gregersen 2023). Disse målene viser en sterk forpliktelse til å øke andelen av solenergi i landets energimiks. Til tross for den økende interessen for solenergi, er det viktig å merke seg at solkraft fremdeles utgjør en liten andel av Norges totale energiproduksjon. I april 2023, til tross for en rekordhøy produksjon av solenergi, utgjorde solkraft bare 0,12 prosent av total innmatet produksjon i Norge (Elhub 2023a). Dette understreker behovet for fortsatt investering og utvikling for å øke andelen av solenergi i landets energiforsyning.

2.2 Politikk og rammeverk i Norge for solcelle PV

2.2.1 Statlige aktører

Norges vassdrag- og energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) NVE er en statlig etat underlagt Olje- og energidepartementet og er ansvarlig for forvaltningen av Norges vann- og energiresurser (vassdrags og energidirektorat 2015). Når det gjelder solenergi, spiller NVE en viktig rolle i å regulere nettilknytning og produksjon av solenergi gjennom forskrifter som Forskrift om produksjon, omforming, overføring, omsetning, fordeling og bruk av energi (energiloven)"(Stortinget 1990) og Forskrift om elsertifikater"(Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) 2015). Disse forskriftene dekker ulike aspekter ved solenergiproduksjon, som krav til nettilknytning og nettleie, samt støtteordninger som elsertifikater.

Norsk Elektroteknisk Komite

NEK (Norsk Elektroteknisk Komite) er en uavhengig organisasjon i Norge som utvikler og fremmer elektrotekniske standarder for sikkerhet og effektivitet. Disse standardene er viktige for å sikre kvaliteten og påliteligheten til elektriske systemer, inkludert solcelleanlegg. NEK utarbeider nasjonale standarder som er i tråd med internasjonale krav, og hjelper dermed norske bedrifter og industrier med å opprettholde høye sikkerhets- og ytelsesnivåer. I forbindelse med solcelleanlegg gir NEK veiledning om tekniske krav og sikkerhetsbestemmelser som må følges når man kobler anlegget til strømmettet (elektroteknisk komite 2022). Å overholde NEKs standarder sikrer at solcelleanlegg fungerer optimalt, reduserer risikoen for elektriske feil og bidrar til en sikrere og mer bærekraftig energiproduksjon.

Enova

Enova er en norsk statlig virksomhet som har som mål å redusere utslipp av klimagasser og styrke forsynings sikkerheten for energi(Enova 2023a). For å oppnå dette, tilbyr Enova økonomisk støtte og veiledning til husholdninger, næringsliv og offentlig sektor for å oppmuntre til adopsjon av solcellepaneler og solenergi (Enova 2023a). Enova-støtte kan inkludere tilskudd til investering i solcelleanlegg, rådgivning om energieffektivitet og bærekraftig energibruk, samt informasjon om hvordan man kan søke om støtte og tilskudd.

Installasjon av solcelle anlegg

I Norge er det teoretisk mulig å utføre installasjon av solcellepaneler på egen hånd. Imidlertid er det sterkt anbefalt å involvere en erfaren installatør for å sikre at solcellesystemet fungerer optimalt og ivaretar sikkerhetsaspektene. Selv om det ikke eksisterer formelle sertifiserings- eller lisenskrav for installatører, kan det være fordelaktig å velge en installatør som er medlem av Solenergiklyngen.

Dette er en bransjeorganisasjon som sikrer at deres medlemmer har den nødvendige kompetansen og erfaringen. Ved tilkobling av solcelleanlegget til strømmettet, er det krav om at anleggseieren inngår en avtale med sitt lokale nettselskap. Dette innebærer å overholde bestemte tekniske og sikkerhetskrav (NEK 2023). Generelt sett kreves det ikke byggetillatelse for å installere solcellepaneler på eneboliger i Norge. Likevel er det viktig å alltid sjekke lokale planbestemmelser og kommunale retningslinjer for eventuelle restriksjoner. Norske myndigheter tilbyr økonomiske insentiver, som for eksempel støtte fra Enova, for å redusere installasjonskostnader og motivere flere huseiere til å vurdere solenergi (Enova 2023a)."

2.2.2 Reguleringer i Norge

Rammevirket for installasjon av solcellepaneler er av stor betydning, spesielt med tanke på de stadig økende kravene til sikkerhet og kvalitet (NEK 2023). Solcellepaneler har blitt svært populære de siste årene, og det er mange som ønsker å investere i denne teknologien. Dette skyldes både ønsket om å bidra til en grønnere fremtid, samt muligheten for å redusere energikostnadene på lang sikt.

For å sikre at installasjonen av solcellepanelene følger de nødvendige forskriftene, må det følges et rammeverk. Dette inkluderer krav i forskriftene om lavspenningsanlegg og NEK 400 (NEK 400 lavspenning installasjon standar, retningslinjer for sikkerhet, design og installasjon av elektriske systemer og anlegg). Det er viktig å ha dokumentasjon på egenskapene til solcellepanelene for å sikre at de oppfyller byggetekniske forskrifter. De mest relevante forskriftene inkluderer konstruksjonssikkerhet, sikkerhet ved brann, helse og miljø, og fuktsikring (Gullbrekken 2022)

Energiloven regulerer bygging, eierskap og drift av solkraftverk i Norge (Energiloven, 1990) (Stortinget 1990). Produksjonsanlegg med spenning over 1000 V vekselstrøm/1500 V likestrøm krever konsesjon. Mindre solkraftanlegg som tilkobles etablerte lavspenningsanlegg er unntatt fra konsesjonsplikten. Solkraftanlegg som trenger anleggskonsesjon omfattes av forskrift om konsekvensutredning (Forskrift om konsekvensutredning, 2017) (Stortinget 2017). Utbyggere må sikre nødvendige rettigheter til grunn gjennom minnelige avtaler eller ekspropriasjon (Oreigningsloven, 1959) (Stortinget 1959).

Konsesjonspliktige anlegg behandles av NVE, og den som eier anlegget skal også drive det. Anlegg med ulik installert kapasitet har egne regler å følge. Omsetningskonsesjon kreves for alle som vil selge kraft på nettet. For nettilknytning av produksjonsanlegg gjelder tilknytningsplikten. Anlegg som behandles etter energiloven er unntatt noen krav i plan- og bygningsloven (Stortinget 2008). Mindre solkraftanlegg som i liten grad leverer strøm ut på nettet trenger ikke konsesjon etter energiloven, men kan kreve byggesøknad etter plan- og bygningsloven.

2.2.3 Subsidier

Næringslivet

I en pressemelding datert 30. september 2022, annonserte regjeringen en ny pakke med tiltak rettet mot næringslivet, spesielt de mest strømutsatte bedriftene. Dette inkluderte lånegarantier og en ny energitilskuddsordning, som er utformet for å bistå strømintensive bedrifter i en overgangsperiode (Regjeringen 2022).

Næringsminister Jan Christian Vestre uttrykte at regjeringen har samarbeidet med arbeidslivets parter for å utvikle denne tiltakspakken. Denne inkluderer blant annet en bedre fastprisavtale, en energitilskuddsordning, en lånegarantiordning og en strategi for å utvide fornybar kraftproduksjon (Regjeringen 2022).

Den nye energitilskuddsordningen er spesielt rettet mot de mest sårbare bedriftene. Bedrifter med en strømintensitet på minst 3 prosent kan søke om tilskudd for å dekke strømregningen og for investeringer i energieffektivisering. Målet er å bevare arbeidsplasser og støtte lokal næringsvirksomhet. Ordningen forventes å kunne hjelpe om lag 20 000 bedrifter i områder med spesielt høye strømpriser (Regjeringen 2022).

Den nye lånegarantiordningen gir statlig garanti for 90 prosent av beløpet i nye banklån til bedrifter som møter akutt likviditetsmangel på grunn av ekstraordinære økninger i strømutgiftene. Ordningen administreres av Eksportfinansiering Norge (Regjeringen 2022).

Regjeringen understreker også en økt satsing på fornybar energi. Målet er å bygge ut 30 GW havvindproduksjon på norsk sokkel innen 2040, samtidig som de ønsker å korte ned konsesjonsbehandlingstiden og styrke kapasiteten i strømnettet (Regjeringen 2022).

Privat

I statsbudsjettet for 2023 la regjeringen frem at de vil øke satsingen rundt energi effektivisere boliger, offentlige bygninger og næringsbygg. Dette gjøres igjennom subsidier som skal gjøre det mere rimeligere å energieffektivisere byggene. Kanalen staten har dette igjennom er Enova.

Ved å gjøre disse tiltakene vil vi både redusere energi bruken og kostnadene knyttet til strøm. i rapporten lade frem at «Bruk av elektrisitet i bygg sto i 2021 for om lag halvparten av det samlede elektrisitetsforbruket» og mener at dette er sentralt i forhold til kostnadseffektiv utvikling av kraftsystemet (Regjeringen 2022-10-06).

I dag har vi stønad opp til 47.500kr til egenprodusert strøm. Du blir tildelt 7500kr får selve anlegget, men du får du 2000kr per kWp installert effekt og dette gjelder opptil 20 kW. Du kan også få mere i støtte vis du kombinerer dette med solfanger eller smart strømstyring (Enova 2023b).

Noe av det som mangler i dette systemet er lagring. Vis alle som hadde solceller hadde også batterier som kunne lagre overskuddsstrømmen og så bruke den når prisene fra nette har høy døgnprisene og spare mulig tusen vis av kroner. Per dagsdato så er denne teknologien for dyr, det ville ha kommet en ekstra kostnad på rundt 80.000kr for et batteri på 10 kWh. (Ukeblad 2023) det vil si at det er kun spesielt interessert eller de som er ekstra bevis på miljøet som velger dette. Men en støtte ordning fra Enova ville vi muligens sett en stor økning av dette.

2.2.4 Grønne sertifikater og innmatingstariff

Norge:

Grønne sertifikater er et markedbasert system for å støtte produksjonen av fornybar energi i Norge. Produsenter av fornybar energi får et sertifikat for hver MWh energi de produserer, som deretter kan selges på et åpent marked. Dette gir dem en ekstra inntektskilde og gjør det mer lønnsomt å produsere fornybar energi (Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) 2015).

Innmatingstariff er en annen type støtteordning for fornybar energi i Norge. Det innebærer at produsenter av fornybar energi får en fastpris per produsert kWh over en viss periode. Dette gir forutsigbare inntekter og reduserer risikoen for investeringer i fornybar energi (NVE 2023b).

Gjelder for andre land, spesielt i Europa:

Feed-in tariff, også kjent som innmatingstariff, er en form for støtteordning for fornybar energi som har blitt mye brukt i land som Tyskland for å stimulere vekst i fornybar energi (Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) 2021). Her får produsenter av fornybar energi en garantert pris per kWh for energi som mates inn i strømmettet. Dette systemet har vært populært for å fremme utbyggingen av fornybar energi i flere europeiske land.

2.2.5 Plusskundeordning og grønne sertifikater

Den 1. januar 2012 introduserte Norge grønne sertifikater for å øke andelen fornybar energi i landet. Dette skjedde som en del av et samarbeid mellom Norge og Sverige, som hadde et felles mål om å nå 28,4 TWh innen utgangen av 2020. Grønne sertifikater gjør det enklere å spore hvor mye ekstra fornybar energi som er blitt installert sammenlignet med innmatingstariffer (Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) 2015)

En plusskunde er en forbruker som også produserer energi, for eksempel ved hjelp av solcellepaneler. Plusskunder trenger ikke å betale nettleie for den strømmen som de produserer og forbruker selv, men de må velge et strømselskap som tilbyr plusskundeordningen. Plusskunder kan levere opptil 100 kWh tilbake til nettet. Hvis produksjonen overstiger 100 kWh, kan de ikke lenger være plusskunder. For den strømmen som blir levert tilbake til nettet, betales det et fastledd på 1,36 øre/kWh ekskl. mva i 2023 (NVE 2023a).

En vanlig modell for solcelleanlegg er et pris-påslag i tillegg til spotprisen. Et eksempel fra Fjordkraft viser et påslag på 5,49 øre/kWh og et månedlig fastbeløp på 39,00 kr i tillegg til spotprisen (Fjordkraft 2023a).

2.2.6 Opprinnelses garanti

Statkraft forklarer at opprinnelsesgarantier er en måte å dokumentere at strøm kommer fra fornybare kilder. Når strømleverandører ønsker å markedsføre sine strømvtaler som fornybare, må de bruke opprinnelsesgarantier for å bekrefte dette. Som forbruker kan du velge en strømleverandør som tilbyr opprinnelsesgarantier, noe som sikrer at strømmen du kjøper er fornybar.

Ifølge Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), ble det bare innløst opprinnelsesgarantier for 23 prosent av kraftkjøpet i Norge i 2021, tilsvarende 32,5 TWh (NVE 2023b). Dette understreker betydningen av opprinnelsesgarantier for å fremme bruken av fornybare energikilder i landet.

På sin side, NorgesEnergi, en norsk strømleverandør, tilbyr 100 prosent fornybar energi til sine kunder ved hjelp av opprinnelsesgarantier (Energi 2023a). Dette er et bevis på hvordan opprinnelsesgarantier blir brukt for å fremme bærekraftige energiløsninger i strømleveranseindustrien.

Statkraft utdyper at opprinnelsesgarantier ikke påvirker selve salget av elektrisiteten direkte, eller påvirker flyten i nettet. Derimot påvirker det kontantstrømmen ved å sikre at pengene som kunden betaler for opprinnelsesgarantier fra et bestemt kraftverk, faktisk går til produsenten. Dette gir forbrukeren muligheten til å utøve forbrukermakt og signalisere sin preferanse til markedet, noe som kan bidra til å øke etterspørselen etter fornybar energi (Statkraft 2023).

2.3 System Advisor Model (SAM)

System Advisor Model (SAM) er et kraftig verktøy for evaluering og analyse av solenergisystemer, inkludert solcelleanlegg. SAM er utviklet av National Renewable Energy Laboratory (NREL) og regnes som en industristandard for analyser og prosjektering av solcelleanlegg. Verktøyet gir omfattende informasjon og utdata-parametere som bidrar til å vurdere og optimalisere prestasjonene til solcelleanlegg (National Renewable Energy Laboratory 2018).

I en nylig studie av Buzra og Serdari (Buzra & Serdari 2023) ble ulike PV-simuleringsverktøy sammenlignet ved bruk av satellittdata. De inkluderte profesjonelle verktøy som SAM, PVsyst og RETScreen, samt data fra et reelt solcelleanlegg i Tirana, Albania. Ved å bruke anerkjente værdatakilder som The National Solar Radiation Database (NSRDB), Meteororm og NASA-databasen som input-parametere, fant de at SAM ga de mest sammenlignbare estimatene for produksjonen i forhold til det faktiske solcelleanlegget.

Dette funnet styrker vår beslutning om å benytte SAM som en referanse i vår egen studie. Selv om vi ikke vil bruke SAM aktivt i vår undersøkelse, vil vi benytte det som en sammenligningsbase for å forstå hvilke parametere som kreves for å drive lignende solenergiverktøy. Ved å vurdere funnene fra Buzra og Serdari i sammenheng med vår egen forskning, kan vi få dypere innsikt i hva som gjør et verktøy som SAM pålitelig og relevant for å estimere solcelleanleggs ytelse. Dette vil hjelpe oss med å evaluere og sammenligne resultatene fra ulike verktøy, inkludert Otovo, Lyse, Fjordkraft, Solcelle-Energi og Solkart, og deres overensstemmelse med de kritiske inndata- og utdataparametere som er identifisert av SAM.

Her er noen av de viktigste output-parametrene fra SAM som brukes til å evaluere prestasjonen til solcelleanlegg:

Årlig energiproduksjon: Dette er en sentral indikator for solcelleanleggets prestasjon. SAM beregner den årlige mengden elektrisitet som anlegget forventes å produsere basert på faktorer som legges inn i SAM. Den årlige energiproduksjonen angis vanligvis i kilowattimer (kWh) eller megawattimer (MWh).

Kapasitetsfaktor: Kapasitetsfaktoren er forholdet mellom den faktiske årlige energiproduksjonen til den teoretiske maksimale energiproduksjonen hvis solcelleanlegget hadde fungert kontinuerlig med full kapasitet. Kapasitetsfaktoren gir en indikasjon på hvor effektivt og pålitelig solcelleanlegget er i å utnytte solenergien.

Solcellepanelenes effektivitet: SAM kan også beregne den gjennomsnittlige effektiviteten til solcellepanelene i anlegget. Dette gir informasjon om hvor godt solcellepanelene konverterer solenergi til elektrisitet. Høyere effektivitet betyr bedre ytelse og høyere energiproduksjon.

LCOE (Levelized Cost of Energy): LCOE er et mål for den gjennomsnittlige kostnaden per enhet

produsert energi over levetiden til solcelleanlegget. Den tar hensyn til investeringskostnader, driftskostnader, vedlikeholdskostnader, levetid og energiproduksjon. LCOE brukes ofte til å sammenligne kostnaden for solenergi med andre energikilder.

Netto nåverdi (NPV): NPV er en økonomisk indikator som beregner nåverdien av fremtidige konstantstrømmer generert av solcelleanlegget. Den tar hensyn til investeringskostnader, driftskostnader, energiproduksjon, elektrisitetspriser, finansielle parametere og levetid. En positiv NPV indikerer en lønnsom investering.

Intern avkastning (IRR): IRR beregner den årlige prosentandelen avkastning på investeringen i solcelleanlegget over levetiden. Det representerer den forventede avkastningen på kapitalen investert i prosjektet og brukes til å vurdere prosjektets lønnsomhet. Jo høyere IRR, desto mer lønnsomt er prosjektet.

Skyggediagram: SAM genererer også skyggediagrammer som viser hvordan skygger fra omkringliggende bygninger, trær eller andre objekter påvirker solcelleanlegget. Dette hjelper til med å optimalisere anleggets plassering og design for å minimere skyggeeffekten og maksimere energiproduksjonen.

For at SAM skal kunne kalkulere disse output parameterne må følgende input parametere fylles inn i SAM:

Geografisk plassering: SAM tar hensyn til den geografiske plasseringen av solcelleanlegget, inkludert breddegrad, lengdegrad og høyde over havet. Dette er viktig for å beregne solinnstrålingen på stedet og dermed forventet energiproduksjon.

Solinnstråling: Solinnstrålingen er mengden solenergi som når solcelleanlegget. SAM bruker ulike metoder for å beregne solinnstrålingen avhengig av tilgjengelige datakilder, for eksempel solstrålingsmålinger, satellittdata eller solstrålingsmodeller.

Solcellepaneler: SAM krever informasjon om solcellepanelenes tekniske spesifikasjoner, for eksempel effektivitet, temperaturkoeffisienter, orientering og helling. Disse parameterne påvirker solcellepanelenes ytelse og energiproduksjon under forskjellige forhold.

Systemdesign: SAM tar hensyn til ulike systemdesignparametere, inkludert størrelsen på solcelleanlegget, koblingsmetode (nett-tilkoblet eller batteribank), invertertype og systemtap. Disse faktorene påvirker både energiproduksjonen og økonomiske aspekter ved anlegget.

Finansielle variabler: For å beregne økonomiske parametere som netto nåverdi (NPV) og intern avkastning (IRR), krever SAM informasjon om finansielle variabler som investeringskostnad, levetid, energipriser, drifts- og vedlikeholdskostnader, samt skatte- og insentivstrukturer.

Skyggeforhold: Skygger fra omkringliggende bygninger, trær eller andre hindringer kan reduse-

re solinnstrålingen på solcellepanelene og dermed påvirke energiproduksjonen. Informasjon om skyggeforhold og eventuelle tiltak for å minimere skyggeeffekten kan være en relevant input-variabel.

Klimadata: I tillegg til solinnstråling kan klimadata som temperatur, luftfuktighet og vindhastighet påvirke solcelleanleggets ytelse. SAM kan bruke lokale klimadata for å beregne forventet energiproduksjon og vurdere hvordan anlegget vil fungere under ulike klimatiske forhold.

Batterisystem: Hvis solcelleanlegget er koblet til et batterisystem for energilagring, er informasjon om batteritype, kapasitet og effektivitet viktige input-variabler. Disse vil påvirke evnen til å lagre overskuddsenergi og levere strøm når solinnstrålingen er lav eller fraværende.

Tapsfaktorer: Det er også relevant å inkludere eventuelle tap i systemet, for eksempel tap i kabelnettverket, invertertap eller systemtap knyttet til ledningsføring og konvertering av elektrisitet. Disse faktorene kan redusere den faktiske energiproduksjonen.

Drifts- og vedlikeholdsparemetere: Informasjon om forventet levetid, vedlikeholdskostnader og reparasjonsfrekvens kan også påvirke den totale prestasjonen til solcelleanlegget. Dette kan inkludere kostnader og tid knyttet til inspeksjoner, rengjøring, utskifting av komponenter og generell vedlikehold.

Disse input-variablene brukes sammen med SAMs interne modeller og algoritmer for å beregne output-parametere og gi innsikt i solcelleanleggets prestasjon og økonomi.

Kapittel 3

Metode

3.1 Intervjuene

Formålet med intervjuene var å undersøke om solcelleanlegg-eiere er fornøyde, hvilke problemer de møtte på, hvorfor de bestemte seg for å installere solcellepaneler og hvordan de tok beslutningen. Vi ønsket å få innsikt i deres erfaringer og synspunkter for å forstå hvor effektive solenergisystemene er og hvor nøyaktige estimeringsverktøyene er. Vi brukte en kvalitativ tilnærming for å få en dypere forståelse av deltakernes opplevelser og meninger. Utvalget besto av seks solcelleanlegg-eiere, hvorav ett av anleggene tilhørte en folkehøgskole, mens resten tilhørte privatpersoner. Kontaktopplysningene ble gitt av veilederen vår, og vi sendte e-postinvitasjoner til deltakerne. Hvis vi ikke fikk svar, fulgte vi opp med telefonhenvendelser for å sikre representasjon og variasjon blant deltakerne. Intervjuguiden inneholdt spørsmål om deltakernes tilfredshet med solcelleanleggene, problemer de møtte på, årsakene til beslutningen om å installere panelene og hvilket estimeringsverktøy de brukte. Vi fokuserte spesielt på tilfredsheten etter installasjonen og nøyaktigheten av estimeringsverktøyene. Intervjuene ble gjennomført både digitalt via Zoom og Teams og personlig, for å tilpasse seg deltakernes preferanser. Deltakerne ga informert samtykke, og intervjuene ble sikret ved å lagre dem på en kryptert server ved Høgskolen på Vestlandet. Vi brukte en kvalitativ tilnærming for å analysere intervjudataene. Vi vurderte deltakernes tilfredshet med solcelleanlegget, deres erfaringer med estimeringsverktøyene og vurderte nøyaktigheten av disse verktøyene. Etiske hensyn ble ivaretatt ved å informere deltakerne om anonymitet og retten til å trekke seg når som helst. Tillatelse ble bekreftet før opptak av intervjuene, og deltakerne hadde trygghet i at intervjuene ble lagret på en kryptert server ved Høgskolen på Vestlandet for å sikre konfidensialitet og personvern. Personlige identifikatorer ble fjernet fra dataene for å beskytte deltakernes personvern.

3.2 Estimeringsverktøyene

Formålet med denne undersøkelsen er å evaluere hvor godt fem valgte solcelle-estimeringsverktøy dokumenterer og viser informasjon om input- og output variablene og nøyaktigheten for resultatene.

Otovo (Otovo 2023a), Lyse (Lyse 2023), Fjordkraft (Fjordkraft 2023a), Solcelle-Energi (Energi 2023b) og Solkart (Solkart.no 2023a) ble valgt for å bli undersøkt. Disse ble valgt basert på tilgjengelighet.

3.2.1 Dokumentanalyse

Dokumentasjonen for hvert av verktøyene ble analysert for å evaluere hvordan informasjon om input- og output variablene ble dokumentert og presentert. Dette inkluderte å undersøke verktøyets nettsider, brukerveiledninger, tekniske dokumentasjon og annen relevant informasjon. Det ble sett som mål å lete etter informasjon om input-variablene og output-parameterne som SAM bruker for dens evaluering og analyse av solcelleanlegg.

3.2.2 Sammenligning av estimater fra solcelle-estimeringsverktøy med private solcelleanlegg og deres produksjon

Formålet med denne undersøkelsen er å sammenligne estimater fra solcelle-estimeringsverktøy med faktisk solcelleproduksjon fra private solcelleanlegg. Dette vil gi oss mer innsikt i nøyaktigheten av solcelle-estimeringsverktøy og deres evne til å forutsi solcelleproduksjonen.

Som diskutert i resultat seksjon 4.2 om dokument analyse, trenger alle verktøyene variablene om valg av takflate, mengde solcellepaneler og solcellepanel effekt som input for å kunne produsere estimeringer for den valgte adressen.

Metodene som ble brukt

Til å estimere solcelleproduksjon nøyaktig er en avgjørende faktor for å evaluere ytelsen til solcelleanlegg og for å ta informerte beslutninger om fornybar energiproduksjon. I denne undersøkelsen ble det gjennomført en detaljert analyse av to ulike metoder for å estimere årlig solcelleproduksjon ved hjelp av ulike tilpasninger i estimeringsverktøyene. Hensikten var å undersøke nøyaktigheten av de estimerte verdiene i forhold til faktiske produksjonsdata og vurdere effektiviteten til hver tilnærming.

Otovo, Lyse, Fjordkraft, Solkart og Solcelle-Energi ble brukt for å estimere solcelleproduksjonen for hvert solcelleanlegg fra kandidatene.

I den første metoden lå hovedfokuset på å utnytte mest mulig presis informasjon fra kandidatene. Dette innebærer bruk av spesifikke takflater hvor solcelleanleggene er plassert, nøyaktig antall paneler hver kandidat hadde, og forsøkte å matche paneleffekten så nær som mulig til det kandi-

datene opplyste. Hvis det ikke var mulig å matche nøyaktig, ble det valgt en effekt som var så nær som mulig. Når kandidatene hadde flere paneler enn det estimeringsverktøyene tillot, ble det utført justeringer for å oppnå en tilnærmet løsning.

Den andre metoden hadde en litt annen tilnærming. I stedet for å fokusere direkte på antallet paneler og deres individuelle effekter, fokuserte denne metoden på å matche den samlede effektiviteten, kjent som kilowatt peak (kWp), i hvert estimeringsverktøy for alle kandidatene. Kilowatt peaken for hver kandidat ble beregnet ved å multiplisere antallet paneler de hadde med deres effekter. Deretter ble den totale kWp-verdien benyttet for å velge den riktige kombinasjonen av paneleffekt og antall paneler i estimeringsverktøyene for å matche den samlede kWp for kandidaten.

Begge metodene hadde sine unike utfordringer, spesielt i tilfeller hvor det var begrensninger i estimeringsverktøyene. Imidlertid ble begge metodene utført med hensikt å gi de mest nøyaktige estimatene av solcelleproduksjonen basert på den informasjonen vi hadde tilgjengelig.

Informasjon fra kandidatene

I intervjuene spurte vi kandidatene om deres tillatelse om å bruke deres adresse i solcelle-estimeringsverktøyene vi undersøker. Det er forskjellige størrelser, typer og geografiske beliggenheter på solcelleanleggene. For at utvalget representerer et bredt spekter av solcelleanlegg..

Fra de 6 kandidatene vi intervjuet var det 2 av dem som ikke kunne gi oss utfyllende informasjon om solcelleanlegget deres. Dette var informasjon som vi trengte for sammenligningen, derfor brukte vi de 4 andre kandidatene for denne sammenligningen. Heretter delt opp som Kandidat 3 - 6. For data om produksjonsmengde så hadde alle 4 detaljert tall på hvor mye de hadde produsert i løpet av året 2021. Kandidat 5 hadde data om årlig produksjonsmengde fra år 2019 til og med 2022.

Vi trengte også informasjon om hvor mange solcellepaneler de hadde installert og solcellepanelenes effekt (W), denne informasjon hadde alle kandidatene men det var forskjeller. Kandidat 3 hadde 22 paneler med 400 W på boligbygget og 16 paneler med 160 W på et annet bygg på eiendommen. Kandidat 4 hadde 25 paneler på 410 W hvor 18 var på boligbygget og 7 var på garasjen. Kandidat 5 hadde 110 paneler med 450 W. Kandidat 6 hadde 244 paneler med 400 W.

Metode 1

På den første metoden la vi inn i estimeringsverktøyene først hvilken takflate som skulle brukes. For hver adresse fylte vi inn den samme takflaten som kandidaten sitt solcelleanlegg lå på, hvis det var flere takflater som i kandidat 3, 4 og 6 sitt tilfelle, ble den største takflaten valgt, før dette valget ble tatt ble det sjekket at alle takflatene for hver respektive adresse hadde samme himmelretning i forhold til den største. En begrensning oppstod på kandidat 5, hvor på Otovo og Lyse var det ikke mulig å velge den riktige takoverflaten. Takoverflaten brukt i stedet var bygget som ligger ved siden av. Dette bygget har en litt annen himmelretning. Etterpå kom valget for antall paneler og

effekt. Antall paneler ble valgt på hvert verktøy i henhold til hvor mange kandidaten har. Ved valg av paneleffekt ble det forsøkt å velge en effekt som var så nær som mulig det som hver kandidat hadde.

For kandidaten 5 og 6 oppsto det et problem. Det var ikke mulig å velge så mange paneler på verktøyene, da kandidatene hadde over 100 paneler. Dette ble omgått ved å dividere produksjonen med antall valgte paneler og deretter multiplisere med antall paneler på adressen for å få et brukende resultat.

Dette var de viktigste variablene som ble brukt i verktøyene. Andre mulige variabler, som for eksempel taktype, var ikke viktige for å få estimerte produksjonsmengder av anleggene. Disse variablene spiller inn på hvor mye anlegget koster å installere, noe som vi kommer tilbake til senere i undersøkelsen.

Deretter ble de estimerte verdiene sammenlignet med de faktiske verdiene fra deltakerne, og beregnet avviket mellom dem.

Metode 2

På den andre metoden ble det prøvd en annen metodikk hvor målet var å oppnå samme kilowatt peak (kWp) i hvert verktøy for alle kandidatene. Hensikten med dette var å evaluere hvor nøyaktig verktøyene estimerer årlig produksjon i forhold til den faktiske produksjonen.

Først ble kandidatens kWp beregnet ved å multiplisere antall paneler med paneleffekten. For kandidat 3, som hadde to typer paneler med ulik effekt, ble kWp beregnet separat for hver av dem, og deretter ble verdiene addert sammen. For å oppnå den samme kWp-verdien i verktøyene valgte vi den nærmeste paneleffekten til kandidaten, og deretter delte vi den valgte paneleffekten med kandidatens kWp for å finne ut mengden paneler som skulle bli valgt i verktøyene. I noen tilfeller var det ikke mulig å velge nøyaktig mengde paneler som kandidaten hadde. I disse tilfellene ble den mengden paneler som kom nærmest kandidatens kWp valgt og brukt i verktøyene.

For kandidat 3 ble det brukt 26 paneler med 415 W effekt på Otovo, 26 paneler med 430 W effekt på Lyse, 26 paneler med 395 W effekt på Fjordkraft, 26 paneler med 410 W effekt på Solcelle-Energi og 26 paneler med 395 W effekt på Solkart.

For kandidat 4 ble det brukt 26 paneler med 400 W effekt på Otovo, 24 paneler med 430 W effekt på Lyse, 26 paneler med 395 W effekt på Fjordkraft, 25 paneler med 410 W effekt på Solcelle-Energi og 25 paneler med 405 W effekt på Solkart.

For kandidat 5 ble det brukt 20 paneler med 425 W effekt på Otovo, 22 paneler med 430 W effekt på Lyse, 22 paneler med 395 W effekt på Fjordkraft, 25 paneler med 410 W effekt på Solcelle-Energi og 22 paneler med 405 W effekt på Solkart.

For kandidat 6 ble det brukt 57 paneler med 425 W effekt på Otovo, 66 paneler med 430 W effekt på Lyse, 66 paneler med 395 W effekt på Fjordkraft, 51 paneler med 410 W effekt på Solcelle-Energi og 66 paneler med 405 W effekt på Solkart.

For kandidat 5 og 6 var det ikke mulig å følge denne metodikken da det ikke var mulig å velge den nødvendige mengden paneler i verktøyene for å oppnå samme kWp som kandidatene hadde. Derfor utførte vi egne kalkulasjoner for å oppnå samme kWp. Dette involverte bruk av kandidatens kWp og hvert verktøys kWp (hvor det ble valgt maks antall paneler på hvert verktøy). Deretter ble kandidatens kWp delt på verktøyets kWp, og denne verdien ble multiplisert med verktøyets estimerte årlige produksjonsmengde. Resultatet ble den estimerte årlige produksjonsmengden med samme kWp som kandidaten.

Samme begrensning som på første undersøkelse hvor på Otovo og Lyse var det ikke mulig å velge den riktige takoverflaten for kandidat 5. Takoverflaten brukt i stedet var bygget som ligger ved siden av. Dette bygget har en litt annen himmelretning. Samme begrensning som oppstod på den første metoden, oppsto igjen her, der verken Otovo eller Lyse tillot valg av riktig takoverflate for kandidat 5. I stedet ble takoverflaten fra det nærliggende bygget benyttet, da dette bygget har en litt annerledes himmelretning.

Videre ble det laget grafer som viser alle de estimerte årlige produksjonsmengdene for hver kandidat, i tillegg til den faktiske årlige produksjonen til kandidatene. Det ble også laget en lik graf som viser prosentvis endring i forhold til kandidatens årlige produksjon, som er 100 prosent.

Metode for totalkostnadanalyse

For denne undersøkelsen hadde vi ikke tilgjengelig data om kandidatenes faktiske kostnader fra deres solcelleanlegg. Så det ble gjort en sammenligning mellom alle verktøyene.

Det ble brukt samme metodikk som på metode 2 for å få resultater om estimert totalkostnad for kandidatenes adresser. Det som var endret på var å i stedet for å bruke årlig produksjon så ble det brukt total kostnad, og dette var den estimerte kostnaden før enova-støtten hadde blitt trekt fra summen.

Input parameterne ble beholdt like som i metode 2, men i stedet for å bruke estimert årlig produksjon fra verktøyene ble den totale kostnaden hentet ut og brukt. En annen viktig input i denne undersøkelsen var valg av taktype. Dette spiller en viktig rolle for den estimerte totalkostnaden av anlegget da det er dyrere eller billigere å installere solceller på forskjellige taktyper. Her var det ingen problemer for verktøyene å velge den samme taktypen for alle kandidatene.

Vi utførte egne kalkulasjoner for å oppnå samme kWp for kandidat 5 og 6. Dette involverte bruk av kandidatens kWp og hvert verktøys kWp (hvor det ble valgt maks antall paneler på hvert verktøy). Kandidatens kWp ble delt på verktøyets kWp, og denne verdien ble multiplisert med verktøyets

estimerte totalkostnad. Resultatet ble den estimerte totalkostnaden med samme kWp som kandidaten.

Videre ble det laget grafer som viser alle de estimerte totalkostnadene for hvert verktøy for hver kandidat. Det ble også laget en lik graf som viser prosentvis endring i forhold til Otovo's estimerte totalkostnad, som ble valgt som 100 prosent for å vise forskjellene mellom verktøyene.

Kapittel 4

Resultater

4.1 Intervju resultater

Gjennom intervjuer med solcellepanel-eiere, ble det oppnådd interessante resultater med tanke på brukertilfredshet, utfordringer støtt på, og motivasjonen bak beslutningen om å installere solcellepanel.

4.1.1 Kandidat 1

Intervjuobjektet installerte solcellepanelene i mai i fjor, og har både på sin bolig og hytte, med henholdsvis 26 og 18 paneler. Intervjuobjektet er generelt fornøyd med produksjonen, som ofte er høyere enn forbruket, noe som gjør at de kan selge overskuddsstrøm. Men Intervjuobjektet er mindre fornøyd med Otovo, selskapet de kjøpte anlegget fra. Problemet var knyttet til en regning om Enova-støtte, hvor Otovo laget en feil og ennå ikke har svart på Intervjuobjektets henvendelser om dette. Respondenten uttrykte misnøye med Otovos profesjonalitet etter installasjonen og betalingen.

Den primære motivasjonen for å installere solcellepaneler var de høye strømprisene. Intervjuobjektet brukte Otovo for anskaffelse av anlegget, og estimatene fra Otovo stemte godt med den faktiske produksjonen. Klimahensyn var også en faktor i beslutningsprosessen, men ikke den viktigste.

Intervjuobjektet brukte Otovo som profesjonelt verktøy for estimering av produksjon. Det ble nevnt et problem med Enova-støtte, som tyder på at respondenten har mottatt eller prøvd å motta denne støtten, men det ble gjort en feil i behandlingen.

Intervjuobjektet har ikke planer om å installere flere paneler på grunn av mangel på plass. Men de er interessert i batterilagring når det blir tilgjengelig i Norge.

I dette intervjuet kommer det frem at til tross for generell tilfredshet med solcellepanelenes ytelse,

har det vært utfordringer med etter salgsservice fra leverandøren. Høye strømpriser og klimahensyn er viktige faktorer for valget om å installere solcellepaneler.

4.1.2 Kandidat 2

Intervjuobjektet installerte 20 solcellepaneler i februar 2022. Generelt er de fornøyd med anlegget, men de uttrykker frustrasjon over mangel på oversikt og vanskeligheter med å registrere total produksjon. Til tross for disse utfordringene, er de fornøyd med valget og anlegget i etterkant.

Beslutningen om å installere solcellepaneler ble drevet av et klimaengasjement og økende strømpriser. Disse faktorene bidro til deres bestemmelse om å installere solcellepaneler.

Intervjuobjektet engasjerte Otovo for installasjonen av solcellepanelene, men selve installasjonen ble utført av Bluetec. Det ble ikke nevnt noe om bruk av estimeringsverktøy.

Intervjuobjektet har for øyeblikket ingen planer om å installere flere solcellepaneler. Til tross for noen utfordringer med oversikten over anlegget, er intervjuobjektet fornøyd med solcelleanlegget. De ble motivert av klimaengasjement og økende strømpriser, og de engasjerte profesjonelle for installasjonen. De har for øyeblikket ingen planer om å utvide anlegget.

4.1.3 Kandidat 3

Intervjuobjektet installerte totalt 34 solcellepaneler i juni 2022, med 22 paneler av typen 400W og 12 paneler av typen 160W. Generelt sett er de svært fornøyd med anlegget og opplever at installasjonen gikk raskt og smidig etter bestillingen. De uttrykker ingen spesifikke frustrasjoner eller vanskeligheter knyttet til installasjonen.

Beslutningen om å installere solcellepaneler ble drevet av en kombinasjon av klimahensyn og økende strømpriser. Intervjuobjektet ønsket å redusere sin avhengighet av konvensjonell strømproduksjon og bidra til en mer bærekraftig fremtid. Støtte og Verktøy For installasjonen av solcellepanelene engasjerte intervjuobjektet Solcellespesialisten. De oppgir ikke om de benyttet seg av noen spesifikke estimeringsverktøy. Når det gjelder selve installasjonen av panelene, ble denne utført av Bluetec.

For øyeblikket har intervjuobjektet ingen konkrete planer om å utvide sitt eksisterende solcelleanlegg. De er imidlertid svært tilfreds med installasjonen og opplever ingen spesifikke utfordringer eller behov for ytterligere utvidelse.

Intervjuobjektet er svært fornøyd med sitt solcelleanlegg som består av 34 paneler, hvorav 22 er av typen 400W og 12 er av typen 160W. De ble motivert av både klimahensyn og økende strømpriser. Ved hjelp av Solcellespesialisten ble installasjonen utført raskt og smidig av Bluetec. Per nå har de ingen planer om å utvide anlegget, da de er tilfreds med den nåværende produksjonen og ingen spesifikke utfordringer er nevnt.

4.1.4 Kandidat 4

Intervjuobjektet installerte solcellepanelene i november 2022 og er generelt fornøyd med anlegget. De uttrykte imidlertid noen negative overraskelser. Spesielt nevnte de at anlegget slås av i perioder med sterk sol, noe de mener skyldes at nettet er dårlig utbygd.

Intervjuobjektet bestemte seg for å installere solcellepaneler dels fordi det fulgte med en solfanger da de kjøpte huset, noe som vekket deres interesse for solenergi. Hovedmotivasjonen var imidlertid miljøhensyn, med en filosofi om å produsere energi der naturinngrep allerede har skjedd, for å unngå å ødelegge mer natur. De nevnte også at økende strømpriser hadde en viss innflytelse på beslutningen, selv om dette ikke var den avgjørende faktoren.

Intervjuobjektet fikk hjelp til planlegging og installering av solcellepanelene fra Blue Tec Vest. De mottok også en produksjonsprognose fra samme selskap, noe som indikerer at de brukte profesjonelle estimeringsverktøy. Anleggets Detaljer Intervjuobjektet har installert 25 solcellepaneler - 18 på huset og 7 på garasjen. Panelene er CSUN410 Watt solcellepaneler, og de er installert på sørsiden av bygningene. Anlegget produserer 6684 kWh per år, noe som er mer enn deres årlige strømforbruk på 6000 kWh.

Intervjuobjektet planlegger ikke å installere flere solcellepaneler, da de ikke har mer takplass.

Til tross for noen utfordringer med nettet, er intervjuobjektet stort sett fornøyd med solcelleanlegget. De var hovedsakelig motivert av miljøhensyn, men de høye strømprisene hadde også en viss innflytelse på deres beslutning om å installere solcellepaneler. De brukte profesjonelle verktøy og tjenester for å planlegge og installere anlegget, og har for øyeblikket ingen planer om å utvide anlegget.

4.1.5 Kandidat 5

Intervjuobjektet, som driver en gård med epleproduksjon, installerte solcellepanelene på driftsbygningen i 2019. De uttrykte en generell tilfredshet med installasjonen, selv om det var noen oppstartsproblemer og en bratt læringskurve for alle involverte. Når anlegget først var oppe og kjørte, har det vært vedlikeholdsfritt.

Beslutningen om å installere solcellepaneler ble hovedsakelig drevet av eiendommens beliggenhet og troen på elektrifisering, spesielt for landbruket. Intervjuobjektet så på dette som en god investering. Økningen i strømprisene de siste årene hadde ikke påvirket deres beslutning om å installere solcellepaneler.

Intervjuobjektet mottok hjelp til planlegging og installering av solcellepanelene fra et snekkerfirma i samråd med et elektrofirma og leverandøren. Det ble ikke nevnt noe om bruk av estimeringsverktøy. Fremtidige Planer Intervjuobjektet har for øyeblikket ingen planer om å installere flere

solcellepaneler.

Til tross for noen oppstartsproblemer, er intervjuobjektet fornøyd med solcelleanlegget. De ble motivert av troen på elektrifisering og så på installasjonen som en god investering. De mottok støtte fra fagfolk for installeringen og har for øyeblikket ingen planer om å utvide anlegget.

4.1.6 Kandidat 6

Intervjuobjektet startet med å undersøke solceller i 2018, men installerte dem først i mai eller juni i fjor. De er svært fornøyde med systemet, som har produsert 82,180 kWh i løpet av året, og har gitt en inntekt på 182,000 kroner basert på en gjennomsnittlig spotpris på 2,20 kroner. De angrer imidlertid på at de ikke installerte flere solceller på flere av takene. Et problem de møtte, var dårlig kommunikasjon fra strømleverandøren, som førte til misforståelser. De mener at de kunne ha installert et anlegg som var fem ganger større hvis kommunikasjonen hadde vært bedre. De uttrykker også misnøye med nettleverandøren Sygnir, som var dårlige på å gi svar på om de kunne ta imot den produserte strømmen og hvor stort anlegg de kunne ha.

De begynte å se på solceller igjen for et og et halvt år siden, da strømprisene begynte å stige. Dette, sammen med et godt tilbud de fikk, var en sterk motivasjon for å installere solceller. De så også på det som et godt bærekraftig valg. Når det gjelder beslutningsprosessen, fikk de besøk av en solcellespesialist i 2018 for å undersøke mulighetene for solceller.

Intervjuobjektet nevnte ikke noe om støtte de fikk, men det ble nevnt at de hadde tillatelse til å bruke adressen på estimeringsverktøyene. Dette antyder at de brukte profesjonelle verktøy for å estimere potensialet for solcelleproduksjon.

De planlegger å installere flere solcellepaneler, men de trenger mer kapital først. De ønsker også å kombinere solkraft med enten fjordvarme eller bergvarme for å bli mest mulig selvforsynt med strøm.

Til tross for utfordringer med kommunikasjon fra strøm- og nettleverandøren, er intervjuobjektet svært fornøyd med solcelleanlegget sitt. De er motivert av de høye strømprisene og ser på solenergi som et bærekraftig valg. De planlegger å utvide anlegget sitt i fremtiden for å bli mer selvforsynt med strøm.

4.2 Dokument analyse

4.2.1 Informasjon som er lik for alle estimeringsverktøyene

For at brukerne skal kunne motta estimater fra estimeringsverktøyene for taket deres, er de nødt til å oppgi antall ønskede paneler, effekten på panelene (W), og adressen hvor de ønsker solcelleanlegget installert. Dette er de essensielle input-variablene som alle estimeringsverktøyene trenger for å kunne gi en produksjonsestimering for et solcelleanlegg.

Estimeringsverktøyene anvender sofistikerte beregningsmodeller og algoritmer for å gi kundene verdifull informasjon om solcelleanleggets ytelse og lønnsomhet. De viktigste output-parameterne som blir generert av disse verktøyene inkluderer den årlige energiproduksjonen til solcelleanlegget. For å oppnå dette, kombineres geografisk informasjon med klimadata og solinnstrålingsdata, som hentes fra offentlige databaser og meteorologiske institusjoner. Verktøyene tar også i betraktning tekniske spesifikasjoner for solcellepaneler og omformere, som er tilgjengelige fra produsentens datablad eller spesialiserte databaser for solcelleteknologi (Solkart.no 2023b).

En annen viktig output-parameter er økonomi og avkastning på solcelleanlegget. Estimeringsverktøyene tar hensyn til variable faktorer som investeringskostnader, avkastning på investering (ROI), samt tilbakebetalingstid. Verktøyene inkluderer også variable kostnader som installasjon, vedlikehold, og drift av anlegget.

For å generere disse output-parameterne, krever Estimeringsverktøyene flere input-parametere. Kundens adresse er en kritisk input som brukes til å identifisere solcelleanleggets geografiske plassering. Solinnstrålingsdata, som hentes fra offentlige kilder som NASA, ESA, eller EUMETSAT, brukes til å beregne den forventede energiproduksjonen. Verktøyene bruker også geografiske data, inkludert takstørrelse, orientering og helling, som hentes fra satellittbilder og geografiske informasjonssystemer som PVGIS og Solkart.no. Tekniske spesifikasjoner for solcellepaneler og omformere er også nødvendige for nøyaktige beregninger og disse dataene kan bli hentet fra produsentens datablad eller spesialiserte databaser for solcelleteknologi (Solkart.no 2023b).

Samlet sett gir estimeringsverktøyene kundene omfattende innsikt i solcelleanleggets ytelse, økonomi, og miljøpåvirkning, noe som lar dem ta informerte beslutninger angående installasjon av solcelleanlegg og bidra til en mer bærekraftig fremtid.

I denne analysen ble det imidlertid observert at enkelte input- og output-parametere ikke var tilstrekkelig dekket i alle nettsidene som ble undersøkt. De manglende output-parameterne omfatter kapasitetsfaktor, solcellepanelenes effektivitet, LCOE (Levelized Cost of Energy), NPV (Netto nåverdi), IRR (Intern avkastning) og skyggediagram. Derimot, de manglende inndata-parameterne, som ikke ble tydelig nevnt, omfatter solinnstråling, solcellepaneler, systemdesign, økonomiske variabler, skyggeforshold, klimadata, batterisystemer, tapskoeffisienter samt drifts- og vedlikeholdsparemetere. Disse parameterne er avgjørende for å gi mer nøyaktige og omfattende estimater og bør

derfor inkluderes i fremtidige versjoner av solcelle-estimeringsverktøyene.

For å estimere solcellepotensialet for en bestemt adresse, er det nødvendig å følge trinnene beskrevet nedenfor.

Etter at du har åpnet estimeringsverktøyet, så skriver du inn den adressen der du vurderer å installere solenergisystemet.

Verktøyet vil be om mer informasjon for å kunne gi deg en mer nøyaktig vurdering. Du kan bli bedt om å oppgi detaljer som, takets retning og størrelsen på solcellepanelene du vurderer å installere. Følg instruksjonene og fyll ut de nødvendige detaljene så nøyaktig som mulig.

Etter å ha oppgitt all nødvendig informasjon, vil verktøyet prosessere dataene og generere en oversikt over solenergiapotensialet på taket ditt. Gå gjennom resultatene og se på estimerte kostnader, energiproduksjon og besparelser du kan forvente.

Hvis du er interessert i å gå videre eller har spørsmål om estimatene, kan du kontakte verkøyetts selskap direkte. Ta kontakt med selskapet for å diskutere detaljene videre og få mer innsikt i solenergiløsningene de tilbyr.

4.2.2 Otovo.no

På dette verktøyet er det en variable som er å endre på hvor mye din månedlige strømregning er. Dette skriver Otovo er med på å hjelpe å beregne besparelser fra solcelleanlegget. Otovo sitt verktøy gir også informasjon om hvor mye CO₂ som kan blir spart per år, og hvor mye av produksjonen som kan gå til selvforbruket. (Otovo 2023a)

I studien av hvordan Otovo estimerer kraftproduksjonen fra solcelleanleggene sine, ble det oppdaget at selskapet ikke gir en garanti for den faktiske kraftproduksjonen. I stedet garanterer de den spesifiserte nominelle likestrømseffekten av solcelleanlegget (Otovo 2023b). Videre er den anslåtte kraftproduksjonen de oppgir basert på systemeffekten og tilgjengelige databaser for solinnstråling, klimadata, og informasjon mottatt om installasjonsstedet (Otovo 2023b). Det er imidlertid viktig å merke seg at den faktiske kraftproduksjonen vil variere over tid og kan påvirkes av lokale værvariasjoner samt skygge fra vegetasjon, tilstøtende bygg eller andre elementer på stedet. Skygge fra bygningselementer, nærliggende bygg, vegetasjon eller lignende er ikke tatt med i Otovos beregninger (Otovo 2023b).

4.2.3 Solcelle-energi.no

Solcelle-Energi sitt verktøy oppgir informasjon på variablene som lengde, bredde og helning på taket man velger. Den opplyser brukeren om hvor mye CO₂ per år som blir spart i tillegg til hvor stort areal anlegget er estimert til å bruke.

Gjennom dokumentanalysen ble det oppdaget at Solcellekraft.no henter informasjon fra offentlige kart og lagrer bygningsdata som himmelretning, helning, areal og takhøyde for å beregne potensialet for solceller på taket (Solcellekraft 2023). Denne informasjonen oppbevares for analyseformål, som bidrar til å forbedre nøyaktigheten av fremtidige beregninger (Solcellekraft 2023).

4.2.4 Solkart.no (Solcelle spesiallisten)

Solkart sitt verktøy viser en graf over hvor mye estimert produksjon og solinnstråling det vil være over alle månedene i året, det er enkelt å sjekke hver måned i grafen.

Tar ikke hensyn til lokale skyggeforhold i versjonen de bruker nå. Gjennom Norkart får de data de tregner om takvinkel, fysiske mål på taket. Data om snø og vindlast er hentet fra kommunene og kravene de hver stiller til det. En algoritme utviklet av Solkart bruker dataen med bakgrunn av de faktiske målingene som solkart har gjort hos kundene deres de siste 10 årene. (Solkart.no 2023b)

4.2.5 Lyse.no

Lyse sitt verktøy gir estimater for hvor mye lavere nettleien kan bli per år ved å installere solcellepaneler. (Lyse 2023)

Etter en dialog med en ansatt fra Lyse ble det opplyst at selskapet har et samarbeid med Solcellespesialisten. Hvor de henter data for estimatene på produksjonen fra Solkart. Det ble ikke funnet informasjon om dette på nettsiden til Lyse.

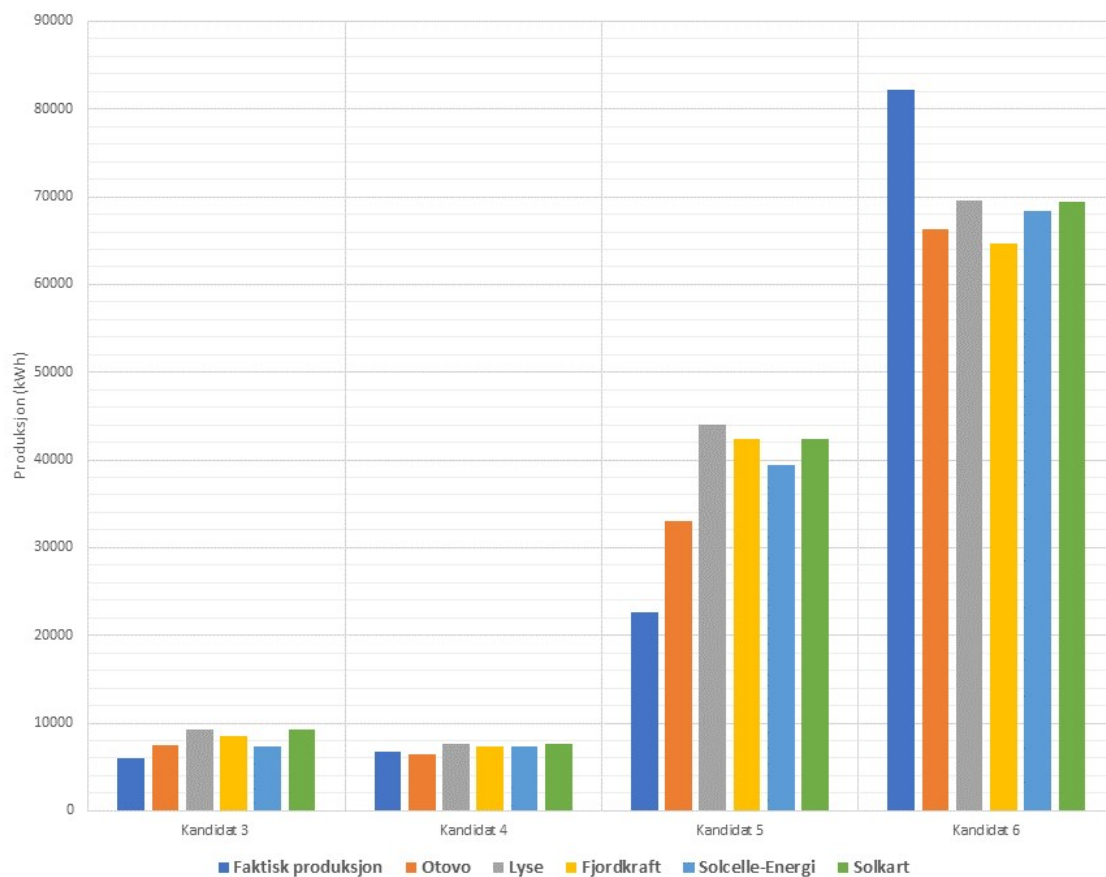
4.2.6 Fjordkraft.no

Det ble ikke funnet noe informasjon om hvordan Fjordkraft bruker input- og output-parameterne, men det ble funnet ut at fjordkraft også har samarbeid med Solcellespesialisten. (Fjordkraft 2023b)

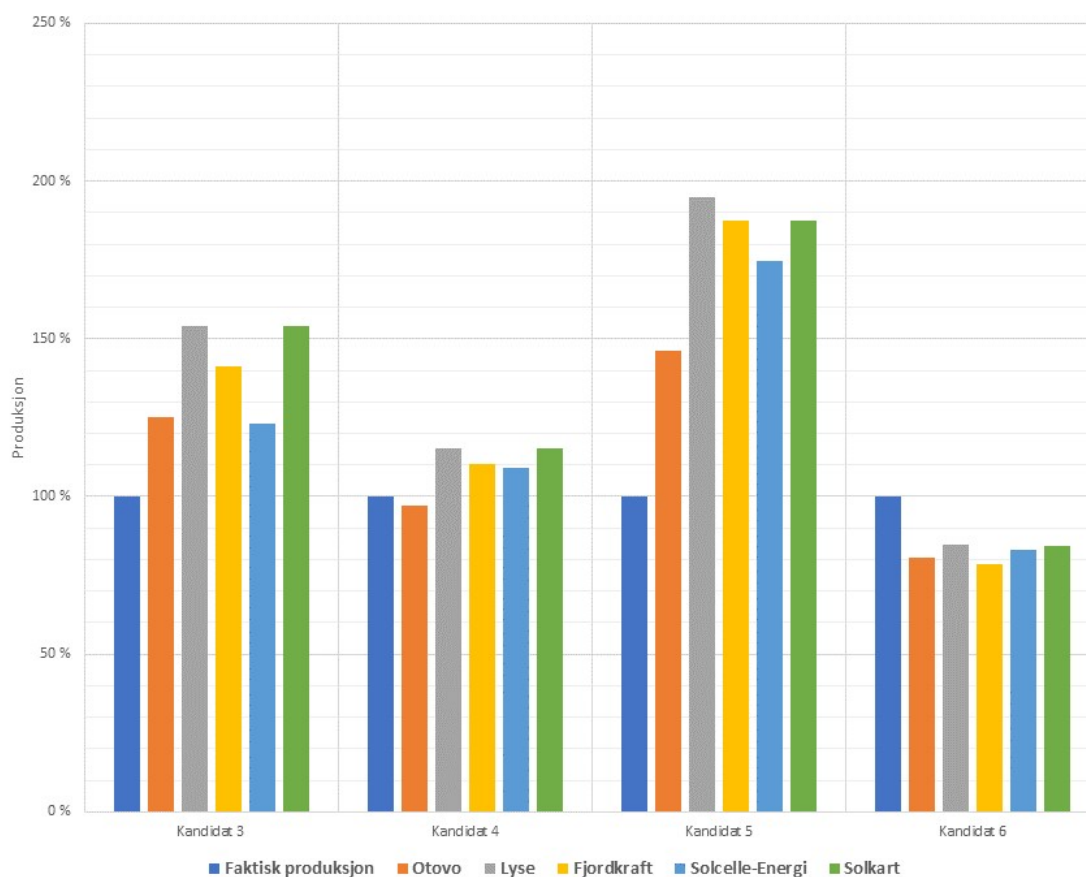
4.3 Resultater fra sammenligning av estimerte og faktiske produksjon av solcelleanlegger

Nøyaktigheten for de valgte estimeringsverktøyene varierte i en nokså stor grad i forhold til hvilken adresse som ble brukt. I tabellen under viser den hvordan estimert produksjon samsvarer med den målte produksjonen.

4.3.1 Metode 1 for energi produksjon



Figur 2: Sammenligning av faktisk produksjon med estimert produksjon, basert på metode 1.



Figur 3: Prosentvis endring av faktisk- og estimert produksjon, basert på metode 1.

Etter å ha sammenlignet de målte produksjonsverdiene med estimerte verdier fra de ulike verktøyene, kan vi observere en del interessante forskjeller og likheter. Otovo skiller seg ut ved å ha estimerte verdier som ligger nærmere de målte verdiene på kandidat 3, 4 og 5 sammenlignet med de andre verktøyene. Imidlertid avviker estimatene fra Otovo betydelig fra kandidat 6, hvor den estimerte verdien er henholdsvis lik de andre verktøyenes estimer.

Lyse viser seg å ha estimerte produksjonsverdier som avviker mer fra de målte verdiene. Ved kandidat 3 og 4 viser Lyse en betydelig høyere estimert produksjonsverdi enn den målte verdien, og ved kandidat 5 er den estimerte verdien nesten dobbelt så stor som den målte verdien. Ved kandidat 6 viser estimatene fra Lyse en reduksjon på rundt 15 prosent i forhold til den målte verdien.

Fjordkraft ligger litt under Lyse på alle adressene, og viser seg å ha estimerte verdier som også avviker fra de målte verdiene. For kandidat 6 viser estimatet fra Fjordkraft den laveste av alle de estimerte verdiene, og også lengst under den faktiske målte verdien.

Solcelle-Energi estimerte verdier som ligger nærmere de målte verdiene for kandidat 3, men for kandidat 4 ligger den på lik linje med Fjordkraft. For kandidat 5 har også Solcelle-Energi estimert en nesten dobbelt så stor produksjonsverdi som den målte verdien, mens estimatene for kandidat

6 er nokså på lik linje som de andre estimatene.

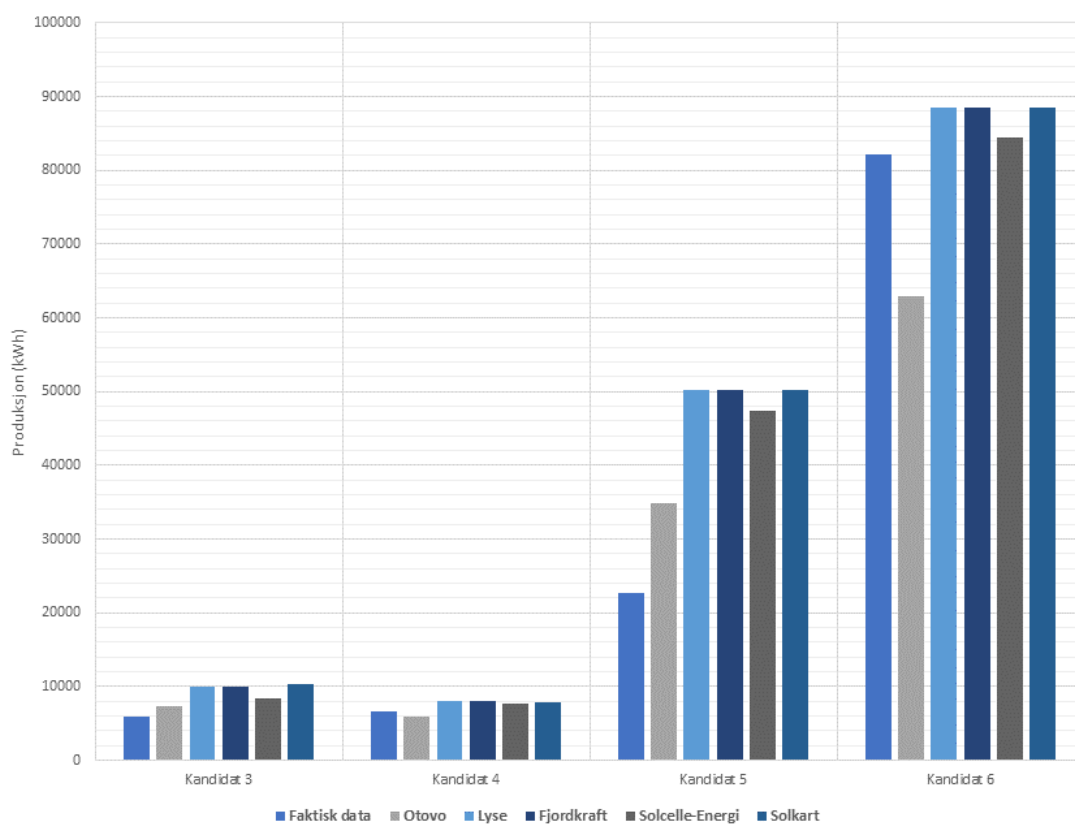
Solkart har estimerte verdier som ligger tett opp mot det Lyse har estimert For kandidat 3 og 4. For kandidat 5 ligger estimatet tett opp mot fjordkraft sine verdier. For kandidat 6 er estimatene fra Solkart også relativt nær det som Lyse har estimert.

Denne sammenligningen gir en indikasjon på at estimeringsverktøyene kan i flere tilfeller overvurderer produksjonen av solcelleanlegg. Dette mønsteret synes å være mer fremtredende for mindre solcelleanlegg på enkelte adresser. Det er bemerkelsesverdig at de to største solcelleanleggene i metode 1 viste seg å ha de mest unøyaktige estimatene. Dette fenomenet kan indikere variasjoner i estimasjonsverktøyene, men en fullstendig forståelse av dette aspektet krever videre analyse. For kandidat 5 ble produksjonen estimert til nesten det dobbelte av den faktiske produksjonen av alle verktøyene, bortsett fra Otovo som anslo en økning på rundt 25 prosent. For kandidat 6 ble produksjonen estimert betydelig lavere enn den målte verdien av alle verktøyene. Videre var det ikke mulig i alle verktøyene å velge samme antall paneler som de store anleggene som kandidat 5 og 6 hadde, men dette ble omgått ved å dividere produksjonen med antall valgte paneler og deretter multiplisere med antall paneler på adressen.

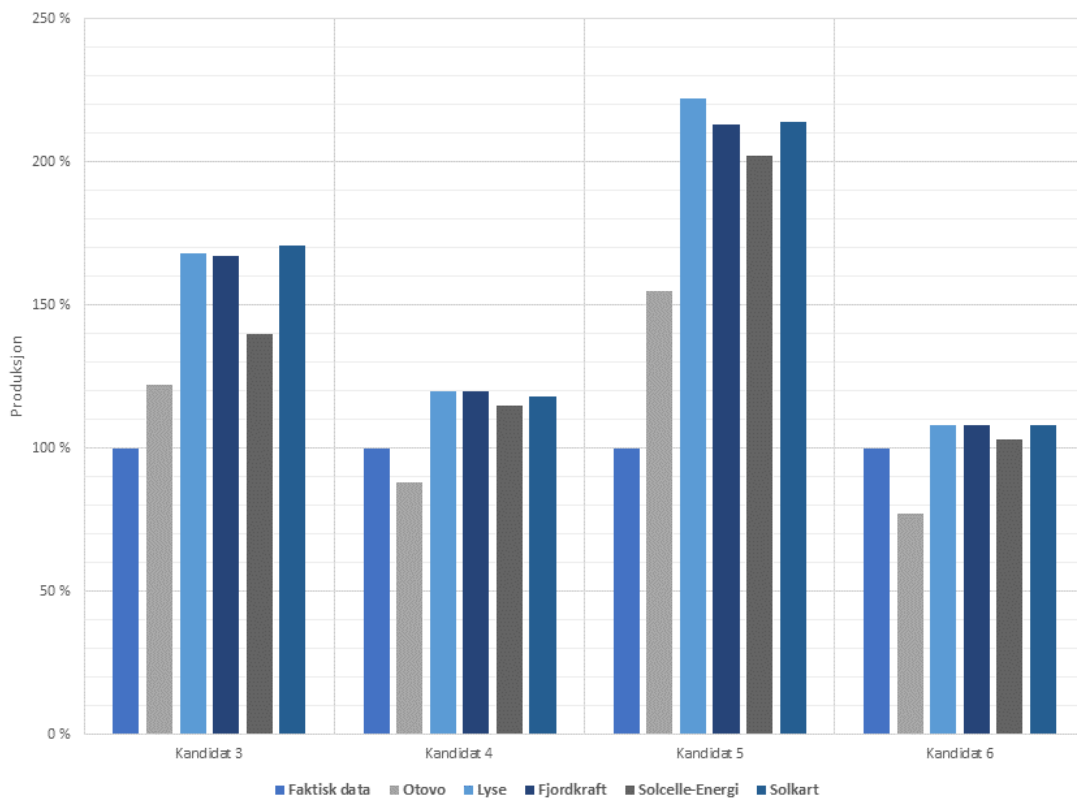
Basert på disse observasjonene kan vi se at de ulike estimasjonsverktøyene i stor grad viser en tendens til å overestimere produksjonsverdier og underestimere i kandidat 6 sitt tilfelle.

4.3.2 Metode 2 for energiproduksjon

Etter å ha identifisert noen begrensninger i vårt første metode, bestemte vi oss for å styrke resultatene ved å bruke en forbedret metodikk. For å unngå begrensninger der verktøyene begrenser valg av ønsket antall solcellepaneler og effekten de skal ha, valgte vi å bruke kilowatt peak (kWp) som måleenhet. Dette ga oss muligheten til å få like tall for alle verktøyene i hver kandidats vurdering og resulterte i en mer rettferdig sammenligning, som vist i tabellen under.



Figur 4: Faktisk årlig produksjon sammenlignet med verktøyenes estimeringer, basert på metode 2.



Figur 5: Prosentvis endring i faktisk produksjon i forhold til estimert produksjon, basert på metode 2.

I denne sammenhengen ser vi at alle verktøyene faktisk overvurderer den årlige produksjonen for hver kandidat. Imidlertid er det interessant å merke seg at unntaket er kandidat 6, der verktøyene denne gangen ikke undervurderer produksjonen – med unntak av Otovo, som også overvurderer produksjonen for kandidat 4 og 6.

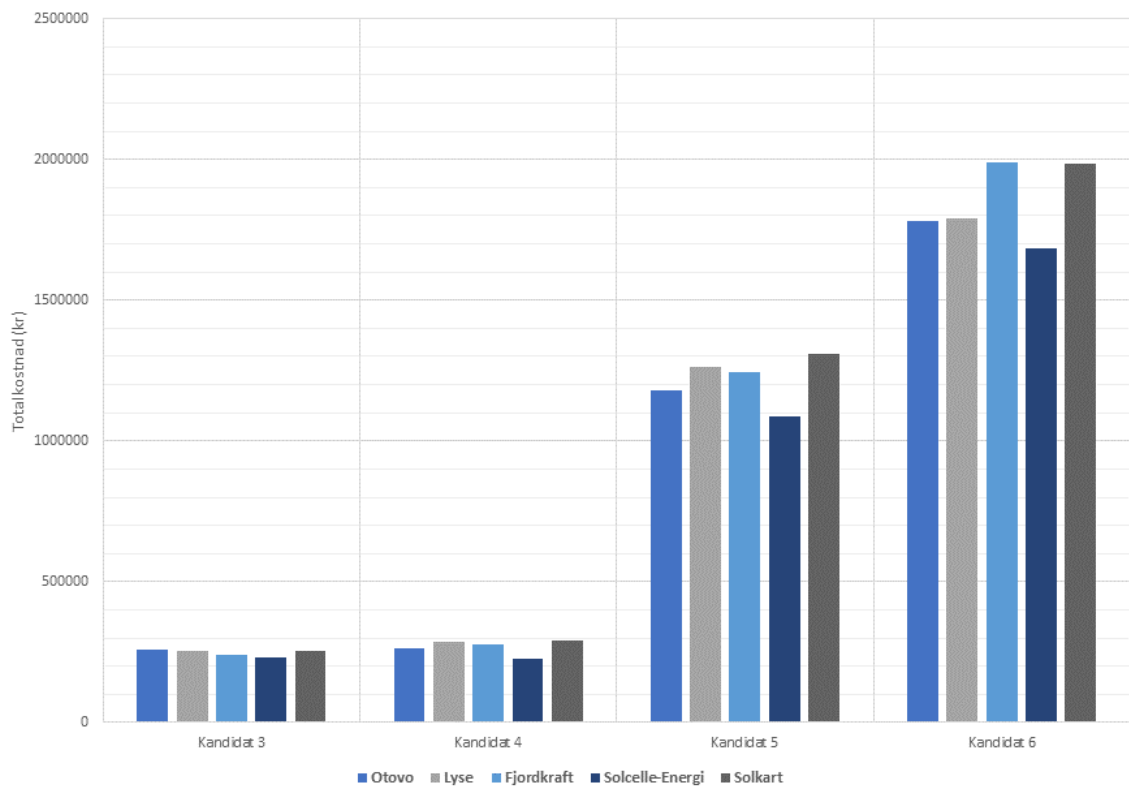
Vi ser også gjentatte trekk mellom verktøyene fra alle kandidatene. Hvor Otovo som regel ligger nærmest den faktiske årlige produksjonen, med unntak for kandidat 6. Lyse, Fjordkraft og Solkart har veldig like estimeringer for alle kandidatene som gjensier at det er et samarbeid mellom Solkart og Lyse og Fjordkraft. Solcelle-Energi er det verktøyet som ligger mellom de andre nevnte verktøyene i forhold til den årlige produksjonen.

Ved å analysere grafene kan vi observere at det ikke har vært store endringer for kandidat 3, 4 og 5 fra figur 2 til figur 4. Selv om det har vært generelle endringer i verdiene for alle kandidatene, er det tydelig at figur 3 og figur 5 følger den samme trenden for kandidatene 3, 4 og 5. Imidlertid har kandidat 6 opplevd betydelige endringer. Med den nye metodikken undervurderer ikke lenger verktøyene produksjonen for kandidat 6. Faktisk er det nå kandidat 6 som har en årlig produksjon

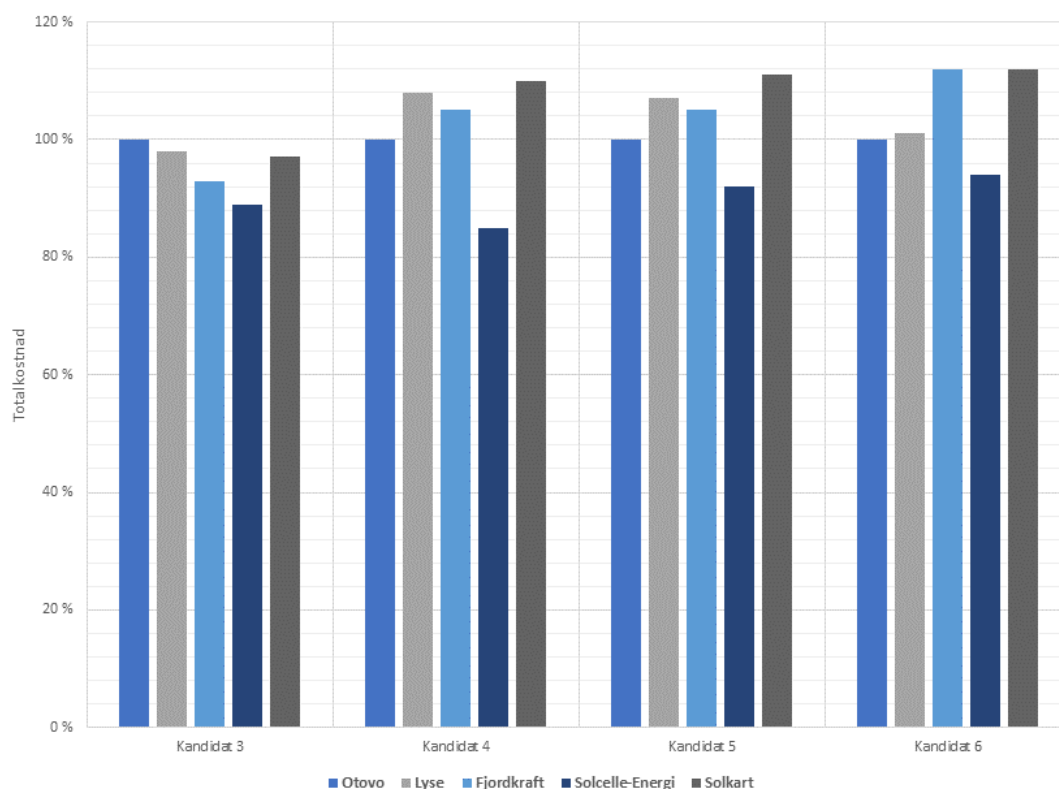
som ligger nærmest den målte produksjonen blant alle kandidatene.

Som tidligere nevnt ser det ut til at grafene følger den samme trenden, men det er fremdeles noen bekymringsverdige verdier, spesielt for kandidat 5. På figur 2 og figur 4 ser vi at Lyse, Fjordkraft, Solcelle-Energi og Solkart overestimerer produksjonen med omtrent en dobbel økning. Vi vil gå nærmere inn på mulige årsaker til dette i diskusjonsdelen.

4.3.3 Totalkostnad



Figur 6: Sammenlignet estimert totalkostnad av alle verktøyene



Figur 7: Prosentvis endring i totalkostnad for alle verktøyene

Resultatene viser at estimeringsverktøyene som har en tendens til å overestimere, også har høyere totalkostnader. På figur 7 ser vi at Solcelle-Energi skiller seg ut fra de andre ved å vise en betydelig lavere totalkostnad. Verktøyet med de høyeste totalkostnadene er Solkart med Fjordkraft og Lyse, som ligger nær Solkarts priser. Bortsett fra kandidat 3, befinner Otovo-verktøyet seg midt mellom de andre verktøyene.

Det er interessant å se at estimeringene for totalkostnad holder seg nogenlunde like for hver kandidat på alle verktøyene. Dette viser at selv om verktøyene overestimerer produksjonen har det ikke en innvirkning på den totale kostnaden.

Kapittel 5

Diskusjon

5.1 Intervju diskusjon

Basert på intervjuresultatene med solcellepanel-eiere, er det verdt å merke seg at alle intervjuobjektene var fornøyde med produksjonen av solcelleanlegget. Mange av dem opplevde faktisk at produksjonen oversteg estimatene som ble gitt på forhånd. Det er spesielt verdt å nevne at én av intervju kandidatene med et økologisk hus faktisk genererte mer strøm fra solcelleanlegget enn de brukte selv. Dette er et ekstraordinært tilfelle og viser at solcelleanlegget kan være svært effektivt og overgå forventningene når det gjelder strømproduksjon.

Selv om det kan være individuelle variasjoner i produksjonen i forhold til strømforbruket, er det klart at solcelleanlegget gir et betydelig bidrag til å dekke energibehovet til intervju kandidatene. Dette er en viktig faktor som bidrar til deres generelle tilfredshet med anlegget. Til tross for generell tilfredshet med solcelleanleggene, ble det rapportert om en uvanlig hendelse der en person opplevde at solcelleanlegget skrudde seg av på varme soldager i april på grunn av overbelastning på strømmettet. Dette indikerer at overbelastning kan bli et problem når flere mennesker installerer solcelleanlegg og bidrar med overskuddsstrøm til nettet.

Flere av intervju Kandidatene ga uttrykk for at de ikke hadde planer om å kjøpe mer solcelleanlegg. Den primære årsaken til dette var begrenset takplass. De nevnte at all tilgjengelig takplass allerede var i bruk, og derfor kunne de ikke legge til flere paneler. Det er viktig å merke seg at den eneste deltakeren med ekstra takplass var interessert i å installere flere solcellepaneler.

Kommunikasjonsutfordringene som noen intervju kandidatene opplevde, ble ikke nevnt som en direkte hindring for å kjøpe mer solcellepaneler. Det er imidlertid viktig å merke seg at kommunikasjon og kundeservice fra leverandører kan spille en rolle i kundenes generelle tilfredshet og opplevelse av solcelleanlegget. Samlet sett viser intervjuene at solcelleanleggene har levert tilfredsstillende produksjon for de fleste av intervju kandidatene.

5.2 Estimeringsverktøy diskusjon

Metode 1 for energiproduksjon involverte brukernes faktiske valg av panelantall, effekt og andre relevante parametere som input i verktøyene. Denne individuelle tilnærmingen tillot brukerne å tilpasse estimatene etter deres preferanser, men resulterte også i variasjon i resultatene på grunn av ulike valg av panelantall og effekt. Resultatene av Metode 1 viste en tendens til overvurdering av produksjonen, spesielt for mindre anlegg.

Metode 2 for energiproduksjon introduserte en enhetlig tilnærming ved å konvertere estimerte produksjoner til kilowatt peak (kWp). Dette eliminerte variasjonen i panelantall og effektvalg, og tillot en mer rettferdig sammenligning av verktøyene. Metode 2 demonstrerte at verktøyene faktisk overvurderte produksjonen for de fleste kandidatene, med unntak av kandidat 6. Denne metoden ga en standardisert sammenligning som avslørte verktøyenes evne til å estimere produksjonen mer nøyaktig.

Metode 2 anses som mer nøyaktig fordi den fjerner variablene knyttet til valg av panelantall og effekt, som kan føre til forskjeller i estimatene. Ved å bruke kWp som en enhetlig måleenhet, fokuserer Metode 2 på den faktiske ytelsen til solcelleanlegget uavhengig av de valgte parametrene. Dette gjør det mulig å sammenligne verktøyene mer direkte og vurdere deres nøyaktighet uten at valg av panelantall og effekt påvirker resultatene.

Etter å ha vurdert de tilgjengelige metodene, har vi konkludert med å benytte oss av Metode 2, da den tilbyr den høyeste graden av nøyaktighet. Som et resultat vil vi gå videre med Metode 2 som grunnlag for resten av diskusjonen. Ved å utelukkende anvende Metode 2 i de påfølgende avsnittene, etablerer vi en standardisert ramme for verktøyssammenligning som gir en klarere innsikt i deres relative nøyaktighet. Denne tilnærmingen reduserer effektivt variasjonen som kan oppstå fra ulike valg av antall paneler og effekt i Metode 1. Som et resultat gir den en mer pålitelig beskrivelse av verktøyenes ytelse når det gjelder estimert produksjon av solcellepaneler.

5.2.1 Brukervennlighet

Verktøyene har allerede en god struktur på nettsidene sine og gjør det enkelt for brukerne å estimere solcellebehovet for sin adresse. Imidlertid kan det oppstå noe forvirring når man ikke er vant til å bruke enkelte av verktøyene. Et eksempel er Otovo, der valget av takflate er en av de viktigste variablene som må velges først. Verktøyet foreslår en anbefalt takflate for brukeren, men dette er ikke alltid det kunden ønsker. Derfor kan det være hensiktsmessig å flytte valget av takflate oppover på siden, slik at det ikke blir plassert helt nederst blant alle variablene. Det bør heller plasseres nærmere de andre variablene, for eksempel antall solcellepaneler og effekten til panelene, slik at brukerne enkelt kan se hvilken takflate som passer best for dem. Ved å flytte denne valgmuligheten nærmere relaterte variabler, vil brukerne kunne ta informerte beslutninger om hvor mange solcellepaneler de trenger og hvilken effekt panelene vil ha på takflaten.

Etter gjentatte anvendelser av estimeringsverktøyene i denne undersøkelsen, skiller Solcelle-Energi seg klart ut som det mest overlegne verktøyet. Det som gjør Solcelle-Energi's estimeringsverktøy bedre enn de andre, etter vår mening, er at det er mer oversiktlig, brukervennlig og gir mer omfattende informasjon om ulike aspekter ved et solcelleanlegg.

Særlig verdifullt er muligheten til å velge flere takflater samtidig, og verktøyet gir informasjon om størrelsen på hver takflate, årlig produksjon per kWp og antall solcellepaneler som passer for hver takflate.

I tillegg gir Solcelle-Energi's verktøy tilgang til datablad for de valgte solcellepanelene, slik at brukeren kan se spesifikasjonene om panelet. Dette er to sentrale punkter som gjør at Solcelle-Energi skiller seg ut fra de andre verktøyene i denne undersøkelsen når det kommer til brukervennlighet og informativitet.

5.2.2 Begrensninger til estimeringsverktøyene

Det er viktig å kontinuerlig evaluere styrker og svakheter ved estimeringsverktøyene for solenergi. I denne studien har vi identifisert begrensninger med verktøyene som ikke tillot installasjon på bestemte takflater og begrensninger i minimumsinstallasjonskrav. Disse begrensningene kan påvirke sammenlignbarheten og nøyaktigheten av estimatene.

Estimeringsverktøyene som ble brukt i denne undersøkelsen har sine begrensninger som påvirket vår evne til å utføre en grundig sammenligning. Blant disse begrensningene var det særlig i tilfelle av Otovo og Lyse at man kun kunne velge takflater som korresponderte med den oppgitte adressen. Dette innebærer at da vi skulle få estimater for kandidat 5, som hadde sitt solcelleanlegg installert på en låve ved siden av boligbygningen, var det ikke mulig å velge takflaten på låven som installasjonssted. Årsaken til dette var at kartprogrammet disse verktøyene bruker, var assosiert med den hovedadressen som var oppført. Denne begrensningen kan potensielt hindre mange potensielle kunder fra å motta estimater for solcelleanlegg på taket deres. Dette er spesielt relevant for eksempel for bønder med økt energibehov, ettersom større bygninger som låver gir mulighet for mer omfattende solcelleanlegg.

En annen begrensning vi fant var ved valg av antall paneler og panel effekt(W). Vi ønsket å ha like input-variabler på alle verktøyene for hver adresse, det innebar takflate, antall paneler og panel effekt(W). Takflate er dekket i paragrafen ovenfor. Utenom for Lyse, Fjordkraft og Solkart var det ingen av verktøyene som kunne ha like input-variabler for mengde paneler og panel effekt(W). Grunnen til at Lyse, Fjordkraft og Solkart kan ha like input-variabler er fordi Lyse og Fjordkraft har samarbeid med Solkart som de skriver på informasjonssiden på nettsiden deres. Dette kommer vi tilbake til. Imidlertid kan det være andre viktige faktorer som ikke er inkludert i verktøyene, for eksempel lokale værforhold, skyggeeffekter eller installasjonens orientering. Disse faktorene kan ha betydelig innvirkning på solcelleproduksjonen og bør vurderes i fremtidige studier.

Selv om dette ikke nødvendigvis utgjør en begrensning, gir det rom for en potensiell forbedring i verktøyene. Spesielt kunne inkluderingen av en visuell simulering vært en verdifull ressurs både for leverandører og kunder. En slik visuell representasjon ville ikke bare ha hjulpet kundene med å bedre forestille seg hvordan solcelleanlegget ville se ut på deres tak, men også gitt dem en mer håndgripelig innsikt i størrelsen og utformingen av anlegget. På denne måten kunne leverandører ha gjort det lettere for kundene å vurdere om de ønsket å skalere opp eller ned anlegget basert på en visuell tilnærming.

5.2.3 Estimert produksjon i forhold til faktisk produksjon

I vår undersøkelse har vi observert betydelige avvik mellom de estimerte produksjonstallene fra ulike leverandører og de faktiske produksjonstallene fra solcelleanleggene. Det er tydelig at ingen av de undersøkte estimatene samsvarer nøyaktig med den faktiske produksjonen. Dette kan indikere at disse verktøyene har betydelige begrensninger når det gjelder nøyaktigheten av produksjonsestimatene.

Fra dataene ser det ut til at Otovo generelt gir de mest nøyaktige estimatene for mindre anlegg, selv om estimatene for større anlegg (som i Kandidat 6) avviker mer. Dette kan tyde på at Otovo's estimater er mer nøyaktige for mindre anlegg, men at nøyaktigheten reduseres for større anlegg.

Lyse, Fjordkraft, Solcelle-Energi, og Solkart har estimater som generelt avviker mer fra de faktiske produksjonstallene. Dette kan indikere at disse verktøyene ikke er like nøyaktige som Otovo for mindre anlegg, og enda mindre nøyaktige for større anlegg.

Det er verdt å merke seg at estimatene generelt overestimerer produksjonen for mindre anlegg (som i Kandidat 3 og Kandidat 4) og mellomstore anlegg (som i Kandidat 5), mens de estimerer noe mer nøyaktig produksjon for større anlegg (som i Kandidat 6). Dette avviket mellom estimert og faktisk produksjon indikerer at verktøyene har innebygde forutsetninger eller modeller som ikke nødvendigvis gjenspeiler virkeligheten for alle typer anlegg.

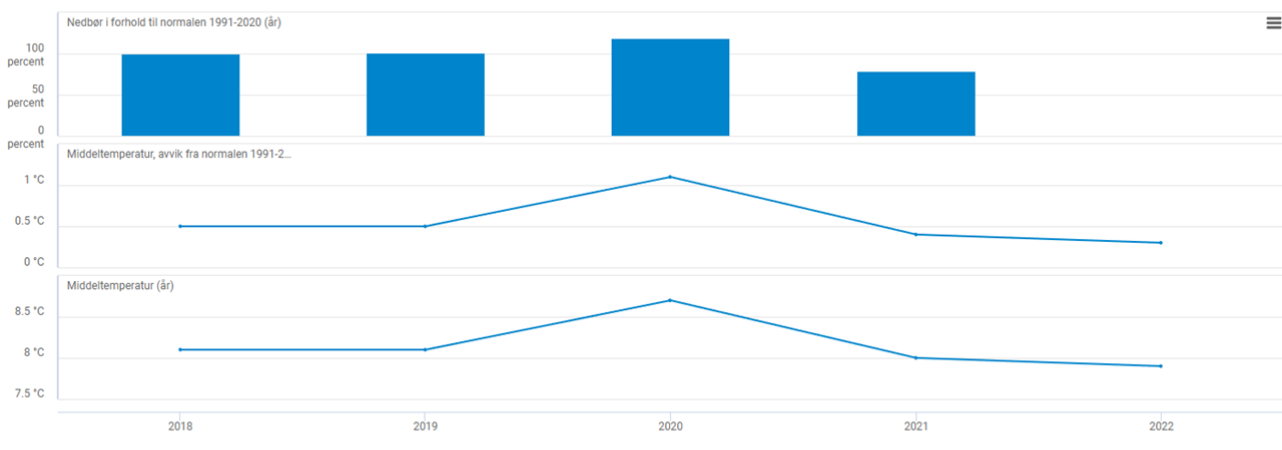
Som nevnt tidligere viser våre undersøkelser at estimeringsverktøyene generelt overestimerer energi-produksjonen til kandidatene. Det samsvarer ikke med resultatene som Petros J Axaopoulos, Emmanouil D Fylladitakis og Konstantinos Gkarakis fant i deres artikkel «Accuracy analysis of software for the estimation and planning of photovoltaic installations» (Axaopoulos et al. 2014), der de skriver «The PV planning and analysis applications generally overestimate the irradiation received by the PV panels but, at the same time, underestimate the energy generation. The software which is based and or depends on the PVGIS irradiation database may be significantly inaccurate, especially if the study is being performed for specific months or short time periods.»

I våre undersøkelser ble det ikke undersøkt hvordan estimeringsverktøyene behandler data om solstråling. Vi vet derimot fra egne undersøkelser at verktøyene ser ut til å overestimere energipro-

duksjonen. Vi er også kjent med at Solkart baserer seg på PVGIS, og at de gjør sine egne justeringer på disse tallene med data fra kundene deres som har installert solcelleanlegg (Solkart.no 2023b). Vi vet også at Lyse og Fjordkraft har samarbeid med Solkart og bruker data som blir tildelt til dem fra Solkart.

Basert på artikkelen kan vi se en sammenheng med våre egne resultater. Mens deres resultater viser kun noen få måneder hvor et eller to av verktøyene overestimerer energiproduksjonen i liten grad, viser våre resultater at de undersøkte estimeringsverktøyene generelt overestimerer energiproduksjonen, spesielt på kandidat 5, der fire av verktøyene estimerer en dobbel så stor energiproduksjon i forhold til den faktiske energiproduksjonen. I følge artikkelen kan vi spekulere at verktøyene også overestimerer mengden solinnstråling, og at PVGIS igjen kan forverre denne overestimeringen med unøyaktig data. Dersom alt dette gjelder for de undersøkte estimeringsverktøyene, kan det forklare hvorfor de overestimerer den årlige energiproduksjonen.

Når vi tenkte på hvilke faktorer som kunne ha størst påvirkning på forskjellene vi ser i resultatene for den årlige produksjonen, var det hovedsakelig været vi tenkte på som kunne påvirke dette. Vi vet ikke hvilke værdata alle verktøyene bruker (unntatt for Solkart), da dette ikke ble funnet når vi undersøkte nettsidene til verktøyene.



Figur 8: Værdata fra stasjon Skardsbøfjellet som viser nedbør og middeltemperatur fra året 2018 til og med 2022. Hentet fra <https://seklima.met.no>

Ved gjennomgang av de betydelige avvikene i estimeringer av årlig solcelleproduksjon, ble værforhold identifisert som en mulig påvirkningsfaktor. Vi hadde en teori om at 2021, med antatt uguns-

tige værforhold, kunne være en primær kilde til slike feilaktige estimater fra verktøyene.

For en mer konkret vurdering av denne teorien, innhentet vi produksjonstall fra kandidat 5 for perioden 2019-2022:

- 2019: 22 569 kWh
- 2020: 22 595 kWh
- 2021: 24 513 kWh
- 2022: 22 599 kWh

Disse tallene avdekket et overraskende fenomen: 2021, til tross for vår antagelse, rapporterte den høyeste produksjonen blant de vurderte årene. Dette kaster tvil over vår tidligere antagelse om at værforhold i 2021 kunne være den primære årsaken til avvik i estimeringene.

For å gi et klarere bilde av værforholdene i 2021, undersøkte vi ytterligere data. Mens skydekke-data fra Seklima.met.no bekreftet at 2021 faktisk hadde mindre skydekke enn de andre årene, ga en dypere dykk inn i værhistorikken for 2021 mer innsikt. Værdatabene indikerte at 2021 var preget av moderat nedbørsmengde (se figur 8), hvilket betyr at det verken var et spesielt tørt eller vått år. Når det gjelder temperaturer, lå de innenfor normale variasjoner for regionen, uten ekstreme kalde eller varme perioder.

Denne innsikten svekker videre teorien om at værforholdene i 2021 alene kunne forklare de betydelige avvikene i årlig produksjon. Mangelen på detaljert værdatabene gjør det utfordrende å levere en helhetlig analyse av deres innvirkning, men det er klart basert på tilgjengelige data og sammenligninger, særlig med hensyn til kandidat 5, at estimeringsverktøyenes utfordringer ikke bare kan tilskrives værvariasjoner.

Dette leder oss til en konklusjon om at andre faktorer, som kan være knyttet til selve verktøyene, har en større innvirkning på produksjonsestimatene. Dette fremhever behovet for forbedringer i estimeringsverktøyene, enten ved å forfine de eksisterende eller utvikle nye. Våre funn peker også på betydningen av bedre veiledning for potensielle solcellekjøpere.

5.3 Intervju og estimeringsverktøy diskusjon

Som tidligere nevnt opplevde intervju kandidatene at produksjonen oversteg estimatene som ble gitt på forhånd. Dette går i mot det vi har funnet ut i vår undersøkelse. Våre resultater viser at estimeringsverktøyene overestimerer produksjonen i forhold til den faktiske produksjonen. For kandidatene 5 og 6 var det tilfelle at de fikk estimeringer fra Bluetec, som er et verktøy vi ikke har analysert. Det er også usikkert om alle kandidatene fikk de estimerte produksjonstallene fra selve estimeringsverktøyet eller fra en konsulent som jobber for selskapene som eier estimeringsverktøyet. I dette tilfellet kan en konsulent gjort endringer i estimeringene som gjør de mer nøyaktige. Vi vet også at dette blir gjort for dem som bestiller gjennom Bluetec, der kandidat 6 fikk estimeringer fra en konsulent fra Bluetec.

Dette kan derfor være grunnen til at vi ser nyhets artikler om personer som er misfornøyd med solcelleanleggene deres, fordi gjennom estimeringsverktøyene fikk de estimeringer på produksjonen som var høyere en det de faktisk fikk.

Kapittel 6

Konklusjon

Denne studien har undersøkt brukernes erfaringer med installasjon og bruk av solcellepaneler samt deres tilfredshet med beslutningen. Økende strømpriser og klimahensyn ble identifisert som nøkkeldrivere for installasjon.

Gjennomgangen av signifikante avvik i estimeringer av årlig solcelleproduksjon førte oss til å vurdere værforhold som en potensiell påvirkningsfaktor. Til tross for vår antagelse om ugunstige værforhold i 2021 som en potensiell årsak til disse avvikene, viste produksjonsdata fra kandidat 5 overraskende at 2021 hadde den høyeste årlige produksjonen. Vår undersøkelse av værdata for 2021 svekket denne antagelsen ytterligere. Dette tyder på at feilaktige estimerer ikke bare kan tilskrives værvariasjoner, men heller peker mot mulige mangler ved selve estimeringsverktøyene.

Ved sammenligning av målte produksjonsverdier med estimerer fra ulike verktøy, observerte vi Otovo som mest nøyaktig for kandidatene 3, 4 og 5. Imidlertid har verktøy som Lyse, Fjordkraft, Solcelle-Energi og Solkart vist overestimeringer, særlig for større anlegg, bortsett fra kandidat 6 hvor de var mer presise. Disse observasjonene understreker behovet for forbedringer i estimeringsverktøyene og bedre veiledning for solcellekjøpere.

Resultatene peker på Otovo og Lyse som mer pålitelige for produksjonsprognoser, mens Fjordkraft og Solkart kan gi bedre prisestimerer og informasjon om Enova-støtte. Studien har betydelige implikasjoner for solcelleeiere, installatører, og politikere.

Selv om vårt studie gir verdifull innsikt i brukeropplevelsen med sol-PV-kalkulatorer i Sogn og Fjordane/Vestlandet området, erkjenner vi begrensningene ved å fokusere på en så smal geografisk region. I fremtiden vil det være interessant å utvide denne forskningen til å omfatte resten av Norge. Dette vil gi en mer komplett forståelse av nøyaktigheten av sol-PV-kalkulatorer på tvers av forskjellige regioner og klimatiske forhold.

Kapittel 7

Åpne spørsmål

Som vi avslutter denne studien om brukernes erfaringer med installasjon og bruk av solcellepaneler samt deres tilfredshet med beslutningen, dukker det opp flere åpne spørsmål som antyder mulige veier for videre forskning for å oppnå mer nøyaktige resultater. De følgende spørsmålene gir muligheter for fremtidig utforskning:

Selv om denne studien berørte påvirkningen av værforhold på produksjonsestimater, kan en grundigere undersøkelse belyse de spesifikke værvariablene som i stor grad påvirker solcellepanels ytelse. Finnes det bestemte værmønstre eller sesongvariasjoner som har en mer markant innvirkning på produksjonsavvik?

Med tanke på avvikene mellom målte produksjonsverdier og estimater fra ulike verktøy, kan fremtidig forskning gå dypere inn i de spesifikke algoritmene og metodene som brukes av disse estimeringsverktøyene. Hvordan kan disse verktøyene forbedres for å bedre ta hensyn til virkelige variasjoner og gi mer presise prognoser?

Denne studien fokuserte på Sogn og Fjordane/Vestlandet-området, men utvidet forskning som dekker andre regioner i Norge, kan avdekke regionale forskjeller i solcellepanels ytelse. Hvordan påvirker ulike geografiske steder og klimatiske forhold nøyaktigheten til sol-PV-kalkulatorer på tvers av forskjellige deler av landet?

Å undersøke solcellekjøperes beslutningsprosess kan gi innsikt i faktorene som påvirker valg av estimeringsverktøy og installasjonsbeslutninger. Hvordan påvirker disse faktorene deres generelle tilfredshet med solcelleinvesteringen? Dette kan hjelpe fremtidig forskning med å forbedre verktøy, styrke beslutninger og gi en mer nøyaktig vurdering av solcellepanels påvirkning på ulike regioner og klimaforhold. Denne innsikten kan veilede beslutningstakere, bransjeaktører og forbrukere mot informerte valg og fremme solenergiadopsjon.

Referanser

Agency, I. E. (2013), 'Electricity feed-in law of 1991 (stromspeisungsgesetz)'. Hentet: 2023-05-10.

URL: <https://www.iea.org/policies/3477-electricity-feed-in-law-of-1991-stromeinspeisungsgesetz>

Axaopoulos, P. J., Fylladitakis, E. D. & Gkarakis, K. (2014), 'Accuracy analysis of software for the estimation and planning of photovoltaic installations', *International Journal of Energy and Environmental Engineering* **5**, 1. Hentet: 2023-08-03.

URL: <https://doi.org/10.1186/2251-6832-5-1>

Axpo (2019), 'How the solar cell found the spotlight'. Hentet: 2023-05-09.

URL: <https://www.axpo.com/ba/en/about-us/magazine.detail.html/magazine/renewable-energy/how-the-solar-cell-found-the-spotlight.html>

Buzra, U. & Serdari, E. (2023), 'A comparison analysis of different pv simulation tools using satellite data', *Electr Eng* . Hentet: 2023-08-03.

URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00202-023-01814-6>

Bédos Ulvin, P. & Gregersen, R. (2023), 'Vil 33-doble solkraft i norge på syv år: - realistisk'. Hentet: 2023-05-24.

URL: <https://www.nrk.no/klima/vil-33-doble-solkraft-i-norge-pa-syv-ar--realistisk-1.16279839>

Chu, E. & Tarazano, D. L. (2023), 'A brief history of solar panels', *Smithsonian Magazine* . Hentet: 2023-05-10.

URL: <https://www.smithsonianmag.com/sponsored/brief-history-solar-panels-180972006/>

Council, C. E. (2023), 'Monthly statistics of china power sector (jan-jun 2023)'. Hentet:2023-02-08.

URL: <https://cecadmin.huasou.cn/upload/weditor1.4.3/jsp/upload/file/20230801/1690883081676087323.pdf>

elektroteknisk komite, N. (2022), 'Nek 400 - elektroteknisk standard for sikkerhet i lavspenningsinstallasjoner'. Hentet: 2023-08-15.

URL: <https://www.nek.no/produkter/nek-400/>

Elhub (2023a), 'Rekord i solproduksjon', *Elhub* . Hentet: 2023-05-08.

URL: <https://elhub.no/nyheter/pressemelding-rekord-i-solproduksjon/>

- Elhub (2023b), 'Solenergi i norge: Statistikk og installert effekt'. Hentet: 2023-05-08.
URL: <https://elhub.no/app/uploads/2023/05/ManedsrapportSOL.pdf>
- Energi, N. (2023a), '100 prosent fornybar energi'. Hentet: 2023-07-31.
URL: <https://norgesenergi.no/tilleggstjenester/100-fornybar-energi/>
- Energi, S. (2023b), 'Solcelle-energi'. Hentet: 2023-07-31.
URL: <https://www.solcelle-energi.no>
- Enova (2023a), 'Enovas støtte til solceller på privatboliger'. Hentet: 2023-07-31.
URL: <https://www.enova.no/privat/aktuelt/om-stotte-til-solceller/>
- Enova (2023b), 'Solcelleanlegg'. Hentet: 2023-05-24.
URL: <https://www.enova.no/privat/alle-energitiltak/solenergi/solcelleanlegg/>
- Fialka, J. (2016), 'Why china is dominating the solar industry', *Scientific American* . Hentet: 2023-05-08.
URL: <https://www.scientificamerican.com/article/why-china-is-dominating-the-solar-industry/>
- Finansavisen (2023), 'Misvisende om solceller'. Hentet: 2023-08-20.
URL: https://www.finansavisen.no/energi/2023/01/16/7977253/misvisende-om-solceller?zephyr_ssoott=7nUAYc
- Fjordkraft (2023a), 'Få solceller på taket'. Hentet: 2023-07-31.
URL: <https://sol.fjordkraft.no>
- Fjordkraft (2023b), 'Solcellespesialisten - få oversikt over solcellepaneler'. Hentet: 2023-08-10.
URL: <https://www.fjordkraft.no/solcellepanel/solcellespesialisten/>
- Gullbrekken, L. (2022), 'Det er også byggetekniske krav til solcelleanlegg'.
URL: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2022/det-er-ogsa-byggetekniske-krav-til-solcelleanlegg/>
- Jianglong Li, J. H. (2020), 'Review of solar photovoltaic (pv) technologies: A technological perspective'. Hentet:2023-02-08.
URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032120302938?casa_token=2839mzArVp8AAAAA:VVCghvlgF14NvRzjqLAeCTs1SX1J08863bDG_aPQ1Z1t_5M3T7EB5npfS0tDuaK98vphJuDDu90
- Knier, G. (2008), 'How do photovoltaics work', *Nasa Science* . Hentet: 2023-08-03.
URL: <https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2002/solarcells>
- Leiren, M. D. & Reimer, I. (2018), 'Historical institutionalist perspective on the shift from feed-in tariffs towards auctioning in german renewable energy policy', *Energy Research Social Science* **43**, 33–40. Hentet: 2023-05-10.
URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629618305152>

Lyse (2023), 'Lyse - solcellepanel'. Hentet: 2023-07-31.

URL: <https://www.lyse.no/solcellepanel>

NASA (2017), 'Vanguard satellite, 1958'. Hentet: 2023-05-07.

URL: <https://www.nasa.gov/content/vanguard-satellite-1958>

National Renewable Energy Laboratory, N. (2018), 'System advisor model (sam)'. Hentet: 2023-05-20.

URL: <https://sam.nrel.gov>

NEK (2023), 'Krav til installasjon av solcelleanlegg'. Hentet: 2023-05-24.

URL: <https://www.nek.no/krav-til-installasjon-av-solcelleanlegg/>

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) (2015), 'Elsertifikater'. Hentet: 2023-05-06.

URL: <https://www.nve.no/energi/virkemidler/elsertifikater/>

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) (2021), 'Innmatingstariffer'. Hentet: 2023-08-18.

URL: <https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten/regulering/nettvirksomhet/nettleie/tariffer-for-produksjon/innmatingstariffer/>

NVE (2023a), 'Regulering: Nettleie: Tariffer for produksjon: Plusskunder'. Hentet: 2023-05-24.

URL: <https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten/regulering/nettvirksomhet/nettleie/tariffer-for-produksjon/plusskunder/>

NVE (2023b), 'Virkemidler: Opprinnelsesgarantier og varedeklarasjon for strømleverandører'. Hentet: 2023-05-24.

URL: <https://www.nve.no/energi/virkemidler/opprinnelsesgarantier-og-varedeklarasjon-for-stroemleverandoerer/>

Otovo (2023a), 'Otovo - din partner for solenergi'. Hentet: 2023-07-31.

URL: <https://www.otovo.no>

Otovo (2023b), 'Terms and conditions - ownership'. Hentet: 2023-08-03.

URL: <https://www.otovo.no/legal/terms-and-conditions/ownership/>

Regjeringen (2022), 'Strømtiltak for næringslivet – vilkår og avgrensninger'. Hentet: 2023-08-18.

URL: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/stromtiltak-for-naringslivet-vilkar-og-avgrensninger/id2930025/>

Regjeringen (2022-10-06), 'Milliardsatsing til energieffektivisering'. Hentet: 2023-10-07.

URL: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/milliardsatsing-til-energieffektivisering/id2932296/?expand=factbox2>

Solcellekraft (2023), 'Privacy policy'. Hentet: 2023-08-13.

URL: <https://www.solcellekraft.no/privacy>

- Solkart.no (2023a), 'Solkart'. Hentet: 2023-07-31.
URL: <https://solkart.no>
- Solkart.no (2023b), 'Solkart about'. Hentet: 2023-07-31.
URL: <https://solkart.no/about>
- Statkraft (2023), 'Opprinnelsesgarantier'. Hentet: 2023-08-03.
URL: <https://www.statkraft.no/produkter-og-tjenester/opprinnelsesgarantier/>
- Stortinget (1959), 'Lov om fravikelse og ekspropriasjon av fast eiendom m.m.'. Hentet: 2023-08-01.
URL: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1959-10-23-3>
- Stortinget (1990), 'Lov om produksjon, omforming, overføring, omsetning og fordeling av energi m.m.'. Hentet: 2023-08-01.
URL: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1990-06-29-50>
- Stortinget (2008), 'Lov om planlegging og byggesaksbehandling'. Hentet: 2023-08-02.
URL: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71>
- Stortinget (2017), 'Forskrift om konsekvensutredning'. Hentet: 2023-08-01.
URL: <https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2017-06-21-854>
- Teknisk Ukeblad, T. (2018), 'Solceller på taket hjemme: «mange problemer og mindre strøm enn forventet»'. Hentet: 2023-08-20.
URL: <https://www.tu.no/artikler/solceller-pa-taket-hjemme-mange-problemer-og-mindre-strom-enn-forventet/426306>
- Ukeblad, T. (2023), 'Her er kartet som skal vise hvor det egentlig lønner seg å ha solceller på taket'. Hentet: 2023-05-24.
URL: <https://www.tu.no/artikler/her-er-kartet-som-skal-vise-hvor-det-egentlig-lonner-seg-a-ha-solceller-pa-taket/345989>
- University, Y. (2023), 'Solar power in the 1970s and 1980s'. Hentet: 2023-06-05.
URL: <https://energyhistory.yale.edu/units/solar-power-1970s-and-1980s>
- vassdrags og energidirektorat, N. (2015), 'Dette er nve'. Publisert 26.02.2015, sist oppdatert 03.07.2023, besøkt 14.08.2023.
URL: <https://www.nve.no/om-nve/dette-er-nve/>
- vassdrags-og energidirektorat, N. (2023), 'Solkraft'. Hentet: 2023-05-08.
URL: <https://www.nve.no/energi/energisystem/solkraft/>
- Ye, L.-C., Rodrigues, J. & Lin, H. (2017), 'Analysis of feed-in tariff policies for solar photovoltaic in china 2011–2016', *Applied Energy* **203**, 496–505. Hentet: 2023-05-05.
URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261917307894>