



Kunnskap for en bedre verden

# Analyse av produksjon og økonomi fra et privat solcelleanlegg i Innlandet.

Forfattere

Ingrid Johanne R. Bruarøy

Nikolai Sandvik Yksnøy

Bachelor i Ingeniørfag

20 ECTS

Institutt for elektronisk systemer

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

20.05.2020

Veileder

Tor Arne Folkestad



## Sammendrag av Bacheloroppgaven

Tittel:	<b>Analyse av produksjon og økonomi fra et privat solcelleanlegg i Innlandet.</b>
Dato:	20.05.2020
Deltakere:	Ingrid Johanne R. Bruarøy Nikolai Sandvik Yksnøy
Veiledere:	Tor Arne Folkestad
Oppdragsgiver:	Eidsiva Nett AS
Kontaktperson:	Alf Inge Tunheim, alf.tunheim@eidsiva.no, 95 98 12 80
Nøkkelord:	Solceller, Solenergi, Solinnstråling, AMS data, Lønnsomhet
Antall sider:	<a href="#">46</a>
Antall vedlegg:	3
Tilgjengelighet:	Åpen

---

**Sammendrag:** I bacheloroppgaven er det lagd en analyse av anlegget ved innsamling og systematisering av data for strøm fra vekselretter og smart måler(AMS) fra solcelleanlegget på Biri.

Måleperioden var mellom 01.04.2019 og 31.03.2020. Det ble beregnet teoretisk solinnstrålingen ved Biri anlegget for å kunne vite hvor stor den optimale solenergi mengden var. Det var også naturlig å undersøke faktorer som kunne påvirke energiproduksjonen, slik at det ble kartlagt hvor stor betydning de eventuelt ville ha.

Vi har tatt for oss hvordan anlegget bestående av solceller kan bidra til å redusere energikostnadene til husstanden samt lønnsomheten til investeringen i anlegget. Resultatet av denne oppgaven viser at det var miljømessig gunstig å investere i solcelleanlegget, men økonomisk sett så er ikke produksjonen høy nok for å være lønnsomt.

Solcelleanlegget på Biri vil dekke noe av effektsbehovet, men ikke nok til gi en betydelig økonomisk fordel.

## **Abstract**

In this bachelor's thesis we investigated and made an analysis of a photovoltaic system by collecting and systematizing data from inverters and smart meters (AMS) from the solar cell system at Biri.

The period of the measurements was between 01.04.2019 and 31.03.2020. The theoretical solar radiation on the photovoltaic system at Biri was calculated in order to compare theoretical production with the actual production. It was also natural to investigate factors that could affect the energy production, so that it was identified how important they might be.

We have considered how the solar cell system can help reduce the energy costs of the household as well as the profitability of the investment in the system. The result of this thesis shows that it was environmentally beneficial to the photovoltaic system, but from an economically point of view, the effect is not high enough to meet the minimum requirement to make it profitable.

The photovoltaic system at Biri covers parts of the power requirements, but not enough to provide a significant economic advantage.



## Forord

Denne oppgaven er utført våren 2020 ved Institutt for elektroniske systemer ved Fakultet for informasjonsteknologi og elektroteknikk (IE) ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) i Gjøvik og avslutter bachelorgraden ved studieretningen elektro ingeniør. Gruppen ønsket å skrive en bacheloroppgave under temaet solenergi og tok kontakt med universitetslektor Tor Arne Folkestad for å finne en oppgave innen dette emnet. Vi ble satt i kontakt med et privateid solcelleanlegg på Biri og Eidsiva Nett som foreslo analyse av solcellepanel som mulig oppgave. Det ble til bacheloren 'Analyse av produksjon og økonomi fra et privat solcelleanlegg i Innlandet'.

Denne oppgaven tar for seg et solenergisystem ved en privatbolig på Biri og hvilke data som må behandles fra solcelleanlegget for å ta stilling til det økonomiske lønnsomheten. Arbeidet med oppgaven har vært lærerikt med interessant tema som solenergi og utviklingen rundt solceller. Innsamling og systematisering av data for strøm fra vekselretter og smart måler(AMS) fra solcelleanlegget på Biri har vært en del av oppgaven. Dette gjøres ved å kalkulere solinnstrålingen, og ut fra dagens solcelleteknologi beregne hvor mye strøm som genereres. Vi valgte å undersøke dette med bakgrunn i vår interesse for solenergi, og måter den kan bidra til å dekke det økende energibehovet i samfunnet. Analyse og vurderinger av de data som ble målt har vært interessant og utfordrende.

Vi vil takke vår hovedveileder universitetslektor ved NTNU i Gjøvik, Tor Arne Folkestad, for oppdraget og for inspirasjon og god veiledning gjennom perioden bacheloroppgaven ble skrevet. Vi vil også rette en takk mot eierne av anlegget for at de delte tekniske data om solcelleanlegget på Biri med oss. Sist, men ikke minst, ønsker vi å takke Alf Inge Tunheim, vår kontaktperson ved Eidsiva Nett, for inspirasjon og hjelp underveis med oppgaven.

Nikolay Sandvik Yksnøy

Ingrid Johanne R. Bruarøy

# Innholdsfortegnelse

<b>Abstract</b> . . . . .	<b>ii</b>
<b>Forord</b> . . . . .	<b>iii</b>
<b>Innholdsfortegnelse</b> . . . . .	<b>iv</b>
<b>Figurliste</b> . . . . .	<b>vi</b>
<b>Tabelliste</b> . . . . .	<b>viii</b>
<b>1 Innledning</b> . . . . .	<b>1</b>
1.1 Bakgrunn . . . . .	1
1.2 Om oppgaven . . . . .	1
1.3 Problemformulering . . . . .	2
<b>2 Metode</b> . . . . .	<b>3</b>
2.1 Valgt metode . . . . .	3
2.1.1 Empiri, teori og undersøkende tilgang . . . . .	3
2.1.2 Datainnsamlings metoder . . . . .	4
<b>3 Teori</b> . . . . .	<b>5</b>
3.1 Solen som fornybar energi . . . . .	5
3.1.1 Solenergi . . . . .	5
3.1.2 Solinnstråling . . . . .	5
3.2 Solceller . . . . .	6
3.2.1 Solcellepanel og inverter . . . . .	7
3.3 AMS data (Avanserte Måle- og Styringssystemer) . . . . .	8
3.4 Plusskunder . . . . .	9
3.4.1 Hva er en plusskunde? . . . . .	9
3.4.2 Plusskundeordning . . . . .	9
3.5 Lagring i Solcelleanlegg . . . . .	10
3.6 Økonomi og Investeringsanalyse, energipris og nettleiepris . . . . .	10
<b>4 Anlegget på Biri</b> . . . . .	<b>12</b>
<b>5 Resultat</b> . . . . .	<b>14</b>
5.1 Solinnstråling over Biri anlegget under optimale forhold . . . . .	14
5.1.1 Produksjon fra anlegget . . . . .	18
5.1.2 Middelår . . . . .	22
5.2 Utgifter for Plusskunde og Vanlig kunde . . . . .	26
5.3 Strømproduksjon i anlegget . . . . .	28
5.4 Nedbetaling & Lønnsomhet . . . . .	31
<b>6 Diskusjon</b> . . . . .	<b>37</b>
6.1 Produksjon fra solcelleanlegget . . . . .	37

6.2	Nedbetaling & Lønnsomhet . . . . .	39
6.3	Utvikling av solenergisystem . . . . .	40
6.4	Batteri . . . . .	40
<b>7</b>	<b>Konklusjon</b> . . . . .	<b>42</b>
7.1	Refleksjon/Videre arbeid . . . . .	42
7.1.1	Refleksjon . . . . .	42
7.1.2	Videre Arbeid . . . . .	43
	<b>Litteraturliste</b> . . . . .	<b>44</b>
<b>A</b>	<b>Beregninger fra MATLAB</b> . . . . .	<b>47</b>
<b>B</b>	<b>Nettariff</b> . . . . .	<b>67</b>
<b>C</b>	<b>Møte referater</b> . . . . .	<b>68</b>
C.1	Fortløpende notater fra møte med Eidsiva Nett og veileder . . . . .	68

## Figurliste

1	Illustrasjon av vinkler fra solcellen (kollektor) i forhold til solinnstråling. . . . .	6
2	Anlegget på Biri, godkjent bildebruk fra eierne . . . . .	13
3	Anlegget på Biri, godkjent bildebruk fra eierne . . . . .	13
4	Innfallsvinkel ( $\cos \theta$ ) hver dag over anlegget i Januar . . . . .	16
5	Innfallsvinkel ( $\cos \theta$ ) hver dag over anlegget i Juli . . . . .	16
6	Teoretisk solinnstråling på solcellene på Biri hver dag i Januar . . . . .	17
7	Teoretisk solinnstråling på solcellene på Biri hver dag i Juli . . . . .	18
8	Sammenligning av teoretisk og praktisk(virkelig) produksjon i Juli 2019 . . . . .	19
9	Sammenligning av teoretisk og praktisk(virkelig) produksjon i Januar 2020 . . . . .	19
10	Sammenligning av teoretisk og praktisk produksjonsdag i Juli 2019 . . . . .	20
11	Sammenligning av teoretisk og praktisk produksjonsdag i Januar 2020 . . . . .	20
12	Gjennomsnittlig produksjon i Juli 2019 . . . . .	21
13	Gjennomsnittlig produksjon i Juli 2019 . . . . .	21
14	Luftlinjen mellom målestasjonen ved Kise og anlegget på Biri . . . . .	22
15	Luftlinjen mellom målestasjonen og anlegget på Biri . . . . .	23
16	Solskinnstid hver dag i perioden 01.04.19 - 31.03.20, Y-aksen viser antall timer det er solskinn og X-aksen viser hvilken dag . . . . .	24
17	Solskinnstid hver dag i perioden 01.01.15 - 31.12.19, Y-aksen viser antall timer det er solskinn og X-aksen viser hvilken dag . . . . .	24
18	Snødekke i perioden 01.04.19 - 31.03.20 på Biri . . . . .	25
19	Snødybde de siste seks årene på Biri . . . . .	26
20	Strømforbruk, Produksjon, salg og kjøp i løpet av et år. . . . .	31
21	Anleggets optimale produksjon: 3400 kWh: 2208 kr . . . . .	32
22	Anleggets middelår produksjon: 1271,27 kWh:1163,84708 kr . . . . .	33
23	Optimal produksjon uten Enova: 3400 kWh:2208 kr . . . . .	33
24	Anleggets middelår produksjon uten Enova: 1271,27 kWh: 1163,6 . . . . .	34
25	Innfallsvinkel April 2019 . . . . .	47
26	Solinnstråling April 2019 . . . . .	47
27	Produksjon April 2019 . . . . .	48
28	Gjennomsnittlig produksjon April 2019 . . . . .	48
29	Innfallsvinkel Mai 2019 . . . . .	49
30	Solinnstråling Mai 2019 . . . . .	49
31	Produksjon Mai 2019 . . . . .	50
32	Gjennomsnittlig produksjon Mai 2019 . . . . .	50

33	Innfallsvinkel Juni 2019	51
34	Solinnstråling Juni 2019	51
35	Produksjon Juni 2019	52
36	Gjennomsnittlig produksjon Juni 2019	52
37	Innfallsvinkel August 2019	53
38	Solinnstråling August 2019	53
39	Produksjon August 2019	54
40	Gjennomsnittlig produksjon August 2019	54
41	Innfallsvinkel September 2019	55
42	Solinnstråling September 2019	55
43	Produksjon September 2019	56
44	Gjennomsnittlig Produksjon 2019	56
45	Innfallsvinkel Oktober 2019	57
46	Solinnstråling Oktober 2019	57
47	Produksjon Oktober 2019	58
48	Gjennomsnittlig produksjon Oktober 2019	58
49	Innfallsvinkel November 2019	59
50	Solinnstråling November 2019	59
51	Produksjon November 2019	60
52	Gjennomsnittlig produksjon November 2019	60
53	Innfallsvinkel Desember 2019	61
54	Solinnstråling Desember 2019	61
55	Produksjon Desember 2019	62
56	Gjennomsnittlig produksjon Desember 2019	62
57	Innfallsvinkel Februar 2020	63
58	Solinnstråling Febraur 2020	63
59	Produksjon Februar 2020	64
60	Gjennomsnittlig produksjon Februar 2020	64
61	Innfallsvinkel Mars 2020	65
62	Solinnstråling Mars 2020	65
63	Produksjon Mars 2020	66
64	Gjennomsnittlig produksjon Mars 2020	66
65	Nettariff i distribusjonsnettet	67

## Tabelliste

1	Disse estimerte tallene blir brukt videre i oppgaven for utregning av solinnstråling på Birianlegget. . . . .	12
2	Totale produksjon i perioden 01.04.19 - 31.03.20 . . . . .	21
3	Utgiftsposter for kunden på Biri(Plusskunde) som investerer i et solcelleanlegg	27
4	Utgiftsposter for en kunde som ikke har investert i et solcelleanlegg . . . . .	27
5	Oversikt over energipriser(øre/kWh) de siste 2,5 årene fra Eidsiva energi for tariffen standard variabel. . . . .	29
6	Oversikt over strømforbruk pr mnd, strømproduksjon pr mnd, kjøp og salg av strøm, kostnader/mnd . . . . .	29
7	Oversikt over de to valgte produksjonstallene som blir brukt videre i oppgaven	32
8	Utgiftsposter for en kunde som har investerer i både solcelleanlegg og batteri .	41

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Solenergi er per dags dato en av de voksende alternative energikildene i verden. Flere huseiere viser mer interesse i å installere solcellepaneler av miljøhensyn, for å bidra til å redusere energiproduksjonen fra fossile energikilder, slik at det blir benyttet en mer fornybar og miljøvennlig kilde. Privatpersoner kan gjennom solenergi bidra med å minske klimautslippene.

Denne oppgaven vil fokusere på et privat solcelleanlegg i Innlandet, beliggende på Biri. Anlegget har vært i drift i cirka ett år hvor det er installert 12 solcellepaneler med en systemeffekt på 3,72 kilowatt-peak(kWp). Ifølge solkart.no/Eidsiva Energi sine sider vil anlegget ha en estimert årsproduksjon på omtrent 3400 kilowattime(kWh) ved optimale forhold. Det vil bli utarbeidet en oversikt over data fra solcelleanlegget det siste året, som lagres og behandles for å ta stilling til det økonomiske og tekniske perspektiv. Det vil også bli diskutert hvorvidt det kan være mer lønnsomt å lagre egen energiproduksjon enn å selge produksjonen tilbake til nettet.

Grunnen for valgt oppgave var gruppens interesse for solcelleanlegg installert i privatboliger og fornybar energi som strømkilde i fremtiden. Gruppen vil lære mer om emnet i samarbeid med Eidsiva Nett AS, som nå er en del av Elvia AS, som er interessert i å lære mer om bruk av solceller, og mulighetene for solceller til Innlandet i en større skala. I følge Eidsiva energi sin nettside om solceller mener de at fornybare energikilder fremtiden og har derfor inngått et samarbeid med solcellespesialisten. Eierne av det private anlegget på Biri er interessert i de økonomiske fordelene ved å velge et fornybart alternativ til energikilde.

## 1.2 Om oppgaven

I oppgaven vil det bli lagt vekt på å beskrive de ulike komponentene som blir brukt i et typisk solcelleanlegg, og tar for oss et par avtaler en kunde kan ha med nettselskaper. Det vil bli fremvist data fra solcelleanlegget som kan benyttes til å se på anleggets produksjon og lønnsomheten til anlegget.

Det vil ikke bli prognosert energipriser og nettleiepriser for årene som følger. Priser for produksjonsåret til solcelleanlegget vil bli lagt til grunn for lønnsomhetsanalysen.

Utviklingen av realrenten blir ikke vurdert. Utvikling av solforhold grunnet klimaendringer er ikke vurdert, men statistisk data fra tidligere år er anvendt. Det vil bare bli brukt AMS data og lagrede data fra likeretteren til anlegget på Biri. Det vil tas hensyn til hvilken tid på året som blir brukt til å samle data, og data som blir lagt frem som følge av dette. Det er brukt data fra april 2019 til og med mars 2020.

### 1.3 Problemformulering

Målet med denne oppgaven er å utarbeide en oversikt over hvilke data som må behandles fra et solcelleanlegg i en privatbolig for å ta stilling til det økonomiske lønnsomhet. Vil anlegget være lønnsomt med sin årlige produksjon eller er det for tidlig å satse på solcelle anlegg som privat person. Problemstilling blir dermed:

*Hva blir forventet nedbetalingstid for et installert solcelleanlegg hos en privat kunde gitt rammebetingelsene som gjelder dette anlegget og vil det være lønnsomt å investere i eget anlegg?*



## 2 Metode

### 2.1 Valgt metode

I denne oppgaven vil gruppen i hovedsak gjennomføre en analyse av produksjon og økonomi til solcelleanlegget på Biri ved å se på AMS data fra privat eier. Gruppen vil sammenligne produksjonen i tillegg til økonomien under optimale forhold mot det anlegget faktisk produserer på et år. Tilbakebetalingstiden og lønnsomheten til anlegget vil bli vurdert ved å hente pris fra energileverandør Eidsiva Energi.

Gruppen har valgt å hente ut data fra 1. april 2019 til 31. mars 2020. For å se om denne perioden kan anses omtrentlig hvordan det vil se ut hvert år, vil gruppen hente meteorologisk data og beregne gjennomsnittlig solskinnstiden over området.

#### 2.1.1 Empiri, teori og undersøkende tilgang

Ifølge oppgavens beskrevne struktur har hvert kapittel et formål i forbindelse med behandlingen av oppgavens problemstilling. Disse behandles derfor metodemessig særskilt.

Det redegjørende kapittel har en beskrivende inngangsvinkel, hvor det søkes for å skape en grunnleggende forståelse til bruk i analysen. Det redegjørende kapittel består primært av teori, men også empiri.

Analysen har en eksplorativ inngangsvinkel, der gruppen undersøker det økonomiske ved installering av solcelleanlegg. Det anvendes hovedsakelig empiri i form av produksjons målinger og strøm standarder til en kvantitativ analyse av investering i eget solcelleanlegg i en komparativ økonomisk analyse. Her utover anvendes en kvalitativ analyse på bakgrunn av interessentenes holdninger til solcelle energi. Kombinasjonen av ovennevnte analyser vurderes å gi de beste forutsetninger for å besvare oppgavens problemstilling fullstendig.

I diskusjons kapittelet vurderes det på bakgrunn av teorien, hvorvidt investering i solcellepanel er økonomisk lønnsomt.

Tilgangen til undersøkelsen vil derfor være induktiv, en slutning der konklusjonen ikke følger av premissene av nødvendighet, men av sannsynlighet. I en enkelt situasjon vurderes det da empirisk med grunnlag i en generell viten om solenergi og solcelleanlegg. For eksempel vil oppgaven på bakgrunn av analysen av enkelte målinger fra det private anlegget på Biri diskutere hvorvidt anleggets produksjon dekker forbruket i husstanden og lønnsomheten rundt investering av anlegg.

### 2.1.2 Datainnsamlings metoder

Det er hovedsaklig to slags kriterier, man skal være oppmerksom på i forbindelse med innsamlingen av data [1]:

- Kvantitative og kvalitative data.
- Primære og sekundære data.

#### **Kvantitative og kvalitative data**

Kvantitative data karakteriseres som alle data, som vedrører tall. For eksempel kan nevnes statistikker og årsrapporter, som har kommet til basert på et kvantitativt datasett.

Kvalitative data er alle de data, som ikke er tall. Her kan eksempelvis nevnes bøker, lover og intervjuer.

Det er en utbredt oppfattelse, at de kvantitative data er mest troverdige og objektive, da det er tale om aktuelle tall. Dette er ikke alltid tilfellet, hvor analyser ved anvendelsen av kvalitative data kan være betydelig bedre – det avhenger da av formålet med analysen. [2]

I nærværende hovedoppgave vil både kvalitative og kvantitative data bli anvendt. De kvantitative data vil opptre i form av årsrapporter, andre former for rapporter og data fra selve anlegget, [3] i mens de kvalitative data vil bli representert ved bl.a. lovdata, artikler og intervjuer med interessenter. [4]

Kombinasjonen av begge typer data vurderes å gi det beste resultat i forbindelse med besvarelsen av oppgavens problemstilling.

## 3 Teori

### 3.1 Solen som fornybar energi

Fornybar energi er begrepet for energikilder som det finnes uendelig ressurser av hva naturen selv fornyer. En slik energikilde er mye mer bærekraftige og har svært lave til ingen klimagassutslipp i forhold til fossile energikilder, som finnes i som for eksempel olje, gass og kull.

#### 3.1.1 Solenergi

Solenergi har en sammenheng med nesten alle energikilder på jorden. Mennesker er avhengig av solen for varme og mat, i likhet med alle andre dyr og planter. Imidlertid utnytter mennesker også solens energi på mange andre måter. For eksempel blir fossilt brensel brukt til transport og elektrisitetsproduksjon, hvor det fossile brenselet er i hovedsak bare lagret solenergi i form av planter fra en tidligere tidsalder.

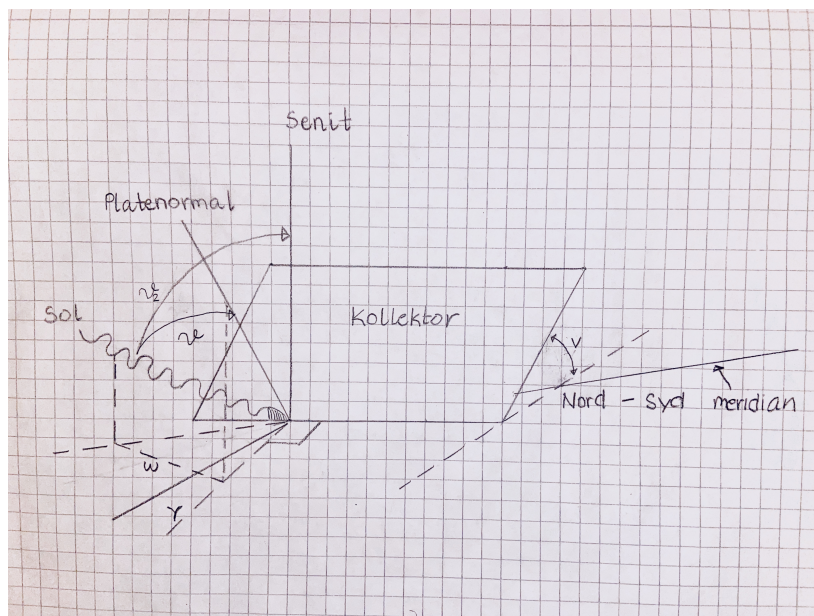
På samme måte konverterer biomasse solens energi til et drivstoff, som deretter kan brukes til varme, transport eller strøm. Vindenergi bruker solen med tanke på oppvarmet luftstrømmer for å skape mekanisk energi, slik at vindkraft blir konvertert til elektrisitet. Vannkraft er også avhengig av at solen fordampner vann, slik at det blir kondensert over til demninger eller vannkraftstasjoner.

#### 3.1.2 Solinnstråling

Solenergi er lys- og varmestråler fra sola og er overlegent verdens viktigste energikilde. Mengden energi som treffer jordoverflaten hver time, er større enn energimengden som verden forbruker på ett år [5]. I Norge kan Sola gi 1500 ganger mer energi enn befolkningens forbruk [6].

Ved atmosfærens ytterkant er det beregnet en solarkonstant med en solstrålings intensitet på omtrent  $1367 \text{ W/m}^2$  [7]. Mens solstrålingen på jordens atmosfære er relativt konstant, vil omtrent 30% av solstråling blir reflektert tilbake til verdensrommet som lys [8]. I tillegg varierer strålingen på jordoverflaten mye mer. Variasjonene kommer av for eksempel atmosfæriske effekter som absorpsjon og spredning, lokale variasjoner som stedets breddegrad, hvilken sesong det er og når på dagen det er. Lokale forhold der skydekke og skjerming fra vegetasjon, åser, bygninger og fjell er viktige faktorer som påvirker sol ressursene for forskjellige områder. På Øst- og Sørlandet er områdene med høyest solinnstråling [6]. På disse områdene er solinnstrålingen på nivå med sentrale områder i Tyskland, der ulike type solceller produserer svært mye energi [6].

Solstrålingen på en horisontal flate i Norge kan variere fra  $1000 \text{ W/m}^2$  ved direkte sollys, til  $500 \text{ W/m}^2$  ved diffust sollys [5]. Ved diffuse forhold vil omtrent 20% solstrålingen absorberes av forskjellige atmosfæriske komponenter, som for eksempel fra skyer, vanndamp og forurensning [8].



Figur 1: Illustrasjon av vinkler fra solcellen (kollektor) i forhold til solinnstråling.

I figur 1 formuleres sammenhengen mellom de forskjellige vinklene, relatert til strålingen fra Sola på en lokal plan flate. Solcellepanelet (Kollektor) blir rettet mot solen etter hvilken side av jordens halvkule den ligger på, dermed vil den rettes mot sør i den nordlige halvkule. Helningsvinkelen ( $\nu$ ) til solcellen er vinkelen med horisontalplanet og har en viktig innvirkning på strømproduksjonen. Timevinkelen ( $\omega$ ) er definert som null ved middelsoltid, og beveger seg  $15^\circ$  for hver time etter standard tiden til jorden. Den beskriver solcellens plassering i forhold til hvor solen befinner seg på himmelen etter årstiden, og hvilken tid det er på døgnet. Planets asimutvinkel ( $\gamma$ ) er vinkelen fra sollyset og den lokale meridian. Senitvinkelen ( $\theta$ ) er vinkelen mellom den innfallende solstrålingen og vertikalen, og blir brukt til å bestemme solhøyden ( $\alpha$ ). Andre vinkler som den lokale breddegraden ( $\phi$ ) og deklinasjonsvinkelen ( $\delta$ ), som er solen sin vinkelposisjon i forhold til ekvatorplanet, er også en del av beregningen til solinnstrålingen [9].

### 3.2 Solceller

En måte å utnytte solenergien er for eksempel solceller som kan konvertere direkte sollys til elektrisitet. Solceller består av lyssensitive halvlederdioder som genererer solenergi direkte til elektrisk strøm ved hjelp av fotoemisjon. Det betyr at det sendes ut elektroner fra overflaten av et stoff når det blir utsatt for lys [10]. De mest brukte solcellene består av en positiv ladd og en negativ ladd silisium halvleder mellom to metallkontakter. Metallkontaktene knytter sammen de to ladede områdene [10].

I utgangspunktet vil ikke solcellen produsere energi, siden silisiumkrystall leder elektrisk strøm dårlig. For at en slik krystall skal begynne å produsere energi må det skje en kjemisk reaksjon, noe som heter å 'dope' halvlederene [11]. Da vil den positive halvlederen dopes med et grunnstoff som har et valenselektron mindre, og den negative halvlederen dopes med et grunnstoff som har et valenselektron mer. Da vil det oppstå et overskudd og et underskudd av elektroner på henholdsvis den negative og den positive siden.

Når fotoner treffer overflaten til solcellen vil elektroner på den negative siden flytte seg til den positive siden. Det dannes en positiv-negativ-overgang, hvor elektronene vil frastøte hverandre. For å generere strøm kobles solcellepanelene i en krets slik at elektronene vil gå ut fra den negative halvlederen og tilbake til den positive halvlederen [11].

I solceller er effektiviteten den mest brukte parameteren for å sammenligne ytelsen til en solcelle med en annen. Effektiviteten er definert som forholdet mellom avgitt effekt fra solcellen og tilført effekt fra solen. Effektiviteten avhenger også av spekteret og intensiteten til det innfallende sollyset og temperaturen til solcellen. Et solcelleanlegg når sitt optimale ytelsesnivå når omgivelsestemperaturen er under  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  og effekten synker til 65% når temperaturen er over  $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$  [12]. I silisiumsolceller er effektiviteten teoretisk sett rundt 30%, men i praksis mellom 15-20% [10].

### 3.2.1 Solcellepanel og inverter

Det vanligste solcellepanelene inneholder tynne skiver (wafere) med enten monokrystallinske eller polykrystallinske solceller [10]. Monokrystallinske solceller består av en enkel silisiumkrystall, men har høyere effektivitet enn polykrystallinske solceller. Polykrystallinske solceller er sammensatt av flere monokrystaller, men krever mindre energi og er billigere for samme oppgitt effekt [13].

Med solcellepaneler blir effekten ofte oppgitt med enheten kWp. Enheten kWp er en forkortelse av kilowatt-peak som er merkeeffekten. Den brukes til å sammenligne ytelsen til solcelleanlegget og for å forutsi maksimal effekten de kan produsere under standard testforhold (Standard Test Conditions, STC) [13]. Under standard testforhold vil det si at det er en temperatur på  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  på selve solcellen, en solinnstråling på  $1000\text{ W}/\text{m}^2$  på et gitt område på et gitt tidspunkt, og en luftmasse på 1,5 [14]. Tallet til luftmassen refererer til mengden lys som må passere gjennom jordas atmosfære før det kan treffe jordens overflate, og har mest å gjøre med solvinkelen i forhold til et referansepunkt på jorden.

Solcellepaneler er i hovedsak oppbygget av 6 komponenter som bidrar til en optimal absorpsjon av solenergi. Solcellene er dekket med et lag med herdet transmisjons glass som er 3 til 4 mm tykt. Det er designet for å forbedre effektiviteten og ytelsen, ved hjelp av et antirefleksbelegg på baksiden av glasset for å redusere tap, og forbedre lys overføringen [15].

Glasset er mye tryggere enn standardglass, siden det blir knust til små fragmenter i stedet for skarpe glasskår. Lagene er designet til å motstå blant annet mekaniske belastninger

og skal beskytte solcellene fra for eksempel ekstreme temperaturer, fukt, støv og gir en viss støtdemping fra hagl og andre gjenstander. På baksiden er det et yttersjikt som fungerer som fuktsperre og skal gi både mekanisk beskyttelse og elektrisk isolasjon [15].

En aluminiumsramme rundt seksjonene beskytter kanten og skaper en solid struktur til montering av solcellepanelene. Rammen er designet for å være lett, sterk og skal tåle ekstreme værforhold. Det er laminert et spesialdesignet plastisk lag på hver side som er meget gjennomsiktig, og bidrar til å utvide solcellens levetid. Koblingsboksen er værbestandig og er montert på baksiden. Boksen er det sentrale punktet i installasjonen og overfører en energi til inverteren [15].

En inverter (vekselretter) er et apparat som konverterer likestrømmen (DC) som blir produsert i solcellene til vekselstrøm (AC). Inverteren er dimensjonert etter hvor mye merkeeffekt solcellepanelene kan levere, og bestemmer hvor mye som blir produsert i kWh. Den produserte strømmen kan bli benyttet i et lokalt bygg eller levert inn i et distribusjonsnettverk. Inverteren monteres mellom solcellene og strømmettet i huset. Den er designet for å koble fra strømmettet dersom kraftnettet går ned.

### 3.3 AMS data (Avanserte Måle- og Styringsystemer)

Smarte målere er et ledd i en nødvendig modernisering av strømmettet [16] som gjør det mulig å måle data og lagre dataen fortløpende. Som kunde og eier av smarte målere vil man blant annet få tilgang på timevis av registrering av eget strømforbruk, automatisk avlesning av måler, korrekt avregning og enklere bytte av kraftleverandør [16]. I denne oppgaven hentes det ut importert og eksportert energimengde per time og måned for privatkunden.

Et avansert Måle- og Styringsystem:

- har funksjonskrav der den skal lagre måleverdier med en registreringsfrekvens på maksimalt 60 minutter, og kunne stilles om til en registreringsfrekvens på minimum 15 minutter.
- skal ha et standardisert grensesnitt som legger til rette for kommunikasjon med eksternt utstyr basert på åpne standarder.
- skal tilknyttes og kommunisere med andre typer målere, og sikre at lagrede data ikke går tapt ved spenningsavbrudd.
- vil bryte og begrense effektuttaket i det enkelte målepunkt, unntatt trafomålte anlegg.
- vil sendes og mottas informasjon om kraftpriser og tariffer samt kunne overføre styrings- og jordfeilsignal.
- skal gi sikkerhet mot misbruk av data og uønsket tilgang til styrefunksjoner og registrere flyt av aktiv og reaktiv effekt i begge retninger [17].

Ved bruk av AMS-måler vil det være enklere å kunne hurtig og enkelt fjern innkoble og -utkoble strømmen til rette for kunder med nytegnede avtaler eller ved avtale opphør. Færre feil og strømavbrudd i overføringsnettet, hurtigere lokalisering og oppretting av feil, færre jordfeil/økt personsikkerhet og færre spenningsavvik er noen av flere punkter nettselskapene vil oppnå ved at nettkundene deres bruker smarte målere i sin husholdning. Mer informasjon om hva som skjer i strømmettet nærmest kundene, gjør at nettselskapene kan drifte nettet mer effektivt enn før. Lavere driftskostnader vil over tid føre til at også nettleien blir lavere enn den ellers ville ha vært. AMS-måler kan også gjøre det enklere for nettselskap å tilby sesongvis

inn- og utkobling av strøm for fritidsboliger og skånsom fordeling av strøm i en rasjonering situasjon [16].

## 3.4 Plusskunder

### 3.4.1 Hva er en plusskunde?

Plusskunde er en sluttkunde som produserer strøm selv, men er ikke selvforsynt av den grunn. De må fortsatt kjøpe strøm fra nett da anleggets produksjon ikke dekker hele husholdningens forbruk i året. Kunden selger tilbake på nett hva de ikke bruker av produsert strøm. Alt foregår fortløpende.

Plusskunde er av NVE definert som en nettkunde som både bruker og produserer elektrisitet. En forutsetning for å være plusskunde er at den kraftproduserende enheten som genererer elektrisitet ikke er konsesjonspliktig eller leverer elektrisitet til andre sluttbrukere. I gjennomsnitt skal årsproduksjonen fra en plusskunde ikke overstige eget forbruk. Når plusskunden produserer mer elektrisitet enn den bruker, kan den levere elektrisitet tilbake på nettet og bli kompensert av nettselskapet for dette [18].

### 3.4.2 Plusskundeordning

Plusskundeordningen innebærer at kunden i utgangspunktet ikke selv kan videreselge kraften til andre sluttbrukere eller delta i engrosmarkedet, men må selge overskuddskraften til en kraftleverandør.

Ordningen innebærer ingen endring av rettigheter og plikter til leverings- og spenningskvalitet, tilknytningsplikt, leveringsplikt, anleggsbidrag. Det betyr at så lenge kunden ikke øker sitt overbelastningsvern, så kan ikke nettselskapet kreve at plusskunden betaler anleggsbidrag. Dette gjelder selv om kundens produksjon fører til at nettselskapet må forsterke nettet for å ta imot kraften [18].

Plusskunder utgjør både en utfordring og en mulighet for fornybarnæringen. Et godt samspill med eksisterende kraftproduksjon, i hovedsak vannkraft, og integrasjon i kraftnettet er viktig [19].

Til tross for at en rekke kunder er delvis selvforsynt med blant annet solceller på taket, vil de ikke kunne koble seg av nettet ettersom det er dager uten solskinn og vind. Disse må derfor bære sin del av nettkostnadene. Dette kan derimot være et alternativ i fremtiden som kan bli en utfordrende konkurrent for nettselskapene når investeringen av batterier blir både kapasitetsdyktige og kostnadsvennlige.

Delvis selvforsynte plusskunder kan skape ubalanser i distribusjonsnettet, påvirke leveringskvaliteten og dermed bidra til å skape nye utfordringer for driften av distribusjonsnettet. Fornybarnæringen er ansvarlig for å drifte kraftsystemet og er derfor avhengig av helhetlige rammebetingelser som ser alle utviklingstrekk i sammenheng.

### 3.5 Lagring i Solcelleanlegg

Kjennetegnet på et solcelleanlegg er at det bare produserer energi når solen er tilgjengelig, det vil si at et slikt anlegg er avhengig av tilstrekkelig med sol. For systemer der solceller er den eneste generator kilde, er det vanligvis behov for lagring siden et nøyaktig samsvar mellom tilgjengelig sollys og belastninger er begrenset til noen få typer systemer.

I ethvert solcelleanlegg som inkluderer batterier, blir batteriene en sentral komponent i det samlede systemet som betydelig påvirker kostnadene, vedlikeholds kravene, påliteligheten og utformingen av solcelleanlegget. På grunn av stor innvirkning på batterier i et frittstående solcelleanlegg, er det viktig å forstå batteriets egenskaper for å forstå driften av solcelleanlegg. De viktige batteri-parametrene som påvirker solcelle anleggets drift og ytelse er batteriets vedlikeholds krav, batteriets levetid, tilgjengelig strøm og effektivitet.

Et ideelt batteri vil være i stand til å lades opp og lades ut under vilkårlige lade-/utladnings-regimer, vil ha høy effektivitet, høy energitetthet, lav selvutlading og ha lave kostnader. Parameterne styres ikke bare av valget av batteri, men hvordan det brukes i systemet, spesielt hvordan det lades og tømmes og dets temperatur. Imidlertid kan, i praksis, ikke noe batteri oppnå ovennevnte sett med krav, selv om normalt ikke dominerende krav til lave kostnader vurderes. [20]

### 3.6 Økonomi og Investeringsanalyse, energipris og nettleiepris

Økonomi er en viktig del å ta med i analyse om lønnsomhet. Det vil bli laget en oversikt over plusskundens investering i anlegget og utregninger ut fra tall hentet fra plusskunden og deres anlegg.

Det er flere selskaper involvert når en kunde skal bruke strøm i hjemmet sitt.

Nettselskapet eier kablene strømmen blir fraktet gjennom og Kraft/Energiselskapet lager og/eller selger strømmen som strømkunden bruker. Begge selskapene skal ha betalt for sin andel av prosessen.

Nettselskapet skal ha betalt for nettlei for at kunden skal få lov til å bruke nettkablene til transport av strøm, og Energiselskapet skal ha betalt for strømmen som blir brukt.

Som oftest legger kraftleverandørene på en margin i forhold til prisen på kraftbørsen. Hver måned blir det regnet ut en gjennomsnittspris, deretter legger leverandørene på sin margin. Marginen består av et påslag i ører per kwh, og/eller et fast kronebeløp. Det kan for eksempel være et påslag på 5 øre per kwh, og et fast tillegg på 39 kroner måneden. Slik unngår leverandørene å løpe noen risiko og lever kun på marginen. Kraftprisen følger utviklingen i kraftprisene på kraftbørsen Nord. Pool. [21]

*“Prisene vil variere avhengig av hvor i landet du befinner deg. Norge er delt inn i fem hovedområder. Leverandørene legger på prisen på sin områdepris.” [21]*

Energiselskapet kan tilby flere typer strømvavtaler. Strømvavtalen som blir brukt videre i oppga-



ven kalles solspot[22]. Gjennom denne avtalen betaler kunden to faste kostnader; prispåslag på 5,49 øre per kWh, og et fast tillegg på 39 kroner måneden.

I tillegg skal nettselskapet ha betalt for sin del av prosessen der kunden må betale en nettleiutgift på 5310 kroner i året. (Se vedlegg nr. 65)

## 4 Anlegget på Biri

Biri anlegget ligger på åpent lende med litt skog rundt eiendommen. Bruksarealet har to bygg. På hovedbyggets tak er det installert 12 solcellepaneler som dekker et areal på 23,23 m<sup>2</sup> tilsvarende 49 prosent av takflaten. Det totale energibehovet på eiendommen er tatt fra 1.april 2019 til 31.mars 2020 som var på 10421,98 kWh. Anlegget har et systemeffekt på 3,72 kWp for de 12 installerte solcellepanelene.

Huset er bygget etter byggestandarden byggeteknisk forskrift 2017 (TEK17). TEK17 har en veldig god isolasjonsstandard som fører til lave energikostnader for huset. Blant annet skal rør, utstyr og kanaler knyttet til bygningens varmesystem isoleres som skal redusere unødvendig tap av varme og redusere et eventuelt kjølebehov. Forskriften beskriver minimumskravene for å sette opp et lovlig bygg. På denne måten sikres god energieffektivitet i alle nye og ombygde bygninger [23]. Dette fører til lavt behov av energi til romoppvarming.

For å kunne gjøre beregninger tilknyttet anlegget på Biri er det nødvendig med informasjon om anleggets posisjon, hvilken retning anlegget er i forhold til solen og helningvinkelen til panelene. Disse opplysningene ble gitt til oss av eierne av anlegget, som holdes anonym, og de fleste utregninger tar utgangspunkt i tall fra dem forbeholdt noen antakelser.

Forbruket i husholdningen på Biri ligger på ca. 10 000 kWh med et anlegg som i første driftsår produserte en energi på 1271,27 kWh.

Ifølge eierne fra Biri så består anlegget av:

- Det er installert 12 paneler på 310 W
- 3,72 kWp Systemeffekt
- Omtrent 3 400 kWh Estimert årsproduksjon
- En inverter med maksimal effekt på 3050 W

Tabell 1 viser estimerte vinkeler for å beregne innfallsvinkel og teoretisk solinnstråling på dette anleggets solceller.

Helningsvinkel [ $\nu$ ]	Lengdegrad [ $\lambda$ ]	Breddegrad [ $\phi$ ]	Estimert planets asimut [ $\gamma$ ]
23,0°	10°	60°	25°

Tabell 1: Disse estimerte tallene blir brukt videre i oppgaven for utregning av solinnstråling på Biri-anlegget.



Figur 2: Anlegget på Biri, godkjent bildebruk fra eierne



Figur 3: Anlegget på Biri, godkjent bildebruk fra eierne

## 5 Resultat

### 5.1 Solinnstråling over Biri anlegget under optimale forhold

Med optimal produksjon og forhold vil anlegget bli forsynt med solenergi uten avbrudd eller påvirkning fra områdets landskap eller vær og klima gjennom dagen. For å forutsi optimal produksjon vil faktorer som solens posisjon over området til anlegget og luftmassen påvirke teoretisk solinnstråling på området.

For å beregne solens posisjon vil gruppen først finne timevinkelen etter den lokale soltiden, deretter solens vinkelposisjon i forhold til ekvatorplanet. Timevinkelen varierer med lengdegraden, hvilken dag det er på året og den lokale tiden. Ved hjelp av Google maps kan gruppen finne verdien til lengdegraden over området.

Timevinkelen konverterer den lokale soltiden (LST) til antall grader som solen beveger seg over himmelen. Ved middelsol er den per definisjon  $0^\circ$ . Siden jorden beveger seg  $15^\circ$  per time, vil det si at for hver time som går fra middelsolen, øker vinkelen fra solen på  $15^\circ$  [24]. Timevinkelen er uttrykt som  $\omega$

$$\omega = 15(LST - 12) \quad (5.1)$$

Der den lokale soltiden (LST) kan justeres etter lokal tiden (LT) ved å bruke korrigeringer som en tidskorreksjonsfaktor (TC) og en tidsjevning (ET) [24].

$$LST = LT + \frac{TC}{60} \quad (5.2)$$

Tidskorreksjonsfaktoren definerer variasjonen av lokal soltid innenfor en gitt tidssone på grunn av lengdegradsvariasjonene i tidssonen. Den inkluderer tidsjevningen som beskriver avviket mellom sann soltid og middelsoltid. Hvor en empirisk ligning som korrigerer for eksentrisiteten til jordens bane og jordens aksiale tilt. I ligningen for TC er det en faktor på 4 som kommer av at jorden roterer  $1^\circ$  hvert 4. minutt [24].

$$TC = 4(\lambda - LSTM) + ET \quad (5.3)$$

$$ET = 9.87\sin(2B) - 7.53\cos(B) - 1.5\sin(B) \quad (5.4)$$

$$B = (d - 81)\frac{360}{365} \quad (5.5)$$

Hvor  $d$  er dagen på året, og  $B$  er en vinkel parameter. LSTM (Local Standard Time Meridian)

er den lokale tidssonen målt i grader og kan beregnes ved å bruke den lokale lengdegraden [24].

$$LSTM = 15\left(\frac{\lambda}{15}\right) \quad (5.6)$$

Deklinasjonsvinkelen varierer sesongmessig på grunn av jordens skråstilling på dens rotasjonsakse og rotasjonen rundt solen. Jorden er tiltet med en varierende vinkel mellom  $+23,45^\circ$  og  $-23,45^\circ$  [25]. Deklinasjonen er uttrykt som  $\delta$  og kan beregnes med

$$\delta = 23.45\sin\left((284 + d)\frac{360}{365}\right) \quad (5.7)$$

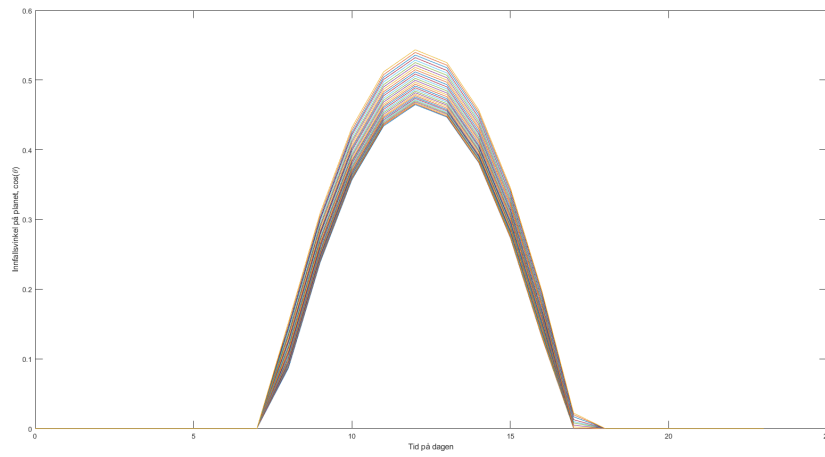
$23,45^\circ$  kommer av at deklinasjon når maksimumsverdi ved sommersolverv tid og har en minimumsverdi på  $-23,45^\circ$  ved vintersolverv tid i den nordlige halvkule. Faktoren  $\frac{360}{365}$  brukes til å konvertere dagnummeret til en posisjon i bane.

Dermed kan gruppen da finne solens innfallsvinkel ( $\cos(\theta)$ ) ved å bruke deklinasjonvinkelen, timevinkelen, breddegraden, planets helning og planets asimutvinkel. Verdiene til breddegraden og planets asimutvinkel finnes ved hjelp av google maps, planets helning er lik takets helning. Innfallsvinkelen blir da

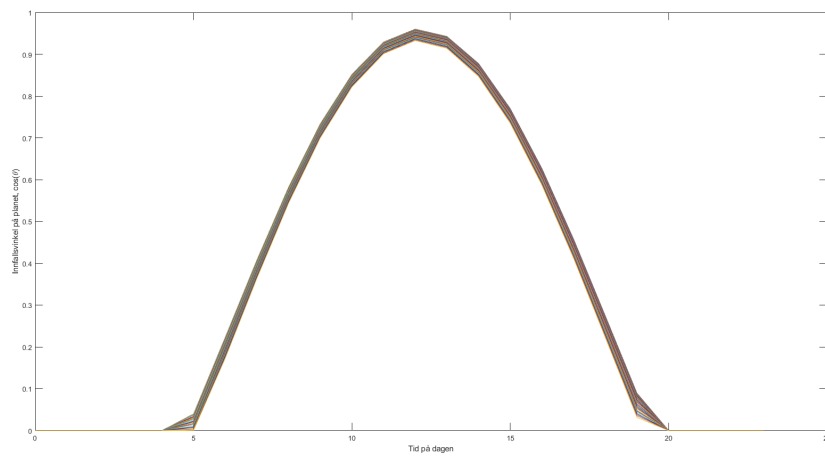
$$\begin{aligned} \cos(\theta) = & \sin(\delta)\sin(\phi)\cos(v) - \sin(\delta)\cos(\phi) * \sin(v)\cos(\gamma) + \cos(\delta)\cos(\phi)\cos(v)\cos(\omega) \\ & + \cos(\delta)\sin(\phi)\sin(v)\cos(\gamma)\cos(\omega) + \cos(\delta)\sin(v)\sin(\gamma)\sin(\omega) \quad [9] \end{aligned} \quad (5.8)$$

Ved hjelp av programmeringsspråket til MATLAB vil gruppen beregne verdiene til de forskjellige faktorene hver time. Vi lager da modeller fra algoritmer slik at vi får en bedre oversikt hvordan innfallsvinkelen påvirker solinnstrålingen. MATLAB er en programmerings plattform designet spesielt for ingeniører og forskere. MATLAB bruker et matrisebasert språk som som tillater det mest naturlige uttrykk for datamatematikk.

I figur 4 og 5 beregnes innfallsvinkelen på planet til solcellene på Biri. Figurene illustrerer hvordan solen beveger hver time og hver dag i måneden over anlegget. Videre ut fra innfallsvinkelen i figurene kan det beregnes på hvor mye solinnstråling som treffer planet.



Figur 4: Innfallsvinkel ( $\cos \theta$ ) hver dag over anlegget i Januar



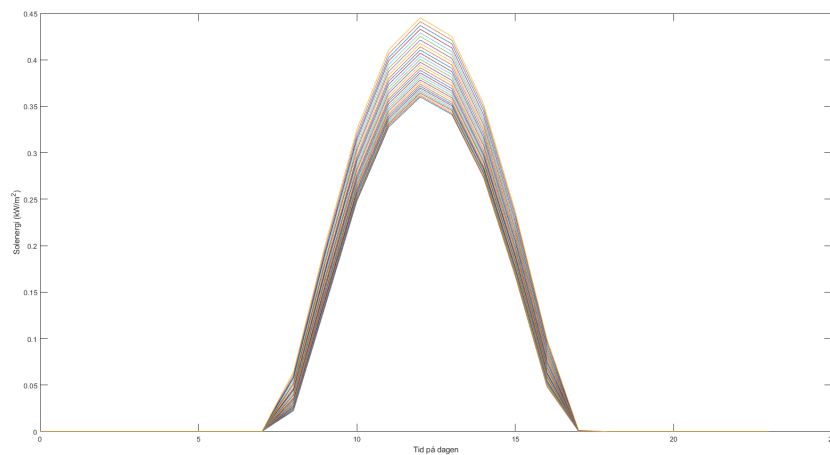
Figur 5: Innfallsvinkel ( $\cos \theta$ ) hver dag over anlegget i Juli

Ved hjelp av luftmasse ligningen vil vi kunne beregne teoretisk solinnstråling på overflaten til solcellepanelene.

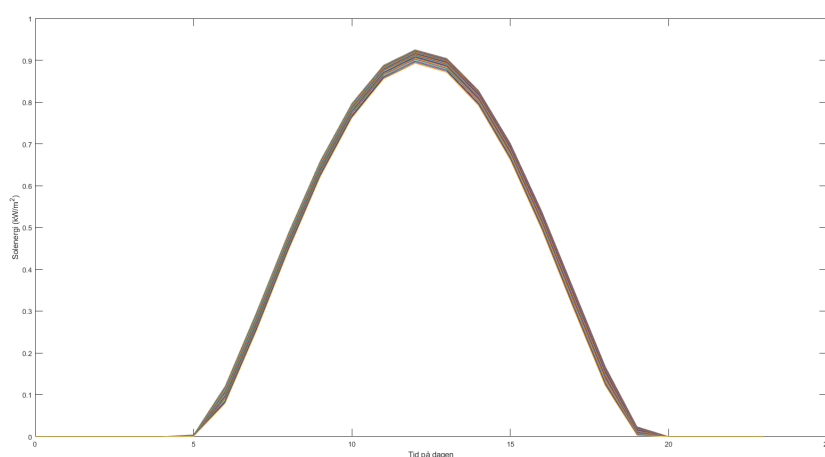
$$I_D = 1.366[(1 - ah)0.7^{\frac{1}{\cos\theta} 0.678} + ah] [26] \quad (5.9)$$

Hvor  $I_D$  er den teoretiske solinnstrålingen som blir målt i  $kW/m^2$ . Faktoren 1.366 er solkonstanten målt i  $kW/m^2$ . Tallet 0.7 kommer fra at det er omtrent 70% av strålingen fra solkonstanten som treffer jordens overflate. En kraft begrensningen på 0.687 er en empirisk passform til de observerte dataene og tar hensyn til ikke-uniformitetene i de atmosfæriske lagene. Solinnstrålingen øker med høyde over havet, dermed må faktorer som en enkel empirisk tilpasning (a) og kilometer over havet (h) inkluderes [26].

I figur 6 og 7 beregnes det hvor mye den teoretiske solinnstrålingen kan være hver time på overflaten til solcellene. Figurene illustrerer hvordan innfallsvinkelen påvirker solinnstrålingen (Y-aksen) over tid. Her ser vi at solstrålingen vil være i teorien mye lavere i Januar enn den vil være i Juli.



Figur 6: Teoretisk solinnstråling på solcellene på Biri hver dag i Januar



Figur 7: Teoretisk solinnstråling på solcellene på Biri hver dag i Juli

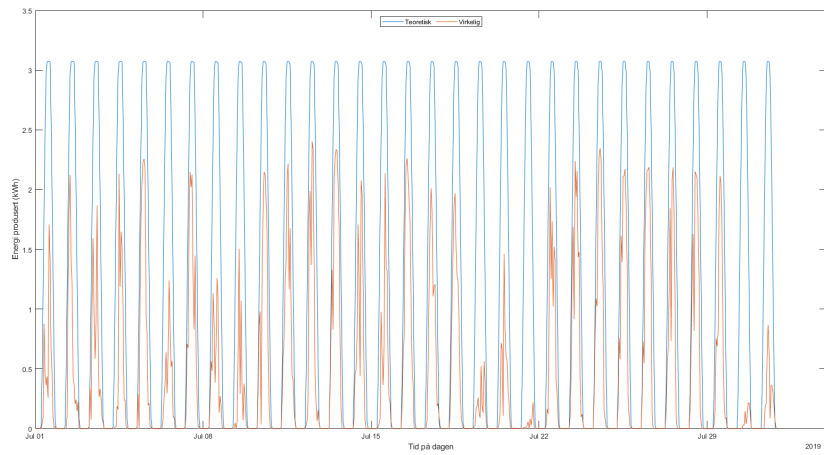
Videre ut fra den teoretiske solinnstrålingen vil vi kunne forutsi den teoretiske produksjonen til anlegget. Vi vil da sammenligne den optimale produksjonen mot produksjonen i praksis.

### 5.1.1 Produksjon fra anlegget

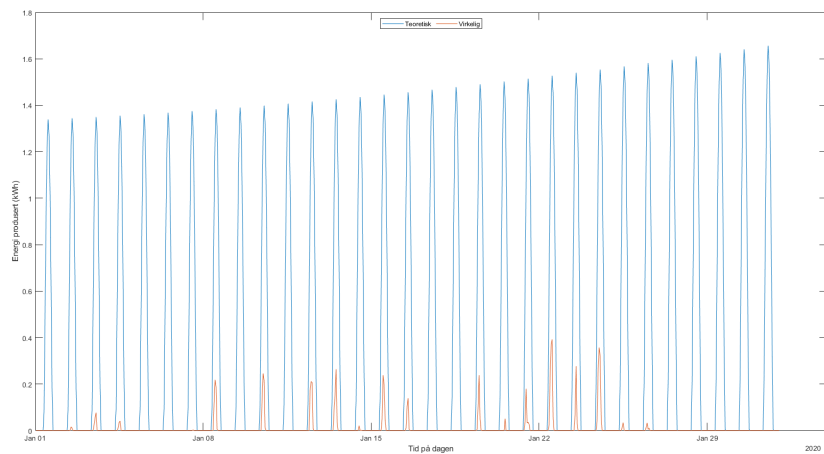
Ut fra beregningene av solinnstråling på anlegget kan gruppen anslå hvor mye som blir produsert i teorien hver dag og hver måned. Anlegget vil kunne produsere opp til 3,72 kWh fra solcellepanelene ved maksimal ytelse, men inverteren har en grense på 3,070 kWh. Dermed vil ikke anlegget kunne produsere mer enn maksimal ytelsen til inverteren.

I figur 8 og 9 sammenlignes det hvor mye som produseres med dette anlegget i teorien mot hva som i praksis produseres. Gruppen bruker MATLAB til å lage oversikten til sammenligningen. Grunnen til valgte måneder Juli 2019 og Januar 2020 er for å se hvordan solinnstrålingen påvirkes av innfallsvinkelen og deklinasjonsgraden i forskjellige sesonger. Vi ser fra figurene at energien som produseres (kWh) er mindre i Januar enn i Juli.



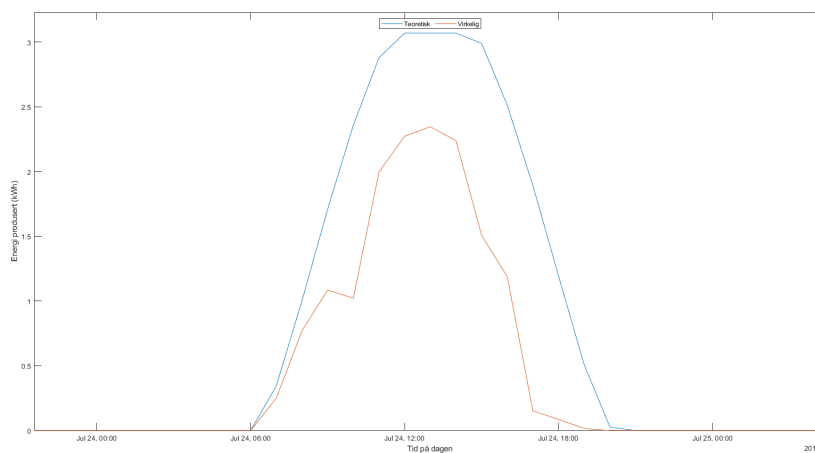


Figur 8: Sammenligning av teoretisk og praktisk(virkelig) produksjon i Juli 2019

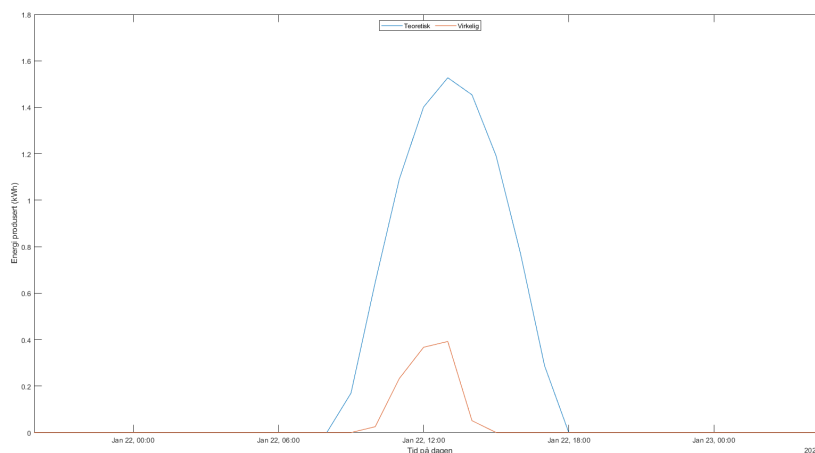


Figur 9: Sammenligning av teoretisk og praktisk(virkelig) produksjon i Januar 2020

Figur 10 og 11 illustrerer lettere sammenligningen en dag i måneden når det ble produsert mest. Vi antar at produksjonen i praksis vil se slik ut på en klarværsdag. I figurene ser vi at produksjonen avtar tidligere enn forventet på slutten av dagen, dette antar vi er på grunn av vegetasjonen og konstruksjonen av huset rundt anlegget. (3)

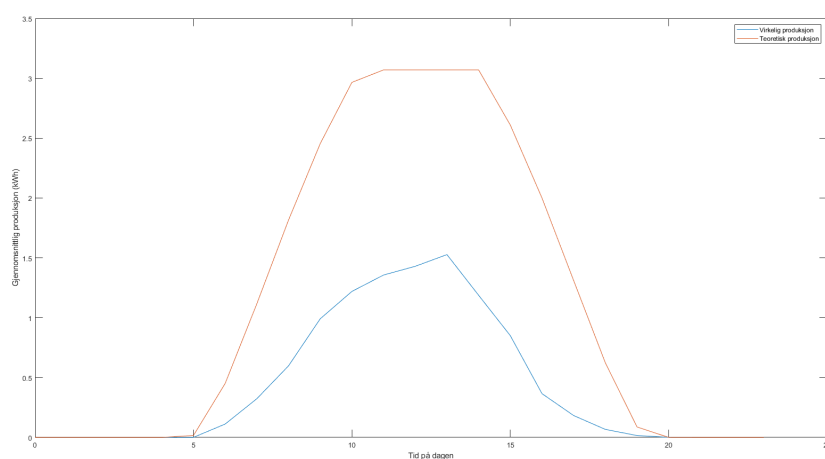


Figur 10: Sammenligning av teoretisk og praktisk produksjonsdag i Juli 2019

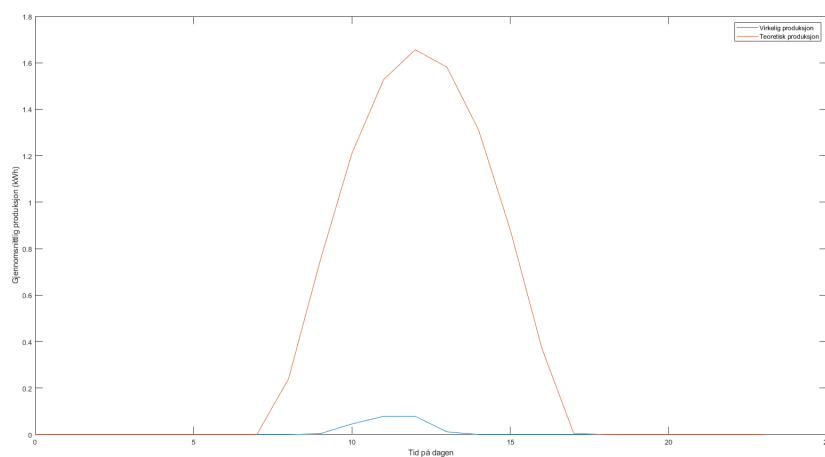


Figur 11: Sammenligning av teoretisk og praktisk produksjonsdag i Januar 2020

I figur 12 og 13 illustreres det hvordan produksjonen gjennomsnittlig vil se ut hver dag i månedene. Tabell 2 viser hvor mye som kan produseres gjennom et år fra dette anlegget. Vi vil se videre om den totale produksjonen kan anses som et middelår med tanke på vær forholdene.



Figur 12: Gjennomsnittlig produksjon i Juli 2019



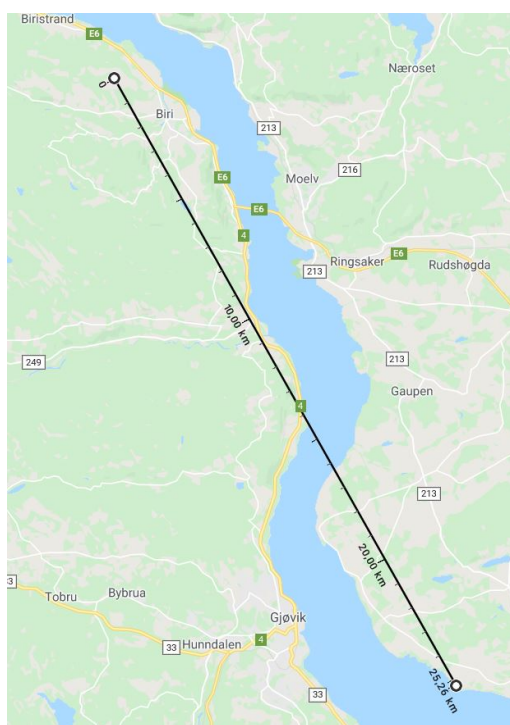
Figur 13: Gjennomsnittlig produksjon i Juli 2019

Måned	Produksjon(kWh)
April 2019	172,56
Mai 2019	187,08
Juni 2019	216,77
Juli 2019	317,03
August 2019	156,89
September 2019	72,35
Oktober 2019	27,03
November 2019	3,84
Desember 2019	0,11
Januar 2020	6,74
Februar 2020	25,78
Mars 2020	85,06
<b>Sum produksjon</b>	<b>1271,27</b>

Tabell 2: Totale produksjon i perioden 01.04.19 - 31.03.20

### 5.1.2 Middelår

Sol- og snøforhold har en innvirkning på anleggets produksjon. Gruppen vil se om denne perioden kan ses på som et gjennomsnittlig produksjonsår med tanke på de nevnte forholdene. Det samles meteorologiske data fra Norsk Klimaservicesenter for å finne den totale solskinnstiden i timer, og når i perioden det er snødekke på området. Stasjonen som måler solskinnstiden ligger ved Kise i Ringsaker kommune som er omtrent 25 km fra anlegget i luftlinje. Stasjonen som måler snødekke ligger ved Biri og har en avstand på omtrent 2,5 km i luftlinje. Gruppen antar at solskinnstiden er omtrent lik på Biri som den er på Kise.

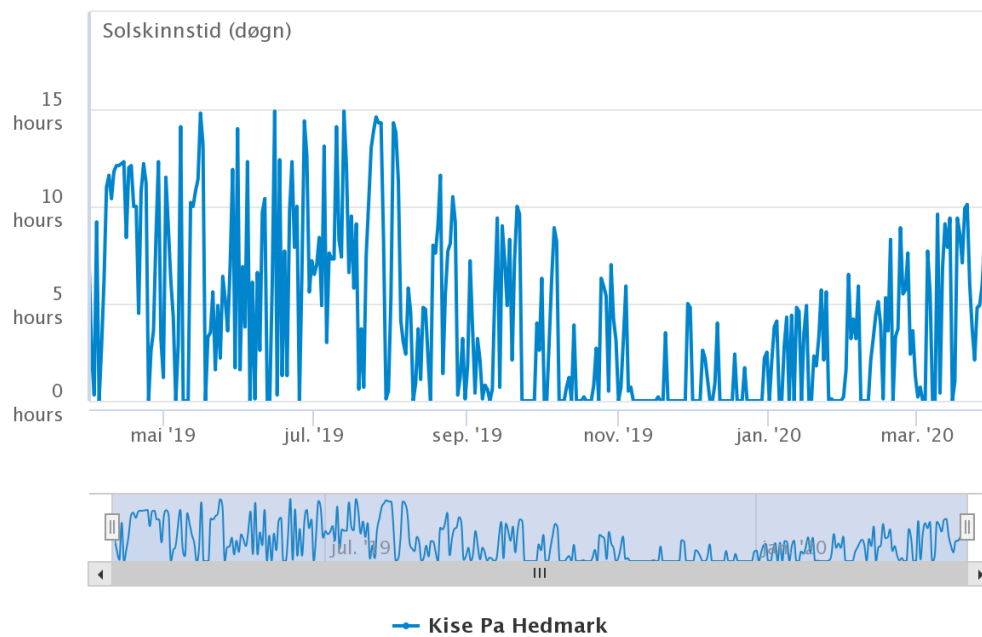


Figur 14: Luftlinjen mellom målestasjonen ved Kise og anlegget på Biri

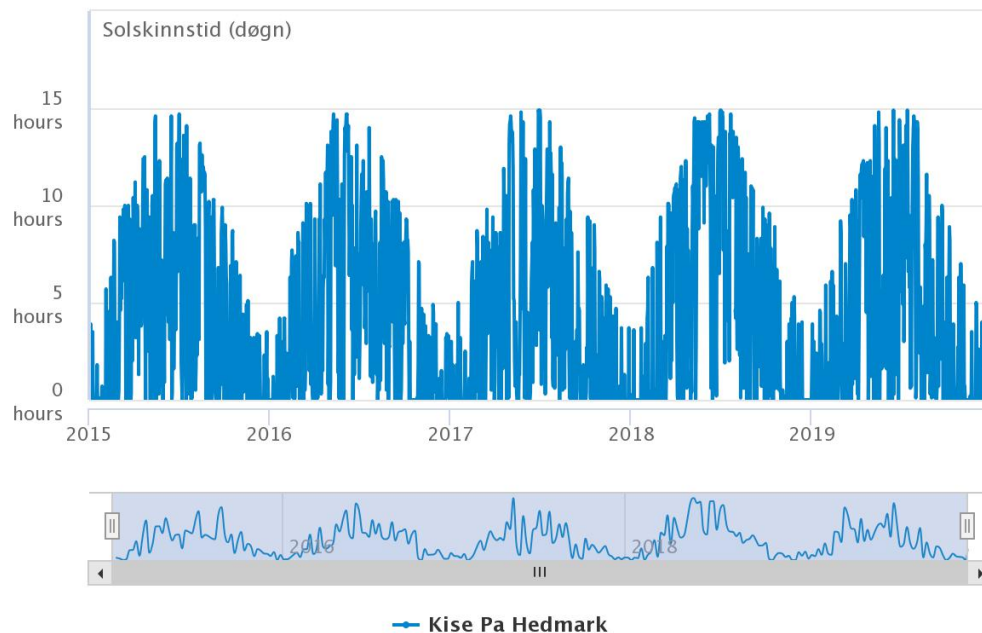


Figur 15: Luftlinjen mellom målestasjonen og anlegget på Biri

Vi beregner at den gjennomsnittlig solskinnstid de siste fem årene (01.01.15 - 31.12.19) over området til å bli på omtrent 1533 timer. Sammenlignet med perioden fra 01.04.19 til 31.03.20 er måles det en solskinnstid på omtrent 1586 timer over Kise ifølge Norsk Klimaservicesenter. Dermed vil vi gå ut fra at dette produksjonsåret vil omtrent være et normal år for solcelleanlegget med tanke på solskinnstiden. I figur 16 og figur 17 illustreres det hvor lang tid solen skinner over området hver dag.



Figur 16: Solskinntid hver dag i perioden 01.04.19 - 31.03.20, Y-aksen viser antall timer det er solskinn og X-aksen viser hvilken dag

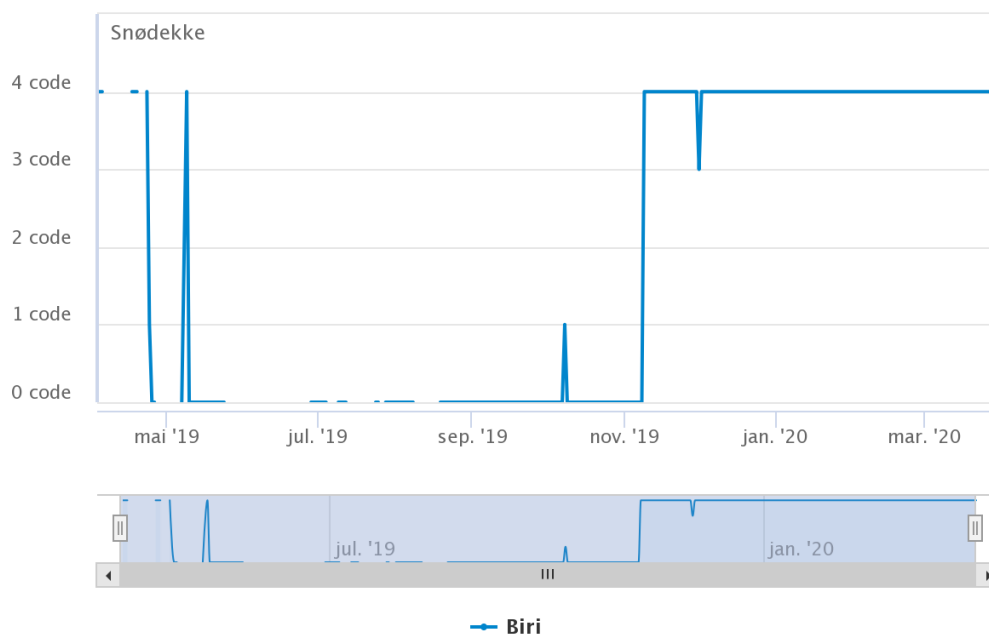


Figur 17: Solskinntid hver dag i perioden 01.01.15 - 31.12.19, Y-aksen viser antall timer det er solskinn og X-aksen viser hvilken dag

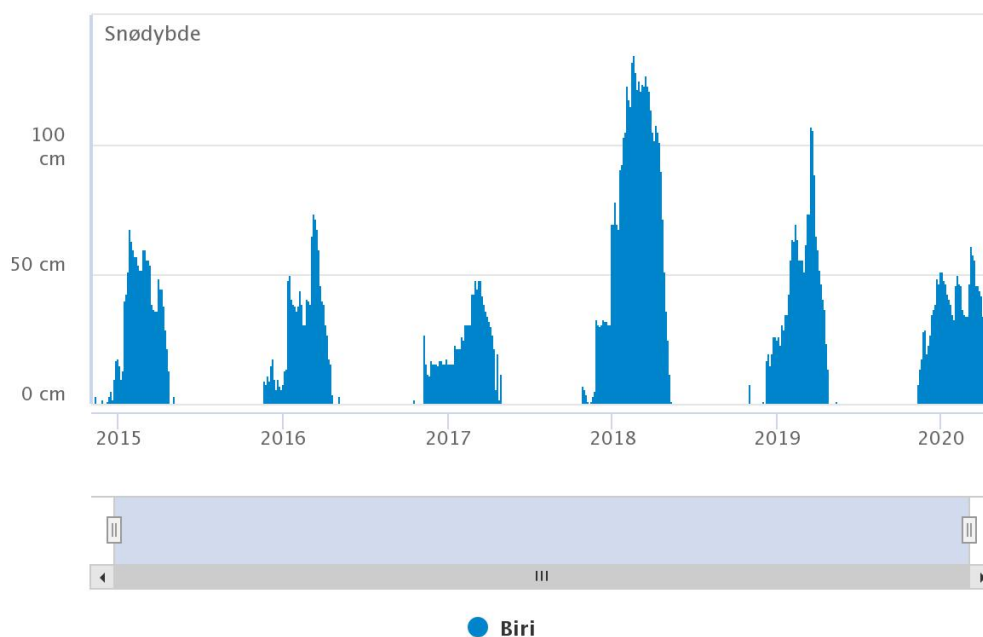
Vi vil også ta hensyn til hvor mye snø som er med på å hindre produksjonen til solcellene. Denne faktoren blir vanskeligere å anslå da det blir antatt at målingene om snødekke fra NKS er tatt på en horisontal flate, og snødekke på anlegget vil ha en helningsvinkel. Dermed antar vi at snøen smelter raskere på en flate med en helningsvinkel, enn den gjør på en horisontal flate. Målingsdataene om snødekke og snødybde brukes til å se hvilken periode det er snø over området, og omtrent hvor mye snø det er. Det sammenlignes hvor mye snø som har vært over området de seks siste årene.

I figur 18 måles snødekke over området, hvor kode 0 eller ingen målinger (-1) betyr at det ikke er snø, kode 1 er det mest bar mark, kode 2 er det like mye snødekt som bar mark, kode 3 er mest snødekt mark og kode 4 er snø overalt. Figuren viser når i perioden (01.04.19 - 31.03.20) snø kan påvirke anlegget, vi antar at november og desember var månedene som var mest utsatt. I de nevnte vintermånedene ser vi at produksjonstallet er veldig lavt til nesten ingen produksjon (Vedlegg A 51 og 55). Det skal nevnes at det var rapportert en feil i anlegget fra eierne i starten av november (7.11.19) som slo ut solcelleanlegget i flere dager.

Figur 19 illustrerer snødybden som har vært over området de seks siste årene. Vi antar ut fra denne grafen at denne vintersesongen (2020) kan være omtrent et middelår med tanke på hvor mye snø som har samlet seg over området. Dermed vil vi videre i analysen anta at denne perioden kan anses som et gjennomsnittlig produksjonsår de neste årene.



Figur 18: Snødekke i perioden 01.04.19 - 31.03.20 på Biri



Figur 19: Snødybde de siste seks årene på Biri

## 5.2 Utgifter for Plusskunde og Vanlig kunde

Gruppen vil legge frem hva de forskjellige utgiftene er for en Plusskunde og en vanlig strømkunde, og hva som skiller de to kundene. Resultatet vil vise hva som skiller kundene både helhetlig og individuelt på utgiftspostene. Det skal også regnes ut når investering av anlegget eventuelt blir lønnsomt.

Det er ikke blitt tatt med produksjon i anlegg da vi går ut ifra investeringsåret, år 1.

Tabellene 3 og 4 viser oversikt over alle kostnader ved valgte kundetype. Det er likt oppsett i tabellene og fylles deretter ut etter hva som er den kundens utgifter. Poster som er irrelevant for gjeldende kunde blir neglisjert. Det går ut ifra at det er et forbruk på gj.snittlig 805 kWh i mnd og perioden er på et år, tilsvarende 12 mnd.

Forbruket i året blir da:  $805 \text{ kWh/mnd} * 12 \text{ mnd} = 9660 \text{ kWh}$ .



Utgiftpost	Kostnad	
Gjennomsnittlig forbruk (kWh) per måned	805	kWh/mnd
Gjennomsnittlig forbruk i året	9660	kWh
Strømpris per kWh	60,40	øre/kWh
Energipris	5796	kr/året
<i>Faste tillegg:</i>		
<i>Fastbeløp året</i>	468	kr
<i>Nettleie året (tatt utifra Elvia Nettariff i distribusjonsnettet)</i>	5310	kr/året
Påslag for kjøp av strøm	5,49	øre/kWh
<i>Pris påslag kwh/året</i>	530,334	kr/året
Kostnad for Biri anlegget	70688,75	kr
Enova støtte for Biri anlegget	14000	kr
<b>Total sum første året</b>	<b>68793,084</b>	<b>kr</b>

Tabell 3: Utgiftsposter for kunden på Biri(Plusskunde) som investerer i et solcelleanlegg

For kunden på Biri som investerer i anlegg vil de gjennom Eidsiva bli tilbudt strømvartalen kalt Solspot, en avtale for privatkunder med solcelleanlegg. *“Prisen på strømmen kunden kjøper fra strømnettet følger utviklingen på kraftbørsen på timenivå, og er basert på spotprisen i området der kraften blir levert.”* [22] Det lages en gjennomsnittlig strømpris på 60,40 øre/kWh da strømprisen varierer i stor grad gjennom hele året. Energipris vil da komme på: 9660 kWh/året \* 0.604 kr/kWh = 5796 kr/året. Fastbeløpet for en privatkunde med Solspot er pålydende 39 kr/mnd som gir et årsbeløp på 468 kr. Nettleie er en post de aller fleste har i sin strømvartale, ut fra vedlegg B 65 vil nettleien komme på 5310 kr/året.

En Solspot kunde har også en utgift til, et pristillegg på 5,49 øre for hver kjøpte kWh. Med et forbruk på 9660 kWh/året vil en tilleggspris komme på 468 kr i året. Investering i solcelleanlegget på Biri har en kostnad på 70 688,75 kr uten Enova støtte. Med Enova støtte vil det trekkes kr 14 000,- fra investeringskostnaden til anlegget.

Utgiftpost	Kostnad	
Gjennomsnittlig forbruk (kWh) per måned	805	kWh/mnd
Gjennomsnittlig forbruk i året	9660	kWh
Strømpris per kWh	60,40	øre/kWh
Energipris	5796	kr/året
<i>Faste tillegg:</i>		
<i>Fastbeløp året</i>	468	kr
<i>Nettleie året (tatt utifra Elvia Nettariff i distribusjonsnettet)</i>	5310	kr/året
Påslag for kjøp av strøm	0	øre/kWh
<b>Total sum første året</b>	<b>11694</b>	<b>kr</b>

Tabell 4: Utgiftsposter for en kunde som ikke har investert i et solcelleanlegg

En vanlig strømkunde som får strøm rett fra leverandør, uten noe form for egenproduksjon, betaler for eget strømforbruk og nettleie. Denne type kunde betaler heller ingen form for prispåslag ved kjøp av strøm eller ved nettleie.

Ved å sammenligne utgiftene til hver av kundene ser man at en Plusskunde må betale både et ekstra prispåslag og fastkostnad, mens en vanlig strømkunde bare betaler et tillegg på kr 49,-/mnd i faste kostnader tilsvarende kr 588,-/året. Med et forbruk på 9660 kWh i året vil prispåslaget til plusskunden tilsvare kr 468,- i året. Derimot betaler plusskunden 10 kr mindre i faste kostnader per måned enn vanlig strømkunde som er kr 39,-/mnd - kr 368,-/året. Dette blir en samlet kostnad på kr 836,- for plusskunden og kr 588,- for vanlig strømkunde.

Plusskunden betaler kr 248,- mer i året enn en vanlig kunde.

Huset anlegget er montert på er bygget i henhold til standarden TEK17. Byggestandarden på huset har mye og si når det gjelder energibruk. TEK17 har et isolasjonskrav som gir betraktelig lavere energiforbruk enn eldre standarder. Det er en stor faktor for at energibruket til husstanden er lav.

Det er tatt en videre forutsetning at huset til “vanlig strømkunde” er bygget etter TEK17.

### **5.3 Strømproduksjon i anlegget**

Analysene er gjort på bakgrunn av data målt og logget i perioden 01.04.2019 til 31.03.2020. Det er et mindre avbrudd i målingene i perioden 7.11.19 - 11.11.19 som blir sett nærmere på lenger ned i kapittelet. Tallene er hentet fra en smart måler (AMS) og inverter i privatkundens solcelleanlegget.

I tabell 5 er det ført opp husholdningens forbruk, anleggets produksjon, og en estimert kjøp og salg av strøm per måned. I tillegg er det lagt inn en kolonne der vi viser til kostnaden for total energi til gjeldende måned ekskludert prispåslag per kjøpte kWh og fastbeløp.

Tabell 6 er en oversikt over prisen for kWh de siste 2,5 årene. Observasjonene gjort i tabellene 5 og 6 vil bli brukt videre i besvarelse av oppgaven.

År	Dato	Standard variabel energipris fra Eidsiva	
2018	19/6	61,3	øre/kWh
	19/6	61,3	øre/kWh
	16/7	63,2	øre/kWh
	23/7	67,5	øre/kWh
	4/9	69,9	øre/kWh
	17/9	77,95	øre/kWh
2019	4/1	83	øre/kWh
	11/2	85,99	øre/kWh
	4/3	71,1	øre/kWh
	2/4	65	øre/kWh
	27/6	53	øre/kWh
	22/8	63,45	øre/kWh
	18/12	68,9	øre/kWh
2020	20/1	54,8	øre/kWh
	11/2	48,9	øre/kWh
	26/2	35,9	øre/kWh
	30/3	31,9	øre/kWh
	14/4	24,9	øre/kWh
	Gjennomsnittlig:	60,39352941	øre/kWh

Tabell 5: Oversikt over energipriser(øre/kWh) de siste 2,5 årene fra Eidsiva energi for tariffen standard variabel.

Måned	Forbruk (kWh)	Produksjon (kWh)	Kjøpt (kWh)	Kostnad ekskl. prispåslag og fastbeløp (kr)	Prispåslag på 0,0549 (kr/kWh)
Mars 2020	707,95	85,1	622,89	376,2	34,2
Februar 2020	1113,15	25,78	1087,4	656,8	59,7
Januar 2020	1304,65	6,74	1297,9	783,9	71,3
Desember 2019	1762,86	0,11	1762,75	1064,701	96,775
November 2019	1276,79	3,84	1272,95	768,861	69,885
Oktober 2019	928,05	27,03	901,02	544,216	49,466
September 2019	636,92	72,35	564,57	341,00	30,995
August 2019	442,33	156,89	285,44	172,406	15,671
Juli 2019	245,7	317,03	-71,33	-43,083	-3,916
Juni 2019	417,45	216,77	200,68	121,211	11,017
Mai 2019	587,78	187,08	400,7	242,023	21,998
April 2019	627,85	172,56	455,29	274,995	24,995
Sum totalt	10051,48	1271,27	8780,21	5303,247	482,0335

Tabell 6: Oversikt over strømforbruk pr mnd, strømproduksjon pr mnd, kjøp og salg av strøm, kostnader/mnd

Tabell 6 viser husholdningens energiforbruk på 10 051 kWh fra april 2019 til mars 2020, og anleggets totale produksjon på 1 271,27 kWh. I samme perioden er det kjøpt 8780,21 kWh for å dekke husstandens resterende forbruk.

Måneds tillegg:

$$39kr/mnd * 12 = 468kr/året$$

Pristillegg pr kjøpte kWh:

$$8780,21kWh * 0,0549kr = 482,03kr$$

Ved en kostnad på 60,04 øre/kWh vil strøm koste 5303,25 kr året for perioden april 2019 til mars 2020. For hver kjøpte kWh vil en kostnad på 5,49 øre/kWh legges til, som tilsvarer et tillegg på 482 kr samme året ved energikjøpet på 8780,21 kWh. I tillegg betales det en fast nettleie på kr 5310,- (Vedlegg B 65) i året og en fast månedstillegg på 39 kr/mnd tilsvarende kr 468,- i året.

Eneste måneden anlegget produserer mer enn husstandens forbruk var i juli 2019. Energien som ikke ble brukt ble solgt tilbake på nett. 71,33 kWh ble solgt tilbake til energiselskapet Eidsiva Energi og med Plusskundeavtalen kjøpte selskapet tilbake den produserte energien på 71,33 kWh for 1 kr/kWh.

I tillegg kommer det et energiledd som må betales. Dette fordi nettselskapet skal ha betalt for at plusskunden bruker kablene til å frakte strømmen til energiselskapet. På sommeren tilsvarer energileddet 26,41 øre/kWh (Vedlegg B 65) ved salg av energi tilbake på nett. Dette vil gi en ekstra kostnad på:

$$71,33 * 0,02641 = 18,84kr$$

For at privatkunden skal få selge energien tilbake på nett må privatkunden betale kr 18,84,- til nettselskapet i juli måneden.

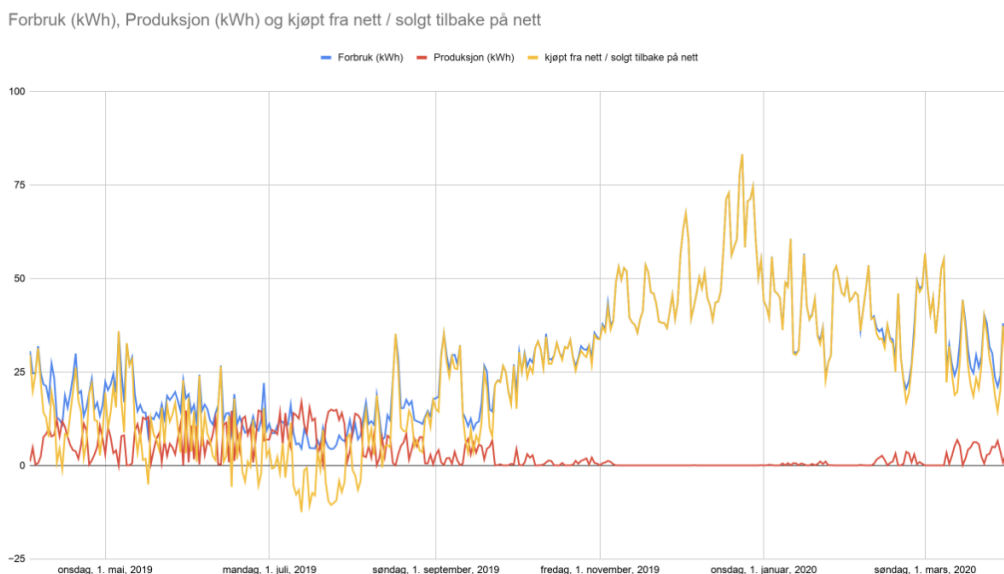
$$71,33 - 18,84 = 52,49kr \quad (5.10)$$

Alle kostnader lagt sammen:

$$5303,24684 + 5310 + 468 + 482,03 - 52,49 = 11510,786kr$$

Estimert forbrukskostnad for energi og nettleie blir totalt 11 510,786 kr i året.

Ved resultat ser vi at det er en nødvendighet å gå mer i detalj for å få en bedre oversikt over hvor mye anlegget produserer til hvert tidspunkt, og hva som kjøpes og selges fra/til nettet. Derfor velges det å se på dagsproduksjonen i anlegget.



Figur 20: Strømforbruk, Produksjon, salg og kjøp i løpet av et år.

Figur 20 viser forbruk, produksjon og kjøp/salg i anlegget for alle dagene i perioden fra 1 april 2019 til 31 mars 2020. Denne perioden ble valgt da anlegget ble installert i mars, og det blir antatt at fra og med april vil det være full uttelling på måler og fra anlegg.

Ut i fra figur 20 blir det observert nokså høy produksjon i sommermånedene juni til august, i forhold til forbruk, der det ligger på gjennomsnittlig 7,51 kWh per dag. I vintermånedene november og desember blir det ikke høyere enn 1 kWh per dag i produksjon.

#### 5.4 Nedbetaling & Lønnsomhet

Videre er det satt opp en nedbetalingsplan for investering av solcelleanlegg, dette for å se den faktiske tilbakebetalingstiden. Lønnsomheten for investering i et solcelleanlegg blir også vurdert. Forutsetningene som blir brukt er anleggets produksjon i perioden fra 1.april 2019 til 31.mars 2020 og anleggets optimale produksjon oppgitt fra solkartet til Eidsiva Energi.

Det er ikke tatt hensyn til prisendringer på nettleie de kommende årene, og det er blitt satt en diskonteringsrente på 3% da dette er en normal avkastning om beløpet heller ble satt i banken for sparing.

Det er heller ikke tatt hensyn til anleggets utvikling i produksjon årene nedbetalingen skjer, inkludert salg av produksjon. Det blir tatt utgangspunkt i to forskjellige produksjonstall.

NEDBETALING & LØNNSOMHET		
Optimal Produksjon	3400 kWh	2208 kr
Anleggets middelår Prod.	1271,27 kWh	1163,84708 kr beregnet på 1 år

Tabell 7: Oversikt over de to valgte produksjonstillene som blir brukt videre i oppgaven

Det ene alternativet vi skal se på er anleggets årlige produksjon registrert i perioden fra april 2019 til april 2020 på 1271,27 kWh.

Plusskundens avtale med Eidsiva Nett er at de første 1000 kWh blir kjøpt tilbake for 1kr per kWh og resterende blir kjøpt tilbake med markedets strømpris i det øyeblikket energien blir kjøpt av nettselskapet. Her har vi valgt variabel strømpris på gj.snittlig 60,04 øre/kWh.

For eksempel tar vi utgangspunktet i den registrerte årsproduksjonen til anlegget på 1271,27 kWh i året. Elvia kjøper de første 1000 kWh for 1 kr/kWh, resterende produksjon på 271,27 kWh blir kjøpt for variabel gj.snittspris 60,04 øre/kWh. Dette vil da gi en samlet kjøpspris for Eidsiva Energi på kr 1163,8.

### Nedbetaling

Når man investerer i et produkt eller tjeneste er man som oftest interessert i å finne ut investeringens lønnsomhet og nedbetalings forløpet. Følgende tabeller tar for seg nedbetaling som følge av flere scenarioer, med og uten støtte fra Enova. Tabell 21 går ut ifra anleggets optimale produksjon på ca 3400 kWh, etterfulgt av nedbetalingstabell 22 til anleggets faktiske produksjon på 1271,27 kWh i perioden April 2019 til April 2020

Ved beregning av nedbetaling og lønnsomhet er det blitt bestemt at all produksjon blir solgt tilbake til nett og da brukes salgssummen som kontantstrøm, k.

Anleggets optimale produksjon: 3400 kWh: 2208 kr											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Arlig nedbetaling</b>	-70689	16208	2208	2208	2208	2208	2208	2208	2208	2208	2208
<b>Sum</b>	-70689	-54481	-52273	-50065	-47857	-45649	-43441	-41233	-39025	-36817	-34609
		<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
		2208	2208	2208	2208	2208	2208	2208	2208	2208	2208
		-32401	-30193	-27985	-25777	-23569	-21361	-19153	-16945	-14737	-12529
		<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>				
		2208	2208	2208	2208	2208	2208				
		-10321	-8113	-5905	-3697	-1489	719				

Figur 21: Anleggets optimale produksjon: 3400 kWh: 2208 kr

Anleggets middelår produksjon: 1271,27 kWh:1163,84708 kr											
År	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Årlig nedbetaling</b>	-70689	15164	1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164
<b>Sum</b>	-70689	-55525	-54361	-53197	-52033	-50870	-49706	-48542	-47378	-46214	-45050
		<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
		1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164
		-43886	-42723	-41559	-40395	-39231	-38067	-36903	-35740	-34576	-33412
		<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
		1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164
		-32248	-31084	-29920	-28756	-27593	-26429	-25265	-24101	-22937	-21773
		<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>	<b>40</b>
		1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164
		-20609	-19446	-18282	-17118	-15954	-14790	-13626	-12463	-11299	-10135
		<b>41</b>	<b>42</b>	<b>43</b>	<b>44</b>	<b>45</b>	<b>46</b>	<b>47</b>	<b>48</b>	<b>49</b>	
		1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164	
		-8971	-7807	-6643	-5479	-4316	-3152	-1988	-824	340	

Figur 22: Anleggets middelår produksjon: 1271,27 kWh:1163,84708 kr

For en produksjon på 3400 kWh vil nedbetalingen tar 25 år som er godt innenfor anleggets levetid. Derimot om vi ser på anleggets faktiske produksjon på litt under 1271,27 kWh vil ikke anlegget være nedbetalt før om 48 år.

Om vi så ser på nedbetaling uten støtte fra Enova får vi følgende:

Anleggets optimale produksjon: 3400 kWh											
År	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Årlig nedbetaling</b>	-70689	2208	2208	2208	2208	2208	2208	2208	2208	2208	2208
<b>Sum</b>	-70689	-68481	-66273	-64065	-61857	-59649	-57441	-55233	-53025	-50817	-48609
		<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
		2208	2208	2208	2208	2208	2208	2208	2208	2208	2208
		-48609	-46401	-44193	-41985	-39777	-37569	-35361	-33153	-30945	-28737
		<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
		2208	2208	2208	2208	2208	2208	2208	2208	2208	2208
		-26529	-24321	-22113	-19905	-17697	-15489	-13281	-11073	-8865	-6657
		<b>30</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>						
		2208	2208	2208	2208						
		-4449	-2241	-33	2175						

Figur 23: Optimal produksjon uten Enova: 3400 kWh:2208 kr

Anleggets middelår produksjon: 1271,27 kWh											
År	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Arlig nedbetaling</b>	-70689	1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164
<b>Sum</b>	-70689	-69525	-68361	-67197	-66033	-64870	-63706	-62542	-61378	-60214	-59050
		<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
		1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164
		-57886	-56723	-55559	-54395	-53231	-52067	-50903	-49740	-48576	-47412
		<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
		1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164
		-46248	-45084	-43920	-42756	-41593	-40429	-39265	-38101	-36937	-35773
		<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>	<b>40</b>
		1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164
		-34609	-33446	-32282	-31118	-29954	-28790	-27626	-26463	-25299	-24135
		<b>41</b>	<b>42</b>	<b>43</b>	<b>44</b>	<b>45</b>	<b>46</b>	<b>47</b>	<b>48</b>	<b>49</b>	<b>50</b>
		1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164
		-22971	-21807	-20643	-19479	-18316	-17152	-15988	-14824	-13660	-12496
		<b>51</b>	<b>52</b>	<b>53</b>	<b>54</b>	<b>55</b>	<b>56</b>	<b>57</b>	<b>58</b>	<b>59</b>	<b>60</b>
		1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164	1164
		-11333	-10169	-9005	-7841	-6677	-5513	-4349	-3186	-2022	-858
		<b>61</b>									
		1164									
		306									

Figur 24: Anleggets middelår produksjon uten Enova: 1271,27 kWh: 1163,6

Om kunden ikke fikk støtte fra Enova ved kjøp av anlegg ville nedbetalingen for optimal produksjon på 3400 kWh ta 32 år. Derimot om vi ser på anleggets faktiske produksjon, på litt under 1271,27 kWh, og kunden ikke fikk støtte fra Enova ville anlegget vært nedbetalt 60 år senere.

### Lønnsomhet

Det blir sett på lønnsomheten de første 30 årene av anlegget da dette er solcellens normale levetid. Lønnsomheten blir vurdert utfra produksjonen ved optimale forhold og ved det anlegget faktisk produserer 7. Ved å bruke nåverdimetoden kan gruppen sammenligne investerings fremtidige kontantstrømmer og investeringsutgiften på investeringspunktet. [27]

For å finne ut av hva anlegget må minimum produsere for å være lønnsomt innen 30 år, brukes nåverdimetoden. Bruker nåverdimetoden av en fast årlig kontantstrøm for å regne ut lønnsomheten:

$$NNV = -U + K * \frac{(1+r)^n - 1}{r * (1+r)^n} \quad (5.11)$$



Lønnsomhet ved anleggets optimale produksjon: 3400 kWh: 2208 kr

Med Enovastøtte

$$NNV = (-70688,75 + 14000) + 2208 * \frac{(1+0,03)^{30}-1}{0,03*(1+0,03)^{30}}$$

$$NNV = -13410,97$$

Uten Enovastøtte

$$NNV = (-70688,75) + 2208 * \frac{(1+0,03)^{30}-1}{0,03*(1+0,03)^{30}}$$

$$NNV = -27410,97$$

Lønnsomhet ved anleggets middel produksjon: 1271,27 kWh: 1164 Kr

Med Enovastøtte

$$NNV = (-70688,75 + 14000) + 1164 * \frac{(1+0,03)^{30}-1}{0,03*(1+0,03)^{30}}$$

$$NNV = -33873,836$$

Uten Enovastøtte

$$NNV = (-70688,75) + 1164 * \frac{(1+0,03)^{30}-1}{0,03*(1+0,03)^{30}}$$

$$NNV = -47873,836$$

Gruppen finner ut hvor mye anlegget må produsere for at det skal være lønnsomt innen 30 år. Det blir gjort beregninger med og uten Enova støtte:

$$NNV = -U + K * \frac{(1+r)^n-1}{r*(1+r)^n}$$

Med Enovastøtte:

$$0 \leq (-70688,75 + 14000) + K * \frac{(1+0,03)^{30}-1}{0,03*(1+0,03)^{30}}$$

$$56688,75 \leq K * 19,6$$

$$\frac{56688,75}{19,6} \leq K$$

$$2892,28(kr) \leq K$$

$$\left(\frac{1000}{1} \left(\frac{kr}{kWh}\right)\right) + \frac{1892,28}{0,604} \left(\frac{kr}{kWh}\right) = 4132,91(kWh)$$

$$4132,91(kWh) \leq K$$

Anlegg med enova støtte må produsere mer enn 4132,91 kWh for at det skal bli lønnsomt.

Uten Enovastøtte:

$$0 \leq -70688,75 + K * \frac{(1+0,03)^{30}-1}{0,03*(1+0,03)^{30}}$$

$$70688,75 \leq K \cdot 19,6$$

$$\frac{70688,75}{19,6} \leq K$$

$$3606,57(kr) \leq K$$

$$\left(\frac{1000}{1} \left(\frac{kr}{kWh}\right)\right) + \frac{2606,57}{0,604} \left(\frac{kr}{kWh}\right) = 5315,51(kWh)$$

$$5315,51(kWh) \leq K$$

Anlegg uten enova støtte må produsere mer enn 5315,51 kWh for at det skal bli lønnsomt.

## 6 Diskusjon

Målet med denne oppgaven er å utarbeide en oversikt over hvilke data som må behandles fra et solcelleanlegg i en privathus for å ta stilling til den økonomiske lønnsomheten. Vil anlegget være lønnsomt med sin årlige produksjon eller er det for tidlig å satse på solcelle anlegg som privat person. Problemstilling blir dermed:

*Hva blir forventet nedbetalingstid for et installert solcelleanlegg hos en privat kunde gitt rammebetingelsene som gjelder dette anlegget og vil det være lønnsomt å investere i eget anlegg?*

### 6.1 Produksjon fra solcelleanlegget

Anlegget som er montert opp består av 12 paneler med systemeffekt på 3,72 kWh, og har en estimert optimal produksjon på omtrent 3400 kWh i året (Kapittel 4). Ved å se på lagrede AMS data fra anlegget fant gruppen ut at det ble produserte litt under 1300 kWh i året, som er langt under halvparten av anleggets optimale produksjon. Gruppen så på flere scenarier hvor været og plasseringen av anlegget har en stor rolle.

I kapittel 5.3 ble det laget en oversikt over anleggets produksjon og husholdningens forbruk per måned i et helt år. Med en mer detaljert oversikt i figur 20 kunne vi finne ut når anlegget produserer på sitt beste og dårligste, og hvilke forutsetninger som trigger dette. Vi så på faktorer som blant annet værforhold, plassering, temperatur og tid på året.

Fra figur 8 til 13 i kapittel 5.1.2 sammenligner vi hvordan produksjonen vil se ut i teorien mot det den vil se ut i praksis. Her ser vi hvordan de nevnte forholdene påvirker produksjonen. Med tanke på plassering av solcellene kan vi se at på slutten av dagen vil produksjonen avta raskere enn forventet. Dette kan være på grunn av at området til anlegget er dekket av vegetasjon som er med på å skyggelegge deler av solcellene.

I vintermånedene vil de kalde omgivelsene være en faktor som holder driftstemperaturen på solcellene nede, og som vil øke spenningen slik at cellene blir mer effektive. Selv om solskinnstiden er betraktelig mye lavere om vinteren, vil solcellene være mer effektive når temperaturen ligger under  $-5^{\circ}\text{C}$  (kapittel 3.2).

Når det kommer til økning av solcellers produksjonsevne er forbedringspotensialet størst på vinteren. På denne årstiden kan solceller være nærmest ineffektive på grunn av snø og dårligere solforhold. Snø og is kan legge seg som et hvitt belegg på panelene som gir en helt klar skyggevirksomhet og hindrer produksjonen i anlegget. Derimot kan refleksjon fra omliggende snø gi en merkbar effekt til panelene.

Dersom helningsvinkelen til panelene er høy nok kan snøen smelte bort raskere, siden panelene har en fin og glatt overflate. Helningsvinkelen vil også påvirke produksjonen til anlegget

i en viss grad. Solcellepanelene til dette anlegget har en like stor helningsvinkel som taket på  $23^\circ$ . Dersom helningsvinkelen hadde vært for eksempel  $45^\circ$ , vil den i teorien øke solinnstrålingen over anlegget. Men det kan også føre til at panelene blir skyggelagt tidligere på dagen.

Samtidig så er sommermånedene de mest solrike månedene i sammenheng iløpet av året. Temperaturen om sommeren er også høyere slik at det brukes liten til ingen energi for å varme opp huset. Det skal også nevnes at i Juli er det fellesferie. Da brukes det som regel veldig lite energi ved fravær av beboerne. Dermed vil produksjonen i noen tilfeller overstige forbruket til plusskunden.

Figur 20 illustrerer årsproduksjonen i perioden fra 1.April 2019 til 31.Mars 2020 hvor vi kan se at vintermånedene November og Desember har en veldig lav til ingen produksjon. I kapittel 5.1.2 viser figur 16 at det var lite sol i perioden 5.11.19 - 01.02.20. Mangel på sollys kan være en av grunnene til det lave produksjontallet i vintermånedene november og desember.

Figur 18 illustrerer når på året det starter å snø hvor det var økt snøfall fra 11.11.19. Dette kan være en faktor for lav produksjon i perioden 11.11.19 - 01.01.20.

Det skal nevnes at eierne rapporterte en feil i anlegget i starten av november 7.11.19 hvor solcelleanlegget i en periode på litt over en uke var nede. Vi antar at dette er grunnen til at det ikke var noen produksjon i perioden 07.11.19 - 11.11.19.

En annen faktor som kan være viktig for å se hvor effektive solcellepanelene kan være er virkningsgraden. Virkningsgraden for solcellepaneler skal i teorien ligge på rundt 15-20% (Kapittel 3.2). For å få målt dette trenger vi å vite hvor mye effekt som blir sendt ut fra anlegget, og hvor mye som blir sendt inn. Det som blir sendt inn i anlegget er solinnstrålingen. Dette får vi ikke målt da vi ikke har tilgang til måleutstyr som for eksempel et pyranometer. Det er få plasser i Norge som samler på denne dataen, det nærmeste området ligger sør for Oslo ved Ås. Dermed blir virkningsgraden for dette anlegget neglisjert.

Av observert data fra anlegget i perioden 1.April 2019 til 31.Mars 2020 er anleggets produksjon litt under 1300 kWh. Anlegget produserer nok til at det merkes, men ikke nok til å ha en betydelig innvirkning på kundens økonomi. Om vi ser på de realistiske tallene, på kjøp og salg av energi, så var Juli den eneste måneden anlegget produserte mer enn forbruket. I Juli produserte anlegget 71,33 kWh mer enn forbruket samme måned. På grunn av energileddet som tar 26,41 øre per kWh får kunden kr 52,49,- for sin ekstra produksjon på 71,33 kWh. (equation 5.10)

Gruppen ser på sammenligningen mellom en plusskunde og en vanlig strøm kunde (5.2). Vi fant ut at en plusskunde betaler kr 248,- mer i året for strøm enn en vanlig kunde når vi ser bort ifra plusskundens produksjon i anlegget. I kapittel 5.3 ser vi at om kunden selger tilbake hva de ikke brukte av energi, ville de få en fortjeneste på kr 52,49,- (Equation 5.10). Det vil si at om plusskunden og en vanlig strømkunde bruker like mye strøm i løpet av et år vil plusskunden betale nesten 200 kr mer enn en vanlig strømkunde ved kjøp av strøm.

Om vi ser på hva Plusskunden på Biri får ut av anlegget er det mer av interesse og ønske om grønn energi at kunden investerer i et solcelleanlegg.

På den positive side sparer plusskunden miljøet for årlig CO<sub>2</sub> utslipp. Med et anlegg som produserer 1271 kWh sparer plusskundene miljøet for 675,1 kg CO<sub>2</sub> i året som tilsvarer å plante 11 trær i året.

CO<sub>2</sub> utslipp på 0,531034 kg/kWh gir 675,1kg CO<sub>2</sub> med en årlig produksjon på 1271 kWh. 0,01623376623 stk trær plantes per kg CO<sub>2</sub> som gir 10,959 trær for tilsvarende årsproduksjon på 1271 kWh. Tallene er hentet fra Otovo, 2020.

## 6.2 Nedbetaling & Lønnsomhet

I 2019 investerte Plusskunden i et anlegg som de la ut litt over 70 000 kr for. I tillegg fikk de støtte av Enova på kr 14 000,-. Det ble satt opp en nedbetalingsplan for investering av solcelleanlegg, dette for å se den faktiske tilbakebetalingstiden for anlegget. Forutsetningene som ble brukt var anleggets produksjon i perioden fra 1.April 2019 til 31.Mars 2020, og anleggets optimale årsproduksjon ifølge Eidsiva Energi.

Det ble ikke tatt hensyn til prisendringer på nettleie de kommende årene, og det er ble satt en diskonteringsrente på 3% da dette er en normal avkastning om beløpet heller ble satt i banken for sparing.

Vi så først på en nedbetaling med anleggets optimale produksjon på omtrent 3400 kWh. Dette ga en nedbetalingstid på 25 år (figur 21) som er innenfor anleggets levetid som er mellom 30-35 år. Eierne av anlegget ville da tjent på å ha anlegget fra og med det 26 året.

Ved å se på anleggets faktiske årsproduksjon på 1271,27 kWh vil anlegget være nedbetalt 48 år senere.(figur 21) Ved en slik produksjon vil ikke investeringen være nedbetalt før langt etter levetiden til solcelleanlegget. Før anlegget er nedbetalt så er det anbefalt at anlegget blir fornyet.

Om vi så skulle sett på investering i anlegg uten støtte fra Enova ville vi sett på en nedbetaling på over 60 år(figur 24) med middelårsproduksjonen på 1271 kWh. Man kan tydelig se spriket mellom investeringen med og uten Enova støtte. Enova støtten er en faktor som gir privatpersoner et initiativ til å gjennomføre tiltak for å bedre energibruken i egen bolig.

Derimot viser beregningene våres at et solcelleanlegg på Biri kan være svært positivt å ha i sommermånedene fra Juni til August. Anlegget produserte mer en forbruket i Juli måneden og overskuddet blir solgt tilbake til energiselskapet. Dette er positivt da kunden kan få litt tilbake på å ha anlegget, men det er snakk om knapt en femtilapp.

### 6.3 Utvikling av solenergisystem

Vi lever i en tid der teknologi utvikler seg fra dag til dag, og utvikling av solceller har enda ikke nådd sitt høydepunkt. Per dags dato kan solcellepaneler trekke 15-20 % energi ut av solinnstråling, så utviklingen av solenergi produksjon har mye igjen å gå på. Forskere fra National Renewable Energy Laboratory har demonstrert at det er mulig å bygge solceller med en effektivitet på 47,1% [28]. Selv om dette ikke handler om vanlige solceller, er det en liten pekepinne på hvordan det kan se ut i fremtiden. Med bedre effektivitet vil det også føre til at arealet til anlegget blir mindre, dermed vil det øke produksjonen betraktelig.

Det kommer stadig ny teknologi som bidrar til blant annet smartere energistyring, økning av solcellenes produksjonsevne og nye løsninger.

I dag har solcelleanlegg en levetid på rundt 30 år, og beregninger fra det internasjonale energibyrået IEA viser at det normalt tar mindre enn to år før solcellene har produsert like mye energi som det trengs for å produsere dem.

Med tanke på at det tar mindre enn to år for solcellene å jevne ut karbonfotavtrykket, så kan man tenke seg at solcelleanlegg gir mer enn bortimot 28 til 33 år med ren, karbonfri energiproduksjon. [29] [30] [31]

### 6.4 Batteri

Det er muligheter for å lagre energien som solcellene produserer til batterier. Utviklingen på batterier er i opptur og løsningene blir stadig bedre og mer lønnsomme, men per dags dato er det fortsatt veldig dyrt med batteri og lite gunstig i forhold til lagringskapasitet kontra pris.

Et scenario er at husstanden investerer i et batteri som skal holde lenge og ytes godt av, i tillegg være miljøvennlig.

Et eksempel på et slikt batteri er Teslas Powerwall, som hver har en kapasitet på 14 kWh. Prisen for et slikt batteri er 73 900 kroner inkludert merverdiavgiften. Det vil også komme en tilleggspris på 7200 kroner for støttende maskinvare som vil gi en samlet pris på 81 100 kroner. Typiske installasjonskostnader varierer fra kr. 10 400 til kr. 31 100, (Tesla , 2019)

Utgiftpost	Kostnad	
Gjennomsnittlig forbruk (kWh) per måned	805	kWh/mnd
Gjennomsnittlig forbruk i året	9660	kWh
Strømpris per kWh	60,40	øre/kWh
Energipris	5796	kr/året
<i>Faste tillegg:</i>		
<i>Fastbeløp året</i>	468	kr
<i>Nettleie året (tatt utifra Elvia Nettariff i distribusjonsnettet)</i>	5310	kr/året
Påslag for kjøp av strøm	5,49	øre/kWh
Pris påslag kwh/året	530,334	kr/året
Biri anlegg kostnad	70688,75	kr
Enova støtte	14000	kr
Investering batteri	81 100	kr
Installasjonskostnader	10 400	kr
<b>Total sum første året</b>	<b>159 762,75</b>	<b>kr</b>

Tabell 8: Utgiftposter for en kunde som har investerer i både solcelleanlegg og batteri

I tabell 8 ser vi at det ikke vil bli lønnsomt å investere i batteri siden det allerede ikke er lønnsomt å investere i et anlegg med årsproduksjon på nærmere 1300 kWh. Man kunne jo sett på at det kunden tjener på å selge tilbake av all produksjon, og investerer det i å kjøpe batteri, vil det ikke på nær eller lang sikt være lønnsomt for kunden ut ifra hva vi allerede har regnet på.

Om vi ser bortifra prisen det vil koste for investering av batteri, og bare ser på batteriets kapasitet kan vi se om batteriet faktisk i seg selv er nyttig.

Vi tar utgangspunkt i batteriet fra Tesla, kalt Powerwall. Batteriet har en oppgitt kapasitet på 14 kWh. I Juli produserte anlegget mer enn forbruket samme måned og hadde et overskudd på litt over 70 kWh. Om anlegget hadde vært tilkoblet batteriet Powerwall ville batteriet klart å lagre 1/5 del av overskuddsproduksjonen. 4/5 av overskuddsproduksjonen står igjen da for å eventuelt bli solgt til nettet eller gå tapt.

Batteriet er for lite til å lagre så stor energimengde og om anlegget skulle hatt et batteri med kapasitet nok til å lagre alt ville prisen ha mangedoblet seg. Batteri er fortsatt veldig dyrt i forhold til kapasitet.

## 7 Konklusjon

Det som var formålet med denne oppgaven var å undersøke hvor lang tilbakebetalingstid og lønnsomhet fra et solcelleanlegg på et privathus i praksis vil være i Innlandet. Ved å se på anleggets AMS data kunne vi vurdere om dette ville være en fordel eller en ulempe for en slik investering. Vi ville også drøfte om det kunne hvert lønnsomt å investere i et batteri til anlegget.

*Hva blir forventet nedbetalingstid for et installert solcelleanlegg hos en privat kunde gitt rammebetingelsene som gjelder dette anlegget og vil det være lønnsomt å investere i eget anlegg?*

Ved å bruke anleggets produksjon som kontantstrøm, for å vise til at anlegget betaler seg selv, vil ikke solcellene være effektive nok til at det investeringen blir lønnsom før anleggets levetid er nådd. Investeringen vil være nedbetalt etter 48 år som er forbeholdt at investeringen er støttet av Enova. Anlegget ligger heller ikke i de mest optimale forholdene for å forvente høyt utslag på effektiviteten.

For at anlegget skal bli lønnsomt må det produsere minimum 4132,91 kWh i året, som er forbeholdt at investeringen er støttet av Enova. Uten Enovastøtte må anlegget produsere minimum 5315,51 kWh.

Siden det ikke er lønnsomt å investere i anlegget med gitt produksjon, og nedbetalingstiden er lengre en den normale levetiden til solcellene, kan vi konkludere med uten utregninger at det heller ikke vil være lønnsomt å investere i et batteri. Det vil i tillegg forlenge nedbetalingstiden.

### 7.1 Refleksjon/Videre arbeid

#### 7.1.1 Refleksjon

Viruset Covid-19 kom nok som en overraskelse for de fleste, hvertfall på oss. Dette førte til at samarbeidet med Eidsiva Nett ble vanskeligere enn vi hadde sett for oss. Resultatet ble ikke som forventet da halvparten av den tidligere oppgaven ble neglisjert på grunn av pandemien, der påvirkning fra solcelleanlegg på nettet skulle bli målt. Anlegget gruppen hentet data fra lå heller ikke inne i netbas, og gjorde det vanskeligere å utføre denne oppgaven under de nye forholdene.

Vi klarte å fullføre noen av oppgavens hovedformål og det var blant annet å regne ut lønnsomheten rundt anlegget, inkludert påvirkning av ytre faktorer som for eksempel solinstråling. Det kunne vært gjort en bedre planlegging ved bruk av Netbas ved å fått egen pc med tilgang til programmet.

Kommunikasjon med alle involverte parter hadde trengt en forbedring. Daglige og ukent-



lige oppdateringer innad i gruppen kunne vært utført bedre og innsikt i sin partners arbeid og utførelse. Da viruset ankom Norges grenser hjalp ikke det veldig på kommunikasjonen mellom partene, men skype business har vært til stor hjelp.

Bortifra de nye omstendighetene lærte vi om solenergien og teknologien rundt energikilden, i tillegg fikk vi innsikt i hvordan solceller kan være med å påvirke en fornybar fremtid

### **7.1.2 Videre Arbeid**

En mulig fortsettelse av denne oppgaven kunne vært å sammeligne flere anlegg med hverandre fra forskjellige steder i Innlandet. Slik at vi kunne fått en bedre oversikt over produksjonen fra andre steder. Også se på hvordan forskjellige vinkler påvirker produksjonen.

Det vil også være interessant å se hvor effektive solcellene er med å bruke et måleapparat over området for å måle solinnstrålingen, slik at en kan beregne virkningsgraden. Hvis oppgaven skulle blitt jobbet videre på så hadde det vært interessant å fullføre det vi ikke fikk sett på. Hvordan flere anlegg vil påvirke nettverket i et boligfelt.

## Litteraturliste

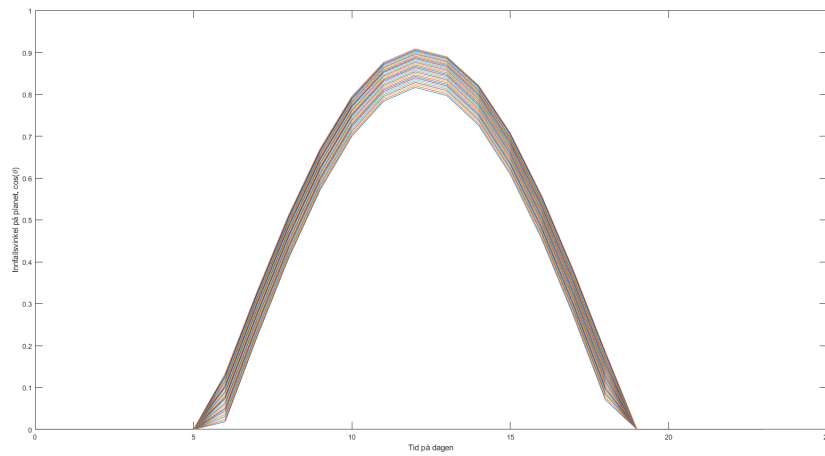
- [1] Ib Andersen. Utgave 4. In *Den skinbarlige virkelighed*, page 150. Samfundslitteratur, 2008.
- [2] Ib Andersen. Utgave 4. In *Den skinbarlige virkelighed*, page 50. Samfundslitteratur, 2008.
- [3] Ib Andersen. Utgave 4. In *Den skinbarlige virkelighed*, page 4.2.4. Samfundslitteratur, 2008.
- [4] Ib Andersen. Utgave 4. In *Den skinbarlige virkelighed*, page 4.2.3. Samfundslitteratur, 2008.
- [5] K. Hofstad. Solenergi. <https://snl.no/solenergi>, 2019. (Hentet 05.05.2020).
- [6] Norsk Solenergiforening. Norske solforhold. <https://www.solenergi.no/norske-solforhold>, 2019. (Hentet 05.05.2020).
- [7] O. Engvold. Irradians - sola. [https://snl.no/irradians\\_-\\_Sola](https://snl.no/irradians_-_Sola), 2019. (Hentet 05.05.2020).
- [8] Miljøstatus. Drivhuseffekten. <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/Tema/Klima/Drivhuseffekten/>, 2019. (Hentet 05.05.2020).
- [9] F. Ingebrigtsen og H. Parr Ø. Holter. *Fysikk og energiressurser*. 2010.
- [10] L. Mæhlum. Solceller. <https://snl.no/solceller>, 2020. (Hentet 05.05.2020).
- [11] UngEnergi [på nett]. Solceller. <https://ungenergi.no/energikilder/solenergi/solceller/>, 2019. (Hentet 05.05.2019).
- [12] M. Osborne. Temperature coefficient playing key role in pv system performance – iea report. [https://www.pv-tech.org/news/temperature\\_coefficient\\_playing\\_key\\_role\\_in\\_pv\\_system\\_performance\\_iea\\_repor?utm\\_source=pvtech-feeds&utm\\_medium=rss&utm\\_campaign=news-rss-feed](https://www.pv-tech.org/news/temperature_coefficient_playing_key_role_in_pv_system_performance_iea_repor?utm_source=pvtech-feeds&utm_medium=rss&utm_campaign=news-rss-feed), 2015. (Hentet 06.05.2019).
- [13] Norsk Solenergiforening. Solceller. <https://www.solenergi.no/solstrm>, 2019. (Hentet 05.05.2020).
- [14] Sino Voltaics. Standard test conditions (stc): definition and problems. <https://sinovoltaics.com/learning-center/quality/standard-test-conditions-stc-definition-and-problems/>, 2011. (Hentet 15.04.2020).
- [15] J. Svarc. Solar panel construction. <https://www.cleanenergyreviews.info/blog/solar-panel-components-construction>, 2019. (Hentet 06.05.2019).

- [16] NVE. Smarte strømmålere (ams). <https://www.nve.no/stromkunde/smarte-strommalere-ams/>, 2020. (Hentet 29.04.2020).
- [17] Lovdata. Kapittel 4. avanserte måle- og styringssystem. [https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1999-03-11-301/KAPITTEL\\_4#\T1\textsection4-1](https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1999-03-11-301/KAPITTEL_4#\T1\textsection4-1), 2011. (Hentet 15.04.2020).
- [18] Norges vassdrag-og energidirektorat. En plusskunde er en forbrukskunde som i enkelttimer har overskuddskraft som kan mates inn i nettet. <https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten/nettjenester/nettleie/tariffer-for-produksjon/plusskunder/>, 2015. (Hentet 02.03.2020).
- [19] Energi Norge. Valgfrihet for plusskunder. <https://www.energinorge.no/politiskesaker/valgfrihet-for-plusskunder/>. (Hentet 13.04.2020).
- [20] Hyttetorget. Hvilken batteritype skal jeg velge? <https://cms.hyttetorget.no/hytteblogg/hvilken-batteritype-skal-jeg-velge-article116770-768.html>, 2020. (Hentet 13.04.2020).
- [21] Rune Pedersen. Typer strømvtaler. <https://www.smartepenger.no/boligokonomi/487-typer-stromavtaler>, 2020. (Hentet 15.05.20).
- [22] Eidsiva Energi. Solspot strøm avtale. <https://www.eidsivaenergi.no/stromavtaler/solspot/>, 2020. (Hentet 14.05.20).
- [23] Glava. TEK 17, Anbefalte løsninger til de nye energikravene i Teknisk forskrift, kapittel 14. Energi. <https://media.glava.net/mediabank/store/11456/TEK17-2018.pdf>, 2018. (Hentet 15.05.20).
- [24] PVEducation. Solar time. <https://www.pveducation.org/pvcdrom/properties-of-sunlight/solar-time>, 2019. (Hentet 12.03.2020).
- [25] PVEducation. Declination angle. <https://www.pveducation.org/pvcdrom/properties-of-sunlight/declination-angle>, 2019. (Hentet 14.03.2020).
- [26] PVEducation. Air mass. <https://www.pveducation.org/pvcdrom/properties-of-sunlight/air-mass>, 2019. (Hentet 15.03.2020).
- [27] M.Helbæk K.G. Hoff. Utgave 8. In *Bedriftsøkonomi*, page 380. Universitetsforslaget, 2016.
- [28] S.H. Ipland. Solceller slår rekorder og fordobler effektiviteten. (<https://illvit.no/teknologi/energi/solceller/solceller-slar-rekorder-og-fordobler-effektiviteten>), 2020. (Hentet 18.03.20).
- [29] Eidsiva. Belaster produksjonen av solcellepaneler miljøet? <https://www.eidsivaenergi.no/lev-energismart/myter-om-solceller/myte-3/>, 2020. (Hentet 16.03.20).
- [30] UngEnergi. Belaster produksjonen av solcellepaneler miljøet? <https://ungenergi.no/energikilder/solenergi/solceller//>, 2020. (Hentet 16.03.20).

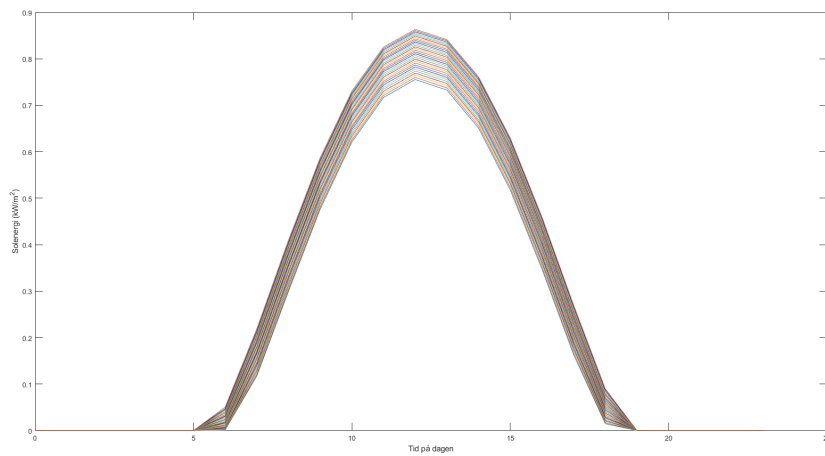
- [31] PI. NIKOLAISEN. Belaster produksjonen av solcellepaneler miljøet? <https://www.tu.no/artikler/gront-kapplop-dette-er-de-reneste-og-skitneste-solcellene/363458>, 2016. (Hentet 16.03.20).

## A Beregninger fra MATLAB

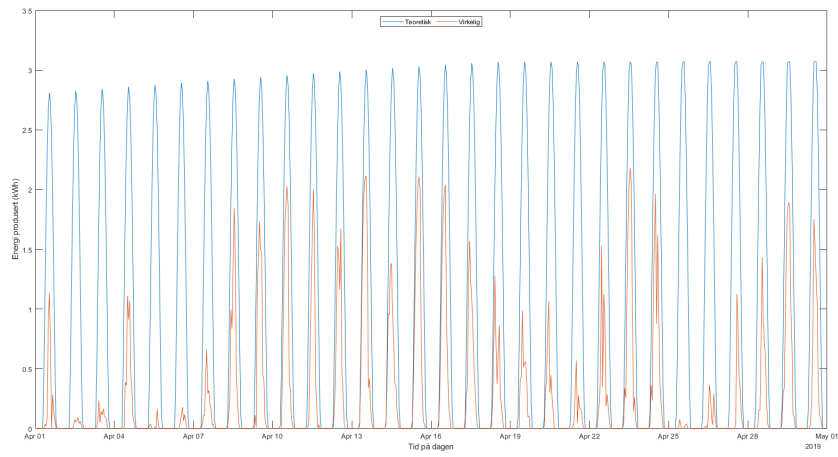
April 19:



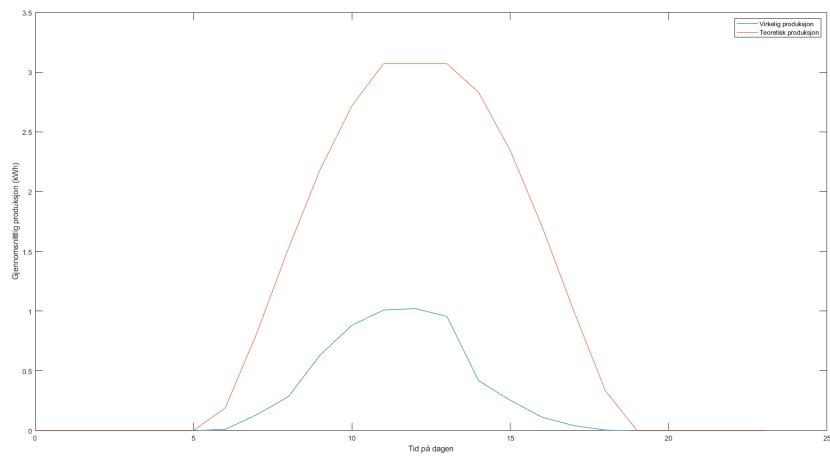
Figur 25: Innfallsvinkel April 2019



Figur 26: Solinnstråling April 2019

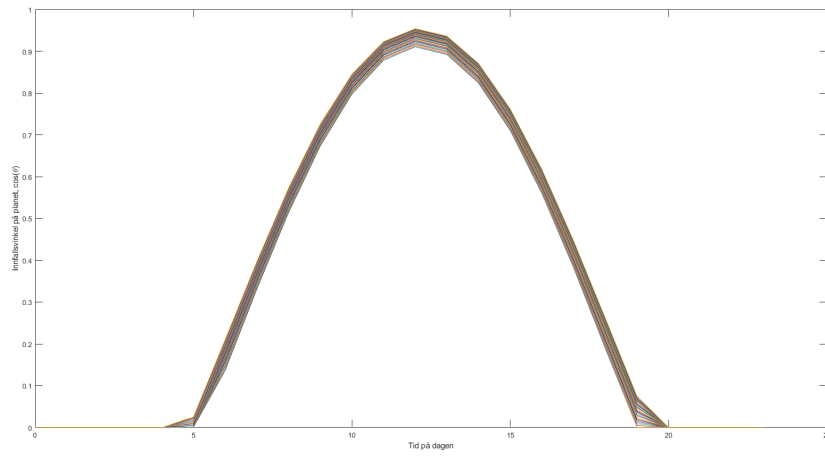


Figur 27: Produksjon April 2019

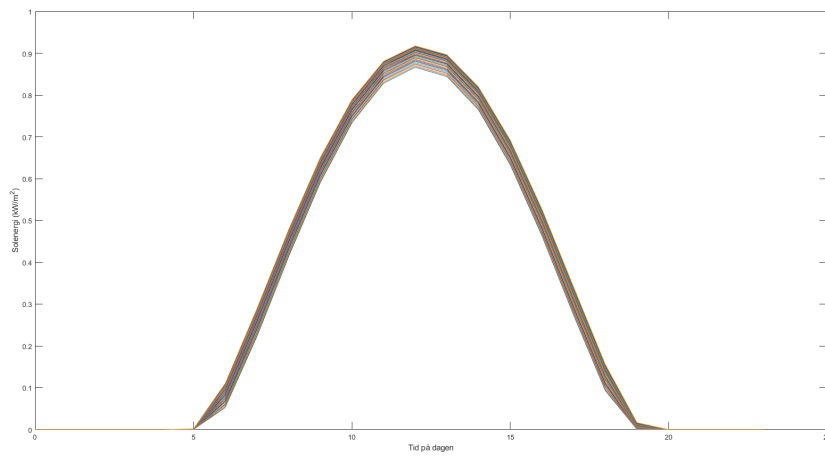


Figur 28: Gjennomsnittlig produksjon April 2019

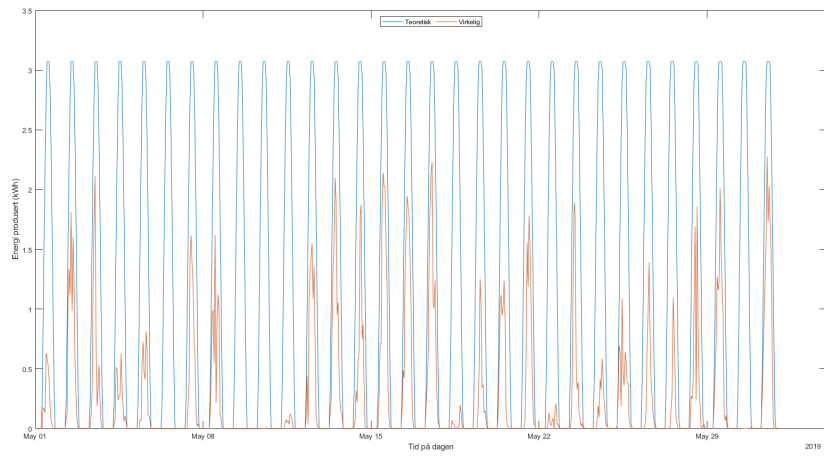
Mai 2019:



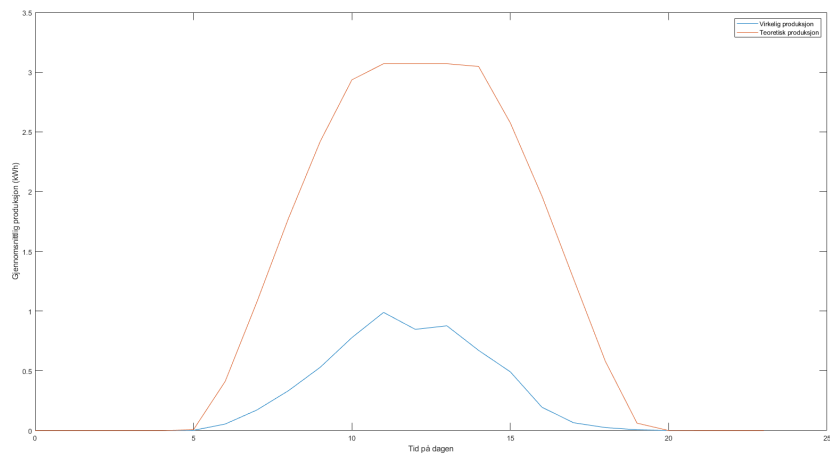
Figur 29: Innfallsvinkel Mai 2019



Figur 30: Solinnstråling Mai 2019



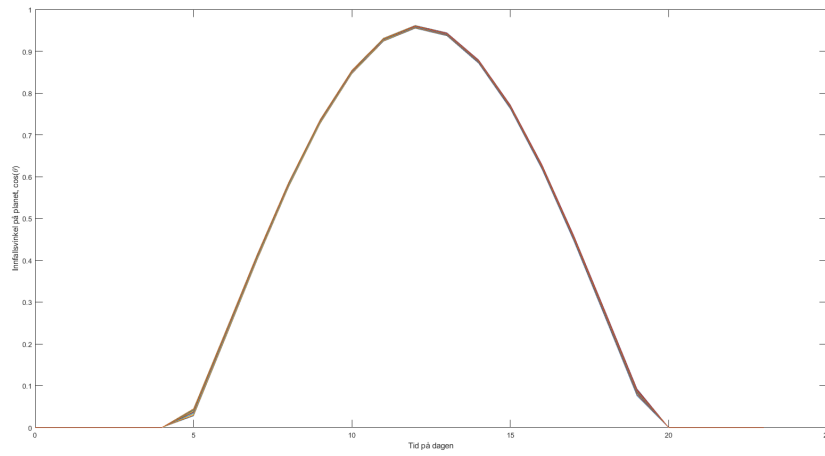
Figur 31: Produksjon Mai 2019



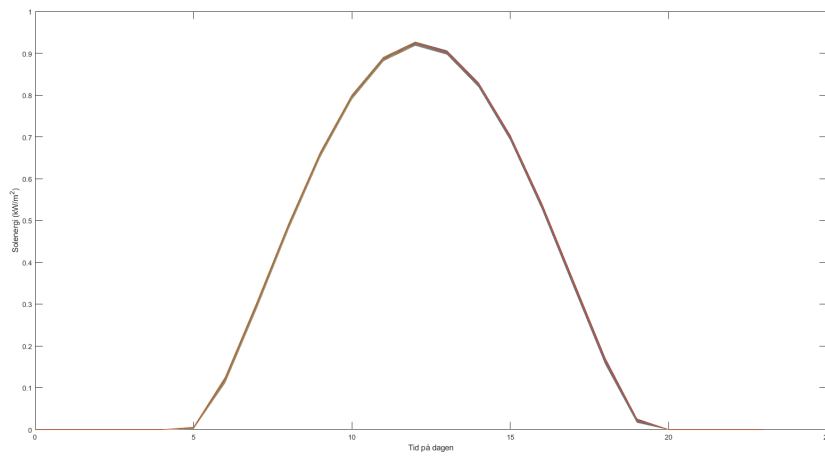
Figur 32: Gjennomsnittlig produksjon Mai 2019



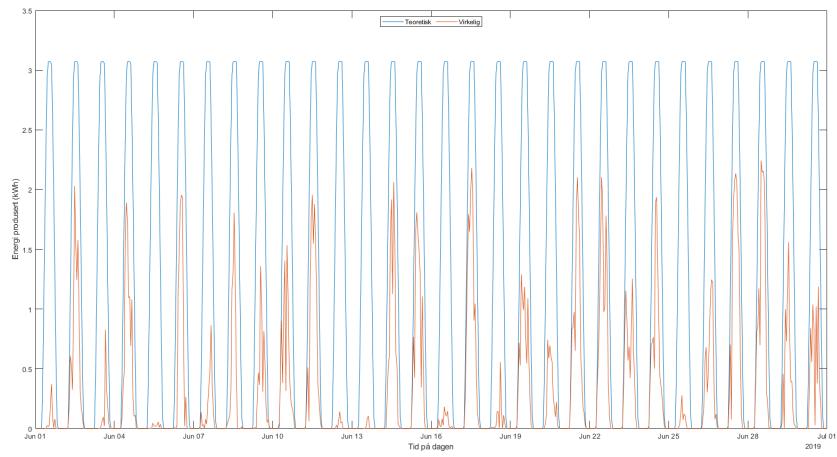
Juni 2019:



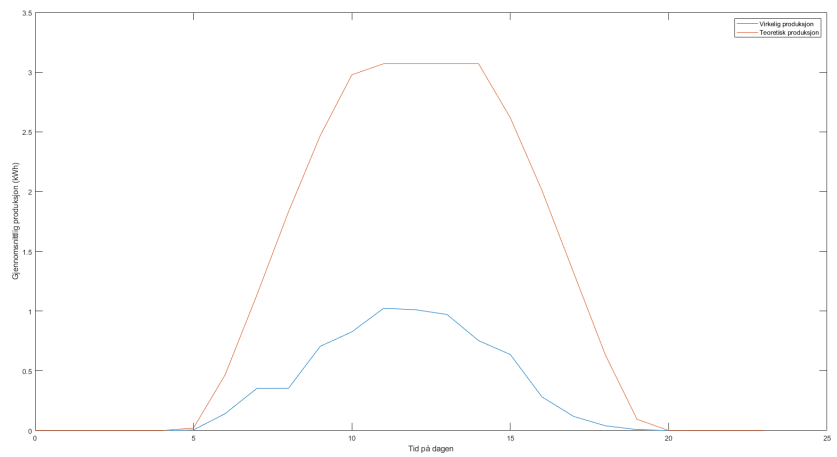
Figur 33: Innfallsvinkel Juni 2019



Figur 34: Solinnstråling Juni 2019

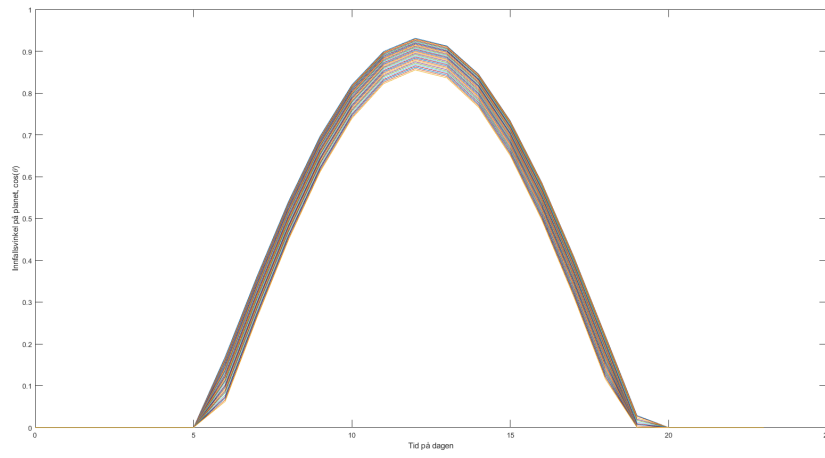


Figur 35: Produksjon Juni 2019

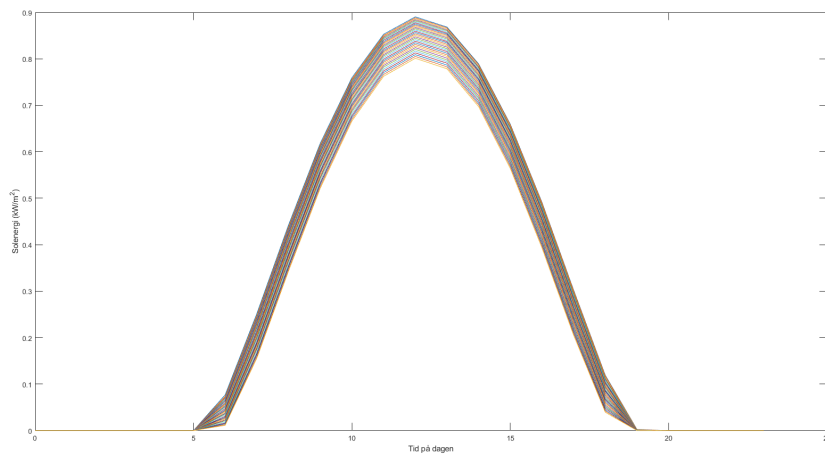


Figur 36: Gjennomsnittlig produksjon Juni 2019

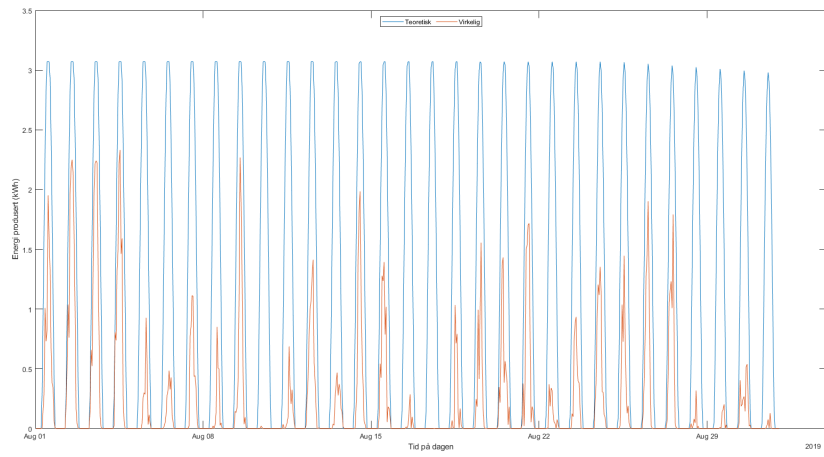
August 2019:



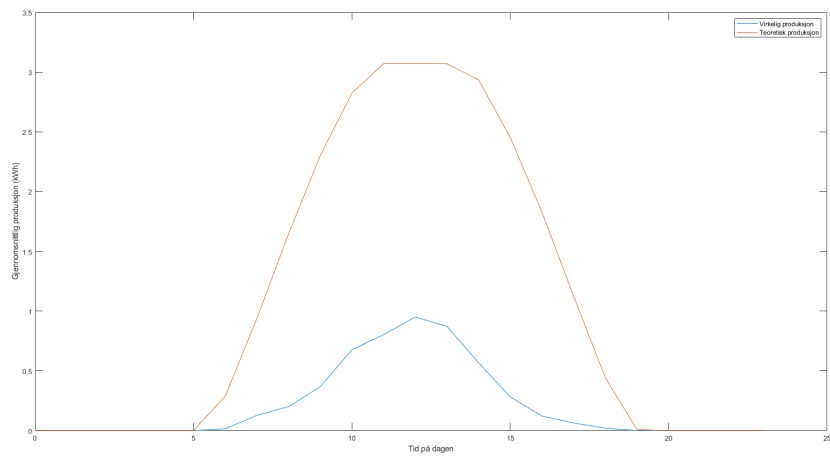
Figur 37: Innfallsvinkel August 2019



Figur 38: Solinnstråling August 2019

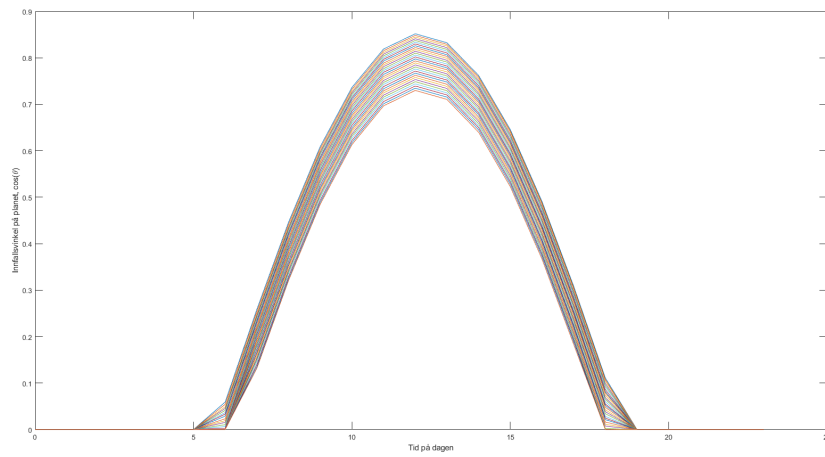


Figur 39: Produksjon August 2019

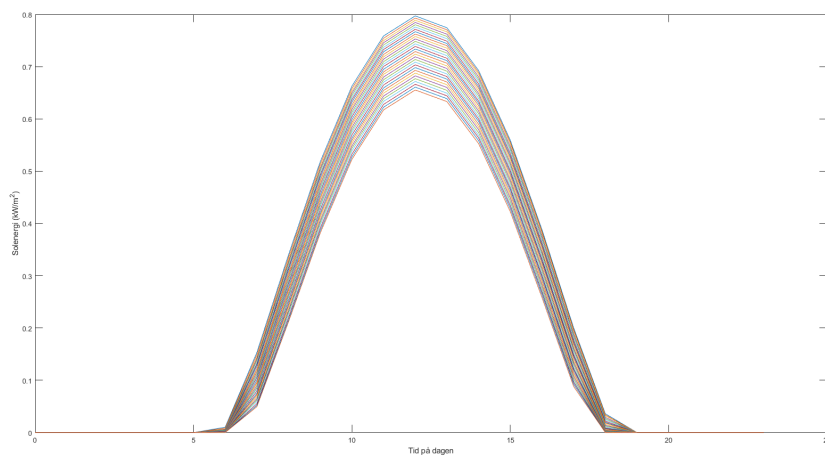


Figur 40: Gjennomsnittlig produksjon August 2019

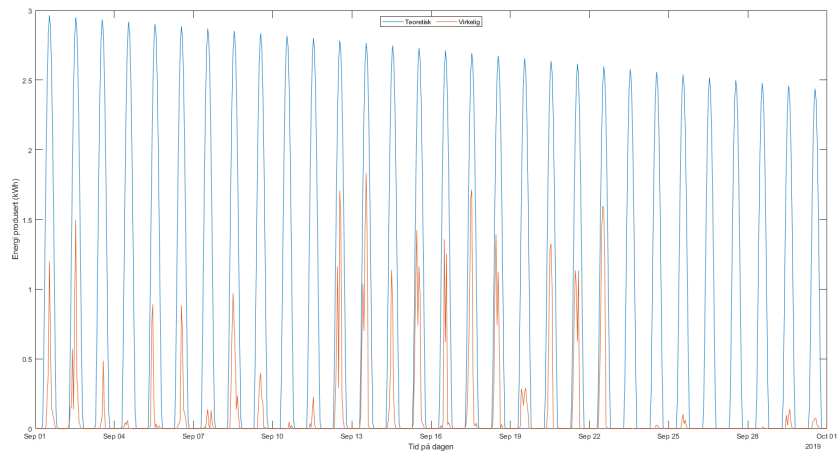
September 2019:



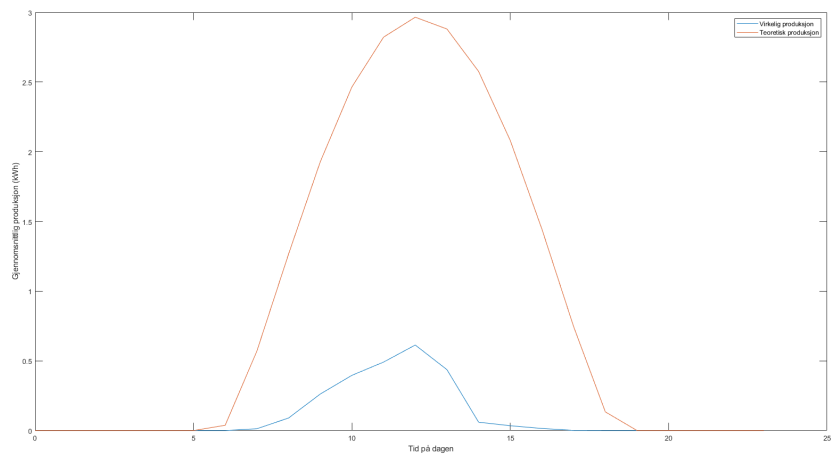
Figur 41: Innfallsvinkel September 2019



Figur 42: Solinnstråling September 2019

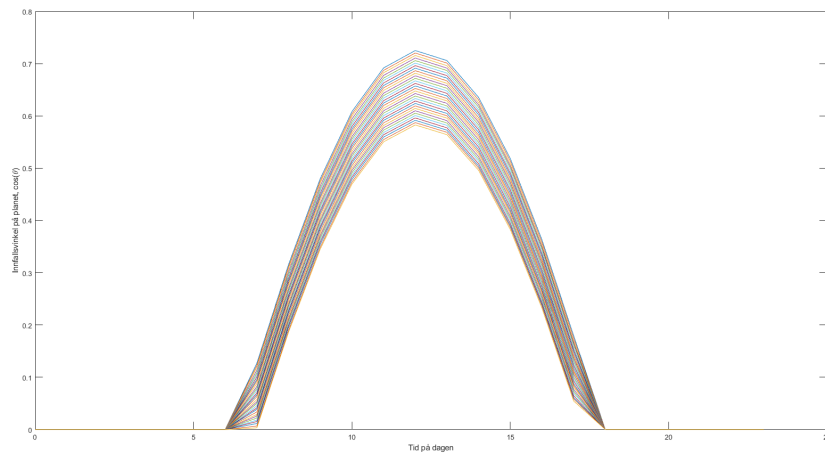


Figur 43: Produksjon September 2019

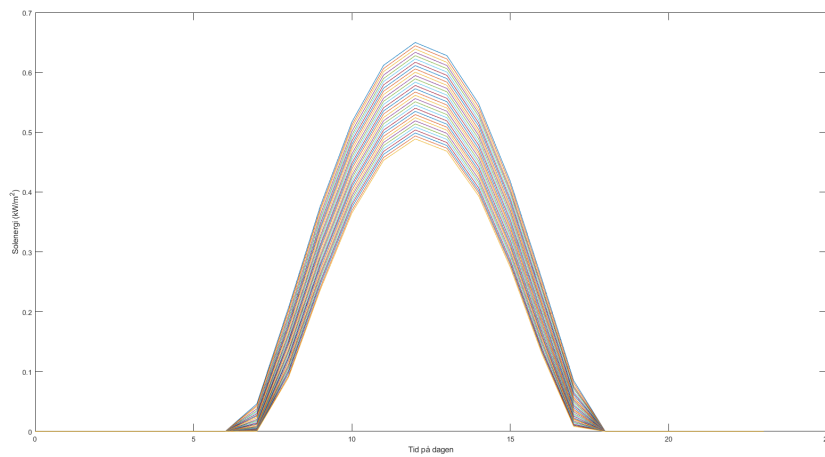


Figur 44: Gjennomsnittlig Produksjon 2019

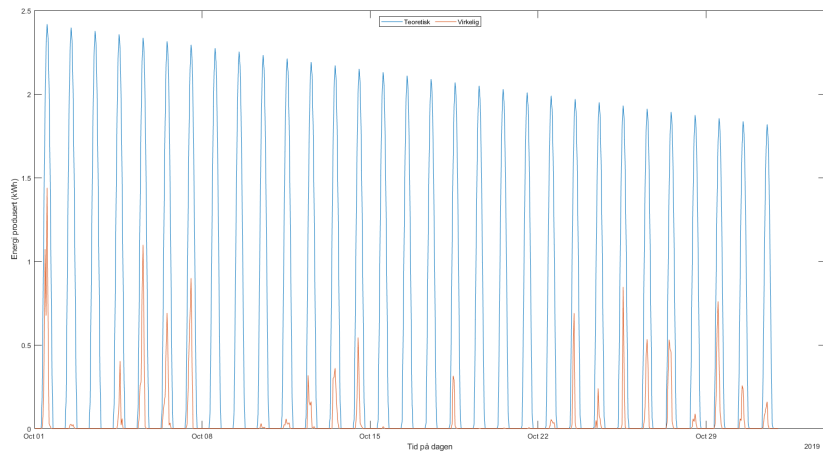
Oktober 2019:



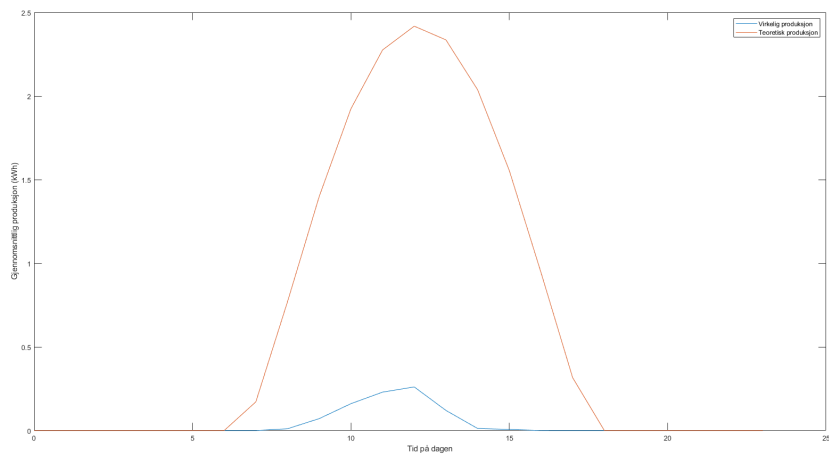
Figur 45: Innfallsvinkel Oktober 2019



Figur 46: Solinnstråling Oktober 2019



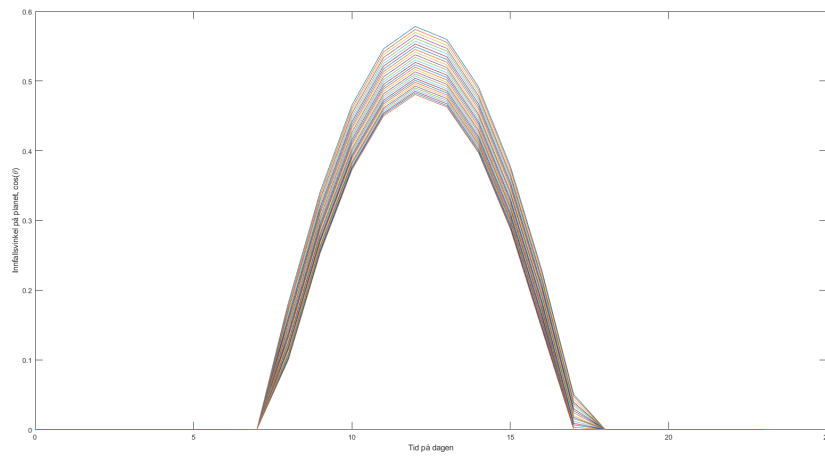
Figur 47: Produksjon Oktober 2019



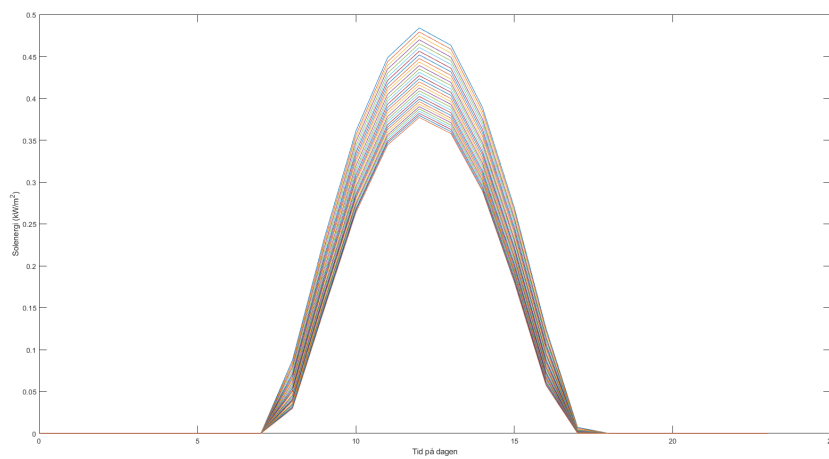
Figur 48: Gjennomsnittlig produksjon Oktober 2019



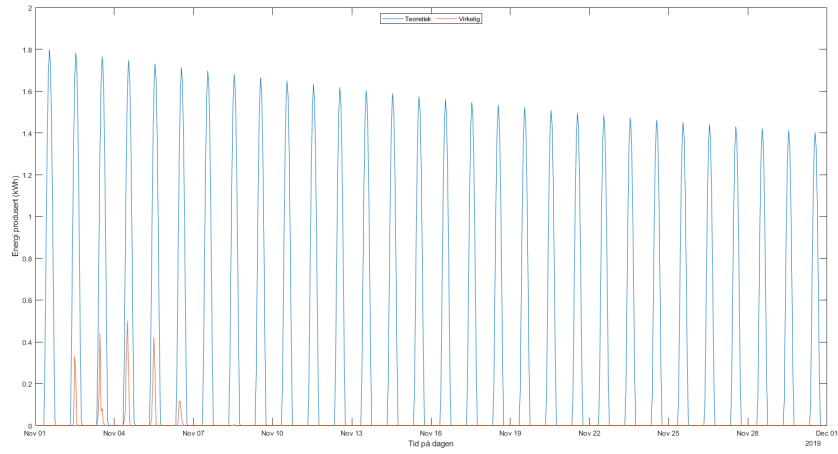
November 2019:



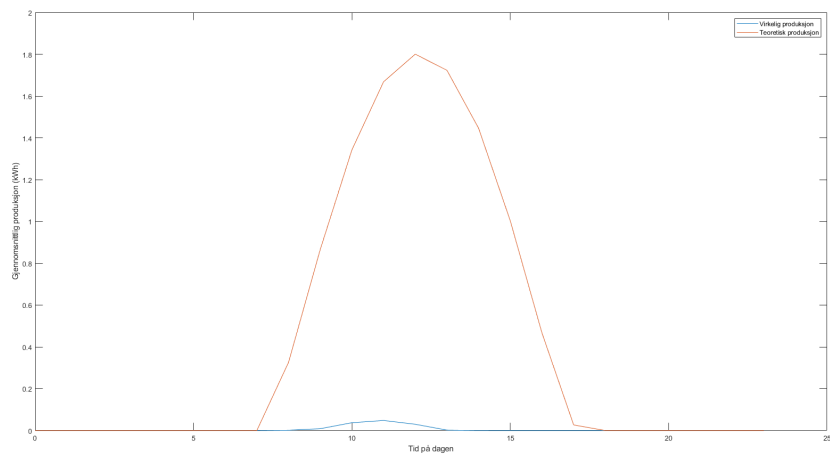
Figur 49: Innfallsvinkel November 2019



Figur 50: Solinnstråling November 2019

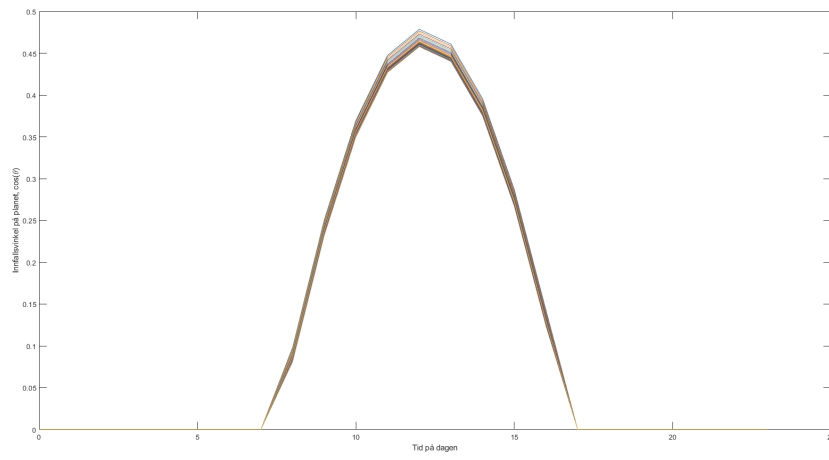


Figur 51: Produksjon November 2019

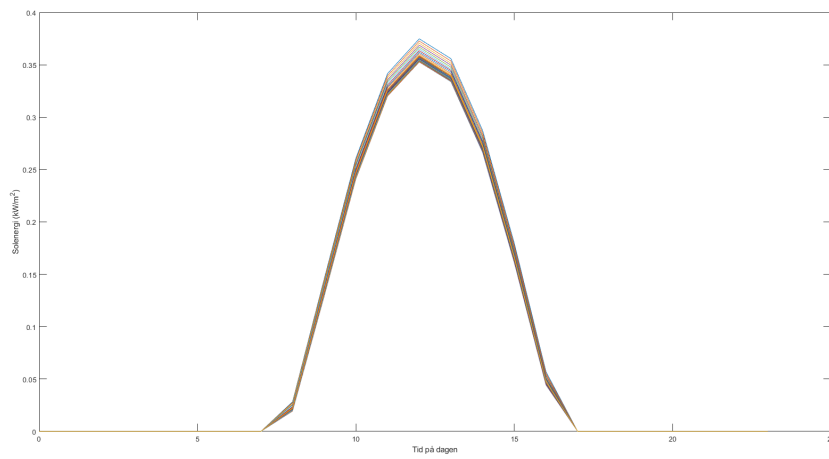


Figur 52: Gjennomsnittlig produksjon November 2019

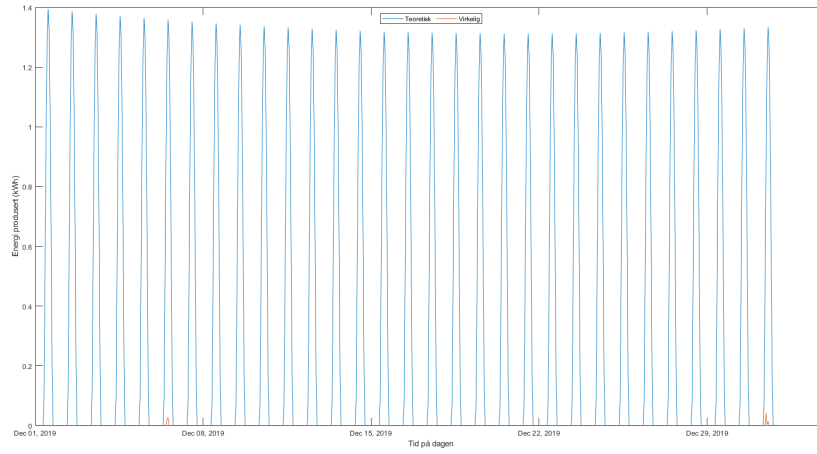
Desember 2019:



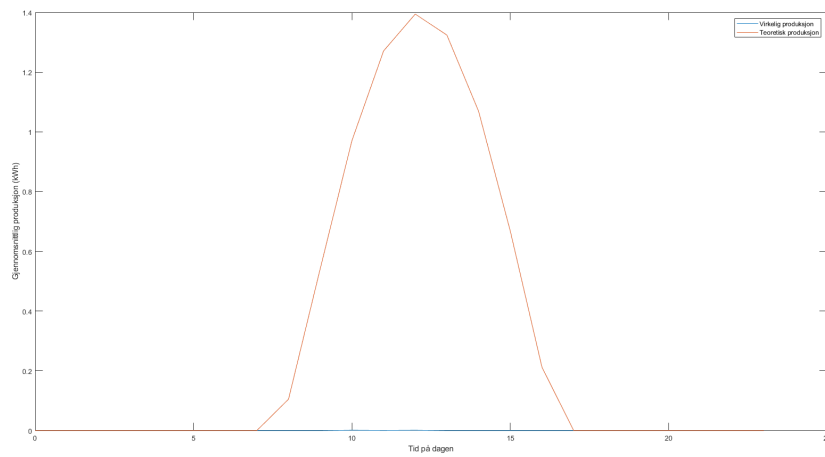
Figur 53: Innfallsvinkel Desember 2019



Figur 54: Solinnstråling Desember 2019

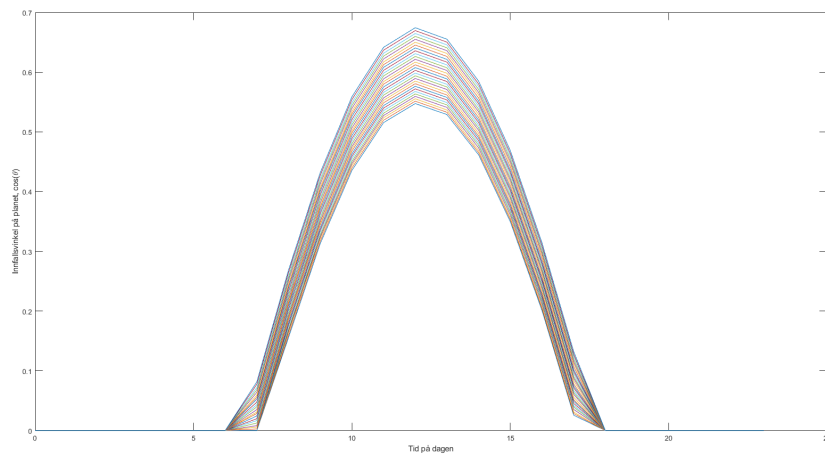


Figur 55: Produksjon Desember 2019

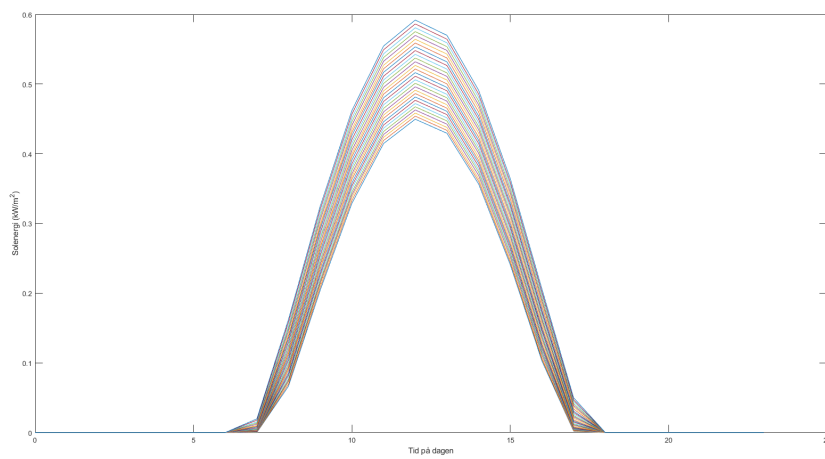


Figur 56: Gjennomsnittlig produksjon Desember 2019

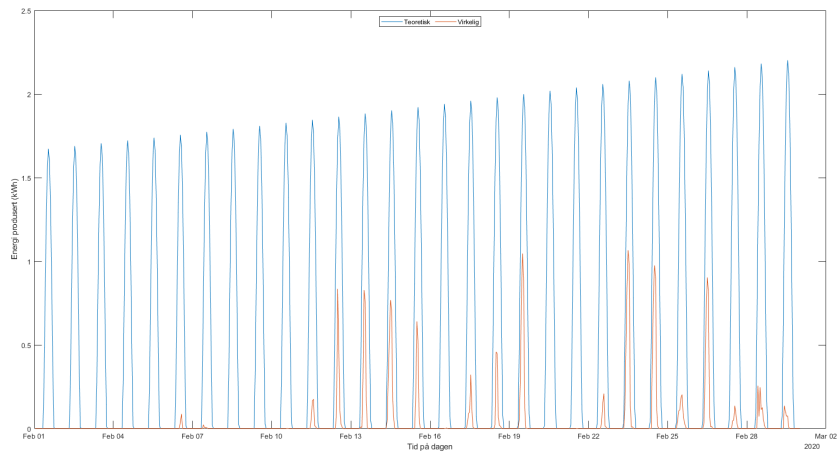
Februar 2020:



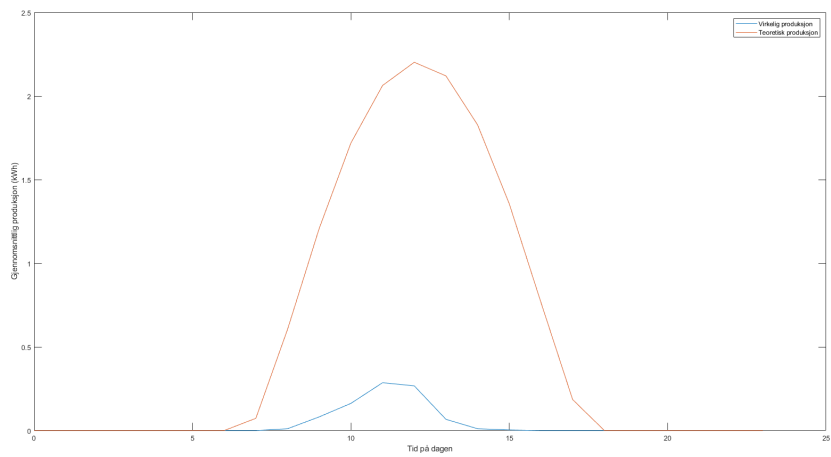
Figur 57: Innfallsvinkel Februar 2020



Figur 58: Solinnstråling Febraur 2020

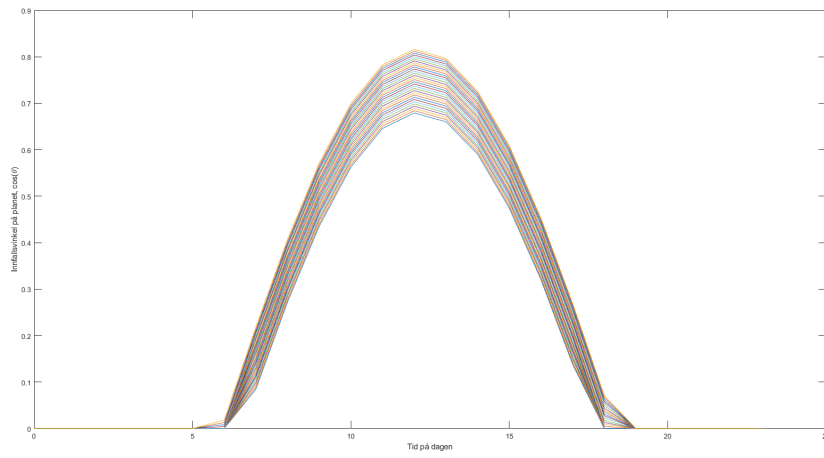


Figur 59: Produksjon Februar 2020

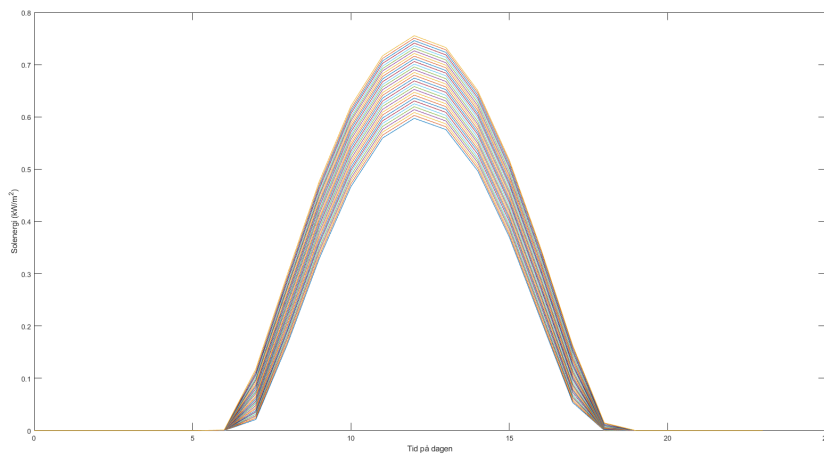


Figur 60: Gjennomsnittlig produksjon Februar 2020

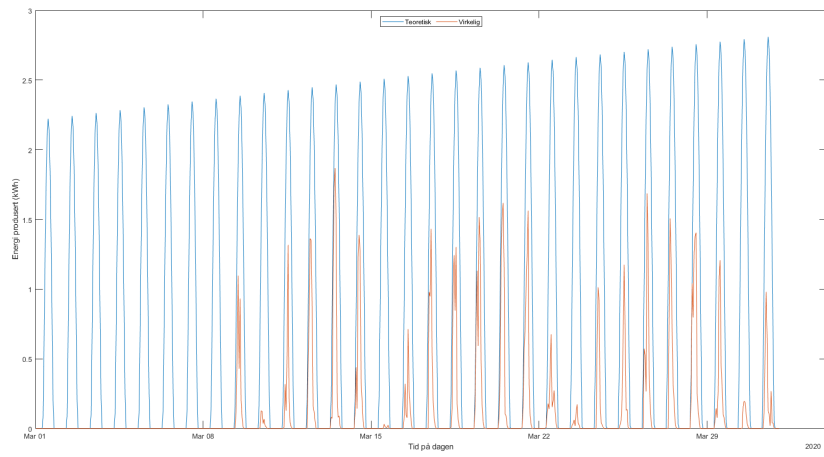
Mars 2020:



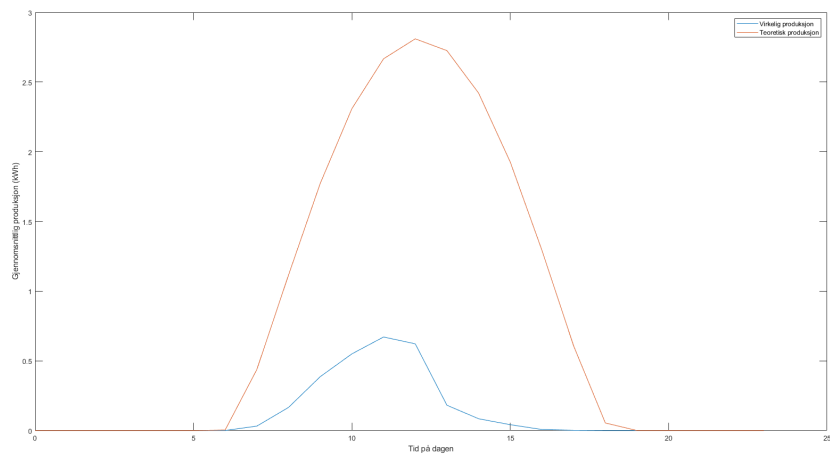
Figur 61: Innfallsvinkel Mars 2020



Figur 62: Solinnstråling Mars 2020



Figur 63: Produksjon Mars 2020




Figur 64: Gjennomsnittlig produksjon Mars 2020



## B Nettariff

### Eidsiva Nett AS

<b>Nettariff i distribusjonsnettet</b>	<b>Tariffer gjeldende fra</b> 01.01.2020	
<b>Type</b> Nettariff husholdning/fritidsbolig	<b>Tariffblad</b> 1.0	

#### Anlegg med hovedsikring t.o.m. 250 ampere/230 volt (145 ampere/400 volt)

Anlegg med effektbegrensning Hovedsikring/Overbelastningsvern	Tariff	Fastledd <sup>1)</sup> [kr/år] Inkl. mva	Energiledd [øre/kWh]	
			Inkl. avgifter <sup>2)</sup>	
			Vinter	Sommer
T.o.m. 2 x 42 ampere / 230 volt T.o.m. 3 x 25 ampere / 230 volt T.o.m. 3 x 16 ampere / 400 volt	E10	4 000	30,16	26,41
T.o.m. 2 x 63 ampere / 230 volt T.o.m. 3 x 42 ampere / 230 volt T.o.m. 3 x 25 ampere / 400 volt	E17	5 310	30,16	26,41
T.o.m. 3 x 63 ampere / 230 volt T.o.m. 3 x 40 ampere / 400 volt	E25	7 625	30,16	26,41
T.o.m. 3 x 80 ampere / 230 volt T.o.m. 3 x 50 ampere / 400 volt	E35	10 060	30,16	26,41
T.o.m. 3 x 125 ampere / 230 volt T.o.m. 3 x 80 ampere / 400 volt	E50	13 875	30,16	26,41
T.o.m. 3 x 160 ampere / 230 volt T.o.m. 3 x 100 ampere / 400 volt	E65	17 560	30,16	26,41
T.o.m. 3 x 200 ampere / 230 volt T.o.m. 3 x 120 ampere / 400 volt	E80	21 200	30,16	26,41
T.o.m. 3 x 250 ampere / 230 volt T.o.m. 3 x 145 ampere / 400 volt	E99	25 800	30,16	26,41

Sommerpris er i perioden fra 1. april til 1. november, øvrige måneder er vinter.

- Dersom en kunde bestiller tilkobling og ny nettleieavtale på et anlegg innen 12 måneder etter at anlegget ble frakoblet og nettleieavtalen er oppsagt av den samme kunden, vil nettleiens fastbeløp påløpe i perioden anlegget har vært frakoblet. I tillegg vil kostnader for frakobling og tilkobling bli fakturert. Se også nettleieavtalens § 11.
- Alle priser er inkludert innbetaling til Energifondet (Enova) på 1,0 øre/kWh, forbruksavgift på elektrisk kraft på 16,13 øre/kWh og 25 prosent merverdiavgift.  
Olje- og energidepartementet har pålagt nettselskapene å endre innkreving av påslag til energifondet («Enova-avgiften») dersom forbruket på anlegget går til noe annet enn husholdningsformål eller fritidsbolig/hytte, tarifferingen følger da tariffblad 2.0.

#### Kontakt vår kundeservice

Eidsiva Nett AS  
Telefon 61 28 66 50  
kundeservice@eidsivanett.no  
www.eidsivanett.no

Figur 65: Nettariff i distribusjonsnettet

## C Møte referater

### C.1 Fortløpende notater fra møte med Eidsiva Nett og veileder

#### Møtereferat 09.01.2020

Droppe micro, lite nett som skal være løsrivet fra nettet, blir det en oppgave for seg selv.

Regne på batteriet? hvordan betales de private om sender energi ut på nettet? Økonomien til privatkunden Nettselskapet skal ikke ha fortjeneste, interessert i data for å forutse hvordan dette virker inn i nettet.

Transformator krets, regne teknisk. Hvordan solcelle and. virker i den lokale krets, minsker eller øker tap. Lage profil, dag til dag, time for time. Hvor mye produseres og som transporteres.

Hvilke data må lagres og behandles for at en privatbolig med solcelleproduksjon kan ta stilling til når det er lønnsomt å lagre egen energiproduksjon framfor å selge den ut på nettet? Hvordan kan produksjonsdata fra enkeltkunder med solceller benyttes til nettanalyser (spenning og tap i nettet)

Være med en annen gruppe og gjøre simuleringer, lage modeller av solceller og koble det på nettet for å se hvordan det reagerer. (Gå kurs: i starten av februar)

- regne på solcelle
- bygge
- hente ut data og regne på nettet.
- mye laboratorium ?

Det er kun teoretisk modellering det er snakk om. Vi henter data fra eksisterende anlegg der vi kan få tak i data. Da lager vi døgnprofiler og årsprofiler. Disse kan legges inn i netbas som generatorer som leverer effekt ut fra profilen som designes.

vi velger gjøre simuleringer, lage modeller av solceller og koble det på nettet for å se hvordan det reagerer. (Gå kurs: i starten av februar).