



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Solkraftverk på jord- og skogareal

NIBIO RAPPORT | VOL. 10 | NR. 9 | 2024



Katharina Hobrak, Anne-Grete Roer Hjelkrem, Anne Kjersti Bakken, Bjørn Tobias Borchsenius, Henrik Forsberg Mathiesen, Christian Wilhelm Mohr, Gunnhild Sjøgaard og Jostein Frydenlund

Divisjon: Kart og statistikk, Matproduksjon og samfunn og Skog og utmark

TITTEL/TITLE

Solkraftverk på jord- og skogareal

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Katharina Hobrak, Anne-Grete Roer Hjelkrem, Anne Kjersti Bakken, Bjørn Tobias Borchsenius, Henrik Forsberg Mathiesen, Christian Wilhelm Mohr, Gunnhild Søgaard og Jostein Frydenlund

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKT NR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
01.02.2024	10 /9/2024	Åpen	53547	23/00959
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17-03439-1	2464-1164	46	Vedlegg 1	

OPPDRAUGSGIVER/EMPLOYER:

Landbruksdirektoratet

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Maja Sandvik Schartum

STIKKORD/KEYWORDS:

Klimagasser, LULUCF, Grasproduksjon, arealbruksendring, klimagassregnskap

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Skog og klima, Matproduksjon, Geomatikk

SAMMENDRAG/SUMMARY:

I rapporten beskrives hvordan arealbruksendringene ved etablering av bakkemonterte solkraftverk påvirker opptak og utslipp av klimagasser. Det redegjøres også for hvordan ulike grader av skygge påvirker produksjonen av gras i ulike regioner i Norge. I tillegg beskrives driftstekniske utfordringer ved samproduksjon av strøm og jordbruksvekster. Rapporten belyser også hvilke konsekvenser fire planlagte solkraftverk kan få på opptak og utslipp av klimagasser fra arealbrukssektoren.

LAND/COUNTRY:

Norge

FYLKE/COUNTY:**KOMMUNE/MUNICIPALITY:****STED/LOKALITET:****GODKJENT /APPROVED**

Hildegunn Norheim

NAVN/NAME

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER

Jostein Frydenlund

NAVN/NAME

**NIBIO**NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Forord

NIBIO fikk i oppgave av Landbruksdirektoratet å se nærmere på hvordan arealbruksendringene ved etablering av bakkemonterte solkraftverk påvirker opptak og utslipp av klimagasser. Instituttet fikk også i oppgave å redegjøre for hvordan ulike grader av skygge påvirker produksjonen av gras i ulike regioner i Norge, samt beskrive driftstekniske utfordringer ved samproduksjon av strøm og jordbruksvekster. Til oppdraget hørte det også med å se nærmere på hvilke konsekvenser fire planlagte solkraftverk kan få på opptak og utslipp av klimagasser fra arealbrukssektoren.

Kapittel 3, som redegjør for arealbaserte utslipp av klimagasser, er skrevet av Katharina Høbrak, Gunnhild Søgaard og Christian Wilhelm Mohr. Anne-Grete Roer Hjelkrem og Anne Kjersti Bakken har skrevet kapittel 4, om vurderinger knyttet til etablering av solkraftverk og jordbruksproduksjon.

Kapittel 5 og 6, som ser nærmere på fire planlagte solkraftverk, er skrevet av Bjørn Tobias Borchsenius, Katharina Høbrak, Henrik Forsberg Mathiesen og Jostein Frydenlund.

Ås, 01.02.24

Hildegunn Norheim

Divisjonsdirektør

Innhold

1	Sammendrag.....	5
2	Innledning.....	7
3	Arealbaserte utslipp ved etablering av landbaserte solkraftverk.....	8
3.1	Bakgrunn.....	8
3.2	Forutsetning for metodikk knyttet til solkraftverk.....	9
3.3	Metodebeskrivelse.....	10
4	Vurderinger knyttet til etablering av solkraftverk og jordbruksproduksjon.....	13
4.1	Effekt av redusert innstråling på plantevekst (nydyrkede og eksisterende jordbruksareal).....	13
4.2	Driftstekniske utfordringer knyttet til samproduksjon av solkraft og jordbruksvekster.....	16
4.3	Landbruksmessig betydning av nydyrking og etablering av innmarksbeite.....	19
5	Fire bakkemonterte solkraftverk.....	21
5.1	Utvalgte solkraftverk.....	21
5.2	Beregning av opptak og utslipp av klimagasser fra nåværende og planlagt endret arealbruk.....	22
5.2.1	Kartgrunnet.....	23
5.3	Mæhlum solkraftverk.....	24
5.3.1	Etablering av anlegget.....	24
5.3.2	Opptak og utslipp av klimagasser.....	27
5.4	Seval skog.....	28
5.4.1	Etablering av anlegget.....	28
5.4.2	Opptak og utslipp av klimagasser.....	30
5.5	Sem solkraftverk.....	32
5.5.1	Etablering av anlegget.....	32
5.5.2	Opptak og utslipp av klimagasser.....	34
5.6	Birkeland solkraftverk.....	36
5.6.1	Etablering av anlegget.....	36
5.6.2	Opptak og utslipp av klimagasser.....	38
6	Litteraturreferanse.....	40

1 Sammendrag

Bakgrunn

NIBIO fikk i oppgave av Landbruksdirektoratet å se nærmere på hvordan arealbruksendringene ved etablering av bakkemonterte solkraftverk påvirker opptak og utslipp av klimagasser fra landarealene. Instituttet skulle også redegjøre for hvordan ulike grader av skygge påvirker produksjonen av gras i ulike regioner i Norge, og beskrive driftstekniske utfordringer ved samproduksjon av strøm og jordbruksvekster.

Arealbaserte utslipp ved etablering av landbaserte solkraftverk

I det nasjonale klimagassregnskapet under FNs klimakonvensjon er det en grunnleggende metodikk for beregning av utslipp og opptak ved ulike typer arealbruksendringer, inkludert ulike arealanvendelser for utbygd areal (inkl. skogsbilveier, skiløyper, kraftlinjer, mv.). Det foreligger imidlertid ingen etablert metodikk for beregning av arealbaserte utslipp knyttet til etablering av solkraftverk. Arbeidet som presenteres her er en første tilnærming til å etablere en slik metodikk. Det vil være forbedringspotensial, som vil kreve mer kunnskap og kapasitet enn det var grunnlag for i dette oppdraget. Rapporten gir oversikt over de potensielle kumulative netto utslippene som vil oppstå ved arealbruksendring fra skog til solkraftverk. En stor del av karbontapet er assosiert med den levende biomassen. Høybonitets skog (bonitet 17-26) har høyest potensial for karbonlagring og årlig netto opptak av CO₂ i levende biomasse. Derfor vil arealbruksendring fra høyproduktiv skog gi størst netto utslipp; både som følge av karbontapet assosiert med arealbruksendringen, og som følge av tapt potensielt opptak i forhold til en situasjon uten arealbruksendring. En annen viktig faktor er jordtype. Drenering av organisk jord vil medføre økende akkumulert utslipp over tid.

Vurderinger knyttet til etablering av solkraftverk og jordbruksproduksjon

Alle bakkemonterte solkraftverk på jordbruksareal vil gi en skyggeeffekt som vil påvirke mikroklimaet og lysforholdene under og ved installasjonene, noe som videre vil påvirke planteveksten. Ved hjelp av plantevekstmodellen NORNE, er det i dette studiet gjort beregninger på effekten av ulik grad av skygge på grasvekst. Fire ulike regioner er inkludert i beregningene, Østlandet Sør (Ås), Østlandet Nord (Apelsvoll), Trøndelag (Kvithamar) og Vestlandet Sør (Særheim). Det er videre gjort beregninger ved førsteslått, andreslått og tredjeslått. Simuleringer i rapporten viser at skyggeeffekter som gir tapt solenergi til fotosyntesen, vil redusere avlingspotensialet i graseng gitt at det ellers er optimal tilgang på vann og næring. Avlingsreduksjonen for de tre slåttene varierte mellom 3 og 5 % ved 10 % reduksjon i sollys som nådde plantene, og økte til mellom 26 og 36 % ved 50 % reduksjon i sollys.

Det vil være flere driftstekniske utfordringer når faste, fysiske installasjoner plasseres på de samme arealene som planteproduksjonen skal skje. Solkraftverket må tas hensyn til under all kjøring med redskaper og spredning av gjødsel for at det ikke skal skades eller tilsøles. Videre begrenses kjøretretninger og hvilke redskaper som kan brukes, avhengig av hvilket mønster installasjonene er lagt ut etter og avstanden mellom dem. Drenering/vedlikehold av grøfter kan også bli utfordrende om ikke grøftinga er tilpasset retning og bredde på installasjonene i utgangspunktet.

De rent driftstekniske utfordringene kan senke arbeidskapasiteten og fordre en spesialtilpassa redskaps- og maskinpark og dermed øke kostnadene i drifta. I tillegg kommer tap av produktivt areal som skyldes at en må ha grensesoner uten maskinell drift inn mot installasjonene.

I de planlagte anleggene Mæhlum solkraftverk og Seval skog er avstandene mellom installasjonene oppgitt å skulle være henholdsvis 10 m og 4-7 m. Disse ville etter vår vurdering ikke være store nok til å tillate rasjonell grovfôrproduksjon.

Fire bakkemonterte solkraftverk

Det er valgt ut fire solkraftverk hvor prosjektet har sett nærmere på hvilke konsekvenser arealbruksendringene ved etablering av anleggene vil ha for opptak og utslipp av klimagasser. Vi plukket ut solkraftverkene Mæhlum og Seval skog i Gjøvik kommune. Dette er to store anlegg i skog, der det er meldt inn et ønske om å kombinere solkraftproduksjon med jordbruk. Videre valgte vi ut Sem solkraftverk, i Tønsberg og Sandefjord kommune, som er planlagt på et skogareal som tidligere var myr. Det siste anlegget vi valgte ut er Birkeland solkraftverk, i Birkenes kommune, som er et mindre anlegg i et område med skog og myr.

Utslippene av klimagasser fra arealbruksendringene varierer fra anlegg til anlegg som følge av ulike egenskaper ved nåværende arealbruk og opptakseffekter fra nåværende arealbruk. Over en periode på fem år vil det planlagte solkraftverket på Mæhlum ved nedbygging føre til utslipp på 654 tonn per hektar, mens anlegget i Sem vil få et utslipp på 1 063 tonn per hektar.

Dersom solkraftverk blir etablert på eksisterende infrastruktur, som for eksempel i et steinbrudd eller på en parkeringsplass, vil man unngå utslippene som oppstår ved arealbruksendringer fra skog til infrastruktur av denne typen. For eksempel om solkraftverket som er planlagt i Birkeland, på 20 hektar, blir etablert på allerede utbygde areal, vil klimagassutslippene ved etablering av anlegget reduseres med 13 000 tonn CO₂-ekvivalenter de fem første årene.

2 Innledning

Solenergi er lys- og varmestråler fra sola. Norge har en solinnstråling på en horisontal flate på 700 til 1 000 kWh/m² per år. Områdene med høyest solinnstråling er på Sør- og Østlandet. Solceller klarer å utnytte mellom 15 og 20 prosent av lysenergien fra sola og konvertere den til strøm.

Solkraft utgjør en liten del av kraftproduksjonen i Norge, men er for tiden i rask vekst. I dag produseres det 0,225 TWh med solkraft i Norge og dette utgjør 1,6 promille av den totale kraftproduksjonen (NVE 2023).

I NOU 2023:3 «Mer av alt raskere» peker Energikommisjonen på at det kan være realistisk med en utbygging av solkraft på mellom 5 og 10 TWh innen 2030. Kraftbruken i Norge er i dag rundt 138 TWh. Ifølge NVEs og Statnetts framskrivninger vil det bli en økning i kraftbruken på 21-30 TWh mot 2030, og 36-45 TWh mot 2040, blant annet som følge av tiltak for å redusere klimagassutslipp og etablering av ny industri (Energikommisjonen 2023).

Bakkemonterte solkraftverk krever store areal. I Norge har vi lite kunnskap og erfaring med slike anlegg. NIBIO fikk derfor i oppgave av Landbruksdirektoratet å utrede hvordan arealbruksendringene ved etablering av bakkemonterte solkraftverk påvirker opptak og utslipp av klimagasser. I tillegg ble instituttet bedt om å redegjøre for hvordan ulike grader av skygge påvirker produksjonen av gras i ulike regioner i Norge, og beskrive driftstekniske utfordringer ved samproduksjon av strøm og jordbruksvekster. Vi ble også bedt om å plukke ut fire solkraftverk som er under planlegging og belyse hvordan en eventuell etablering av anleggene vil påvirke opptak og utslipp av klimagasser fra arealbrukssektoren.

Nasjonale og internasjonale utslippsregnskap oppgir utslipp og opptak av klimagasser per hektar og denne rapporten bruker derfor hektar som arealmål (1 hektar = 10 dekar).

3 Arealbaserte utslipp ved etablering av landbaserte solkraftverk

3.1 Bakgrunn

Det er per dags dato ingen etablert metodikk for arealbaserte utslipp knyttet til etablering av solkraftverk i det nasjonale klimagassregnskapet under FNs klimakonvensjon (Miljødirektoratet mfl. 2023). NVE anslår at i utgangen av 2022 utgjorde solkraftverk i Norge rundt 300 MW av produksjonskapasiteten i landet (samlet kraftproduksjonskapasitet i Norge var på 38 744 MW ved inngangen av 2022), og det finnes foreløpig ingen dedikerte solkraftverk i Norge (Energifakta Norge, 2022; NVE, 2023). Samtidig økte produksjonskapasiteten til solkraftverk med 150 MW. Med andre ord er kraftproduksjon fra solkraft i Norge fortsatt veldig liten, men bare i 2022 ble kapasiteten doblet i løpet av ett år.

Vi har i forbindelse med dette arbeidet gått gjennom konsesjonssøknader som ligger på NVE.no. Fire av konsesjonssøknadene har vi gått i dybden på, dette er nærmere beskrevet i kapittel 5. I tillegg har vi hatt samtale med NVE, for å få et bedre bilde av hva som kreves av forberedelser ved etableringen av solkraftverk. Etter gjennomgang av konsesjonssøknader og samtale med NVE er det tydelig at det er ulike tilnærminger knyttet til å bygge solkraftverk. Vår forståelse er at det er vanlig og ofte nødvendig å flateplanere arealet. Ved flateplanering er det ikke behov for veier mellom alle radene med solcellepanel. Konsesjonssøknadene vi har sett på beskriver likevel at det skal opparbeides noe veier på kraftverkene.

Solcellepanelene fundamenteres med påler som slås ned i bakken eller ved jordskruer. Mange steder må kabler graves ned i grøfter, noe som kan gi en drenerende effekt. Forarbeidet som er beskrevet i konsesjonssøknadene ligner oppdyrking i flere tilfeller, og noen konsesjonssøknader bruker oppdyrking som begrep når de beskriver arbeidet som skal gjøres.

Metodikken i det nasjonale klimagassregnskapet er basert på retningslinjer fra IPCC. Retningslinjene fra IPCC har ikke en egen metode for arealbruksendringer til solkraftverk (IPCC 2006, IPCC 2019). Vi har derfor tatt utgangspunkt i arealbruksendringer som kan tilsvare arealbruksendring til solkraftverk. Metodikken utviklet her vil være en første tilnærming til utvikling av en egen metodikk for beregning av arealbaserte utslipp knyttet til etablering av solkraftverk. Det forventes følgelig å være forbedringspotensial knyttet til videre utvikling av metoden Videre i dette kapitlet pekes det på punkter som kan forbedres ved senere anledning.

I det nasjonale klimagassregnskapet deles landarealer inn i seks arealbrukskategorier. Disse er skog, dyrket mark, beite, vann og myr, utbygd areal og annen utmark. Et areal kan ikke tilhøre flere kategorier samtidig. Et område med bakkemonterte solkraftverk vil regnes som utbygd areal. Dette fordi områdets primære bruk vil være kraftproduksjon, med de tekniske installasjoner som medfølger. Vegetasjonen vil måtte holdes nede av praktiske årsaker (unngå skyggeeffekt, enklere tilgang for vedlikehold, mv.). Om vegetasjon holdes nede gjennom slått eller beitebruk, betraktes dette som sekundær bruk. Dette tilsvarer definisjonen som brukes for eksempel for kraftlinjer i skog. Disse regnes også som utbygd areal, med den begrunnelse at trevegetasjonen aktivt holdes nede under kraftlinjer.

Veier som behøves i områder med solkraftverk er av flere utbyggere beskrevet som kategori 3 landbruksbilvei. Disse skal være minst 4 m brede og vil derfor falle innenfor definisjonen utbygd areal.

På utbygd areal blir det registrert andel med jord- og/eller vegetasjonsdekke (grønnstruktur) og andel hvor jordsmonn enten er fjernet eller tildekket. Arealene kan i tillegg være tresatt. På et solkraftverk vil området hvor trafoen står være 75 % infrastruktur, som er standardfordeling for bebygde areal. De

resterende 25 % av trafooområdet regnes som grøntareal. Siden solcellepanelene står på stativ over bakken, og det dermed er rom for at det kan være vegetasjon under disse, vil det på dette området være vanskeligere å bestemme vegetasjonsgrad. I tillegg varierer radavstanden mellom 4 og 10 meter. Dette vil påvirke både skyggeeffekten og hvor mye av arealet som er dekket av foten til stativet.

I det nasjonale klimagassregnskapet vil det for skog som avskoges beregnes tap av levende biomasse på arealet i når det hogges. I tillegg vil det beregnes tap fra andre karbon-beholdninger, slik som jord, død ved og strø. Tap av fremtidig karbonlagring på arealet kommer inn indirekte, gjennom redusert netto opptak i norsk skog samlet sett over tid. Når konsekvensene av utbygging til solkraftverk skal estimeres er det hensiktsmessig å inkludere tapt potensiell CO₂-opptak for det konkrete arealet, da dette vil være en direkte effekt av tiltaket. Dette vil gi et mer komplett bilde på den totale påvirkningen som bygging av solkraftverket har. En den samme metodikk er benyttet i den arealbaserte klimagasskalkulatoren som er utviklet av NIBIO (NIBIO 2023a) og beskrevet i kapittel 5.

Skyggeeffekten av solcellepaneler blir beskrevet nærmere i kapittel 4. Hovedkonklusjonen er at skyggeeffekten avhenger av mange faktorer, men at det har en generell negativ effekt på veksten av planter. Ideelt sett burde valg av utslippsfaktor ta hensyn til at skyggeeffekten gir redusert vekst. Det er imidlertid for lite kunnskap per dags dato til å utvikle utslippsfaktorer som inkluderer betydningen av redusert vekst grunnet skyggeeffekten.

I det nasjonale klimagassregnskapet skilles det mellom organisk jord og mineraljord. Organisk jord finnes i myr (åpen og skogkledd), men også på arealer med tidligere myr som er drenert for ulike formål (skogproduksjon, oppdyrking, torvuttak, mm.). Dreneringen gjør at det organiske laget sakte, men sikkert brytes ned og dette medfører utslipp som fordeles over mange år. Det er vårt inntrykk at utbyggere enten drenerer området som skal bygges ut, eller velger et område som allerede er drenert. I tillegg vil kabler stort sett legges i grøfter, noe som vil kunne gi en drenerende effekt.

3.2 Forutsetning for metodikk knyttet til solkraftverk

I overgangen fra annen arealbruk til solkraftverk legger vi til grunn at disse tekniske inngrepene blir gjort:

- Trevegetasjon fjernes (inkl. topper og greiner).
- Død ved fjernes (inkl. stubber).
- Det grøftes både for å legge kabler og generelt for å drenere område.
- Det utføres delvis flateplanering og steiner fjernes.

I flere av konsesjonssøknadene vi har sett på beskriver utbyggere at de har planlagt å dyrke opp arealet. Det har variert om utbyggere har planer om å fulldyrke eller overflatedyrke arealet. I klimagassregnskapet tilsvarer fulldyrket arealbrukskategorien dyrka mark, mens overflatedyrket tilsvarer arealbrukskategorien beite (aktivt beitet innmark). Vi foreslår å benytte faktoren som benyttes for aktivt beitet innmark. Denne faktoren benyttes allerede for vegetasjonsdekke i utbyggt areal. Det vil på sikt være hensiktsmessig å vurdere en faktor som tar hensyn til oppdyringsmetoden som brukes.

Solcellepaneler vil sannsynligvis skape en skyggeeffekt som reduserer veksten til graset. Dette beskrives nærmere i kapittel 4. Det kan derfor antas at det ikke vil være like stor netto lagring av karbon som det kunne vært om arealet ikke hadde vært tildekket med solcellepaneler. Det er derimot stor variasjon i hvor mye skyggeeffekt det er, og det vil kreve en tid og ressurser utenfor dette oppdragets rammer å utvikle en faktor som tar høyde for skyggeeffekten. Dette er imidlertid et punkt som kan utredes nærmere.

For beregning av mulige effekter på opptak og utslipp av klimagasser bør det beregnes en grøntandel for arealene som vurderes utbygget. Dette bør gjøres ved å beregne hvor mye av områdene som dekkes av tekniske installasjoner og veier. Innen tekniske installasjoner regnes både trafostasjoner og solcellepanel. Grøntandelen vil mest sannsynlig variere og vil antagelig avhenge av størrelsen på anlegget. Vi har estimert at grøntandelen ligger rundt 90 % i området hvor solcellepanelene står, basert på konsesjonssøknadene beskrevet i kapittel 5, og har dermed dette som forutsetning. Der trafo-stasjonene etableres foreslår vi å sette grøntandelen til 25 %, som er standard for infrastruktur. Dette vil selvfølgelig kunne variere mellom de ulike anleggene.

Det vil måtte tas hensyn til om området ligger på organisk jord eller på mineraljord. Vi legger til grunn at arealer med organisk jord vil være eller bli drenerte, og at det bør brukes utslippsfaktorer for drenert organisk jord. Det er mulig at dreneringseffekten ikke er like sterk som på arealer der det er utført tradisjonell drenering for eksempel for oppdyrking, men det er det ikke grunnlag for å si noe om på dette tidspunktet.

Som beskrevet over, vil etablering av solkraftverk i skog både føre til tap av karbonlager i trær, død ved, mv. som følge av fjerning av skogsvegetasjonen og planering, men også tap av karbonlagring (netto CO₂-opptak) fra fremtidig skogvekst som kunne vært på arealet. Begge deler vil være inkludert i den samlede effekten av etablering av solkraftverk på arealbaserte utslipp og opptak.

3.3 Metodebeskrivelse

Metodikken for å beregne utslipp knyttet til etablering og bruk av solkraftverk begrenser seg i denne rapporten til arealbrukssektoren. Etablering av solkraftverk innebærer arealbruksendringer. Det er mange mulige kombinasjoner av overganger til solkraftverk om alle arealbrukskategorier vurderes. Her beskrives i hovedsak overganger fra skog, da potensielt netto utslipp er høyest for denne overgangen.

Metodikken omfatter fire ulike karbonbeholdninger: Levende biomasse (i hovedsak trær), dødt organisk materiale (død ved og strø), mineraljord og organisk jord. Videre tas det hensyn til bonitet i skog, treslag, klimasone, økologisk sone, mineraljordtype, og hvorvidt det er grunn eller dyp organisk jord. Dette gir mange ulike kombinasjoner. Utslipp knyttet til ulike overganger er oppsummert i vedlegg 1.

Kumulativt netto utslipp per hektar for mulige kombinasjoner er beregnet for 5, 20 og 75 år. Utslippene fra de ulike karbonbeholdningene fordeler seg på følgende måte: Tap av levende biomasse og dødt organisk materiale regnes som umiddelbart tap og vil gi utslipp i den første femårsperioden. Mineral-ord får i beregningsmetodikken en ny likevekt over en 20 års periode, og det beregnes derfor utslipp i løpet av de første 20 årene. Organisk jord vil brytes ned over lang tid, og det beregnes utslipp fra drenert organisk jord over alle 75 år. I den delen av arealet som regnes som infrastruktur antas det at jorddekke fjernes om det er organisk jord, noe som gir umiddelbart utslipp istedenfor utslipp over flere år.

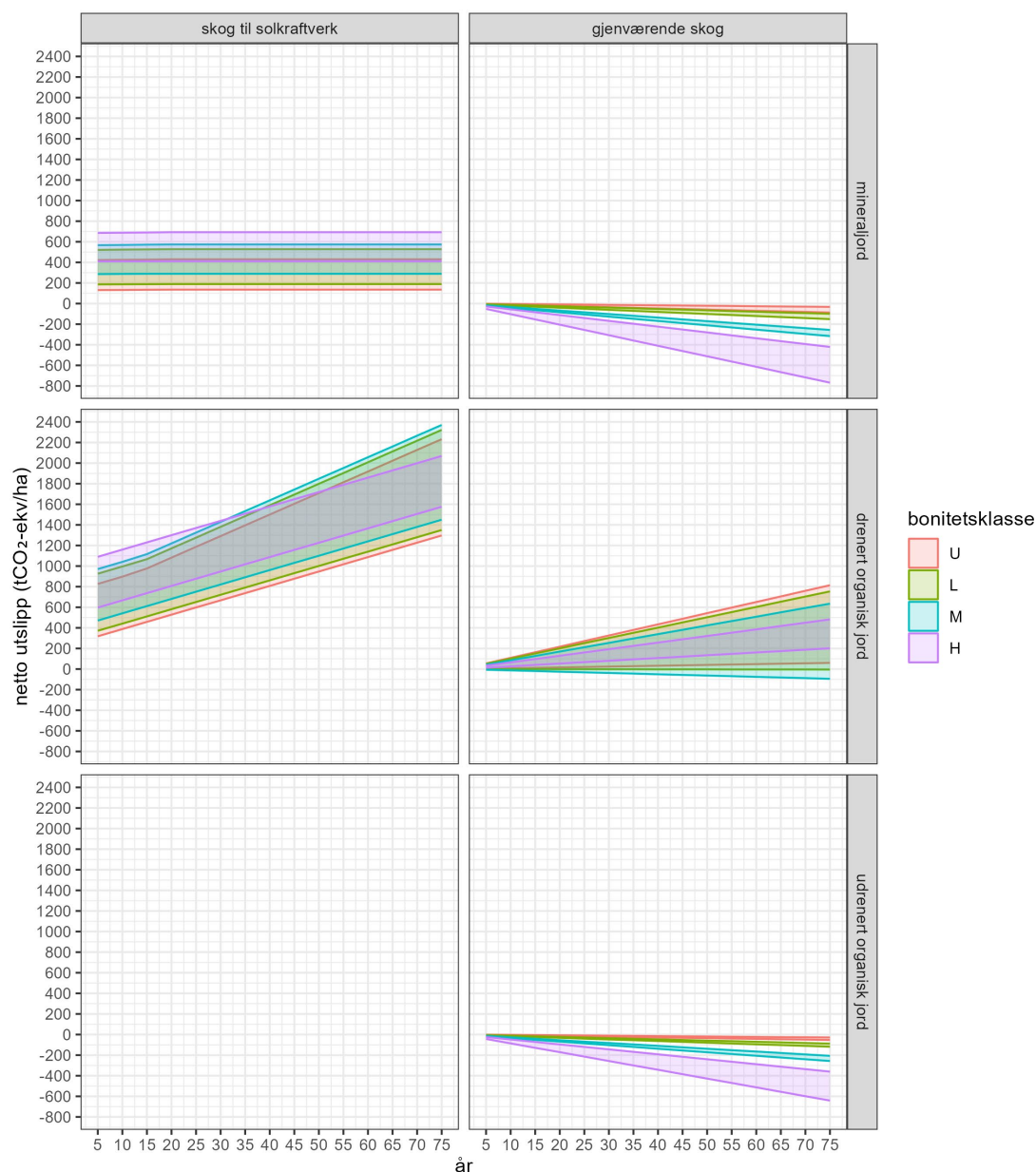
Ved siden av utslipp knyttet til etablering av solkraftverk, beregnes også netto opptak i levende biomasse, død ved, strø, og jordkarbon, slik det potensielt hadde vært om skogen fikk fortsette å vokse.

Beregnes differansen mellom utslipp og det potensielle opptaket, gir dette et bedre bilde på påvirkningen etablering av solkraftverk har på karbonbalansen.

Figur 1. viser en oversikt over de potensielle kumulative netto utslippene som vil oppstå ved arealbruksendring fra skog til solkraftverk. En stor del av karbontapet er assosiert med den levende biomassen. Høybonitets skog (bonitet 17-26) har høyest potensial for karbonlagring og årlig netto opptak av CO₂ i levende biomasse. Derfor vil arealbruksendring fra høyproduktiv skog gi størst

umiddelbart netto utslipp; både som følge av selve tapet i karbon assosiert med arealbruksendringen, men også som følge av tapt potensielt opptak dersom det hadde ikke vært arealbruksendring.

En annen viktig faktor er jordtype. Drenert organisk jord vil føre til stadig økende kumulativt utslipp over tid. I boreale klimasoner er noen utslippsfaktorer for drenert organisk jord høyere enn i områder med temperert klima. Fordi høyproduktiv skog er den eneste bonitetsklassen som ikke finnes i boreal klimasone (basert på observasjoner fra Landskogstakseringen), vil de andre bonitetsklassene (M = middelsproduktiv, bonitet 11-14, L = lavproduktiv, bonitet 6-8, og U = uproduktiv) ha potensielt høyere utslipp på sikt.



Figur 1. Oversikt over potensielt kumulativt netto utslipp (tCO₂-ekv. per ha) over tid for arealbruksendring fra skog til solkraftverk, og gjenværende skog. Min-max netto utslippsintervaller presentert er gruppert på bonitetsklasse (U = uproduktiv-, L = lavproduktiv- (6-8), M = middels produktiv- (11-14), H = høyproduktiv skog 17-26) og jordtype. Organisk jord er delt mellom drenert og ikke drenert organisk jord. Min-max intervallet for hver gruppering skyldes treslag, klimasone, økologisk sone, mineraljord type, og grunn og dyp organisk jord. Mer detaljert oversikt finne i vedlegg 1.

Denne metodikken gir ikke et fullstendig bilde av karbonbalansen knyttet til etablering av solkraftverk. Vi har kun inkludert utslipp og opptak fra arealbrukssektoren, og ikke inkludert f.eks. utslipp knyttet til produksjon, transport og montering av solcellepaneler og andre innsatsfaktorer knyttet til et solkraft-verk. Vi ser også kun på selve planarealet, og har ikke vurdert om etablering av slike anlegg kan medføre infrastrukturbehov utenfor planområdet som kan medføre arealbaserte utslipp. Vi har heller ikke tatt hensyn til mulige substitusjonseffekter fra fremtidig tømmerproduksjon, f.eks. knyttet til å bytte ut fossilt brennstoff med bioenergi. Siden vi ikke vet hva som vil skje med tømmeret i skogen dersom den får stå og eventuelt blir avvirket i fremtiden, har vi heller ikke tatt hensyn til substitusjonseffekter knyttet til bruk av tømmer fra fremtidig hogst.

4 Vurderinger knyttet til etablering av solkraftverk og jordbruksproduksjon

4.1 Effekt av redusert innstråling på plantevekst (nydyrkede og eksisterende jordbruksareal).

Alle bakkemonterte solkraftverk på jordbruksareal vil gi en skyggeeffekt som vil påvirke mikroklimaet under installasjonene, og som videre vil påvirke planteveksten. Ved hjelp av plantevekstmodellen NORNE (Hjelkrem et al. 2023), er det i dette studiet gjort beregninger på effekten av ulik grad av skygge på grasvekst. NORNE er en prosessbasert modell for grasvekst under norske forhold, som baserer seg på input data av værvariable, jordtype, kløverandel, tilført nitrogen og nitrogeninnhold i jorda ved vekststart om våren.

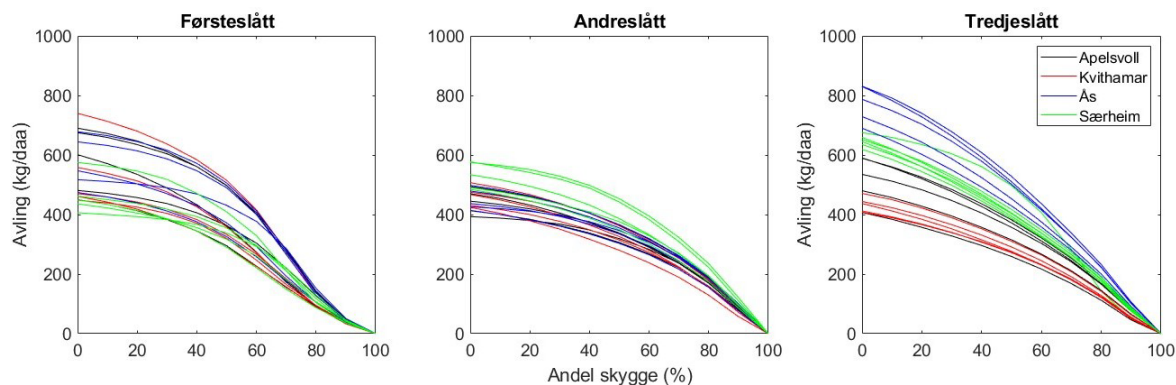
Fire ulike regioner er inkludert i de følgende beregningene, Østlandet Sør (Ås), Østlandet Nord (Apelsvoll), Trøndelag (Kvithamar) og Vestlandet Sør (Særheim). Jordprofilene som er beskrevet for Apelsvoll i Hjelkrem et al. (2023) er anvendt for alle fire lokaliteter. Været varierer fra år til år, og for å få frem denne variasjonen i resultatene er det tatt utgangspunkt i fem etterfølgende år, 2018 til 2022. De historiske værdataene er hentet fra Landbruksmetrologisk tjeneste (lmt.nibio.no) og inkluderer døgnverdier for lufttemperatur, jordtemperatur, nedbør, relativ luftfuktighet, vindhastighet og globalstråling.

Beregningene starter 1. mars, og vekststart om våren er beregnet å være den tredje dagen da en femdagers flytende gjennomsnittlig lufttemperatur overstiger 5 °C og den tilsvarende jordtemperaturen (på 10 cm dybde) overstiger 1 °C. Førsteslått er antatt å være den dagen MSC overstiger 2.7, hvor MSC er et mål på grasets fenologiske utvikling og blir beregnet direkte gjennom NORNE-modellen. Andreslått er deretter beregnet til å være 650 døgngrader etter førsteslått, med en basis-temperatur på 0 °C, mens tredjeslått er satt til 10. september på Apelsvoll og Kvithamar og til 15. september på Ås og Særheim.

Graden av skygge varierer mellom ulike tekniske løsninger, avhengig av panelets utforming, dynamikk (statisk eller justerbar som følger solas gang) og plassering (i forhold til breddegrad, himmelretning og vinkel). Det vil ikke være mulig å analysere effekten av alle eksisterende kombinasjoner og vi har derfor valgt å analysere effekten på avlingspotensialet ved 0 % til 100 % skygge (reduksjon i globalstråling som når plantedekket), med et intervall på 10 %. Dette er gjort separat for de fire lokalitetene og for hvert av de fem årene på hver lokalitet.

Resultatene bekreftet at grasveksten er svært avhengig av været. Variasjonen i predikerte avlinger mellom år og steder hadde sammenheng med værvariasjoner. Uten å inkludere effekten av skygge viste beregningene at avlingen varierte mellom 406 og 740 kg tørrstoff/daa ved førsteslått, mellom 393 og 577 kg/daa ved andreslått og mellom 407 og 831 kg/daa ved tredjeslått over de ulike kombinasjonene av lokalitet og år som inngikk i studiet.

Effekten av skygge ble først simulert med en antagelse om at det til enhver tid var nok vann og nitrogen tilgjengelig i jorda til å gi plantene en optimal vekst. Resultatene viste at skyggeeffekten ikke er lineær, men følger en sigmoid kurve (Figur 2). Det betyr at effekten var svakere dersom man reduserte innstrålingen i intervallet fra 0 til 50 %, enn i intervallet fra 50 til 100 %.



Figur 2: Tørrstoffavling ved ulik grad av skygge som påvirker innstråling ved førsteslått, andreslått og tredjeslått for grasvekst i fire regioner i Norge for årene 2018-2022.

Ved førsteslått ble avlingen i snitt redusert med henholdsvis 3, 6, 12, 19 og 29 % ved en skyggeeffekt på 10 – 50 %. En lignende effekt ble funnet ved andreslått, med henholdsvis en avlingsreduksjon på 3, 7, 12, 18 og 26 %, mens en noe høyere reduksjon på henholdsvis 5, 11, 19, 27 og 36 % ble beregnet ved tredjeslått.

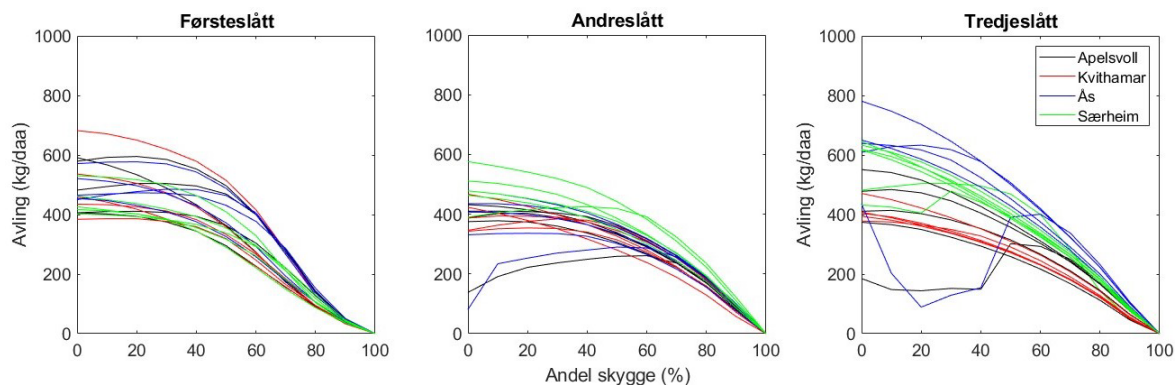
I Tabell 1 er prosentvis reduksjon i avling ved henholdsvis 10, 30 og 50 % skygge gjengitt som et snitt for hver region over 5-års perioden. Forskjellen mellom regionene var generelt liten, men kom tydeligst til syne ved 50 % reduksjon i solinnstråling frem mot førsteslått. Her er effekten på Ås og Særheim beregnet til 25 % redusert avling, mens den på Apelsvoll og Kvithamar er beregnet til henholdsvis 32 og 33 %.

Tabell 1: Prosentvis reduksjon i tørrstoffavling for de tre ulike regionene som et snitt over en fem-års periode, ved henholdsvis 10, 30 og 50 % skygge. De tre verdiene representerer henholdsvis første, andre og tredjeslått, og skygge er antatt å påvirke kun tilgang på fotosyntetisk aktiv stråling.

Sted	10 % skygge	30 % skygge	50 % skygge
Apelsvoll	[3 3 5]	[13 11 18]	[31 25 35]
Kvithamar	[3 4 5]	[13 14 18]	[32 29 35]
Ås	[2 3 5]	[10 11 19]	[26 24 37]
Særheim	[2 3 6]	[10 11 20]	[26 25 38]

Skygge vil i tillegg til å påvirke direkte innstråling til plantene, påvirke vanntilgangen. NORNE-modellen inneholder en egen modul for vanntilgang, og ved å inkludere denne i avlingssimuleringene fikk vi en mer varierende effekt av skygge. Figur 3 viser effekten av redusert innstråling, direkte og indirekte gjennom vanntilgang, med en antagelse om at det til enhver tid var nok nitrogen tilgjengelig i jorda for optimal plantevekst. Også her var det en tydelig sigmoid og ikke lineær effekt ved alle tre slåtter, men noen tilfeller skilte seg ut med en økt avling, spesielt ved andre og tredjeslått.

Mens en redusert vekst ved økt skygge skyldtes dårligere tilgang på fotosyntetisk aktiv stråling, gjenspeilte en økt vekst bedre tilgang på vann for plantene. Om våren og frem til førsteslått, var det generelt nok vann tilgjengelig i jorda til å ta ut avlingspotensialet, mens vannmangel i større grad var en viktig årsak til at optimal vekst ikke ble oppnådd frem mot andre- og tredjeslått. Med økt skygge fanga modellen opp at fordampingen ble redusert, og spesielt i 2018 hvor det var stort underskudd på nedbør, ga skyggelegging en god effekt på vannstatus i jorda, som igjen ga økt grasvekst.



Figur 3: Tørrstoffavling ved ulik grad av skygge som påvirker innstråling og vanntilgjengelighet ved førsteslått, andreslått og tredjeslått for grasvekst i fire regioner i Norge for årene 2018-2022.

I Tabell 2 vises gjennomsnittlig prosentvis reduksjon i plantevekst ved henholdsvis 10, 30 og 50 % skygge, hvor både effekten av direkte innstråling til planten og effekten av vanntilgang i jorda er regnet med. Sammenlignet med resultatene hvor kun den direkte påvirkningen av innstråling på planten ble tatt med (Tabell 1), ble avlingsreduksjonen nå mindre. Forskjellen mellom regionene var generelt liten, men kom tydeligst til syne ved 50 % reduksjon i solinnstråling frem mot førsteslått. Her ble effekten på Ås og Særheim beregnet til henholdsvis 24 og 26 % redusert avling mens den på Apelsvoll og Kvithamar ble beregnet til henholdsvis 29 og 30 %. Kvithamar skilte seg også ut ved tredjeslått ved 30 % skygge, men en avlingsreduksjon kun på 7 % sammenlignet med henholdsvis 12 og 13 % for Ås og Særheim.

Tabell 2: Prosentvis reduksjon i tørrstoffavling for de tre ulike regionene som et snitt over en femårsperiode, ved henholdsvis 10, 30 og 50 % skygge. De tre verdiene representerer henholdsvis første, andre og tredjeslått, og skygge er antatt å påvirke både innstråling og vanntilgang.

Sted	10 % skygge	30 % skygge	50 % skygge
Apelsvoll	[3 0 3]	[11 4 10]	[29 12 24]
Kvithamar	[3 1 2]	[12 7 7]	[30 15 22]
Ås	[2 2 3]	[9 5 12]	[24 13 25]
Særheim	[2 1 3]	[10 5 13]	[26 12 26]

Våre simuleringer viste at det tapet av solenergi til fotosyntesen som skyggeeffekten vil innebære, vil redusere avlingspotensialet i graseng gitt at det ellers er optimal tilgang på vann og næring. Dette er i samsvar med funnene til Honningdalsnes (2022) og Campana et al. (2021). Avlingsreduksjonen for de tre slåttene varierte mellom 3 og 5 % ved 10 % reduksjon i sollys som nådde plantene, og økte til mellom 26 og 36 % ved 50 % reduksjon. Honningdalsnes (2022) valgte i sine simuleringer å se bort fra skyggens effekt på vanntilgangen grunnet store nedbørmengder og lite tørkestress på lokaliteten han tok utgangspunkt i. Våre modellkjøringer viste at hans antakelse for den ene lokaliteten vil være gyldig for flere steder de fleste årene. Men enkelte år, slik som i 2018 hvor tørkestress på grunn av høy fordamping og lite nedbør var et problem, ville skyggeeffekten kunne redusere avlingstapet. Denne effekten er også vist i andre studier, som Marrou et al. (2013).

Skyggeeffekten i våre simuleringer ble antatt å være like over hele plantedekket. Med mindre solcellepanelene er heldekkende, vil det ikke være slik i praksis. Da vil det i stedet være noen striper uten skyggeeffekt og andre med. Bredden av stripene vil være avhengig av utforming og avstand mellom rekker av paneler. De totale avlingsreduksjonene vil bli bestemt av dette. Honningdalsnes (2022) undersøkte avlingstapet under spesifikke forutsetninger om utforming og avstand, og kom til at

en med vertikale paneler med 12 m avstand mellom radene ville oppnå et avlingspotensial på 87.5 %. Campana et al. (2021) viste til en avlingsreduksjon på 50 % ved å redusere radavstanden mellom installasjonene fra 20 til 5 m for korn- og potetproduksjon i Sverige. Som beskrevet i delkapittel 4.2 vil en tilsvarende reduksjon i radavstand være urealistisk i grasproduksjon med tanke på traktorer og redskaper som skal passere uten heft.

4.2 Driftstekniske utfordringer knyttet til samproduksjon av solkraft og jordbruksvekster

Det vil være flere driftstekniske utfordringer når faste, fysiske installasjoner plasseres på de arealene hvor planteproduksjonen også skal skje. Solkraftverket må tas hensyn til under all kjøring med redskaper og spredning av gjødsel for at det ikke skal skades eller tilsøles. Videre begrenses kjøre-retninger og hvilke redskaper som kan brukes, avhengig av hvilket mønster installasjonene er lagt ut etter og avstanden mellom dem. Drenering/vedlikehold av grøfter kan også bli utfordrende om ikke grøftinga er tilpasset retning og bredde på installasjonene i utgangspunktet.

De rent driftstekniske utfordringene kan senke arbeidskapasiteten og forde en spesialtilpassa redskaps- og maskinpark og dermed øke kostnadene i drifta. I tillegg kommer et tap av produktivt areal som skyldes at en må ha grensesoner uten maskinell drift inn mot installasjonene. Dette arealtapet og størrelsen på det kommer vi ikke inn på her.

Avstanden mellom de jordfaste bæresystemene for solpanelene vil i stor grad bestemme hvor store ulemper de gir for praktisk jordbruksdrift. Radavstanden kan ikke være smalere enn at traktor og redskap kan passere uten heft, og bredden bør gå opp med et helt antall kjøringar med gjeldende redskapsbredde(r). Det siste for at antallet overkjøringar ikke skal bli større enn i vanlig drift og fordi hele radavstanden må dekkas utan vesentlig overlapp. I så måte vil det være ei utfordring at de ulike redskapene på en vanlig driftsenhet ikke har samme arbeidsbredde. I et tenkt eksempel kan harva passe til radavstand på 4 eller 8 m, mens såmaskina passer til en radavstand på 3 eller 6 m og husdyrgjødselsprederen til radavstand på 10 eller 20 m.

I de planlagte anleggene Mæhlum solkraftverk og Seval skog er avstandene mellom installasjonene oppgitt å skulle være henholdsvis 10 m og 4-7 m. Disse ville etter vår vurdering ikke være store nok til å tillate rasjonell korn- og grovfôrproduksjon. Begrunnede minstekrav for noen viktige arbeidsoperasjonar i begge produksjonene følger nedenfor.

Både i eng- og korndyrking inngår ei grunnleggjende jordarbeiding og kalking. Redskapsbreddene for slike operasjonar øker stadig, men med radavstander på 12-15 m kan jordarbeiding være mulig å gjennomføre med utstyr som er i bruk i dag. Å være bundet til en bestemt kjøreretning for alle operasjonar er imidlertid ikke ideelt. Med rekke med faste installasjonar, blir det også vanskelig å praktisere et opplegg for vekslende pløyeretningar, vendeteiger og start- og slutt punkt som anbefalt av for eksempel Mangerud (2009). En må også tenke på om ønska jordarbeiding vil være mulig med nedgravde kablar og andre installasjonar som hører solkraftverket til. Kalking gjøres gjerne av entrepenører med utstyr som har større spredebredde enn 12-15 m.

Etterfølgjende såing/gjødsling med mineralgjødsel og tromling vil også være mulig innenfor denne avstanden, men sprøyting i åker gjøres i dag med utstyr med vesentlig større arbeidsbredde. Overgjødsling med sentrifugalspredere skjer også gjerne med spredradius som langt vil overstige avstanden fra midten av åpningen på 12 m og ut til panelene.

Tresking av korn krever heller ikke bredder over 12-15 m sidene skjærebordene ikke er breiere enn dette, men det er også her viktig at radavstandene totalt passer til et helt antall kjøringar/drag utan urasjonell overlapp.

I engdyrking inngår bruk av husdyrgjødsel, og bommen som brukes til nedlegging av gjødsla ved stripespredning kan godt være opp til 16 m (Figur 4). Går det ikke opp med spreders arbeidsbredde, kan noen slanger sikkert stenges av. Brukes breispredning eller fanespredning fra tankvogn, vil

panelene sannsynligvis lett bli tilsølt av gjødsel med gater smalere enn 15-20 m. Det kan kanskje stilles spørsmål med om det er nødvendig å bruke husdyrgjødsel på engareal hvor det er installert solkraftverk, men i mange områder er det så stor husdyrtetthet at det meste av arealet må tilføres slik gjødsel for å innfri kravene til spredeareal. Å bare bruke mineralgjødsel vil altså ikke være et alternativ.



Figur 4: Slangespredning av husdyrgjødsel med stripespreder. Foto tatt av Jan Karstein Henriksen, Norsk Landbruksrådgiving. Henta fra <https://www.agromiljo.no/slik-handterer-du-blautmokka-nar-gjodselprisen-oket/>

Slått og høsting av eng krever også breie radavstander dersom ekvipasjene av høstestyr som de fleste bruker i dag, skal benyttes. Selv om slåmaskinene kan ha en arbeidsbredde på rundt 3 m, er de ofte sidemontert på traktorene (Figur 5). En må også tenke på at det bør legges opp til et kjøremønster hvor en verken kjører i intakt eng eller i grasstrengen. Brukes finsnitter av typen på Figur 6 til å plukke opp gras fra strengen, må en også regne inn at det skal være plass til traktor med vogn i bredden. Sprede- og samleriver har også gjerne arbeidsbredder i intervallet 5-10 m.

På beiter der høsting bare blir gjort av dyra sjøl, kan avstanden mellom installasjonene være smalere enn det som kreves for maskinell høsting, men beiten skal også fornyes, gjødsles og beitepusses, og det er aktuelt å bekjempe ugras med sprøyting. Alt dette krever bruk av maskiner. Når det gjelder arealtypen innmarksbeiter (AR5), som ikke skal kunne høstes maskinelt, kan disse inngå i spredearealet for husdyrgjødsel (Rogaland), og slik gjødsel må dermed brukes der også. Her brukes sannsynligvis fanespredere som kan søle til solpanelene.



Slepeslåmaskin, Kverneland 4132. Arbeidsbredde, 3,20 m. Enkel slåmaskin med relativt stor kapasitet og lite effektbehov. Maskinen har ikke krimper (stengelknekker) og er derfor avhengig av at en raker sammen graset med rive. Med breispredning oppnår en god fortørrking. Enkel justering av stubbhøyde.

Figur 5: Enkel slepeslåmaskin fra Kverneland. Foto henta fra nettstedet til Bondevennen <https://www.bondevennen.no/aktuelt/kombinerer-stor-kapasitet-og-moderat-vekt/>



Figur 6: Selvgående finsnitter. Foto NIBIO ved Håvard Steinshamn.

Selv om det er mange praktiske begrensninger for jordbruksdrift med faste installasjoner med så liten avstand som i de planlagte anleggene Mæhlum og Seval skog, kan vi ikke avvise at det kan utvikles en spesialtilpasset redskapspark for drift i smale radavstander. Uten at dette gir stor merverdi i form av inntekter fra solkraft eller ekstra tilskudd, er det likevel vanskelig å se for seg at en i samme driftsenhet skal holde seg med dobbelt sett av maskiner og redskap. Både i grovfôr- og kornproduksjonen er det med dagens størrelse på driftsenhetene nødvendig å ha en redskapspark som gir kapasitet til å drifte store arealer innenfor smale tidsvindu. Se for eksempel Hjelkrem et al. (2020) for ei vurdering av hvilken kapasitet som kreves.

Kanskje kunne en tenke seg at det var mulig med sameie av slike spesialtilpassa arbeidslinjer, men gitt deres lave kapasitet og at flere har behov for å få gjort samme typen arbeid samtidig, er dette neppe en foretrukket løsning.

Til slutt skal nevnes at andre som har vurdert hvor breie radavstandene mellom installasjonene bør være for å få til rasjonell drift under norske forhold, har kommet til at de kan være smalere enn det vi har anført. Honningdalsnes (2022) konkluderte at 6 m ofte ville være nok, men nevner at 12 m kan være minimum i noen sammenhenger. Han mente videre at radavstandene kunne være smalere enn 6 m dersom enga bare skulle brukes til beiting, og han gjorde da ingen vurderinger knyttet til jordarbeiding, beitepussing og bruk av husdyrgjødsel på eng og beite.

4.3 Landbruksmessig betydning av nydyrking og etablering av innmarksbeite

For flere av solkraftverkene som nå er til behandling hos NVE, ønsker utbygger å kombinere solkraftproduksjon med landbruksproduksjon i form av grasproduksjon og innmarksbeite.

Det faller utenfor dette oppdraget å vurdere de konkrete konsesjonssøknadene og videre gå gjennom dem ut fra de kriteriene som kommunale myndigheter bruker når de skal godkjenne planene for nydyrking. I stedet vil vi kort belyse noen momenter knyttet til den landbruksmessige betydningen av nydyrking og etablering av innmarksbeite.

På generelt grunnlag vil vi understreke at utenlandske erfaringer med samlokalisering av jordbruksdrift og solkraftproduksjon ikke uten videre kan overføres til norske forhold. De beskrevne positive effektene for plante- og husdyrproduksjon er observert under andre klimatiske forhold og med andre driftsformer og annen arealtilgang enn en finner i Norge.

Også på generelt grunnlag, vil vi si at den landbruksmessige betydningen av nydyrking og økt tilgang på areal til beite og grovfôrproduksjon, må vurderes ut fra lokale forhold, så som avstand til eksisterende driftsenheter med drøvtyggere, deres nåværende og framtidige arealtilgang og fôrbehov, samt forventet kvalitet og produksjonspotensial på de nye arealene.

Å etablere helt nye driftsenheter med bygninger, dyrebesetninger og maskinpark med basis i nydyrka areal (med lavt produksjonspotensial - i hvert fall de første åra) vil være svært krevende. Det må også gjøres markeds- og lønnsomhetsvurderinger før en konkluderer om det er rom for nye husdyrbruk.

Når det gjelder beitebruk med utgangspunkt i eksisterende produksjoner og driftsenheter, bør en også vurdere tilgangen på ledige arealer uten ytterligere nydyrking.

Solkraftverkene Mæhlum og Seval skog i Gjøvik kommune er eksempel på to store solkraftverk, som er til behandling hos NVE, og som ønsker å kombinere kraftproduksjon, grasproduksjon og innmarksbeite. I Gjøvik og nabokommunene er det tilsynelatende store innmarksbeitearealer (etter definisjonen i AR5) som er ledige. Om en summerer innmarksbeitearealet for kommunene Gjøvik, Lillehammer, Nordre Land, Søndre Land, Vestre Toten, og Østre Toten ut fra NIBIOs arealbarometer (2022), kommer en til totalt 4 676 hektar. I 2021 ble det søkt om produksjonstilskudd for 3 430 hektar, og det

betyr at det er godt over 1 200 hektar som ikke brukes til beite i dag. I Gjøvik aleine er det 235 hektar som ikke brukes. Det kan likevel være behov for nye beiter lokalt selv om det tilsynelatende ikke er nok dyr til å utnytte ressursen på kommunalt eller regionalt nivå.

Det skal her også sies at jorda som er planlagt oppdyrka på Mæhlum (49,5 hektar), sannsynligvis vil høre til i arealtypen overflatedyrka areal selv om den av konsesjonssøker omtales som innmarksbeite. Dermed vil den trolig være mer produktiv enn de tradisjonelle innmarksbeitene.

5 Fire bakkemonterte solkraftverk

5.1 Utvalgte solkraftverk

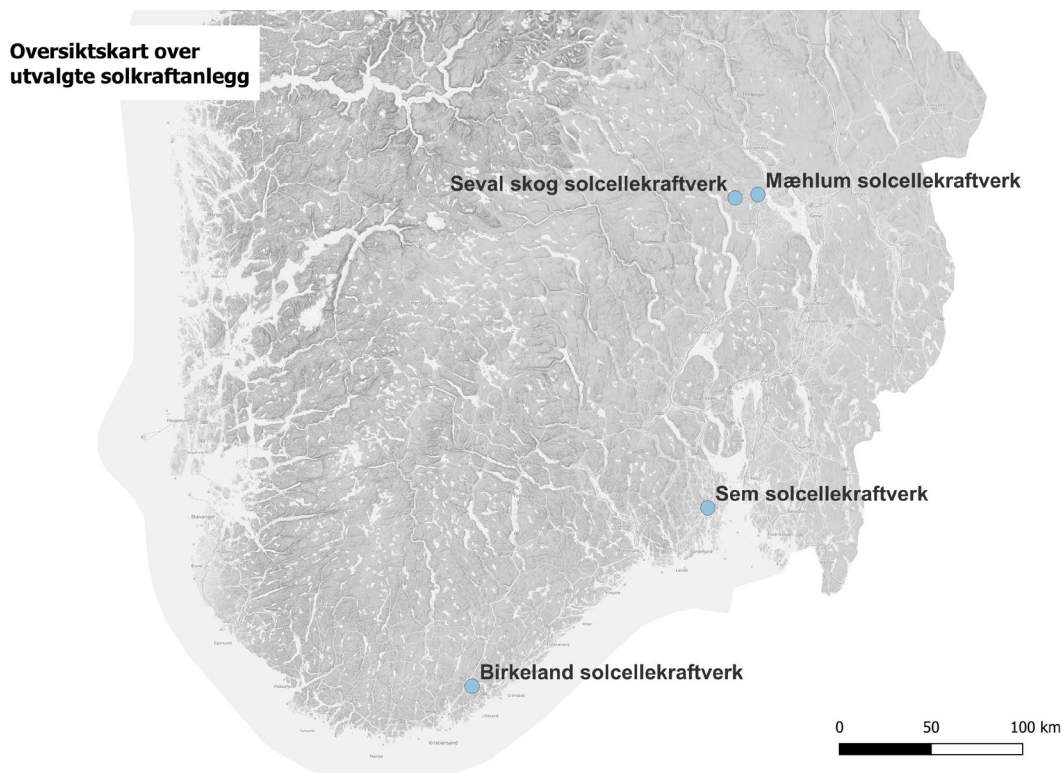
I dette kapittelet har vi plukket ut fire solkraftverk som er under behandling hos NVE og undersøkt hvilke konsekvenser disse anleggene vil ha for skogproduksjon, samt opptak og utslipp av klimagasser.

Solkraftverk er konsesjonspliktige etter energiloven dersom utbygger eller det lokale nettselskapet må etablere høyspenningsanlegg (spenning over 1 kV) for å få kraften ut på nettet. Solkraftverk som trenger konsesjon omfattes av forskrift om konsekvensutredninger. Det betyr at det må lages en konsekvensutredning for alle søknader om solkraftverk som sendes til NVE.

Store solkraftverk er nytt i norsk sammenheng, og det er ennå ikke innført en formell meldingsplikt. NVE legger imidlertid vekt på at meldinger og tilhørende utredningsprogram er hensiktsmessig for alle parter i saker der det kan forventes store virkninger. NVE anbefaler derfor at det alltid fremlegges melding for anlegg med installert effekt over 30 MW.

NVE sine nettsider viser planlagte solkraftverk i Norge og per oktober 2023 var 34 solkraftverk til behandling hos NVE. De fleste av disse anleggene er planlagt i områder som i dag er skog.

Vi har valgt ut fire solkraftverk og sett nærmere på hvilke konsekvenser arealbruksendringene til anleggene vil ha for opptak og utslipp av klimagasser. Vi plukket ut solkraftverkene Mæhlum og Seval skog i Gjøvik kommune. Dette er to store anlegg i skog, der det er meldt inn et ønske om å kombinere solkraftproduksjon med landbruksproduksjon. Videre valgte vi ut Sem solkraftverk, i Tønsberg og Sandefjord kommune, som er planlagt på et skogareal som tidligere var myr. Det siste anlegget vi valgte ut er Birkeland solkraftverk, i Birkenes kommune, som er et mindre anlegg i et område med skog og myr. Figur 7 viser den geografiske plasseringen til de utvalgte solkraftverkene.



Figur 7: Oversiktskart med solkraftverk som undersøkes nærmere i denne rapporten.

I analysene som er utført har vi støttet oss på opplysninger fra melding eller konsesjonssøknad som tiltakshaverne har sendt til NVE. For anleggene på Mæhlum, Seval skog og Sem har vi også fått noe mer informasjon fra tiltakshaver. For eksempel har vi fått geografiske data som inneholder informasjon om utformingen til de tre solkraftverkene. Det er ikke foretatt feltundersøkelser. Tabell 3 viser i hvilken kommune solkraftverkene er planlagt, samt størrelse og status på søknad.

Tabell 3: Nøkkelinio om de fire solkraftverkene som er sett nærmere på i denne rapporten.

Valgte anlegg	Kommune	Status	Areal
Mæhlum solkraftverk	Gjøvik kommune	Melding, utredningsprogram er fastsatt.	50 hektar
Seval skog solkraftverk	Gjøvik kommune	Melding	120 hektar
Sem solkraftverk	Tønsberg og Sandefjord kommune	Melding	56 hektar
Birkeland solkraftverk	Birkenes kommune	Konsesjonssøknad	20 hektar

5.2 Beregning av opptak og utslipp av klimagasser fra nåværende og planlagt endret arealbruk

NIBIO har utviklet en kartbasert klimagasskalkulator for beregning av utslipp og opptak av klimagasser fra arealbruk og arealbruksendringer. Denne kalkulatoren er brukt for å beregne opptak og utslipp av klimagasser som arealbruksendringene ved en mulig etablering av solkraftverkene vil representere.

I den kartbaserte klimagasskalkulatoren kan brukere beregne utslipps- og opptakseffekter fra nåværende arealbruk og planlagte arealbruksendringer. Det gjøres ved å tegne inn et område på kart, eller å laste opp kommuneplan eller en reguleringsplan der arealtall for videreført arealbruk og planlagt arealbruk tilordnes en utslippsfaktor i tråd med metodikken som brukes i det nasjonale og kommunevise klimagassregnskapet for arealbrukssektoren. Den samlede utslippseffekten blir differansen mellom utslippseffekten av samlede utslipp og opptak fra nåværende arealbruk og samlede utslipp og opptak for planlagt arealbruk (NIBIO 2023a). For hvert solkraftverk er det fremstilt en teoretisk fremtidig reguleringsplan med planområde og arealformål med en midlertidig arealformålkode for solkraftverk.

Vegetasjonsfaktor for solkraftverk er utarbeidet konkret for denne utredningen. Vurderingene som er lagt til grunn for faktoren er beskrevet i avsnitt 3.2. For arealformålet solkraftverk med undervegetasjon er det definert vegetasjonsfaktor der andelen nedbygd areal er 10 %. Utbyggingen innebærer fjerning av eksisterende vegetasjon og hel eller delvis planering, flytting og fjerning av jordmasser. Andelen fremtidig vegetasjonsdekke er satt til 90 %. Grad av tresatt areal er satt til 0 %. Skjøtsel av arealet er definert som periodisk.

Kalkulatoren beregner utslipp av klimagasser fra arealbruk og arealbruksendringer og summerer disse i tonn CO₂-ekvivalenter per hektar. Utslippseffekten blir beregnet og gruppert for en periode på 5 år, 20 år og 75 år frem i tid.

Metoden for beregning av utslipp og opptak av klimagasser i kalkulatoren følger retningslinjene fra FN's klimapanel, som brukes i Norges nasjonale klimagassregnskap for arealbrukssektoren. Metodene er tilpasset for å kunne brukes til å vurdere utslipp av både nåværende bruk og planlagt fremtidig bruk

fremover i tid (i motsetning til det nasjonale klimagassregnskapet, hvor det beregnes utslipp og opptak fra historisk arealbruk og arealbruksendringer).

5.2.1 Kartgrunnlaget

Med utgangspunkt i tilgjengelige geografiske data fra tiltakshaverne og offentlige kartdata har vi undersøkt i hvor stor grad arealressursene vil bli påvirket ved etablering av solkraftverkene og hvilke utslipp av klimagasser dette innebærer.

Det er brukt tre kilder til offentlige kartdata som hver for seg representerer de mest detaljerte landsdekkende kartene over arealbruk og arealdekke i Norge og som har ulike bruksformål. Datasettene er FKB-AR5, SR16 og grunnkartet for beregninger av klimagassutslipp fra arealbruk og arealbruksendringer.

FKB-AR5 er et Geovekst-datasett tilpassa målestokk 1:1000 og oppover, og viser arealressursene med vekt på produksjonsgrunnlaget for jord- og skogbruk (NIBIO 2023b). Det er ett detaljert, nasjonalt heldekkende datasett, der landareal er delt inn etter arealtype, skogbonitet, treslag og grunnforhold. Områder over tregrensa er i stor grad uklassifisert. For tilsvarende informasjon om grunnforhold og vegetasjonsdekke i fjellet kan en bruke AR50 (NIBIO 2023c). I prosjektet er det benyttet siste tilgjengelig versjonen av kartet i våre databaser. Datasettet brukes av næringsdrivende og av kommunenes plan- og byggesaksbehandling.

SR16 gir informasjon om skogutbredelsen og skogegenskaper i Norge (NIBIO 2023d). Datasettet er fremstilt gjennom automatisk prosessering og modellering av skogegenskaper. Datasettet er tilgjengelig i en vektor-versjon og en raster-versjon. For våre analyser har vi brukt vektor-versjon med registreringsåret 2022. Datasettet brukes av næringsdrivende og av kommunene i forbindelse med skogbruksplanlegging.

Grunnkartet i klimagasskalkulatoren består av de mest detaljerte og oppdaterte offentlige tilgjengelige kartdata over arealbruk, arealdekke, grunnforhold, jordtyper og klima vi har i Norge (2023a). Det sammenstilte datasettet er fremstilt for bruk i kalkulatoren, men er ikke gjort tilgjengelig for nedlasting. Grunnkartet består av 12 ulike datakilder, herunder SSB arealbruk (SSB 2023), AR5, AR50 og SR16. I tillegg brukes Topografisk norgeskart der det mangler andre datakilder. Datasettet består også av kartdata utviklet å avgrense klimasoner, økologiske soner og referanseverdier for estimert karboninnhold i mineralsk jord til bruk i beregning av utslipp og opptak av klimagasser fra arealbrukssektoren i tråd med anbefaling fra FN's klimapanel (Bárcena m.fl. 2021). Gjeldende datasett er fra 2020 og sammenstiller årsversjoner av de ulike datakildene hentet ved utgangen av 2020.

De ulike datakildene har noe ulike systemer for klassifisering og avgrensning av arealdekke som skog, myr, bebyggelse og åpen fastmark. Spesielt gjelder dette arealer som tilfredsstillende kravet til definisjon av skog, og samtidig tilfredsstillende kravet til organisk jord. Arealtypen «skog» med grunnforhold «organisk jord» slik dette er kartlagt i AR5 blir her oppsummert som skog. Ettersom definisjonen av skog er noe ulike og metoden for datainnsamling er noe ulike, vil skogarealet i SR16 avvike noe fra definisjonen i AR5.

I klimagasskalkulatoren er det brukt avgrensninger av skog fra både AR5, AR50 og SR16 etter bestemte regler for å gi et mest mulig presist bilde av arealbruk og arealdekke over og under tregrensa. Klassifikasjon av grunnforhold er hentet fra AR5. Alle utslippsberegninger er gjort med kartgrunnlaget i kalkulatoren.

5.3 Mæhlum solkraftverk

5.3.1 Etablering av anlegget

Mæhlum solkraftverk er planlagt på et skogområde på om lag 50 hektar på eiendommen 3407- 13/3 i Gjøvik kommune. Energeia Mæhlum AS er tiltakshaver og anlegget vil produsere om lag 40-50 GWh elektrisitet årlig. Dette tilsvarer et årlig strømforbruk til 2 000 til 2 500 husholdninger, om vi tar utgangspunkt i et gjennomsnittlig årsforbruk på 20 000 KWh per husholdning.

Det er meldt inn et ønske om å etablere solkraftverk kombinert med grasproduksjon på eiendommen. Tiltakshaver ønsker å søke konsesjon til et prosjekt som innebærer to separate tiltak som begge krever konsekvensutredning. Det ene er bygging og drift av solkraftverk. Det andre er nydyrking av ca. 50 hektar skog til overflatedyrka areal.

Tiltaket innebærer at skogen avvirknes og stubber graves opp. Stubbene skal flises opp sammen med annet hogstavfall (grot) som blir igjen etter avvirkning. Større steiner graves ned og området planeres. Etter planering tilbakeføres topplaget med jord sammen med groten før såing.

I detaljplan for solkraftverket, oversendt fra tiltakshaver, er det beskrevet at det skal etableres 2,3 km med landbruksvei, i vegklasse 3, i planområdet. Videre er det angitt at det skal legges ned 13,2 km med kabler. Kablene vil graves ned slik at de ligger minst 0,6 meter ned i bakken. Grøftene fylles med sand/grus, der hvor det ikke er steinfri stedegen masse.

Det er planlagt at solcellepanelene skal festes på ca. 2,5 meter høye påler som er stilt i nord-syd-retning med mulighet for rotering fra øst til vest slik at de følger solens gang gjennom dagen. Det er foreløpig planlagt at radene med paneler skal stå med en avstand på 10 meter. En illustrasjon av panelene som skal brukes er gitt i figur 8.



Figur 8: Bilde av solkraftverket som skal etableres i Mæhlum solkraftverk. Solcellepanelene er montert på et stativ med en bevegelig akse som tillater rotasjon med solens gang gjennom dagen. Bildet er hentet fra meldingen som ble sendt til NVE.

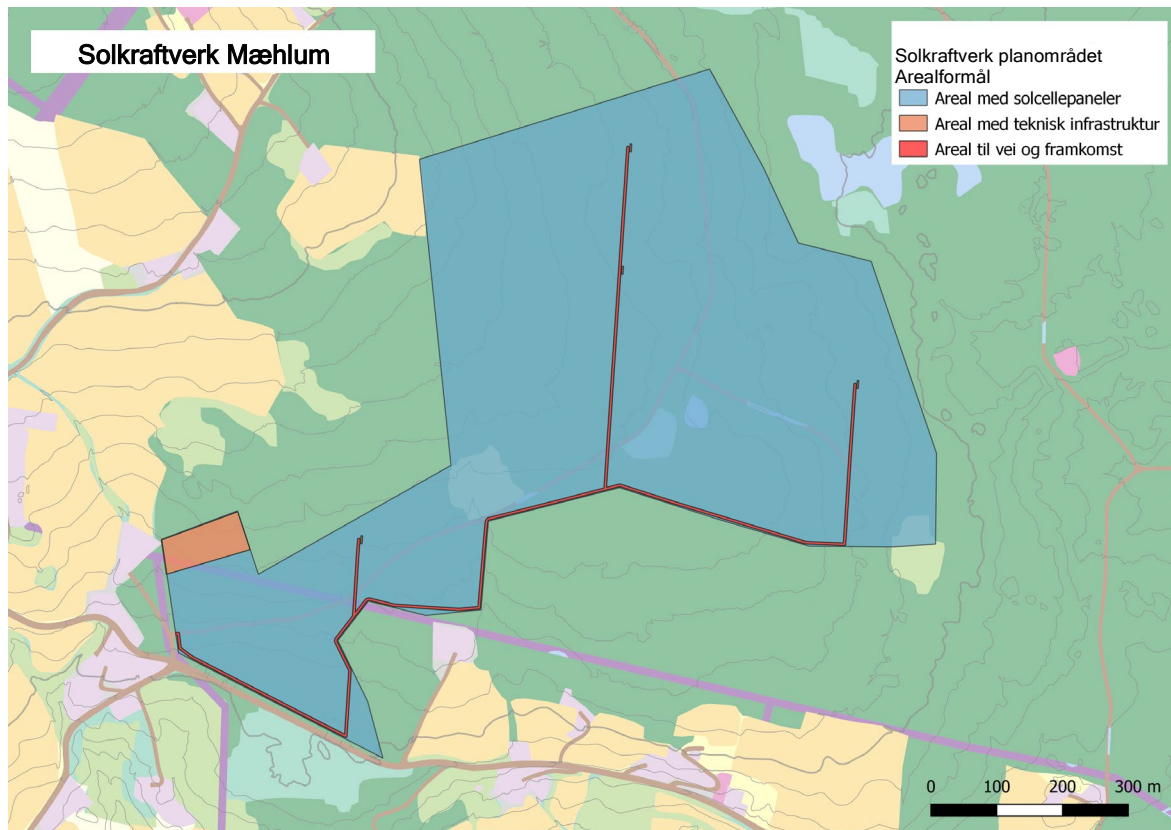
Mæhlum solkraftverk skal etableres på om lag 50 hektar skogareal med produktiv skog av hovedsakelig middels bonitet. For etablering av solkraftverket skal skogen fjernes, og solcellepanelene skal monteres i samdrift med beiteproduksjon. Med utgangspunkt i tilgjengelige geografiske data fra tiltakshaveren og offentlige kartdata som arealressurskartet AR5 og NIBIOs skogressurskart SR16 har vi undersøkt i hvor stor grad arealressursene vil bli påvirket ved etablering av solkraftverket. Vi har brukt planområdet til Mæhlum solkraftverk og har gjennomført en overlappingsanalyse mot AR5. I

tabell 4 ser vi at det er noen andre arealtyper enn skog innenfor planområdet som vil bli berørt. Det er ca. 48 hektar skog som vil bli berørt av tiltaket. I tillegg er det om lag 2 hektar myr som ligger innenfor planområdet. I meldingen til NVE fra tiltakshaveren er myrrealene omtalt. Tiltakshaveren antyder at de ikke planlegger utbygging i disse arealene, og at planområdet dermed kan bli noe mindre. Det er noe fulldyrka areal oppført i tabellen av marginal størrelse. Siden planområdet grenser mot et jordstykke i nord-vest kan dette tilbakeføres til unøyaktigheter i digitalisering av planområdet.

Tabell 4: Arealtypefordeling og grunnforhold innenfor planområdet fra arealressurskartet AR5.

Arealfordeling	Arealstørrelse (hektar)
Planområdet	51
AR5 - arealtype	
Samferdsel	0,53
Myr	2,02
Skog	48,04
Fulldyrka jord	0,02
AR5 - grunnforhold	
Jorddekt	48,06
Organiske jordlag	2,02
Ikke relevant	0,53

Innenfor planområdet skal det settes opp rader med stativer som det monteres solcellepaneler på. Videre planlegges det for å lagre strømmen i batterier som skal plasseres innenfor planområdet. Denne type installasjon kan sammenlignes med trafostasjoner og vekselrettere som skal fordeles på området. I tillegg til denne type infrastruktur skal det etableres adkomstvei innenfor planområdet i vegklasse 3. Med hjelp av dataene vi har fått overlevert av tiltakshaveren beregnet vi arealbeslag til begge disse arealendringene som også inngår i klimagassregnskapet i neste kapittel. Til sammen er det avsatt 7 360 m² til infrastruktur og 9 159 m² til veiareal innenfor planområdet. Figur viser planområdet med planlagt vei og avsatt areal til teknisk infrastruktur.



Figur 9: Oversikt over planområdet og arealbeslag til Mæhlum solkraftverk.

Det er hovedsakelig skogareal som vil bli påvirket av tiltaket. Skogen skal fjernes i sin helhet for å nydyrke arealet til grasproduksjon. Ved hjelp av SR16 vet vi hvordan skogressursene er fordelt innenfor planområdet i dag. Tabell 5 oppsummerer tallene som vi har beregnet gjennom en overlageringsanalyse av planområdet og SR16. Som omtalt i avsnitt 5.2.1 er det noe avvik mellom det totale skogarealet i SR16 og AR5.

For Mæhlum solkraftverk er det hovedsakelig granskog innenfor planområdet. Èn hektar er klassifisert som lauvskog. Den største delen av skogen (28 hektar) anses som skog med høy bonitet. Resterende skogareal (19 hektar) faller innenfor klasser som tildeles middels bonitet. Planområdet kan dermed anses som et areal som er godt egnet for skogproduksjon. Med hjelp av SR16 kan det også avledes informasjon om skogproduksjon. For 2022 er det registrert et tømmervolum på om lag 7 500 m³ som tilsvarer en biomasse på ca. 5 000 tonn. I følge SR16 er det ca. 55 000 trær innenfor planområdet.

Tabell 5: Skogressurser innenfor planområde fra skogressurskart SR16.

SR16	Arealstørrelse (hektar)	Totalverdi
Treslag grandominert	46	
Treslag lauvdominert	1	
Bonitet H11	14	
Bonitet H14	5	
Bonitet H17	28	
Biomasse overjordisk		4 896 tonn
Volum med bark		7 558 m ³
Treantall		55 243 antall trær

5.3.2 Opptak og utslipp av klimagasser

Området hvor solkraftverket på Mæhlum skal etableres er i dag for det meste skog (97 %) på middels til høy bonitet. Rundt 55 % av utslippene vil komme i den første femårsperioden etter etableringen. Dette vil i hovedsak være knyttet til fjerning av levende biomasse og fjerning av død ved. Frem mot 75 år vil det være noe utslipp, dette vil komme fra jordsmonnet. Mineraljord vil ha utslipp i første 20 årsperiode, før jordsmonnet oppnår en ny likevekt. På organisk jord (utgjør 4 %) vil det være utslipp hele 75 årsperioden, fordi det organiske laget brytes ned. Endringer av allerede utbygd areal fra vei og kraftgate i skog til solkraftverk vil i tråd med beregningsmetodikken innebærer et opptak på 6 tonn klimagasser over 5 år og føre til utslipp av 12 tonn klimagasser over 75 år.

Per hektar vil det kumulative utslippet for 5, 20 og 75 år være henholdsvis 618, 632 og 663 tonn CO₂-ekvivalenter. Hvis vi legger til det tapte netto opptaket som følge av etableringen av solkraftverket vil det kumulative utslippet for 5, 20 og 75 år bli henholdsvis 654, 775 og 1.199 tonn CO₂-ekvivalenter. Samlet utslippseffekt av tiltaket vil være 33 067 tonn over 5 år, 39 176 tonn over 20 år og 60 609 tonn over 75 år. De kumulative netto utslippene er oppsummert i Figur .

Plantegn		Hektar	Utslippte tonn på 5 år	Utslippte tonn på 20 år	Utslippte tonn på 75 år
maelum		50,57	33 065,93	39 176,51	60 609,52

Plantegn	Kommune	Arealbruk	Hektar	Tot. CO ₂ på 5 år	Tot. CO ₂ på 20 år	Tot. CO ₂ på 75 år
maelum	3407	Bebyggd	1,39	0,92	3,68	13,81
maelum	3407	Dyrket mark	0,02	-0,00	-0,02	-0,07
maelum	3407	Myr - grøftet	0,02	1,20	4,81	18,04
maelum	3407	Myr - åpen	0,11	-0,00	-0,01	-0,04
maelum	3407	Skog	49,03	-1 807,50	-7 230,02	-27 112,56
			50,57	-1 805,38	-7 221,56	-27 080,82

Plantegn	Kommune	Arealbruk	Arealbruk plan	Hektar	Tot. CO ₂ på 5 år	Tot. CO ₂ på 20 år	Tot. CO ₂ på 75 år
maelum	3407	Bebyggd	Bebyggd	1,38	-6,10	-24,38	12,07
maelum	3407	Bebyggd	Bebyggd - Videreført	0,02	0,00	0,00	0,00
maelum	3407	Dyrket mark	Bebyggd	0,02	0,12	-0,33	-0,33
maelum	3407	Myr - grøftet	Bebyggd	0,02	4,56	9,65	28,32
maelum	3407	Myr - åpen	Bebyggd	0,11	20,42	43,23	126,88
maelum	3407	Skog	Bebyggd	49,03	31 241,55	31 926,78	33 361,76
				50,58	31 260,55	31 954,95	33 528,7

Figur 10: Utslippene knyttet til etablering av solkraftverk på Mæhlum. Utslippene er beregnet ved hjelp av NIBIO sin arealbaserte klimagasskalkulator. Beregningene er delt inn i utslipp ved dagens bruk, utslipp ved gjennomføring av plan og den samlede effekten av tiltaket. Den samlede effekten av tiltaket er differansen mellom utslipp ifølge planen og utslipp etter dagens bruk. Utslippet er beregnet for 5, 20 og 75 år og er oppgitt i CO₂-ekvivalenter. Tall med negativt fortegn er opptak. Overgangen fra bebyggd areal innebærer en eller flere overganger fra en type bebyggd areal til en annen, f.eks. vei til solkraftanlegg.

5.4 Seval skog

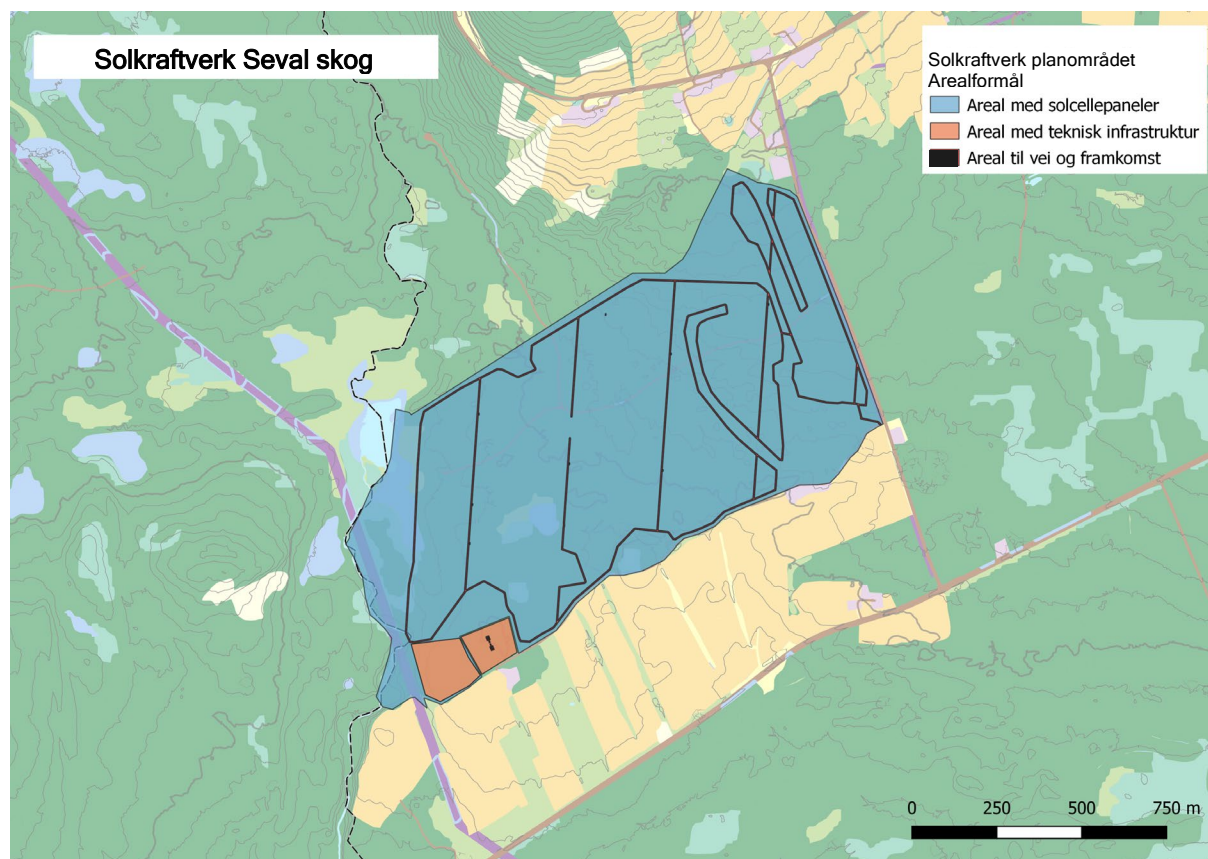
5.4.1 Etablering av anlegget

Seval Skog solkraftverk er planlagt på et område med om lag 100 hektar skog på eiendommen 3407-1/9 i Gjøvik kommune. I vest ligger en liten del av solparken ligger på eiendommen 36/11 i Søndre Land kommune. Tiltakshaver for anlegget er Energeia AS og anlegget vil produsere om lag 130 GWh i året. Dette tilsvarer et årlig strømforbruk til 6 500 husholdninger, om vi tar utgangspunkt i et gjennomsnittlig årsforbruk på 20 000 KWh per husholdning.

Meldingen inneholder også en tidlig varslings om nydyrking av de samme 100 hektar. Det aktuelle området er i dag i hovedsak et skogsområde, og det planlegges å endre dette til overflatedyrka areal. Selve eiendommen er på ca. 121 hektar.

På grunn av kapasitet på mottaksnettet er anlegget på Seval skog redusert noe i størrelse i forhold til hva som ble meldt inn til NVE. Tiltakshaver informerte om at det skal ryddes og planeres 83 hektar og ikke 100 hektar, som var opprinnelig plan.

I detaljplan for solkraftverket, oversendt fra tiltakshaver, er det beskrevet at det skal etableres 11 km med landbruksvei, i vegklasse 3, innenfor planområdet. Veien er planlagt etablert i ytterkant av anlegget med 4 veier i nord/syd-retning inn i området Figur .



Figur 11: Oversikt over planområdet og arealbeslag til Seval skog solkraftverk.

Oversendte detaljplan angir at det skal legges ned 18,9 km med kabler. Kablene vil graves ned slik at de ligger minst 0,6 meter ned i bakken. Grøftene fylles med sand/grus der hvor det ikke er steinfri stedegen masse.

Det er planlagt å sette opp solcellepanel på stativ som vil være 2,5 meter høye. Det vil være fra 4 til 7 meter mellom hver rad av paneler. Tiltakshaveren Energeia AS er den samme som ved Mæhlum solkraftverk. Oppsettet til solcellepanelene inkl. underliggende bærekonstruksjon følger dermed eksemplet som ble gitt i kapittel 5.3.1 (figur 8).

Seval skog solkraftverk skal etableres på en landbrukseiendom på ca. 123 hektar. Planområdet inneholder hovedsakelig skog, men også en del myrareal. Skogen i dette området har både lav, middels og høy bonitet. Ifølge meldingen til NVE skal skogen flatehoges og solcellepanelene skal monteres i samdrift med sauebeite. Etter dialog med tiltakshaveren ble det opplyst om at pålene til stativene så langt det er mulig skal slås ned i bakken uten fundamentering. Med utgangspunkt i tilgjengelige geografiske data fra tiltakshaveren og offentlige kartdata som arealressurskartet AR5 og NIBIOs skogressurskartet SR16 har vi undersøkt i hvor stor grad arealressursene vil bli påvirket ved etablering av solkraftverket.

For Seval skog solkraftverk har vi fått oversendt detaljerte geografiske data som viser hvordan planområdet skal utnyttes for strømproduksjon. Deler av planområdet skal ifølge dataene som vi har fått tilgang til ikke bli berørt av utbygging. Dette er i hovedsak myrareal og på disse arealene vil tiltakshaver ikke sette solcellepanel.

For å analysere påvirkning av arealressursene har vi brukt hele planområdet for Seval skog solkraftverk uten å ta hensyn til mer detaljert informasjon fra tiltakshaveren. Dette for å ha sammenlignbare analyser mellom de fire planområdene som vi vurderer.

Tabell 6: Arealtypefordeling og grunnforhold innenfor planområdet fra arealressurskartet AR5.

Arealfordeling	Arealstørrelse (hektar)
Planområdet	123
AR5 - arealtype	
Samferdsel	0,74
Myr	19,47
Skog	101,93
Fulldyrka jord	0,08
Ferskvann	0,81
Åpen fastmark	0,02
AR5 - grunnforhold	
Jorddekt	102,03
Organiske jordlag	19,47
Ikke relevant	1,22

Det er om lag 100 hektar skog og ca. 20 hektar med myr innenfor planområdet (tabell 6). Myra er i all hovedsak skog på organisk jord. Arealinndelingen er omtalt i avsnitt 5.2.1. Myrarealene er så vidt omtalt i meldingen til NVE fra tiltakshaveren, men er ikke nærmere beskrevet. Påvirkningen av tiltaket på myrarealene er dermed ukjent og må spesifiseres. Tiltakshaveren selv skriver at myrarealene må undersøkes nærmere. Videre er det oppført noen andre arealtyper i tabellen av marginal betydning. Planområdet grenser inn mot Sevalstjernet i nordvest og grenser inn mot jordbruksareal på sørsiden. I dag går en skogsbilveg gjennom planområdet derfor er samferdsel oppført i tabellen med nesten én hektar areal.

I Seval skog solkraftverk er det planlagt å mellomlagre noe av strømmen som produseres i løpet av dagen. I tillegg til stativer med solcellepaneler er det derfor avsatt et større areal i sør-vest av planområdet der teknisk infrastruktur skal plasseres. I figur 11 er de oransje områdene avsatt til slik teknisk infrastruktur. Det venstre området er avsatt til installasjon av vekselrettere og transformatorer

og det høyre området avsatt for å sette opp containere med batterier. Til sammen er det avsatt 4,1 ha til slik teknisk infrastruktur innenfor planområdet. Beiteproduksjon i disse områdene vil nok ikke være mulig. Utover det skal det etableres adkomstvei innenfor planområdet for vedlikehold og drift av både solkraftverket og beiteproduksjon. Adkomstveien er planlagt i vegklasse 3 og vil til sammen beslaglegge et areal på 4,3 ha.

Seval skog solkraftverk er planlagt på et område med granskog. Tabell 7 oppsummerer tall om skogressursene fra SR16. Det totale skogarealet avviker fra tall vi presenterer i AR5. Til sammen er det 113 hektar skog innenfor planområdet ifølge SR16. Dette er noe mer enn AR5 (102 ha) viser. Denne forskjellen kan forklares med at tresatt myr gjelder som skog i SR16. Planområdet er dominert av granskog med noe mindre innslag av furu og blandingsskog. Det er hovedsakelig skog av middels bonitet innenfor planområdet. 95 hektar faller innenfor bonitet H11 og H14. Resterende skogareal står hovedsakelig på areal med lav bonitet. Ved bruk av modellerte egenskapsverdier i SR16 kan vi også avlede informasjon om totale skogverdier for Seval skog solkraftverk. Dermed er det registrert et tømmervolum på ca. 18 000 tonn som tilsvarer en biomasse på om lag 11 800 tonn. Innenfor planområdet står det ca. 135 000 trær.

Tabell 7: Skogressurser innenfor planområde fra skogressurskart SR16.

SR16	Arealstørrelse (hektar)	Totalverdi
Treslag grandominert	108	
Treslag furudominert	2	
Treslag blanding	1	
Treslag lauvdominert	2	
Bonitet H8	16	
Bonitet H11	22	
Bonitet H14	73	
Bonitet H17	2	
Biomasse		11 843 tonn
Volum		17 894 m ³
Treantall		134 711 antall trær

5.4.2 Opptak og utslipp av klimagasser

Solkraftverket på Seval skog skal i hovedsak etableres i områder som i dag er skog (95 %). Skogen består i dag i hovedsak av middels bonitet. Rundt 62 % av utslippene knyttet til etablering av solkraftverket vil skje i løpet av de første fem årene av utslippsberegningen over 75 år og vil i hovedsak være tap av levende biomasse og død ved. Mineraljord på arealet vil ha utslipp over en 20 års periode mens jordsmonnet oppnår en ny likevekt. I den organiske jorda som utgjør 16 % av arealet, vil det være utslipp gjennom hele 75 års perioden. Endringer av allerede nedbygd areal fra vei og kraftgate i skog til solcelleanlegg vil i tråd med beregningsmetodikken innebærer et opptak på 13 tonn klimagasser over 5 år og 22 tonn over 75 år.

Per hektar vil de kumulative utslippene over 5, 20 og 75 år være henholdsvis 579, 619 og 739 tonn CO₂-ekvivalenter. Hvis vi legger til det tapte opptaket vil de kumulative utslippene over 5, 20 og 75 år være henholdsvis 594, 676 og 953 tonn CO₂-ekvivalenter. Samlet utslippseffekt for tiltaket vil være 72 781 tonn over fem år, 82 932 tonn over 20 år og 116 825 tonn over 75 år. Utslippene knyttet til solkraftverket på Seval Skog er oppsummert i figur 12.

▼ Samlet effekt av tiltaket

Plantegn	Hektar	Utslippte tonn på 5 år	Utslippte tonn på 20 år	Utslippte tonn på 75 år
seval	122,62	72 781,32	82 932,53	116 825,2

▼ Utslipp per i dag

Plantegn	Kommune	Arealbruk	Hektar	Tot. CO ₂ på 5 år	Tot. CO ₂ på 20 år	Tot. CO ₂ på 75 år
seval	3407	Bebygd	3,16	1,64	6,56	24,61
seval	3407	Beite - Ekstensivt	0,00	-0,00	-0,00	-0,00
seval	3407	Dyrket mark	0,07	0,18	0,70	2,63
seval	3407	Myr - grøftet	0,20	9,94	39,77	149,13
seval	3407	Myr - åpen	2,56	-0,07	-0,26	-0,99
seval	3407	Skog	115,37	-1 748,47	-6 993,89	-26 227,09
seval	3407	Vann	0,26	-0,01	-0,03	-0,10
seval	3447	Bebygd	0,19	0,00	0,00	0,00
seval	3447	Myr - åpen	0,00	0,00	0,00	-0,00
seval	3447	Skog	0,58	-9,51	-38,05	-142,67
seval	3447	Vann	0,23	-0,01	-0,02	-0,09
			122,62	-1 746,31	-6 985,22	-26 194,57

▼ Utslipp ifølge planen

Plantegn	Kommune	Arealbruk	Arealbruk plan	Hektar	Tot. CO ₂ på 5 år	Tot. CO ₂ på 20 år	Tot. CO ₂ på 75 år
seval	3407	Bebygd	Bebygd	3,13	-13,25	-52,99	-22,10
seval	3407	Bebygd	Bebygd - Videreført	0,03	0,00	0,00	0,00
seval	3407	Beite - Ekstensivt	Bebygd	0,00	0,06	0,08	0,08
seval	3407	Dyrket mark	Bebygd	0,07	0,87	-1,09	-0,11
seval	3407	Myr - grøftet	Bebygd	0,20	80,23	122,19	276,06
seval	3407	Myr - åpen	Bebygd	2,56	856,78	1 386,78	3 330,11
seval	3407	Skog	Bebygd	115,37	69 773,61	74 135,31	86 645,11
seval	3407	Vann	Bebygd	0,26	0,57	2,26	2,26
seval	3447	Bebygd	Bebygd	0,19	0,40	1,61	1,61
seval	3447	Myr - åpen	Bebygd	0,00	0,06	0,14	0,40
seval	3447	Skog	Bebygd	0,58	335,14	350,85	395,04
seval	3447	Vann	Bebygd	0,23	0,54	2,17	2,17
				122,62	71 035,01	75 947,31	90 630,63

Figur 12: Utslippene knyttet til etablering av solkraftverk på Seval skog. Utslippene er beregnet ved hjelp av NIBIO sin arealbaserte klimagasskalkulator. Beregningene er delt inn i utslipp ved dagens bruk, utslipp ved gjennomføring av plan og den samlede effekten av tiltaket. Den samlede effekten av tiltaket er differansen mellom utslipp ifølge planen og utslipp etter dagens bruk. Utslipet er beregnet for 5, 20 og 75 år og er oppgitt i CO₂-ekvivalenter. Utslipp med negativt fortegn er optak.

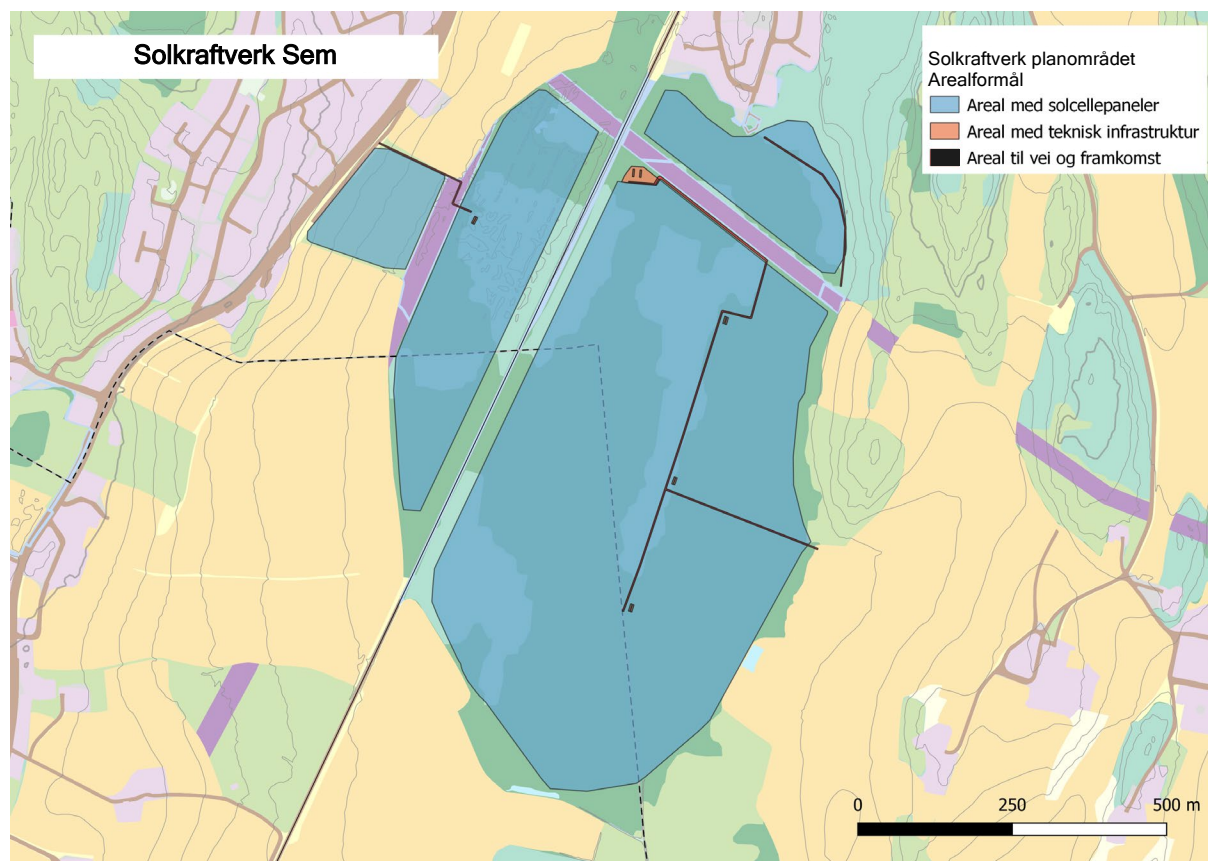
5.5 Sem solkraftverk

5.5.1 Etablering av anlegget

Det er meldt inn ønske om etablering av Sem solkraftverk i området på og rundt Akersmyra i Tønsberg og Sandefjord kommune. Tiltakshaver for anlegget er Fred. Olsen Renewables og anlegget vil produsere om lag 60 GWh i året. Dette tilsvarer et årlig strømforbruk til 3 000 husholdninger, om vi tar utgangspunkt i et gjennomsnittlig årsforbruk på 20 000 kWh per husholdning.

Planområdet er på 56 hektar og ligger på tidligere Akersmyra, som er en drenert myr som i dag brukes til skogproduksjon. Deler av myra er avvirket og ny barskog er plantet.

I meldingen til NVE skriver tiltakshaver at deler av myra kanskje kan restaureres i forbindelse med etableringen av anlegget. Undersøkelser utført av Multiconsult i etterkant konkluderer med at restaurering av myra ikke er tilrådelig. Inngrepene i myra, som grøfting, torvstrøttak og skogplanting, har endret forholdene i så stor grad at det er liten sjanse for at en tilbakeføring til myr vil bli vellykket.



Figur 13: Oversikt over planområdet og arealbeslag til Sem solkraftverk.

Solcellepanelene skal settes opp på stolper som bærer stativer med solcellemoduler. Foreløpig utforming av solkraftverket tilsier at det skal monteres ca. 2000 stativer med sørlig retning innenfor planområdet. Tiltakshaveren skriver at det er homogene grunnforhold som vil forenkle fundamenteringen. Vurderinger fra konsultentselskapet Multiconsult fastslår at det må testes ulike former av fundamentering siden store deler av myra har høyt vanninnhold. Stativene skal være 1,5 – 2 meter over bakken. Endelig høydejustering skal tilpasses lokale snøforhold om vinteren. Figur 14

illustrerer solcellekonstruksjonen med stolpen som rammes i bakken som bærer stativet der det festes solcellemoduler.

Sem solkraftverk skal etableres på et tidligere myrområde som ligger mellom kommunene Tønsberg og Sandefjord. Området ble grøftet på 1950-1960 tallet og ble deretter brukt til skogproduksjon. Planområdet er i underkant av 57 hektar der hele området i dag brukes til skogproduksjon. Det går en toglinje gjennom planområdet som deler området inn i en vestlig og østlig del. Ifølge meldingen som ble sendt til NVE er området nylig blitt hogd og ny granskog plantet. For Sem solkraftverk er det ikke planlagt samproduksjon av solkraft og beite. Med utgangspunkt i plandata fra tiltakshaveren har vi undersøkt med hjelp av AR5 og SR16 hvordan arealressursene er fordelt i planområdet.



Figur 14: Bilde av solkraftverket som skal etableres i Sem solkraftverk. Solcellepanelene er montert på et stativ i sørlig retning. Bildet er hentet fra meldingen som ble sendt til NVE.

Tabell 8 viser tall fra AR5 og indikerer at det er hovedsakelig myr og skogareal innenfor planområdet.

Tabell 8: Arealtypefordeling og grunnforhold innenfor planområdet fra arealressurskartet AR5.

Arealfordeling	Størrelse i hektar
Planområdet	57
AR5 – arealtype	
Myr	53
Skog	4
AR5 – grunnforhold	
Jorddekt	3,76
Organiske jordlag	52,94
Ikke relevant	0,03
Konstruert	0,04

Sem solkraftverk skal ikke ha muligheten å mellomlagre strøm. Dermed trengs det mindre plass til batteri og annen teknisk infrastruktur. Videre er solkraftverket planlagt å være fastmontert i sørretningen uten bevegelige deler. Siden panelene er fastmontert uten rotasjonsmulighet trenger anlegget mindre vedlikehold enn anleggene Seval skog eller Mæhlum. Det vil dermed i mindre grad være nødvendig å bygge ut veinettet i planområdet. Befaringer og eventuelt nødvendig vedlikehold skal gjennomføres med lette kjøretøy (ATV) eller til fots. Vi fått overlevert tall på areal som likevel er avsatt til teknisk infrastruktur (trafo, vekselrettere mm.) og vei. Tall som vi har fått overlevert fra Multiconsult som er konsulent for tiltakshaveren indikerer at det skal beslaglegges 4 091 m² til teknisk

infrastruktur og 10 731 m² til veier med ulik bredde og veiklasse. Det skal etableres to forskjellige typer vei. Muligens vil det bli etablert vei i veiklasse 3 for tilkomst til trafostasjon og annet teknisk infrastruktur. Utover det skal det etableres vei til lette kjøretøy for adkomst innad i anlegget.

Deler av skogen innenfor planområdet ble avvirket i 2020 og 2022, og det er videre planlagt en avvirkning 2023. I denne rapporten har vi brukt SR16-informasjon med registreringsåret 2022 og dette datasettet inneholder ikke informasjon om hogst utført i 2022 og 2023. Denne utredningen skal bygge på nasjonalt tilgjengelig data og det har ikke vært satt av ressurser til feltbefaringer. Tabell 9 presenterer informasjon om skogsituasjonen slik den er representert i SR16 med registreringsår 2022.

SR16 anser tresatt myr i AR5 som skog og dermed er hele klassifisert som skog i SR16 (57 hektar). Tall fra SR16 tilsier at den største delen av skogen var grandominert mens det også var innslag av furu og marginalt med lauvskog. 47 hektar innenfor planområdet er klassifisert som høybonitets skog. Basert på tall fra SR16 sto det fram til avvirkningstidspunktet ca. 5 100 tonn skog med et volum av ca. 8 800 m³. Dette tilsvarer ca. 40 800 trær innenfor området.

Tabell 9: Skogressurser innenfor planområde fra skogressurskart SR16.

SR16	Arealstørrelse i hektar	Totalverdi
Treslag grandominert	32	
Treslag furudominert	22	
Treslag lauvdominert	3	
Bonitet H14	9	
Bonitet H17	44	
Bonitet H20	3	
Biomasse		5 109 tonn
Volum		8 838 m ³
Treantall		40 858 antall trær

5.5.2 Opptak og utslipp av klimagasser

Så godt som hele området på Sem består i dag av arealtypen skog på organisk jord (over 99 %). For en nærmere beskrivelse av arealklassen, se avsnitt 5.2.1.

I løpet av de 5 første årene etter etablering vil da rundt 45 % av det totale utslippet over 75 år slippes ut, dette skyldes i hovedsak tap av levende biomasse og død ved. De første 20 årene vil arealet med mineraljord ha noe utslipp før det oppnår ny likevekt. I organisk jord (utgjør 93 % av arealet) vil det være utslipp gjennom hele 75 års perioden. Det er lite eksisterende nedbygd areal som blir endret som følge av tiltaket. Per hektar vil det over 5, 20 og 75 år være et kumulativt nettoutslipp på henholdsvis 1 036, 1 231 og 1 944 tonn CO₂-ekvivalenter. Hvis vi i tillegg legger til det tapte opptaket vil det være et kumulativt nettoutslipp over 5, 20 og 75 år på henholdsvis 1 063, 1 338, 2 346 tonn CO₂-ekvivalenter. Samlet utslippseffekt for tiltaket vil være 72 781 tonn over fem år, 82 932 tonn over 20 år og 116 825 tonn over 75 år. Utslippene knyttet til solkraftverket på Sem er oppsummert i figur 15.

▼ Samlet effekt av tiltaket

Plantegn	Hektar	Utslippte tonn på 5 år	Utslippte tonn på 20 år	Utslippte tonn på 75 år
sem	56,83	60 404,09	76 048,87	133 336,09

▼ Utslipp per i dag

Plantegn	Kommune	Arealbruk	Hektar	Tot. CO ₂ på 5 år	Tot. CO ₂ på 20 år	Tot. CO ₂ på 75 år
sem	3905	Bebygd	0,02	1,15	4,61	17,29
sem	3905	Beite – Ekstensivt	0,03	-0,00	-0,00	-0,01
sem	3905	Dyrket mark	0,01	0,91	3,66	13,71
sem	3905	Skog	38,46	-1 034,77	-4 139,08	-15 521,55
sem	3905	Vann	0,03	-0,00	-0,00	-0,01
sem	3907	Skog	18,28	-492,24	-1 968,98	-7 383,66
			56,83	-1 524,95	-6 099,79	-22 874,23

▼ Utslipp ifølge planen

Plantegn	Kommune	Arealbruk	Arealbruk plan	Hektar	Tot. CO ₂ på 5 år	Tot. CO ₂ på 20 år	Tot. CO ₂ på 75 år
sem	3905	Bebygd	Bebygd	0,02	0,20	0,81	3,98
sem	3905	Bebygd	Bebygd – Videreført	0,00	0,00	0,00	0,00
sem	3905	Beite – Ekstensivt	Bebygd	0,03	0,67	0,84	0,84
sem	3905	Dyrket mark	Bebygd	0,01	1,94	3,05	7,13
sem	3905	Skog	Bebygd	38,46	39 822,96	47 267,33	74 507,02
sem	3905	Vann	Bebygd	0,03	0,06	0,23	0,23
sem	3907	Skog	Bebygd	18,28	19 053,31	22 676,82	35 942,66
				56,83	58 879,14	69 949,08	110 461,86

Figur 15: Utslippene knyttet til etablering av solkraftverk på Sem. Utslippene er beregnet ved hjelp av NIBIO sin arealbaserte klimagasskalkulator. Beregningene er delt inn i utslipp ved dagens bruk, utslipp ved gjennomføring av plan og den samlede effekten av tiltaket. Den samlede effekten av tiltaket er differansen mellom utslipp ifølge planen og utslipp etter dagens bruk. Utslipet er beregnet for 5, 20 og 75 år og er oppgitt i CO₂-ekvivalenter. Utslipp med negativt fortegn er optak.

5.6 Birkeland solkraftverk

5.6.1 Etablering av anlegget

Birkeland solkraftverk er planlagt sør for Tveide næringspark i Birkenes kommune. Det er inngått avtale med grunneiere på totalt 19,1 hektar, men netto arealbruk forventes å være ca. 14 hektar. Eiendommen hvor anlegget er tenkt plassert består for det meste av furuskog i varierende alder og myr/våtmark. Tiltakshaver er Birkeland Solpark AS og vi har støttet oss på informasjon fra innsendt konsesjonssøknad. Solkraftverket har en forventet årlig energiproduksjon på 11 GWh.

Dette tilsvarer et årlig strømforbruk til 550 husholdninger, om vi tar utgangspunkt i et gjennomsnittlig årsforbruk på 20 000 kWh per husholdning.

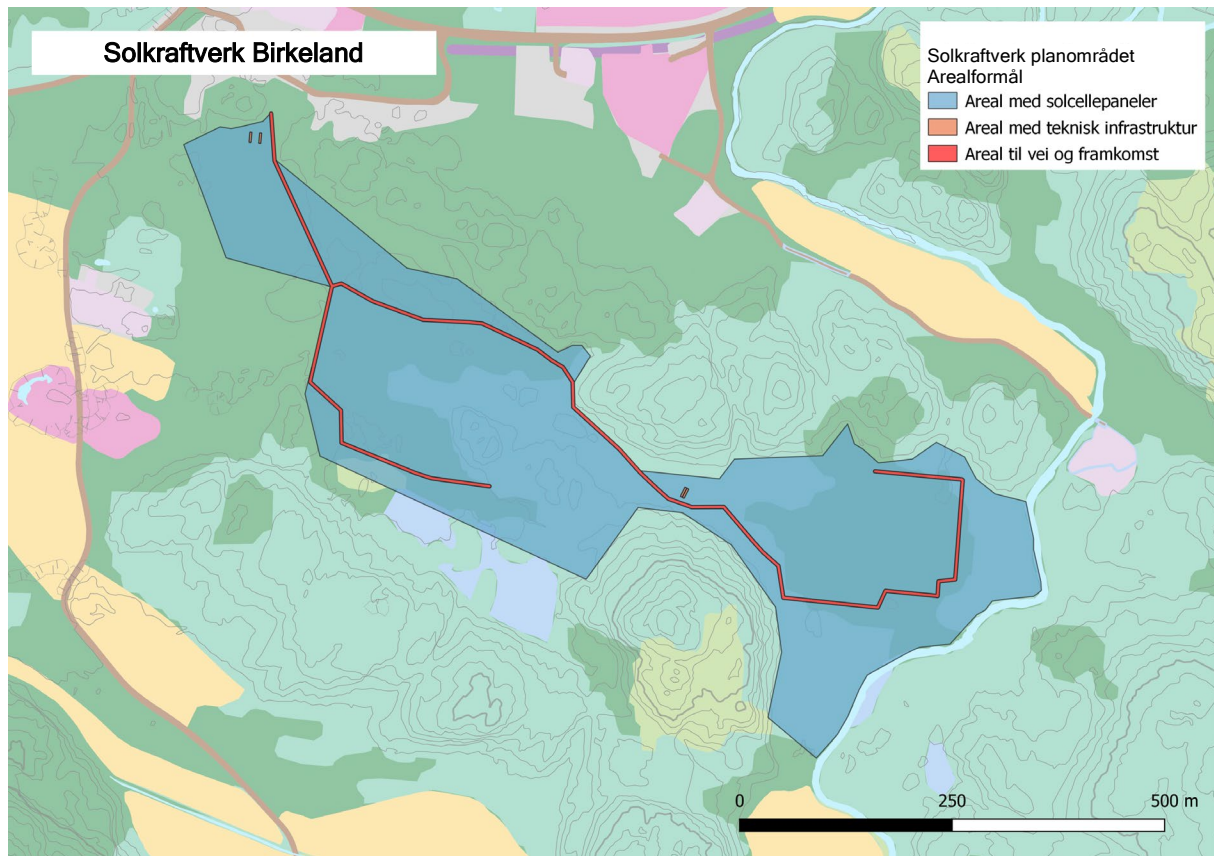
For å etablere anlegget er det planlagt å hogge skogen innenfor planområdet og fjerne og frese opp stubber. Det er et ønske om å kombinere arealbruken med beite, men det er ikke angitt om arealet blir flateplanert etter at stubber er fjernet og frest opp.

Solcellepanelene blir festet til stativer i aluminium og stål. Festesystemet fundamenteres med bjelker som påles ned i bakken og festes med jordskruer som skrues ned i bakken, til en dybde på anslagsvis 1,5 til 2 meter. Solcellepanelene skal ha en radavstand på 8,7 meter. Radavstanden er her oppgitt som avstanden fra forkant av en rad til forkant av neste rad.

Det er sannsynlig at det vil graves en kabelgrøft mellom østre og vestre del av anleggsområdet for tilknytning av de to anleggsområdene. Trasé for denne kabelen er ikke endelig fastsatt. Kablene fra inverterne til transformatorene og videre vil legges i 0,5-1 m dype grøfter. Det forventes at det trengs 3-4 transformatorer inne på anleggsområdet.

Det planlegges å benytte eksisterende vei som adkomstvei. Fra denne veien etableres en ny adkomstvei. Strekningen med ny vei fra solkraftverket til den eksisterende veien er ca. 50 meter (ikke detaljprosjekttert) og det vil bygges en vei i veiklasse 3 (standard for skogsbilveier, gards- og seterveier med moderat til lavt trafikkgrunnlag). Klasse 3 landbruksbilvei innebærer en veibredde på minimum fire meter og består av kjørebane i grus. Utover dette planlegges veier internt i solkraftverket, som vil være dimensjonert for mindre kjøretøy.

For Birkeland solkraftanlegg har vi fått innsyn i konsesjonssøknaden som ble sendt til NVE. I konsesjonssøknaden er det oppført plantegninger som vi har brukt for å digitalisere planområdet, og dermed lage oss egne geografiske data for å kunne analysere planområdet. Vi digitaliserte og georefererte både yttergrensen av planområdet og vegareal som er synlig i planskissene. Det var ikke gitt informasjon om hvilke arealbeslag teknisk infrastruktur utgjør innenfor planområdet. Vi har estimert arealbeslaget basert på de tre andre solkraftverkene.



Figur 16: Oversikt over planområdet og arealbeslag til Birkeland solkraftverk.

Basert på vårt eget digitaliserte planområde beregnet vi at solkraftverket skal etableres på ca. 20 hektar (figur 16). Dermed er Birkeland solkraftverket betydelig mindre enn de andre solkraftverkene vi har undersøkt. Vårt digitaliserte planområde er allikevel noe større enn arealtallet som tiltakshaveren oppgir i konsesjonssøknaden. Dette kan være relatert til unøyaktigheter og feil i digitaliseringsprosess. Allikevel ser vi det som nyttig å gjennomføre en overlappingsanalyse av vårt planområde mot AR5 og SR16 for å få en forståelse om arealressursene som vil bli påvirket av tiltaket.

Innenfor planområdet er det hovedsakelig skog som dominerer. Noen steder i planområdet er det myr og våtmark. Tiltakshaveren omtaler disse myrarealene i konsesjonssøknaden og planlegger ikke utbygging der det er myr. Dette for å redusere negative virkning og inngrep i størst mulig grad. Skogen rundt myrene er stor sett gran og furuskog. Der er planlagt å avvirke skogen, og etablere solkraftverk i samproduksjon med beite for sau.

Tabell 10 viser arealbeslagene for Birkeland solkraftverk. Innenfor planområdet er det ingen andre arealbrukskategorier enn skog og noe myr. Veien som vi har digitalisert ved hjelp av planskissen antar vi skal være en skogsbilvei for adkomst innad i solkraftverket. Denne veien med 4 meter bredde vil beslaglegge et areal på ca. 0,7 ha. Siden Birkeland solkraftverk skal etableres på et areal som er om lag halvparten så stort som f.eks. Mæhlum eller Sem solkraftverk antar vi at det trengs mindre plass for teknisk infrastruktur. I konsesjonssøknaden er det omtalt at det skal settes opp tre til fire transformatorstasjoner. Dermed antar vi at det vil bli beslaglagt et areal på ca. 0,3 ha der slike installasjoner skal settes opp.

Tabell 10: Arealtypefordeling og grunnforhold innenfor planområdet fra arealressurskartet AR5.

Arealfordeling	Størrelse i hektar
Planområdet	20
AR5 - arealtype	
Myr	2
Skog	18
AR5 - grunnforhold	
Jorddekt	16,58
Organiske jordlag	3,21
Grunnlendt	0,15
Ikke relevant	0,03

Birkeland solkraftverk er søkt etablert på et område med hovedsakelig skogdrift. Basert på tall fra SR16 er det gran som er dominerende treslag innenfor planområde (tabell 11). I tillegg er det ca. 6 hektar med furuskog og litt lauvskog fordelt i område. Tiltakshaveren omtaler furu som dominerende treslag innenfor område. I konsesjonssøknaden er skogbonitet og dermed produktiveten ikke omtalt. Allikevel har tiltakshaveren omtalt produksjonskapasiteten i konsekvensutredningen som vi har fått tilgang til. Det heter der at det hovedsakelig er skog av høy bonitet innenfor området, og at denne skogen vil gå tapt ved gjennomføring av tiltaket. Basert på tall fra SR16 kan vi bekrefte det. Største andelen av skog står på areal med bonitet H17 og H20 som tilsvarer høy bonitet skog. Videre er det 7 hektar med middels bonitet ifølge SR16. Vi har også beregnet totale verdier til skogen i området med hjelp av SR16. Dermed har skogen innenfor planområdet en biomasse på ca. 1 800 tonn som tilsvarer et volum på rundt 0,29 ha. Det står rundt 22 000 trær per i dag som vil bli avvirket ved gjennomføring av tiltaket.

Tabell 11: Skogressurser innenfor planområde fra skogressurskart SR16.

SR16	Arealstørrelse i hektar	Totalverdi
Treslag grandominert	13	
Treslag furudominert	6	
Treslag lauvdominert	1	
Bonitet H11	1	
Bonitet H14	6	
Bonitet H17	12	
Bonitet H20	1	
Biomasse		1 783 tonn
Volum		2 877 m ³
Treantall		21 879 antall trær

5.6.2 Opptak og utslipp av klimagasser

Solkraftverket på Birkeland er planlagt etablert i et område som hovedsakelig består av skog på middels til høy bonitet (over 99 %). 50 % av utslippene vil skje de første fem av de 75 årene i utslippsberegningen. Dette vil i hovedsak være knyttet til fjerning av levende biomasse og fjerning av død ved. Frem mot 75 år vil det være noe utslipp, i de første 20 årene skyldes dette utslipp i mineraljord, mens over hele tidsperioden vil dette være utslipp knyttet til nedbryting av organisk jord (utgjør 16 % av arealet). Per hektar vil det kumulative nettutslippet for 5, 20 og 75 år henholdsvis være 666, 705 og 826 tonn CO₂-ekvivalenter. Hvis vi legger til det tapte opptaket så vil det kumulative nettutslippet for 5, 20 og 75 år være henholdsvis 695, 821 og 1 260 tonn CO₂-ekvivalenter. Samlet

utslippseffekt for tiltaket vil være 13 874 tonn over fem år, 16 387 tonn over 20 år og 25 156 tonn over 75 år. Utslippene knyttet til solkraftverket på Birkeland er oppsummert i Figur .

Dersom solkraftverk blir etablert på eksisterende infrastruktur, som for eksempel i et steinbrudd eller på en parkeringsplass, vil man unngå utslippene som oppstår ved arealbruksendringer fra skog til infrastruktur av denne typen. For eksempel om solkraftverket som er planlagt i Birkeland, på 20 hektar, blir etablert på allerede utbygde areal, vil klimagassutslippene ved etablering av anlegget reduseres med 13 000 tonn CO₂-ekvivalenter de fem første årene.

Plantegn		Hektar	Utslippte tonn på 5 år	Utslippte tonn på 20 år	Utslippte tonn på 75 år
birkeland		19,97	13 874,2	16 387,31	25 155,7

Plantegn	Kommune	Arealbruk	Hektar	Tot. CO ₂ på 5 år	Tot. CO ₂ på 20 år	Tot. CO ₂ på 75 år
birkeland	4216	Myr - grøftet	0,04	2,15	8,61	32,30
birkeland	4216	Myr - åpen	0,03	-0,00	-0,00	-0,01
birkeland	4216	Skog	19,87	-579,67	-2 318,68	-8 695,05
birkeland	4216	Vann	0,03	-0,00	-0,00	-0,01
			19,97	-577,52	-2 310,07	-8 662,77

Plantegn	Kommune	Arealbruk	Arealbruk plan	Hektar	Tot. CO ₂ på 5 år	Tot. CO ₂ på 20 år	Tot. CO ₂ på 75 år
birkeland	4216	Myr - grøftet	Bebygd	0,04	8,16	17,28	50,70
birkeland	4216	Myr - åpen	Bebygd	0,03	11,10	16,83	37,83
birkeland	4216	Skog	Bebygd	19,87	13 277,37	14 042,92	16 404,19
birkeland	4216	Vann	Bebygd	0,03	0,05	0,21	0,21
				19,97	13 296,68	14 077,24	16 492,93

Figur 17: Utslippene knyttet til etablering av solkraftverk på Birkeland. Utslippene er beregnet ved hjelp av NIBIO sin arealbaserte klimagasskalkulator. Beregningene er delt inn i utslipp ved dagens bruk, utslipp ved gjennomføring av plan og den samlede effekten av tiltaket. Den samlede effekten av tiltaket er differansen mellom utslipp ifølge planen og utslipp etter dagens bruk. Utslippet er beregnet for 5, 20 og 75 år og er oppgitt i CO₂-ekvivalenter. Utslipp med negativt fortegn er opptak.

6 Litteraturreferanse

- Andreasson, I., Holmquist, M. (2022). Växtodling i kombination med solelproduktion. Sveriges lantbruksuniversitet, SLU. Dept. of Biosystems and Technology. 37 s. <https://stud.epsilon.slu.se/18172/>
- Bárcena, T.G., Dalsgaard, L., Strand, L.T., Mohr, C.W., Bjørkelo, K., Eriksen, R., Søgaard, G. A Tier 1 methodology for estimating changes in soil organic carbon after land use change on mineral soil. NIBIO Rapport 7 (149) 2021. <https://hdl.handle.net/11250/2732255>
- Campana, P.E., Stridh, B., Amaducci, S., Colauzzi, M. (2021). Optimisation of vertically mounted agrivoltic systems. *Journal of Cleaner Production*. 325. 18 s. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129091>
- Energifakta Norge. (2022, 13. mai). *Kraftproduksjon*. Energifaktanorge.no. <https://energifaktanorge.no/norsk-energiforsyning/kraftforsyningen/>
- Hjelkrem, A.G.R., Fagerström, J., Kvalbein, L. and Bakken, A.K. (2020). Potential for replacing fossil energy by local PV energy for field and transport work in Norwegian farming. NIBIO Report 6 (169). <https://hdl.handle.net/11250/2720109>
- Hjelkrem, A.G.R., Geipel, J., Bakken, A.K., Korsæth, A. (2023). NORNE, a process-based grass growth model accounting for within-field soil variation using remote sensing for in-season corrections. *Ecological modelling*. 483. 14 s. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2023.110433>
- Honningdalsnes, E.H. (2022). Autonomous Optimization of Agrivoltic Systems in Norway. Master Thesis. NTNU. <https://app.cristin.no/results/show.jsf?id=2213391>
- IPCC. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme*. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. & Tanabe K. (Red.). IGES, Japan. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>
- IPCC. (2019). *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize, S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. and Federici, S. (red.). IPCC, Sveits. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>
- Mangerud, K. (2009). Veien til bedre pløying: - en veiledning. Høgskolen i Innlandet. Oppdragsrapport nr. 4 – 2009. <http://hdl.handle.net/11250/133653>
- Marrou, H., Guillioni, L., Dufour, L., Dupraz, C., Wery, J. (2013). Microclimate under agrivoltic systems: Is crop growth rate affected in the partial shade of solar panels? *Agricultural and Forest Meteorology*. 177. 117-132 s. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2013.04.012>
- Miljødirektoratet, Statistisk sentralbyrå & Norsk institutt for bioøkonomi. (2023). *Greenhouse Gas Emissions 1990 – 2021, National Inventory Report*. (Rapport M-2507). Miljødirektoratet. <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2023/mars-2023/greenhouse-gas-emissions-1990-2021/>
- NIBIO (2023a). Kartbasert klimagasskalkulator for arealbrukssektoren. <https://nibio.no/tjenester/kartbasert-klimagasskalkulator-for-arealbrukssektoren?>
- NIBIO (2023b). FKB-AR5. <https://www.nibio.no/tema/jord/arealressurser/arealressurskart-ar5?>
- NIBIO (2023c). AR50 <https://www.nibio.no/tema/jord/arealressurser/ar50?>
- NIBIO (2023d). Skogressurskart (SR16). SR <https://www.nibio.no/tema/skog/kart-over-skogressurser/skogressurskart-sr16?>
- NOU 2023:3. (2023). Mer av alt raskere. Olje- og energidepartementet. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2023-3/id2961311/>
- NVE. (2023, 20. juli). *Solkraft*. NVE.no. <https://www.nve.no/energi/energisystem/solkraft/>
- NVE. (2023, 20. juli). *Strømforbruk i Norge har lavt klimagassutslipp*. NVE.no. <https://www.nve.no/nytt-fra-nve/nyheter-energi/stromforbruk-i-norge-har-lavt-klimagassutslipp/>
- SSB 2023: SSB arealbruk. <https://kartkatalog.geonorge.no/metadata/arealbruk-2022/a965a979-c12a-4b26-90a0-f09de47dbecd>

Vedlegg 1

Table 1. Kumulativ netto utslipp i tonn CO₂-ekv. per ha for arealbruksendring fra skog til solkraftverk på mineraljord. Netto utslippet er presentert som et min-max intervall for hver gruppe.

bonitetsklasse	IPCC klimaregion	økologisk sone	5 år	20 år	75 år
U	Boreal Dry	Boreal Mountain System	167 - 168	171 - 172	171 - 172
U	Boreal Dry	Boreal Tundra Woodland	167 - 329	171 - 335	171 - 335
U	Boreal Moist	Boreal Coniferous Forest	169 - 307	173 - 313	173 - 313
U	Boreal Moist	Boreal Mountain System	169 - 320	173 - 326	173 - 326
U	Cool Temperate Dry	Temperate Steppe	212 - 275	213 - 277	213 - 277
U	Cool Temperate Moist	Temperate Continental Forest	217 - 423	221 - 430	221 - 430
U	Cool Temperate Moist	Temperate Mountain System	131 - 291	135 - 298	135 - 298
U	Cool Temperate Moist	Temperate Oceanic Forest	189 - 245	194 - 251	194 - 251
U	Polar Moist	Polar	168 - 169	171 - 172	171 - 172
L	Boreal Dry	Boreal Tundra Woodland	220 - 403	225 - 409	225 - 409
L	Boreal Moist	Boreal Coniferous Forest	222 - 381	226 - 387	226 - 387
L	Boreal Moist	Boreal Mountain System	222 - 419	225 - 425	225 - 425
L	Cool Temperate Dry	Temperate Mountain System	188 - 349	189 - 350	189 - 350
L	Cool Temperate Dry	Temperate Steppe	285 - 329	286 - 331	286 - 331
L	Cool Temperate Moist	Temperate Continental Forest	271 - 521	273 - 528	273 - 528
L	Cool Temperate Moist	Temperate Mountain System	186 - 389	191 - 396	191 - 396
L	Cool Temperate Moist	Temperate Oceanic Forest	243 - 344	248 - 349	248 - 349
M	Boreal Dry	Boreal Tundra Woodland	466 - 467	473 - 474	473 - 474
M	Boreal Moist	Boreal Coniferous Forest	444 - 445	450 - 451	450 - 451
M	Cool Temperate Dry	Temperate Mountain System	288 - 414	289 - 415	289 - 415
M	Cool Temperate Dry	Temperate Steppe	350 - 428	351 - 430	351 - 430
M	Cool Temperate Moist	Temperate Continental Forest	370 - 567	370 - 574	370 - 574
M	Cool Temperate Moist	Temperate Mountain System	286 - 435	292 - 442	292 - 442
M	Cool Temperate Moist	Temperate Oceanic Forest	343 - 390	348 - 396	348 - 396
H	Cool Temperate Dry	Temperate Steppe	410 - 519	411 - 521	411 - 521
H	Cool Temperate Moist	Temperate Continental Forest	462 - 686	467 - 693	467 - 693
H	Cool Temperate Moist	Temperate Oceanic Forest	429 - 508	435 - 515	435 - 515

Table 2. Kumulativ netto utslipp i tonn CO₂-ekv. per ha for arealbruksendring fra skog til solkraftverk på organisk jord. Netto utslippet er presentert som et min-max intervall for hvert gruppe.

bonitetsklasse	IPCC klimaregion	økologisk sone	5 år	20 år	75 år
	Boreal Dry	Boreal Mountain System	387 - 607	701 - 921	1851 - 2071
U	Boreal Dry	Boreal Tundra Woodland	387 - 768	701 - 1082	1851 - 2232
U	Boreal Moist	Boreal Coniferous Forest	390 - 746	704 - 1060	1854 - 2210
U	Boreal Moist	Boreal Mountain System	390 - 759	704 - 1073	1854 - 2223
U	Cool Temperate Dry	Temperate Steppe	399 - 681	609 - 890	1378 - 1659
U	Cool Temperate Moist	Temperate Continental Forest	404 - 827	613 - 1037	1382 - 1806
U	Cool Temperate Moist	Temperate Mountain System	318 - 695	528 - 905	1297 - 1674
U	Cool Temperate Moist	Temperate Oceanic Forest	375 - 650	585 - 860	1354 - 1629
U	Polar Moist	Polar	390 - 610	704 - 923	1854 - 2074
L	Boreal Dry	Boreal Tundra Woodland	441 - 842	755 - 1156	1905 - 2306
L	Boreal Moist	Boreal Coniferous Forest	444 - 820	757 - 1133	1907 - 2283
L	Boreal Moist	Boreal Mountain System	444 - 858	757 - 1172	1907 - 2322
L	Cool Temperate Dry	Temperate Mountain System	375 - 755	585 - 965	1354 - 1734
L	Cool Temperate Dry	Temperate Steppe	473 - 734	682 - 944	1451 - 1713
L	Cool Temperate Moist	Temperate Continental Forest	457 - 926	667 - 1135	1436 - 1904
L	Cool Temperate Moist	Temperate Mountain System	372 - 794	581 - 1003	1350 - 1772
L	Cool Temperate Moist	Temperate Oceanic Forest	429 - 749	638 - 958	1407 - 1727
M	Boreal Dry	Boreal Tundra Woodland	687 - 907	1000 - 1220	2151 - 2370
M	Boreal Moist	Boreal Coniferous Forest	664 - 884	978 - 1198	2128 - 2348
M	Cool Temperate Dry	Temperate Mountain System	475 - 820	685 - 1030	1454 - 1799
M	Cool Temperate Dry	Temperate Steppe	537 - 834	747 - 1044	1516 - 1813
M	Cool Temperate Moist	Temperate Continental Forest	557 - 971	767 - 1181	1536 - 1950
M	Cool Temperate Moist	Temperate Mountain System	471 - 839	681 - 1049	1450 - 1818
M	Cool Temperate Moist	Temperate Oceanic Forest	528 - 794	738 - 1004	1507 - 1773
H	Cool Temperate Dry	Temperate Steppe	597 - 925	807 - 1135	1576 - 1903
H	Cool Temperate Moist	Temperate Continental Forest	648 - 1090	858 - 1300	1626 - 2069
H	Cool Temperate Moist	Temperate Oceanic Forest	615 - 913	825 - 1123	1594 - 1891

Table 3. Kumulativ netto utslipp i tonn CO₂-ekv. per ha for gjenværende skog på mineraljord. Netto utslippet er presentert som et min-max interval for hver gruppe.

bonitetsklasse	IPCC klimaregion	økologisk sone	5 år	20 år	75 år
U	Boreal Dry	Boreal Mountain System	-3 - -2	-9 - -8	-33 - -32
U	Boreal Dry	Boreal Tundra Woodland	-5 - -2	-20 - -8	-73 - -32
U	Boreal Moist	Boreal Coniferous Forest	-5 - -2	-20 - -8	-73 - -32
U	Boreal Moist	Boreal Mountain System	-6 - -2	-24 - -8	-87 - -32
U	Cool Temperate Dry	Temperate Steppe	-5 - -2	-20 - -8	-73 - -32
U	Cool Temperate Moist	Temperate Continental Forest	-6 - -2	-24 - -8	-87 - -32
U	Cool Temperate Moist	Temperate Mountain System	-6 - -2	-24 - -8	-87 - -32
U	Cool Temperate Moist	Temperate Oceanic Forest	-6 - -2	-24 - -8	-87 - -32
U	Polar Moist	Polar	-3 - -2	-9 - -8	-33 - -32
L	Boreal Dry	Boreal Tundra Woodland	-8 - -6	-31 - -26	-115 - -99
L	Boreal Moist	Boreal Coniferous Forest	-8 - -6	-31 - -26	-115 - -99
L	Boreal Moist	Boreal Mountain System	-11 - -6	-41 - -26	-151 - -99
L	Cool Temperate Dry	Temperate Mountain System	-8 - -6	-31 - -26	-115 - -99
L	Cool Temperate Dry	Temperate Steppe	-11 - -6	-41 - -26	-151 - -99
L	Cool Temperate Moist	Temperate Continental Forest	-11 - -6	-41 - -26	-151 - -99
L	Cool Temperate Moist	Temperate Mountain System	-11 - -6	-41 - -26	-151 - -99
L	Cool Temperate Moist	Temperate Oceanic Forest	-11 - -6	-41 - -26	-151 - -99
M	Boreal Dry	Boreal Tundra Woodland	-18 - -17	-69 - -68	-257 - -256
M	Boreal Moist	Boreal Coniferous Forest	-18 - -17	-69 - -68	-257 - -256
M	Cool Temperate Dry	Temperate Mountain System	-22 - -17	-85 - -68	-316 - -256
M	Cool Temperate Dry	Temperate Steppe	-22 - -17	-85 - -68	-316 - -256
M	Cool Temperate Moist	Temperate Continental Forest	-22 - -17	-85 - -68	-316 - -256
M	Cool Temperate Moist	Temperate Mountain System	-22 - -17	-85 - -68	-316 - -256
M	Cool Temperate Moist	Temperate Oceanic Forest	-22 - -17	-85 - -68	-316 - -256
H	Cool Temperate Dry	Temperate Steppe	-52 - -28	-205 - -112	-768 - -421
H	Cool Temperate Moist	Temperate Continental Forest	-52 - -28	-205 - -112	-768 - -421
H	Cool Temperate Moist	Temperate Oceanic Forest	-52 - -28	-205 - -112	-768 - -421

Table 4. Kumulativ netto utslipp i tonn CO₂-ekv. per ha for gjenværende skog på udrenert organisk jord. Netto utslippet er presentert som et min-max interval for hver gruppe.

bonitetsklasse	IPCC klimaregion	økologisk sone	5 år	20 år	75 år
U	Boreal Dry	Boreal Mountain System	-2 - -1	-8 - -7	-29 - -28
U	Boreal Dry	Boreal Tundra Woodland	-3 - -1	-12 - -7	-42 - -28
U	Boreal Moist	Boreal Coniferous Forest	-3 - -1	-12 - -7	-42 - -28
U	Boreal Moist	Boreal Mountain System	-4 - -1	-14 - -7	-53 - -28
U	Cool Temperate Dry	Temperate Steppe	-3 - -1	-12 - -7	-42 - -28
U	Cool Temperate Moist	Temperate Continental Forest	-4 - -1	-14 - -7	-53 - -28
U	Cool Temperate Moist	Temperate Mountain System	-4 - -1	-14 - -7	-53 - -28
U	Cool Temperate Moist	Temperate Oceanic Forest	-4 - -1	-14 - -7	-53 - -28
U	Polar Moist	Polar	-2 - -1	-8 - -7	-29 - -28
L	Boreal Dry	Boreal Tundra Woodland	-7 - -5	-25 - -23	-91 - -88
L	Boreal Moist	Boreal Coniferous Forest	-7 - -5	-25 - -23	-91 - -88
L	Boreal Moist	Boreal Mountain System	-8 - -5	-32 - -23	-118 - -88
L	Cool Temperate Dry	Temperate Mountain System	-7 - -5	-25 - -23	-91 - -88
L	Cool Temperate Dry	Temperate Steppe	-8 - -5	-32 - -23	-118 - -88
L	Cool Temperate Moist	Temperate Continental Forest	-8 - -5	-32 - -23	-118 - -88
L	Cool Temperate Moist	Temperate Mountain System	-8 - -5	-32 - -23	-118 - -88
L	Cool Temperate Moist	Temperate Oceanic Forest	-8 - -5	-32 - -23	-118 - -88
M	Boreal Dry	Boreal Tundra Woodland	-14 - -13	-56 - -55	-208 - -207
M	Boreal Moist	Boreal Coniferous Forest	-14 - -13	-56 - -55	-208 - -207
M	Cool Temperate Dry	Temperate Mountain System	-17 - -13	-66 - -55	-247 - -207
M	Cool Temperate Dry	Temperate Steppe	-18 - -13	-69 - -55	-257 - -207
M	Cool Temperate Moist	Temperate Continental Forest	-18 - -13	-69 - -55	-257 - -207
M	Cool Temperate Moist	Temperate Mountain System	-18 - -13	-69 - -55	-257 - -207
M	Cool Temperate Moist	Temperate Oceanic Forest	-18 - -13	-69 - -55	-257 - -207
H	Cool Temperate Dry	Temperate Steppe	-43 - -24	-171 - -96	-641 - -360
H	Cool Temperate Moist	Temperate Continental Forest	-43 - -24	-171 - -96	-641 - -360
H	Cool Temperate Moist	Temperate Oceanic Forest	-43 - -24	-171 - -96	-641 - -360

Table 5. Kumulativ netto utslipp i tonn CO₂-ekv. per ha for gjenværende skog på drenert organisk jord. Netto utslippet er presentert som et min-max interval for hver gruppe.

bonitetsklasse	IPCC klimaregion	økologisk sone	5 år	20 år	75 år
U	Boreal Dry	Boreal Mountain System	5 - 6	22 - 23	84 - 85
U	Boreal Dry	Boreal Tundra Woodland	4 - 6	19 - 23	71 - 85
U	Boreal Moist	Boreal Coniferous Forest	4 - 6	19 - 23	71 - 85
U	Boreal Moist	Boreal Mountain System	4 - 6	16 - 23	60 - 85
U	Cool Temperate Dry	Temperate Steppe	53 - 55	213 - 217	800 - 814
U	Cool Temperate Moist	Temperate Continental Forest	52 - 55	210 - 217	789 - 814
U	Cool Temperate Moist	Temperate Mountain System	52 - 55	210 - 217	789 - 814
U	Cool Temperate Moist	Temperate Oceanic Forest	52 - 55	210 - 217	789 - 814
U	Polar Moist	Polar	5 - 6	22 - 23	84 - 85
L	Boreal Dry	Boreal Tundra Woodland	1 - 2	6 - 7	23 - 25
L	Boreal Moist	Boreal Coniferous Forest	1 - 2	6 - 7	23 - 25
L	Boreal Moist	Boreal Mountain System	-1 - 2	-2 - 7	-5 - 25
L	Cool Temperate Dry	Temperate Mountain System	50 - 51	200 - 201	752 - 754
L	Cool Temperate Dry	Temperate Steppe	48 - 51	193 - 201	724 - 754
L	Cool Temperate Moist	Temperate Continental Forest	48 - 51	193 - 201	724 - 754
L	Cool Temperate Moist	Temperate Mountain System	48 - 51	193 - 201	724 - 754
L	Cool Temperate Moist	Temperate Oceanic Forest	48 - 51	193 - 201	724 - 754
M	Boreal Dry	Boreal Tundra Woodland	-7 - -6	-26 - -25	-95 - -94
M	Boreal Moist	Boreal Coniferous Forest	-7 - -6	-26 - -25	-95 - -94
M	Cool Temperate Dry	Temperate Mountain System	39 - 43	158 - 170	596 - 635
M	Cool Temperate Dry	Temperate Steppe	39 - 43	156 - 170	585 - 635
M	Cool Temperate Moist	Temperate Continental Forest	39 - 43	156 - 170	585 - 635
M	Cool Temperate Moist	Temperate Mountain System	39 - 43	156 - 170	585 - 635
M	Cool Temperate Moist	Temperate Oceanic Forest	39 - 43	156 - 170	585 - 635
H	Cool Temperate Dry	Temperate Steppe	13 - 33	53 - 129	201 - 482
H	Cool Temperate Moist	Temperate Continental Forest	13 - 33	53 - 129	201 - 482
H	Cool Temperate Moist	Temperate Oceanic Forest	13 - 33	53 - 129	201 - 482

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter.