

Vedlegg 9: Klimagassregnskap - Mæhlum agrivoltaiske solkraftverk



Innholdsfortegnelse

1	Sammendrag	3
2	Metode og datagrunnlag for beregning av klimagassutslipp	4
2.1	Metode for beregning av klimagassutslipp.....	4
2.2	Datagrunnlag	Feil! Bokmerke er ikke definert.
2.3	Usikkerhet.....	7
2.4	Vurdering av alternativer	7
2.5	Vurdering av konsekvensgrad	8
2.6	Presentasjon av klimavirkninger	9
2.7	CO ₂ -kostnadene for alternativene iht. finansdepartementets rundskriv R-109.....	9
3	Beskrivelse av Mæhlum agrivoltaiske solkraftverk	Feil! Bokmerke er ikke definert.
3.1	Analyseperiode for beregning av klimagassutslipp.....	Feil! Bokmerke er ikke definert.
3.2	Kraftproduksjon.....	9
4	Beregning av klimagassutslipp.....	9
4.1	Beregning av klimagassutslipp i dagens tilstand (nullalternativet).....	9
4.2	Tiltak 1 - klimagassutslipp ved nydyrking	10
4.3	Tiltak 2 - Klimagassutslipp ved etablering av solkraftverk.....	10
4.4	Beregning av samlede klimagassutslipp mot nullalternativet	Feil! Bokmerke er ikke definert.

Dette dokumentet er utarbeidet av Energeia AS.

Tredjeparter har ingen rettighet til bruk av hele eller deler av dokumentet uten skriftlig forhåndsgodkjenning fra Energeia AS. Enhver bruk av hele eller deler av dokumentet til andre formål, på andre måter eller av andre personer eller enheter enn de som er godkjent skriftlig av Energeia AS, er forbudt, og Energeia AS påtar seg intet ansvar for slikt bruk. Deler av dokumentet er beskyttet av immaterielle rettigheter og eiendomsrettigheter. Kopiering, distribusjon, endring, behandling eller annen bruk av dokumentet er ikke tillatt uten skriftlig forhåndssamtykke fra Energeia AS eller annen innehaver av slike rettigheter.

1 Sammendrag

Beregning av klimagassutslipp for Mæhlum agrivoltaiske solkraftverk følger Miljødirektoratets håndbok om konsekvensutredning av klima og miljø, M-1941, som definert i NVEs krav til søknad om anleggskonsesjon for solkraftverk, virkninger for miljø og samfunn, punkt 18.

Beregningen av klimagassutslipp skal iht. M-1941 gjøres over en tidsperiode på 75 år ved arealbruksendringer og presenteres i tonn CO₂-ekvivalenter (tCO₂ekv), i tillegg ønsker NVE at klimagassutslippene skal presenteres i gram CO₂-ekvivalenter per kilowatttime (gCO₂ekv/kWh) for konsesjonens lengde på 30 år.

Vår beregning viser at solkraftverket inkludert batteri og nydyrking vil ha et utslipp på **30,4 gram CO₂-ekv/kWh** for konsesjonsperioden på 30 år.

Holdt opp mot norsk kraftproduksjon er dette et nettoutslipp på 20,2 gram CO₂-ekv/kWh og holdt opp mot europeisk kraftproduksjon er det en netto reduksjon i utslipp på 59,3 gram CO₂-ekv/kWh. Vi har forutsatt at utslippene for både Norge og Europa er null i 2050 og redusert disse lineært fra dagens nivåer.

Tiltak (- er besparelse, + er utslipp)	Utslipp av målt i tonn CO ₂ -ekv	Utslipp målt i gram CO ₂ - ekv/kWh
Nullalternativ		
Skogsdrift	-1 940	- 2,3
Norsk kraft	+ 10 681	+ 12,5
Europeisk kraft	+ 78 228	+ 91,9
Solkraftverk	+ 18 756	+ 21,8
Batterianlegg	+ 2 280	+ 2,7
Nydyrking	+ 5 051	+ 5,9
Samlet solkraftverk, batteri og nydyrking	+ 25 907	+ 30,4
Endring i klimagassutslipp sammenlignet med norsk kraftproduksjon	+ 17 165	+ 20,2
Endring i klimagassutslipp sammenlignet med europeisk kraftproduksjon	- 50 382	- 59,2

Tabell 1 Sammenstilling av klimavirkninger over 30 år

Utslippsberegningen for et solkraftverk må gjenspeile både miljødirektoratets krav og konsesjonsmyndighetens tidsbegrensning. Dette er løst ved å dele opp beregningen av klimagassutslipp i tre perioder;

- Periode 1: År 1 for nydyrking og etablering av solkraftverk
- Periode 2: År 2 - 30 for etablering av overflatedyrket areal til gressproduksjon og beite samt utbygd areal, i henhold til periode for kraftproduksjon for solkraftverk
- Periode 3: År 31 til 75 periode for dyrket mark og beite

Tabell 2 Samlet beregning av klimagassutslipp for Mæhlum agrivoltaiske solkraftverk

Samlet beregning av klimagassutslipp Tonn CO ₂ ekv	År 1	År 2 - 20	År 21 - 30	År 31 - 75	Samlet 30 år	Samlet 75 år
Klimagassutslipp nullalternativet						
Samlede utslipp skogdrift	-65	-1 229	-647	-2 910	-1 940	-4 850
Samlede utslipp norsk kraft	435	8 142	2 104	0	10 681	10 681
Samlede utslipp EU kraft	6 090	68 599	3 539	0	78 228	78 228
Samlede klimagassutslipp nydyrking	1 528	3 959	-437	-1 966	5 051	3 085
Samlede klimagassutslipp solkraftverk	19 915	971	-29	-351	20 856	20 505
Klimagassutslipp solkraftverk & nydyrking	21 443	4 930	-466	-2 316	25 907	23 590
Endring klimagassutslipp norsk kraft	21 072	-1 984	-1 924	593	17 165	17 758
Endring klimagassutslipp EU kraft	15 417	-62 441	-3 358	593	-50 382	-49 788

Samlet endring i klimagassutslipp over 75 år fra nydyrking og solkraftverk målt mot nullalternativet, som er dagens skogsdrift, og norsk kraftproduksjon er en netto økning i utslipp på 17 758 tCO₂-ekv, mens samlet endring målt mot europeisk kraftproduksjon er en netto reduksjon i klimagassutslipp på 49 788 tCO₂-ekv.

Klassifisering av konsekvensgrad i henhold til M-1941 for tiltakene er fra *Middel negativ konsekvens* (--) til *Noe/middels positiv konsekvens* (++) avhengig av om klimagassutslipp måles mot norsk eller europeisk kraft.

2 Metode og datagrunnlag for beregning av klimagassutslipp

Vurderingen av klimagassutslipp følger Miljødirektoratets håndbok om konsekvensutredning av klima og miljø, M-1941, kapittel 6^[1] (videre omtalt som M-1941) som definert i NVEs veileder om krav til søknad om anleggskonsesjon for solkraftverk, virkninger for miljø og samfunn, punkt 18^[2] (sist endret 02.05.2025).

2.1 Metode for beregning av klimagassutslipp

Beregningen av det samlede klimagassutslippet fra tiltaket består av fire separate delvurderinger av klimagassutslipp, og er definert som følger;

1. Beregning av klimagassutslipp fra nullalternativet, dagens tilstand.
2. Beregning av klimagassutslipp ved arealinngrep, kalt **arealbruksendring**.
3. Beregning av klimagassutslipp fra teknisk utstyr, konstruksjon, drift og resirkulering av solkraftverk med tilhørende utstyr i henhold til **livsløpsanalyse**.
4. Beregning av klimagassutslipp fra **kraftproduksjonen** i prosjektet målt opp mot tilsvarende utslipp fra kraftproduksjonen i Norge og Europa.

^[1] Miljødirektoratets veileder; M-1941, [Konsekvensutredning av klimagassutslipp](#)

^[2] NVE; <https://veiledere.nve.no/solkraft/soknad-om-anleggskonsesjon/virkninger-for-miljo-og-samfunn/#pageSection-18>

2.1.1 Arealbruksendring

Beregningen av klimagassutslipp ved arealinngrep er utført med Miljødirektoratets kalkulator for arealbruksendringer i excel³ datert 21. mars 2022, som henviser til i M-1941, punkt 6.2, «Beregne effekt av ulike klimatiltak».

Miljødirektoratets kalkulator forutsetter utslippsfaktorer for utslipp av klimagasser i forbindelse med arealbruksendringer ved etablering av tiltaket. Under følger utdrag fra beskrivelsen av metode og bakgrunnsdata fra miljødirektoratets kalkulator:

«Et gitt areal kan ta opp og slippe ut klimagasser. Mengden klimagasser er avhengig av arealbruk og prosessene som skjer på arealet. Opptak av klimagasser fra atmosfæren skjer når biomasse (levende vekster som for eksempel skog, busker og gress) i vekst tar opp og lagrer karbon i jord, røtter, stamme og bladverk gjennom fotosyntesen. Utslipp av klimagasser skjer når biomassen forbrennes eller brytes ned naturlig. I tillegg kan bearbeiding av jorda øke nedbrytingen av det organiske materialet i jordsmonnet og gir økt utslipp av CO₂. Det antas at karboninnholdet i jorden har stabilisert seg 20 år etter arealbruksendringen. Endret bruk av et areal kan derfor medføre betydelig utslipp eller opptak av klimagasser siden det vil kunne medføre at slike prosesser endres, i tillegg til å påvirke hvor mye karbon som lagres på arealet og i jorden. For å beregne utslipp og opptak brukes denne generelle formelen:

*Utslipp / opptak (tonn CO₂-ekv) = arealets størrelse (hektar) * arealbrukskategoriens (eller arealbruksendringens) utslippsfaktorer (tonn CO₂-ekv/hektar/år) * antall år endringen har effekt.*

Merk at utslippsfaktoren varierer over tid ... Alt areal kan klassifiseres i en av 6 arealbrukskategorier; skog, dyrket mark, beite, vann og myr, utbygd areal og annen utmark.»

Videre om arealbrukskategoriene skrives det;

«Skog klassifiseres videre etter treslag (barskog, løvskog eller blandingsskog), jordtype (mineraljord eller organisk jord) og bonitet (jordens kvalitet, fra svært høy til impediment (ikke egnet)).»

«Beite: Innmarksbeite eller overflatedyrket jord som årlig blir brukt som beite, og som ikke kan pløyes. Minst 50 % av arealet skal være dekket av gressarter. Arealet kan være jevnet i overflaten, men det kan også ha treklynger, stubber, steiner ol.»

«Dyrket mark: Jordbruksareal med fulldyrket jord, dvs. jordbruksareal som årlig er dyrket til vanlig pløvedybde, og kan benyttes til åkervekster eller eng, og som kan fornyes ved pløying. Fulldyrket jord som benyttes til beite regnes som dyrket mark.»

I tiltaksberegning skrives følgende om effekt av tiltaket over tid;

«Ved en arealbruksendring vil det være størst utslipp det første år etter endringen, dersom levende biomasse (trær m.m.) på arealet fjernes. Dette regnes som et umiddelbart utslipp. Det vil også være prosesser i jordsmonnet som endres ved endret arealbruk, og disse vil vedvare over noe lengre tid til nedbrytningsprosesser i jorden har stabilisert seg. Hvor lang tid det tar før jorden har stabilisert seg vil avhenge av en rekke faktorer: arealbruk (både før og etter endring), hvor mye jorden bearbeides, vannholdighet, karboninnhold osv. Å ta høyde for variasjonen i alle disse faktorene er utfordrende, og utslippsfaktorene er isteden tilpasset en standard periode på 20 år, i henhold til IPCCs retningslinjer. Når perioden på 20 år er over, vil arealet permanent gå over til sin nye arealbrukskategori.»

En arealbruksendring kan overordnet sees over fire perioder:

- Utslipp / opptak fra arealene før endring
- År 1 - Utslipp/opptak første år av endring i arealbruket
- År 2-20 - Utslipp/opptak i overgangsfasen etter første år (19 år)
- Fra år 21 og utover - Utslipp/opptak fra arealene etter overgangsfasen

³ Miljødirektoratets arealbrukskalkulator; <https://www.miljodirektoratet.no/tjenester/klimagassutslipp-kommuner/beregne-effekt-av-ulike-klimatiltak/>

Klimagassutslipp ved arealbruksendring er uttrykt i tonn CO₂-ekvivalenter (tCO₂-ekv) per hektar per år. Negative tall betyr opptak av klimagasser, positive tall betyr utslipp.

Klimagassutslipp fra hogst

Miljødirektoratets kalkulator oppgir ikke utslippsfaktor ved flatehogst av produktiv skog uttrykt i CO₂-ekvivalenter. Nullalternativet i dette prosjektet innebærer drift av produktiv skog med flatehogst.

Når skog hugges, avhenger klimavirkningene av dette hva treverket brukes til. Dersom skogen benyttes til oppvarming slippes alt CO₂ direkte ut. Dersom treverk benyttes i bygninger med mer, avhenger tidspunktet for CO₂-utslippet av hvor lenge treverket er bundet. Dette er ikke vurdert i miljødirektoratets kalkulator, og følgelig heller ikke i vår beregning av klimavirkninger.

Når skog hugges er klimavirkningene knyttet til dels til ovennevnte bruk av treverket, men også til utslipp fra rotsystemer som står igjen etter hogst. Dette er heller ikke vurdert i miljødirektoratets kalkulator for arealbruksendringer. Disse klimavirkningene av hogst er ikke godt kjent, men det er gjennomført forskning på dette, blant annet av det svenske landbruksuniversitetet^[4]. De har blant annet sett på utslipp fra rotsystemer ved hogst av norsk gran. Dersom denne typen CO₂-utslipp hadde vært inkludert i beregningen av nullalternativet ville sannsynligvis klimavirkningene av Mæhlum agrivoltaiske solkraftverk vært mindre, altså bedre, enn det som er fremlagt i denne beregningen.

Dagens skogsdrift på Mæhlum inkluderer syklisk flatehogst. Basert på eksisterende skogdriftsplan for Mæhlum. Vi inkluderer ikke tall for CO₂-utslipp fra hogst i beregningen av nullalternativet.

2.1.2 Livsløpsanalyse (LCA) av solkraftverket

Beregning av klimagassutslipp for et solkraftverk er basert på en livsløpsanalyse (Life Cycle Assessment, forkortet til LCA), som beskrevet i standardene ISO 14040 – 14044^[5]. Livsløpsanalysen skal beregne alle miljømessige utslipp gjennom levetiden til solkraftverket. Den gjennomføres ved at klimagassutslipp fra material- og energiforbruk for hver enkelt prosess fra råvare til ferdig produkt, inkludert transport, konstruksjon, installasjon, drift og resirkulering av solkraftverket beregnes. Systemgrensene for denne beregningen går fra produksjon av råmaterialer, til resirkulering av anlegget. Levetiden er i vår beregning definert til 30 år i tråd med konsesjonsperioden for solkraftverket, se delkapittel 3.1 for beskrivelse av analyseperiode.

I vår LCA-vurdering forutsettes det at solcellepanelene er produsert i og transportert fra Kina, mens alle andre tekniske komponenter på solkraftverket, arbeid utført og resirkulering er produsert og gjennomført i Europa.

Solkraftverket med tilhørende utstyr har ingen utslipp av klimagasser i drift.

Klimagassutslippet til et solkraftverk uttrykkes ofte i gram CO₂ ekvivalent per kilowatttime (gCO₂-ekv/kWh), det betyr at beregningen av klimagassutslipp per kWh er avhengig av hvor stor kraftproduksjonen er.

Vi har søkt å finne troverdige og oppdaterte kilder til livsløpsanalysen for å estimere et CO₂-utslipp for Mæhlum solkraftverk.

Vi tar derfor utgangspunkt i Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (Fraunhofer ISE)^[6] sin LCA-vurdering av solkraftverk fra 2021^[7]. Fraunhofer ISE i Tyskland er det største solforskningsinstituttet i Europa. Vi har valgt å benytte Fraunhofer ISE sin beregning for BOS (Balance of System). For modulene har vi valgt å benytte EPD Norge da de har en EPD (Environmental Product Declaration) fra 2023 for en aktuell modul fra Risen Energy produsert i Kina.

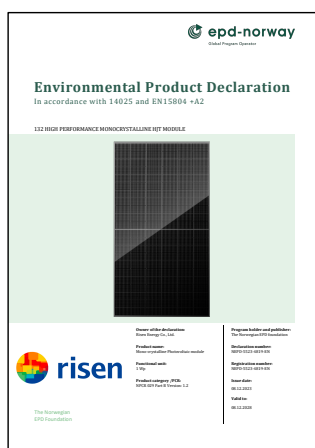
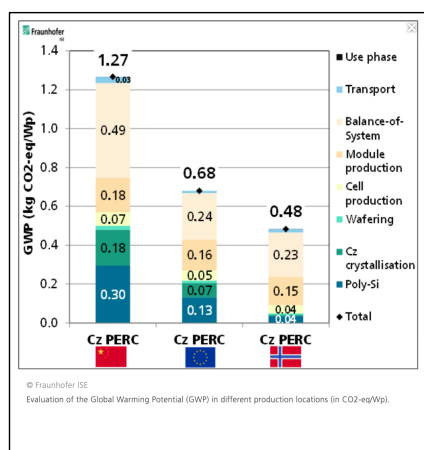
^[4] Swedish University of Agricultural Sciences; «From source to sink – recovery of the carbon balance in young forests», Agricultural and Forest Meteorology 330 (2023), <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168192322004762>

^[5] International Organization for Standardization (ISO); <https://www.iso.org/standard/38498.html>

^[6] Fraunhofer ISE; <https://www.ise.fraunhofer.de/en.html>

^[7] Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, "A comparative life cycle assessment of silicon PV modules", 2021. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0927024821003202>

Basert på disse to leverandørene av informasjon er karbonavtrykket for BOS 59 kg Co2-ekv/m2 og for panel 97 kg Co2-ekv/m2. Samlet gir dette et avtrykk på 154 kg Co2-ekv/m2. Batterianlegg kommer i tillegg.



2.1.3 Klimagassutslipp fra kraftproduksjon

I beregning av klimagassutslipp fra kraftproduksjonen sammenligner vi prosjektets utslipp opp mot utslippet fra norsk og europeisk kraftproduksjon. Vi benytter to forskjellige målepunkter, NVEs klimadeklarasjon for produksjon av strøm i Norge og det gjennomsnittlige utslippet fra EUs kraftproduksjon.

Norsk utslippsfaktor for elektrisitet er iht. NVEs klimadeklarasjon for 2023 på 15 gCO₂-ekv/kWh⁸². EUs utslippsfaktor for elektrisitet er basert på «Greenhouse gas emission intensity of electricity generation in Europe» publisert 31 oktober 2024 av European Environment Agency⁸³. I 2023 var denne 210 gCO₂-ekv/kWh.

Kraftproduksjonen settes i våre beregninger til 30 år, i tråd med konsesjonsperioden for solkraftverket. CO₂-utslipp fra kraftproduksjon settes til 0 i 2050 som følge av forutsetningen om at Norge og EU når målet om 0-utslipp av klimagasser innen 2050. Dette innebærer at i de siste 5 årene av beregningen forutsettes det at kraftproduksjonen i Norge og Europa ikke slipper ut klimagasser.

2.2 Usikkerhet

Modeller medfører alltid usikkerhet. Vi har i dette arbeidet benyttet miljødirektoratets kalkulator for arealbruksendringer, også denne inneholder usikkerhetsmomenter⁸⁴. Vi legger imidlertid til grunn at den fremlagte beregningen er utført i tråd med NVEs veileder.

Modeller bygger også på en rekke forutsetninger. Valg av forutsetninger kan være politisk motivert. Eksempelvis er CO₂-utslipp satt til 0 i 2050 i tråd med forutsetningen om at Norge og EU når målet om 0-utslipp av klimagasser innen 2050. Hvor sannsynlig dette i realiteten viser seg å være er både et økonomisk og politisk spørsmål som vi ikke har forutsetninger for å si mer om i vår vurdering av Mæhlum solkraftverk.

2.3 Vurdering av alternativer

Klimavirkninger tilknyttet et tiltak eller en plan skal i henhold til veileder M-1941 vurderes ut ifra nullalternativet, som belyser en situasjon der tiltaket ikke hadde blitt gjennomført. Samtidig kan det også

⁸² NVE; <https://www.nve.no/energi/energisystem/kraftproduksjon/hvor-kommer-stroemmen-fra/>

⁸³ European Environment Agency; <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/greenhouse-gas-emission-intensity-of-1>

⁸⁴ MENON-PUBLIKASJON NR. 60/2023,

<https://www.menon.no/wp-content/uploads/2023-60-Skog-og-arealbrukssektoren-for-TBU-klima.pdf>

finnes alternative måter å gjennomføre tiltaket på, eller det kan gjennomføres på andre steder som gir andre virkninger enn der det er foreslått. Vurderinger og sammenligninger av klimavirkninger tilknyttet alle disse alternativene er vanskelig, ettersom de kan ha helt forskjellige forutsetninger som påvirker både gjennomførbarhet og virkninger. I tråd med veilederens krav til vurdering av alternativer vil vi likevel forsøke å si noe om alternativene til å gjennomføre tiltaket som omsøkt i klimavurderingen av Mæhlum agrivoltaiske solkraftverk.

Et alternativ som ofte etterspørres er hvorfor tiltaket ikke kan etableres på såkalte gråareal som avfallsdeponi eller langs veier eller på tak, der inngrepet i natur vil være mindre enn ved det omsøkte tiltaket på Mæhlum. Vår vurdering er at det i realiteten er svært begrenset med aktuelle gråareal i Norge, der egnethet, størrelse, helning, byggekostnad, nettkapasitet og andre forutsetninger er til stede i tilstrekkelig grad slik at det er lønnsomt uten økonomisk støtte. Å plassere solkraftverk på tak medfører ikke nye inngrep og er således fornuftig, men dagens regulatoriske rammeverk er utformet slik at dette kun er økonomisk hensiktsmessig for byggeiere som selv vil få dekket eget elektrisitetsforbruk. Solkraftverk på tak har lavere produksjon sammenlignet med bakkemontert sol, og er betydelig dyrere per kWh enn bakkemontert solkraftverk slik det er planlagt på Mæhlum. Vi har i søknaden lagt frem et agrivoltaisk solkraftverk, der størrelsen på prosjektet er viktig for økonomien i tiltaket, og gjennom det muligheten for å kunne gjennomføre prosjektet. Et slik anlegg er ikke mulig å få til under dagens forutsetninger verken på gråareal eller på tak. Da blir det følgelig ikke relevant å gå i detalj på en vurdering av klimavirkninger tilknyttet disse alternativene.

Hva så med eksisterende jordbruksjord? En stor del av Norges jordbruksjord er i dag beitemark og jord med begrenset jordbruksavkastning. Dette kan ha sin bakgrunn i sviktende avkastning i jordbruket og en situasjon der mange gårdsbruk legges ned som følge av dårlig økonomi og dårlige rammebetingelser i jordbruket. Mye av disse arealene ligger i områder som med dagens teknologi vil kunne gi stor energiproduksjon ved etablering av solkraftverk. Ved bruk av agrivoltaiske solkraftverk vil eksisterende beiter og landbruksjord med dårlig jordbruksavkastning etter vår vurdering være et godt alternativ for solkraftverk i Norge, i både klima- og natur- og jordbruksammenheng. På samme måte som gråareal er dette areal der etablering av solkraftverk ikke gir vesentlige virkninger for verken naturmangfold, tap av skogareal eller krever inngrep i natur som medfører vesentlige endringer i utslipp av CO₂. Som vi har vist i søknaden vil også en vesentlig del av jordbruket på arealet kunne opprettholdes og det vil styrke økonomien for grunneier/bonden som driver jorden. Problemet med å ta i bruk eksisterende fulldyrkede jordbruksareal er at jordbruksmyndighetene per i dag har signalisert at de ikke vil godkjenne denne typen anlegg med en slik lokalisering, men for areal klassifisert som beite er det gitt positive signaler. Vår ambisjon er følgelig å nydyrke areal som Mæhlum og få tillatelse til å etablere anlegg som omsøkte tiltak. På sikt forventer vi at dette vil være gode eksempler som vil åpne for denne typen tiltak på eksisterende jordbruksareal.

Når det gjelder teknologivalg, har vi i søknaden beskrevet hvorfor vi har valgt å benytte én-akse følgestrukturer fremfor fastmonterte strukturer. Teknologivalg påvirker både energimengden som produseres i solkraftverket, driftskostnader og klimavirkninger sett i forhold til de arealinngrep det medfører. Et agrivoltaisk solkraftverk med bevegelige strukturer gir høy energiproduksjon ved lite skyggevirkninger mellom panelene, optimalisering av solressursen og god avstand mellom solcelleradene slik at det kan drives effektivt jordbruk i samdrift med solkraftproduksjon. Et anlegg med mindre radavstand kan gi mindre arealinngrep, men det kan også medføre større skyggevirkninger, og dermed lavere produksjon og høyere utslipp av CO₂ per kWh. Summen av klimavirkninger knyttes imidlertid til både arealinngrepet, utslipp fra både jordbruks- og solkraftproduksjonen. Dette må vurderes i hvert enkelt anlegg, basert på faktiske forutsetninger. En generell sammenligning av klimavirkninger av alternative anlegg er vanskelig.

Det har ikke vært vurdert andre alternativer i dette prosjektet.

2.4 Vurdering av konsekvensgrad

For å vurdere konsekvensgrad benyttes konsekvenstabellen som vist under, i henhold M-1941. Konsekvens beregnes ut fra samlede utslipp av klimagasser i CO₂-ekvivalenter (forkortet CO₂-ekv) fra alle kilder over hele analyseperioden.

Konsekvensgrad	Forklaring
Svært stor negativ konsekvens (4 -)	Utslipp mer enn 100 000 tonn CO ₂ -ekv
Stor negativ konsekvens (3 -)	Utslipp mer enn 50 000 tonn CO ₂ -ekv
Middels negativ konsekvens (2 -)	Utslipp mer enn 15 000 tonn CO ₂ -ekv
Noe negativ konsekvens (1 -)	Utslipp mer enn 2 000 tonn CO ₂ -ekv
Ubetydelig konsekvens (0)	
Noe/middels positiv konsekvens (1/2 +)	Opptak mer enn 2 000 tonn CO ₂ -ekv
Stor/svært stor positiv konsekvens (3/4 +)	Opptak mer enn 50 000 tonn CO ₂ -ekv

2.5 Presentasjon av klimavirkninger

Klimagassutslipp fra solkraftverk skal i følge [NVEs veiledning](#) beregnes i henhold til Miljødirektoratets håndbok (M-1941). Her uttrykkes klimavirkninger i tonn CO₂-ekvivalenter (tCO_{2ekv}). Beregningen av klimagassutslipp fra kraftproduksjon uttrykkes imidlertid ofte i gram CO₂-ekvivalenter per kWh (gCO₂-ekv/kWh). I tilbakemeldinger fra NVE er dette ønsket i energisammenhenger. Vi vil på dette grunnlag presentere tiltakets klimavirkninger både som tCO_{2-ekv} og gCO₂-ekv/kWh.

2.6 CO₂-kostnadene for alternativene iht. finansdepartementets rundskriv R-109

Ifølge finansdepartementets rundskriv R-109 kan det være ønskelig å beregne nåverdien av utslipp i alternativene som beskrevet. Vi har imidlertid i denne klimagassberegningen valgt å ikke gjøre denne beregningen da dette ikke er et krav iht. NVEs veileder.

2.7 Kraftproduksjon

Mæhlum solkraftverk er basert på en teknisk utforming med én-akse følgestruktur. Mæhlum solkraftverk er beregnet til å ha en årlig kraftproduksjon på 29 GWh, og samlet over konsesjonsperioden på 851 GWh.

3 Beregning av klimagassutslipp

Basert på forutsetninger presentert i kapittel 2 og 3 vil vi i dette kapitlet fremlegge beregningen av klimagassutslipp for Mæhlum agrivoltaiske solkraftverk.

3.1 Beregning av klimagassutslipp i dagens tilstand (nullalternativet)

Nullalternativet på Mæhlum er videreføring av dagens drift av produktiv skog på arealet og dagens forbruk av kraft. Ved å benytte arealbrukskalkulatoren til miljødirektoratet, NVEs klimadeklarasjon for strøm og det europeiske gjennomsnittlige avtrykket fra europeisk kraftproduksjon kan nullalternativets klimagassutslipp presenteres slik;

- Mæhlum solkraftverk har et planområde på 540 dekar, i hovedsak skog, hvorav 112 dekar har høy bonitet, 325 dekar har middels bonitet, 85 dekar har lav bonitet og 11 dekar har impediment bonitet. De resterende 7 dekar er en landbruksvei gjennom planområdet som er klassifisert som utbygd areal.
- Skogen på området er barskog og jordtypen er mineraljord.

Tabell 3 viser sammenstillingen av samlede klimagassutslipp uttrykt i tonn CO₂-ekv over analyseperioden på 30 år og 75 år fra hhv. skogsdrift og fra kraftproduksjon i Norge og EU.

Tabell 3 Sammenstilling av klimagassutslipp under nullalternativet med norsk og europeisk elektrisitet.

Klimagassutslipp i nullalternativet (540 dekar)	År 1	År 2 - 20	År 21 - 30	År 31 - 75	Samlet 30 år	Samlet 75 år
Tonn CO _{2ekv}						
Skogsdrift Mæhlum, produktiv skog	-65	-1 229	-647	-2 910	-1 940	-4 850
Samlede utslipp skogsdrift nullalternativ	-65	-1 229	-647	-2 910	-1 940	-4 850

Resultat av beregning

I nullalternativet vil den produktive skogen fange netto 4 850 tonn CO₂-ekv i perioden på 75 år.

3.2 Tiltak 1 - klimagassutslipp ved nydyrking

I beregningen av klimagassutslipp i forbindelse med arealbruksendring fra skog med høy og middels bonitet på mineraljord og utbygd areal til dyrket mark og beite i Gjøvik kommune er Miljødirektoratets kalkulator for arealbruksendringer benyttet.

- Området på Mæhlum som skal nydyrkes til beite er på 455 dekar.

Tabell 4 viser samlede klimagassutslipp uttrykt i tonn CO₂-ekv over analyseperioden på 30 år og 75 år fra nydyrkingen.

Tabell 4 Beregnede klimagassutslipp som følge av nydyrking.

Klimagassutslipp ved nydyrking av 455 daa. Tonn CO ₂ ekv	År 1	År 2 - 30	År 21 - 30	År 31 - 75	Samlet 30 år	Samlet 75 år
Samlede utslipp skogsdrift nullalternativ	-65	-1 229	-647	-2 910	-1 940	-4 850
Nydyrking til beite år 1	1 528				1 528	1 528
Nydyrking til beite år 2 - 20		3 959			3 959	3 959
Nydyrking til beite år 21 - 30			-437		-437	-437
Nydyrking til beite år 31 - 75				-1 966	0	-1 966
Samlede klimagassutslipp nydyrking	1 528	3 959	-437	-1 966	5 051	3 085
Endring klimagassutslipp nydyrking	1 593	5 188	210	944	6 991	7 935

Resultat av beregning

Nydyrking av arealet vil iht. beregningen til Miljødirektoratets kalkulator for arealbruksendringer gi et samlet utslipp av klimagasser på 3 085 tonn CO₂-ekv over 75 år. Da den produktive skogen i nullalternativet fanger netto 4 850 tonn CO₂-ekv i nullalternativet, vil nydyrkingstiltaket medføre en netto økning i utslipp av klimagasser med 7 935 tonn CO₂-ekv over en 75 års periode.

Konsekvensgraden for nydyrkingstiltaket

Konsekvensgraden for nydyrking vurderes iht. M-1941 å ha **Noe konsekvens (-)**, da utslipp av klimagasser i perioden øker med mellom 2 000 tonn og 15 000 tonn CO₂-ekv over 75 år.

Tiltak	Utslipp (+) / opptak (-) tCO ₂ -ekv	Konsekvensgrad
Nydyrking	+ 7 935	Noe negativ konsekvens (-)

3.3 Tiltak 2 - Klimagassutslipp ved etablering av solkraftverk

Beregningen av klimagassutslipp ifbm. etablering av solkraftverk i Gjøvik kommune består av to separate beregninger. Dette er;

- Beregning av arealbruksendring fra skog til utbygd areal for det arealet som blir direkte berørt av solkraftverkets tekniske infrastruktur samt tilbakeføring til beite etter år 30, og
- Karbonavtrykket for kraftproduksjonen fra solkraftverket inkludert batterilagringsanlegg basert på livsløpsanalyse (LCA).

Arealbruksendring

Arealbruksendringen er arealet som omdannes fra skog til utbygd areal. Området som omdannes til utbygd areal representerer alt av teknisk utstyr og infrastruktur tilhørende solkraftverket som iht. teknisk standard som ikke lenger vil være skog. Dette arealet utgjør totalt 36 dekar. Etter konsesjonsperioden vil dette arealet tilbakeføres til beite. Klimavirkningen av denne arealbruksendringen beregnes med miljødirektoratets arealbrukskalkulator.

Karbonavtrykk for kraftproduksjon

Karbonavtrykket for solkraftverket er basert på livsløpsanalyse iht. internasjonal standard som beskrevet i kapittel 2.

3.3.1 Klimagassutslipp for solkraftverket uttrykt i tonn CO₂-ekv

Beregningen av klimagassutslippet for arealbruksendringen og kraftproduksjonen uttrykt i tonn CO₂-ekvivalenter er presentert i Tabell 5.

Tabell 5 Beregning av klimagassutslipp ved etablering av solkraftverk

Klimagassutslipp ved etablering av solkraftverk	År 1	År 2 - 20	År 21 - 30	År 31 - 75	Samlet 30 år	Samlet 75 år
Tonn CO ₂ ekv						
<i>Klimagassutslipp fra arealendring av 36 daa</i>						
Arealendring til solkraftverk år 1	175				175	175
Arealendring til utbygd areal år 2 - 20		971			971	971
Karbonfangst utbygd areal år 21 - 30			-29		-29	-29
Tilbakeføring til beite år 31 - 75				-351	0	-351
Klimagassutslipp arealinngrep	175	971	-29	-351	1 116	766
<i>Klimagassutslipp teknisk anlegg og konstruksjon med solcellepaneler og batteri</i>						
Solcellepaneler	10 874				10 874	10 874
Systemkomponenter og arbeid	6 586				6 586	6 586
Batterianlegg	2 280				2 280	2 280
Klimagassutslipp teknisk anlegg	19 740	0	0	0	19 740	19 740
Samlede klimagassutslipp solkraftverk	19 915	971	-29	-351	20 856	20 505

Resultat av beregning for arealinngrep for solkraftverk i skog

Omdanning av skog til solkraftverk (altså de 36 daa som de tekniske komponentene beslaglegger) vil iht. beregningen til Miljødirektoratets kalkulator for arealbruksendringer gi et utslipp av klimagasser på 1 116 tonn CO₂-ekv over 30 år, og et utslipp av klimagasser på 766 tonn CO₂-ekv over 75 år.

Konsekvensgraden av arealinngrepet vurderes derfor iht. M-1941 til å ha **ubetydelig konsekvens (0)**, da redusert utslipp av klimagasser i perioden på 75 år er mindre enn 2 000 tonn CO₂-ekv.

Tiltak	Utslipp (+) / opptak (-) tCO ₂ -ekv	Konsekvensgrad
Arealinngrep ved etablering av solkraftverk	+766	Ubetydelig konsekvens (0)

Resultat av beregning fra teknisk anlegg med solcellepaneler og batteri

Basert på forutsetninger som er tatt mht. opprinnelsesland for komponenter er samlede klimagassutslipp for solkraftverk og batterianlegg beregnet til 19 740 t CO₂-ekv. Uten batterianlegg er samlede klimagassutslipp 17 460 t CO₂-ekv.

Vurdering av samlede klimagassutslipp for nydyrking og solkraftverk over 30 år

Vurderingen av det samlede tiltaket solkraftverk og nydyrking har et beregnet utslipp av klimagasser på 25 907 t CO₂-ekv over 30 år. Dette representerer en økning på 17 165 t CO₂-ekv målt mot klimadeklarasjonen til NVE og en reduksjon på 50 382 t CO₂-ekv målt mot Europeisk utslippsfaktor.

Samlet beregning av klimagassutslipp	År 1	År 2 - 20	År 21 - 30	År 31 - 75	Samlet 30 år	Samlet 75 år
Tonn CO ₂ ekv						
<i>Klimagassutslipp nullalternativet</i>						
Samlede utslipp skogdrift	-65	-1 229	-647	-2 910	-1 940	-4 850
Samlede utslipp norsk kraft	435	8 142	2 104	0	10 681	10 681
Samlede utslipp EU kraft	6 090	68 599	3 539	0	78 228	78 228
Samlede klimagassutslipp nydyrking	1 528	3 959	-437	-1 966	5 051	3 085
Samlede klimagassutslipp solkraftverk	19 915	971	-29	-351	20 856	20 505
Klimagassutslipp solkraftverk & nydyrking	21 443	4 930	-466	-2 316	25 907	23 590
Endring klimagassutslipp norsk kraft	21 072	-1 984	-1 924	593	17 165	17 758
Endring klimagassutslipp EU kraft	15 417	-62 441	-3 358	593	-50 382	-49 788

Konsekvensgraden for solkraftverket målt mot norsk klimadeklarasjon vurderes iht. M-1941 til å ha **middels negativ konsekvens (--)** siden økte utslipp av klimagasser i perioden er mellom 15 000 og 50 000 t CO₂-ekv. Målt mot europeisk utslippsfaktor vil tiltaket få **stor positiv konsekvens (+++)** siden reduserte utslipp av klimagasser i perioden er mer enn 50 000 t CO₂-ekv.

Kommentert [JB1]: Henger dette sammen?

Tiltak	Utslipp (+) / opptak (-) tCO ₂ -ekv	Konsekvensgrad
Klimagassutslipp fra solkraftverk og omdisponering av beite sett opp mot norsk kraft	+ 17 165	Middels negativ konsekvens (--)
Klimagassutslipp fra solkraftverk og omdisponering av beite sett opp mot europeisk kraft	-50 382	Stor positiv konsekvens (+++)

Kommentert [JEM2R1]: Ja, nå gjør det det.

3.3.2 Klimagassutslipp for solkraftverket uttrykt i gCO₂ per kWh over 30 år

Beregning av klimagassutslippet for solkraftverket kan uttrykkes i gram CO₂-ekvivalenter per kWh kraft produsert (gCO₂-ekv/kWh). Mæhlum solkraftverk er i denne vurderingen beregnet til å produsere ca. 851 GWh i løpet av konsesjonsperioden på 30 år.

Tabell 6 Klimagassutslipp fra Mæhlum agrivoltaiske solkraftverk, norsk kraftproduksjon og europeisk kraftproduksjon over 30 år.

Oppsummering klimagassutslipp for Store Nøkleberg solkraftverk over 30 år			
CO ₂ ekv per kWh og i tonn	g CO ₂ -ekv/kWh	t CO ₂ -ekv	GWh
<i>Nullalternativ kraftproduksjon</i>			
Nullalternativ skogsdrift	-2,3	-1 940	851
Kraftproduksjon Norge	12,5	10 681	851
Kraftproduksjon EU	91,9	78 228	851
<i>Mæhlum solkraftverk</i>			
Arealbeslag	1,3	1 116	851
Solcellepaneler	12,8	10 874	851
Systemkomponenter og arbeid	7,7	6 586	851
Klimagassutslipp solkraftverk	21,8	18 576	851
Batterianlegg	2,7	2 280	851
Klimagassutslipp solkraftverk inkludert batteri	24,5	20 856	851
<i>Nydyrking (for planområde solkraftverk)</i>			
Klimagassutslipp nydyrking 455 daa.	5,9	5 051	851
Klimagassutslipp solkraftverk inkludert batteri & nydyrking	30,4	25 907	851
Endring klimagassutslipp mot norsk kraft	20,2	17 165	851
Endring klimagassutslipp mot europeisk kraft	-59,2	-50 382	851