



VF-rapport nr. 8-2023

Kraftoverskudd som grønt konkurransefortrinn i Sogn.

En vurdering av om lokalt kraftoverskudd kan styrke lokalt næringsliv, redusere klimagassutslipp, og gi grobunn for nye næringer og industrielle symbioser.

Karen Richardsen Moberg, Daniel Furberg, Johannes Idsø og Hans Jakob Walnum.

VF-rapport	8-2023
Utgitt av Adresse	Vestlandsforskning Postboks 163, 6851 Sogndal
Prosjekttittel	Kraftoverskudd som grønt konkurransefortrinn i Sogn
Oppdragsgivar	Sogn Næring
På framsida Foto	Oversikt over trafostasjoner i kommunene Luster, Sogndal og Vik Skjermklipp fra NVEs heimeside.
	ISBN 978-82-428-0461-7

www.vestforsk.no

Innhold

1. Innledning	4
1.1. Bakgrunn.....	4
1.2. Metoder.....	5
2. Kan energioverskuddet fra lokal vannkraft styrke lokalt næringsliv?	7
2.1. Direkte utslipp av klimagasser i kommunene i dag.....	7
2.1.1. Sogndal.....	7
2.1.2. Luster.....	9
2.1.3. Vik.....	12
2.2. Klimatiltak og teknologiendringer for å redusere lokale klimagassutslipp	14
2.2.1. Jordbruk	14
2.2.2. Veitrafikk	15
2.2.3. Sjøfart.....	16
2.2.4. Annen mobil forbrenning.....	18
2.2.5. Avfall og avløp.....	18
2.2.6. Oppvarming.....	19
2.2.7. Luftfart.....	19
2.3. Kan økt bruk av lokal vannkraft kan være en ressurs i denne omstillingen?	20
2.4. Hva må til for at kommunene skal ta en rolle i omstillingen av eksisterende næringer?	21
3. Kan kraftkrevende grønn omstilling i næringslivet og industrien nasjonalt og internasjonalt skape grobunn for etablering av nye næringer og industrier i Luster, Vik og Sogndal?	23
3.1. Næringer og industrier nasjonalt og internasjonalt som trenger mye fornybar kraft for å gjennomføre klimaomstilling	23
3.2. Klimatiltak og teknologiendringer for omstilling av dagens kraftkrevende industri	25
3.2.1. Batteri.....	27
3.2.2. Ikke-karbon-baserte e-fuels	30
Hydrogen.....	30
Ammoniakk	35
3.2.3. Karbonbaserte e-fuels.....	36
3.2.4. Datasenter.....	38

3.3. Potensialet for nye grønne næringssetninger oppsummert.....	41
3.4. Hva må til for at kommunene skal ta en rolle i denne omstillingen?.....	44
4. Kan energioverskuddet fra lokal vannkraft utvide eksisterende verdikjeder eller etablere nye lokale eller nasjonale verdikjeder gjennom sirkulære prosesser/industriell symbiose?	47
5. Oppsummering	49
6. Vurdering av mulige videreføringer av forprosjektet.....	52
Referanser.....	54

1. Innledning

1.1. Bakgrunn

Den siste tiden har det blitt tydelig for mange av oss at det er en sterk kobling mellom klima-, natur-, og energikrisene som vi står midt oppi. Bevisstheten om at de tre krisene må sees i sammenheng har økt. Koblingen mellom krisene og lokalpolitikk, nasjonale rammebetingelser, næringsutvikling, kraftbruk og arealbruk danner et viktig bakteppe når veier gjennom og ut av krisene skal staves opp. Denne bakgrunnen blir del av mandatet til de nye løsningene.

Denne rapporten er skrevet på oppdrag fra Sogn Næring, i forbindelse med forprosjektet "*Kraftoverskot som grønt konkurransefortrinn for lokalt næringsliv i Sogn*". Forprosjektet er finansiert med forregionmidler fra Vestland Fylkeskommune. Formålet med prosjektet har vært å vurdere om kraftoverskuddet i kommunene Sogndal, Luster og Vik kan brukes som konkurransefortrinn for omstilling og utvikling av lokalt næringsliv. Prosjektet har undersøkt tre problemstillinger knyttet til dette formålet.

Den første problemstillingen dreier seg om hvilken rolle den lokale kraften kan spille i klimaomstillingen av eksisterende næringer i de tre kommunene. For å svare ut denne problemstillingen har vi kartlagt klimagassutslippene i de tre kommunene, pekt på mulige tiltak for å redusere disse. Videre har vi drøftet hvilken rolle økt bruk av lokal vannkraft kan spille i en sårn omstilling, og hva kommunene sin rolle kan være.

Den andre problemstillingen spør om kraftkrevende grønn omstilling i næringslivet og industrien nasjonalt kan skape grobunn for etablering av nye næringer og industrier i kraftkommunene Sogndal, Luster og Vik. For å besvare dette har vi først pekt på næringer og industrier nasjonalt som trenger store mengder fornybar kraft for å kunne gjennomføre klimaomstilling. Deretter har vi beskrevet aktuelle fremtidige klimatiltak og teknologiendringer som kan muliggjøre en slik klimaomstilling. Herunder har vi særlig vurdert lokal

vannkraft som ressurs for etablering av datasenter, batteriproduksjon, hydrogen- og ammoniakkproduksjon og karbonbaserte e-fuels. Vi drøfter også kommunenes rolle.

Den tredje og siste problemstillingen spør om det lokale kraftoverskuddet kan benyttes til å utvide eksisterende verdikjeder eller etablere nye lokale eller nasjonale verdikjeder gjennom sirkulære prosesser og/eller industriell symbiose. Her har vi startet med en kort litteraturgjennomgang, før vi drøfter den i forhold til mulighetene i de tre kommunene per nå.

1.2. Metoder

For kartleggingen av dagens klimagassutslipp i de tre kommunene, har vi benyttet Miljødirektoratet sin statistikk for kommuners geografiske avgrensede klimagassutslipp (Miljødirektoratet, u.å.a). Her valgte vi å bruke 2019 som utgangspunkt, siden dette var siste normalår før pandemien.

Utover dette har vi belaget oss på målrettede litteratursøk på ulike offentlig tilgjengelige søkemotorer etter nyhetsartikler, rapporter, offentlige strategidokument, og vitenskapelige publikasjoner som omhandler teknologiene vi har undersøkt, og ulike problemstillinger som har dukket opp i tilknytning til disse. Vi har i ganske stor grad brukt nyhetsartikler som kilder fordi det er så rask utvikling på området og grunnet prosjektets begrensede omfang. Vi har benyttet oss spesielt mye av Energi og klima sin dekning av disse teknologiene, siden deres materiale i stor grad absorberer og rapporterer på forskningsfronten i problemstillinger knyttet til klima- og energispørsmål. Derfra har vi gjort dypere dykk ned i relevante rapporter og vitenskapelige artikler.

Rapporten gir et overblikk over status over dagens klimagassutslipp i de tre kommuner, tiltak for å redusere klimagassutslipp, hvilke kraftintensive næringer som er aktuelle i de grønne skifte, samt forutsetninger for at Luster, Vik og Sogndal kan få etablert slike næringer. Som en oppfølging av dette prosjektet er det nødvendig å gå inn i de spesifikke lokasjonene for hvor det kan hentes ut kraftoverskudd i kommunene, og å ta utgangspunkt i hvor stort kraftoverskuddet

er i hver lokasjon for å vurdere arealbrukskonsekvenser, og mulighet for å etablere infrastruktur og industrielle symbioser knyttet til ny industri.

2. Kan energioverskuddet fra lokal vannkraft styrke lokalt næringsliv?

Den første problemstillingen vi drøfter i dette notatet spør i hvilken grad energioverskuddet¹ fra lokal vannkraft kan styrke lokalt næringsliv² sin konkurransekraft i omstillingen fra fossil til grønn energibruk. For å kunne svare på denne problemstillingen gjør vi en gjennomgang av de eksisterende direkte utslippene av klimagasser i kommunene. Deretter beskriver vi klimatiltak og eventuelle teknologiendringer som kan bli aktuelle i fremtiden i de berørte sektorene. Herunder vurderer vi også i hvilken grad økt bruk av lokal vannkraft kan være en ressurs i klimaomstillingen av dagens næringer i kommunene, og bidra til å redusere lokale klimagassutslipp. Til slutt drøfter vi hva som må til for at kommunene skal ta en rolle i denne omstillingen.

2.1. Direkte utslipp av klimagasser i kommunene i dag

Denne delen beskriver dagens situasjon for direkte utslipp av klimagasser i kommunene Sogndal, Luster og Vik. Utslippstallene er hentet fra Miljødirektoratet sin utslippsstatistikk. Vi har brukt statistikken fra 2019, siden dette er siste 'normalår' før pandemien. Under beskriver vi de overordnede trekkene for de geografiske utslippene av klimagasser i kommunene Sogndal, Luster og Vik.

2.1.1. Sogndal

De geografiske utslippene fra Sogndal kommune i 2019 var totalt 59 236 tonn CO₂-ekvivalenter. Den største utslippssektoren var veitrafikk (14,6 tusen tonn CO₂-ekv.). Herunder er den viktigste kilden til utslipp tunge kjøretøy, tett

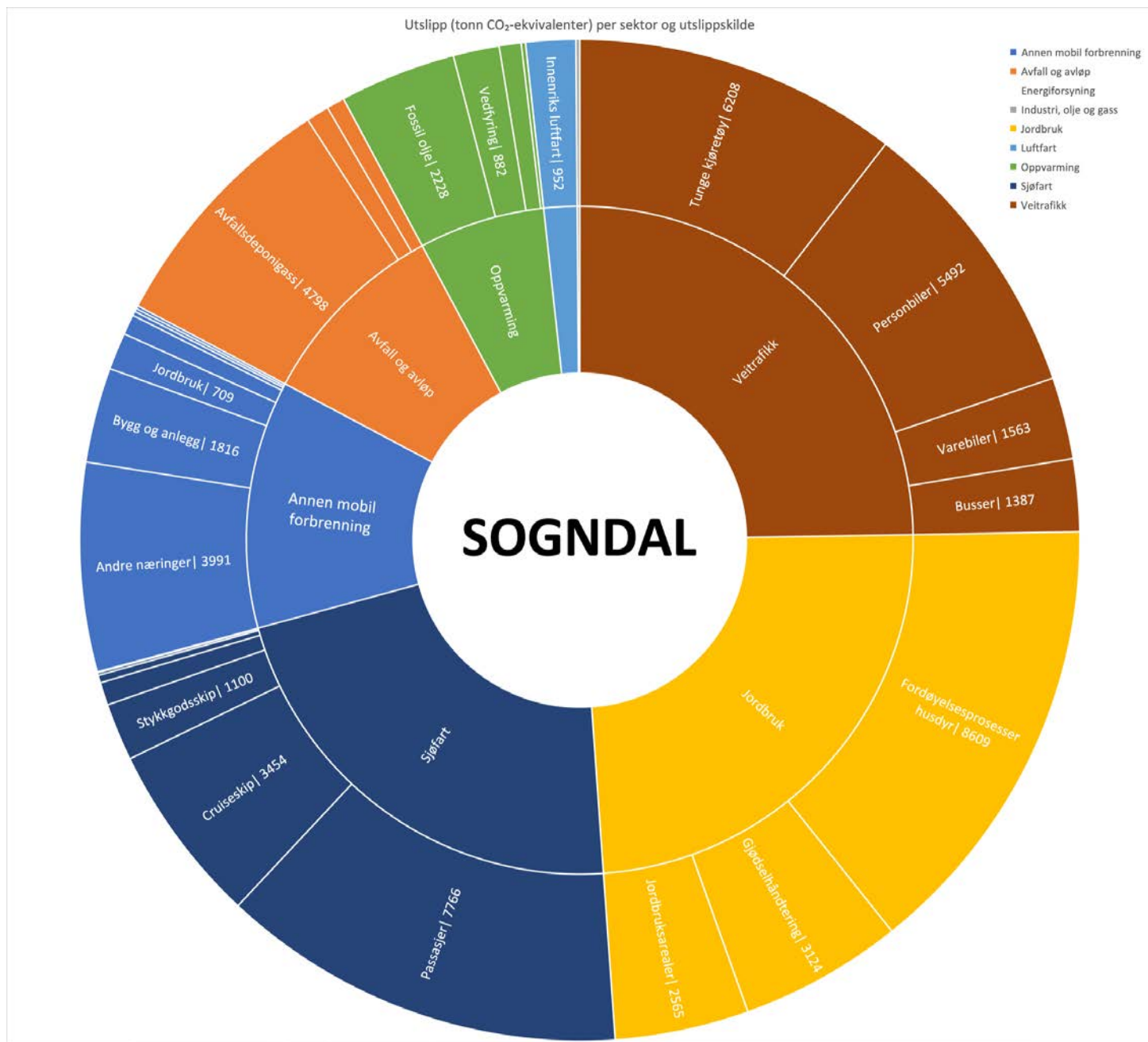
¹ Definert som a) å hente ut mer effekt fra uttakspunktene i kommunene og b) utnytte mer av konsesjonskraften til lokal næringsutvikling.

² Definert som eksisterende næringsliv i kommunene.

etterfulgt av personbiler. Varebiler og busser står for en mindre andel av utslippene her. Veitrafikk er tett etterfulgt av jordbruk (14,3 tusen tonn CO₂-ekv.). For jordbruk er metanutslipp fra dyrs fordøyelsesprosesser den største kilden, etterfulgt av utslipp knyttet til gjødselhåndtering og håndtering av jordbruksarealer. Merk at jordbruksmaskiner er ført under kategorien 'annen mobil forbrenning' - mer om denne under. For sjøfart (13 tusen tonn CO₂-ekv.), er de største utslippskildene passasjerbåter, etterfulgt av cruiseskip, ulike typer transportskip og andre sjøfartsaktiviteter. Disse tre utslippssektorene utgjorde i 2019 til sammen nesten tre fjerdedeler av utslippene fra Sogndal kommune sitt geografiske territorium.

Litt over en fjerdedel kom fra sektorene under. Utslipp fra annen mobil forbrenning (7,1 tusen tonn CO₂-ekv.), var først og fremst utslipp fra 'andre næringer'³, etterfulgt av bygg og anlegg, jordbruk, og ulike transporttjenester. Det var også noen mindre utslipp fra behandling av avfall, snøscootere og skogbruk. Utslipp fra avfall og avløp (5,6 tusen tonn CO₂-ekv.) kom først og fremst fra avfallsdeponigass, etterfulgt av biologisk behandling av avfall, og fra avløp. Under oppvarming (3,6 tusen tonn CO₂-ekv.), kom utslippene først og fremst fra bruk av fossil olje, etterfulgt av vedfyring, LPG, 'annet' og ørlite fra bioenergi. Under luftfart (1 tusen tonn CO₂-ekv.) var stort sett alle utslippene fra innenriks luftfart, med en veldig liten del fra utenriks. Utslippene fra sektoren industri, olje og gass (73 tonn CO₂-ekv.) kom fra aktivitet knyttet til forbrenning, prosesser og fordampning fra anlegg for mottak og behandling av råolje og naturgass (Miljødirektoratet, 2022b). Energiforsyning er ført opp med nullutslipp. Figur 1 gir en oversikt over utslippstall og relativ størrelsesorden av utslippene for undergruppene under hver utslippssektor.

³Kategorien 'andre næringer' i 'annen mobil forbrenning'. Denne grupperingen inkluderer mye (industri, detaljhandel og agentur og engros stod for 87% av utslippene til denne kategorien i 2019, men kan ikke vises separat grunnet konfidensialitet) (Miljødirektoratet, 2022b, s. 2). Det er ganske stor usikkerhet knyttet til det å koble disse tallene til en kommune. Fra Miljødirektoratet sitt metodenotat om disse tallene: "Generelt er en utfordring med å bruke datakilder som ikke har en direkte sammenheng med forbruk i en kommune at det i mindre grad blir mulig å fange opp endringer i kommunene som skiller seg fra andre kommuner. For eksempel vil effekten av at en kommune innfører effektive klimatiltak ofte fordeles over flere eller alle kommunene fordi det ikke finnes data som kan knyttes direkte opp mot dette tiltaket." (Miljødirektoratet, 2022b, s. 42).



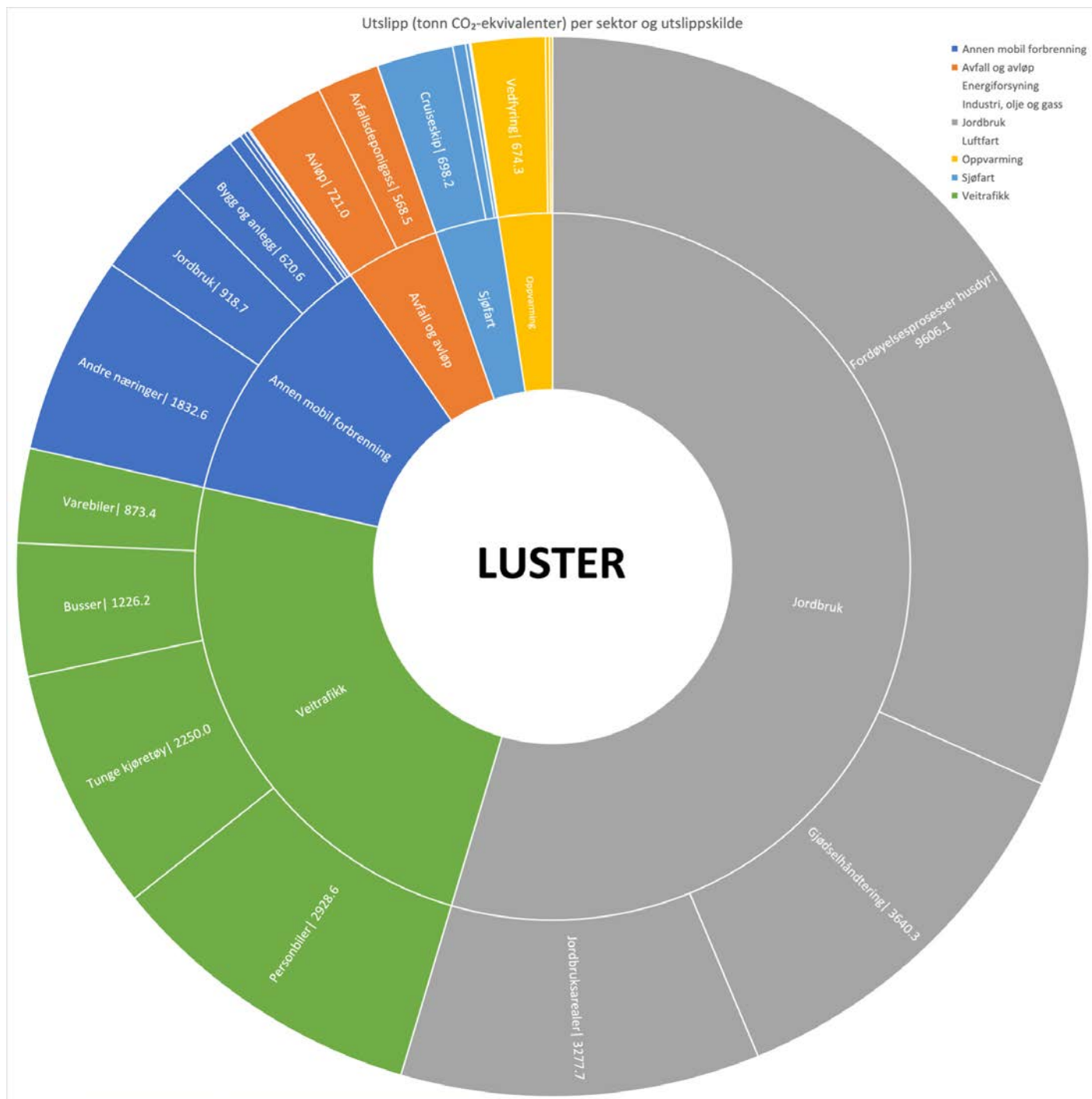
Figur 1. Utslipp (tonn CO₂ ekvivalenter) per sektor og utslippsskilde i Sogndal kommune i 2019.

2.1.2. Luster

De geografiske utslippene fra Luster kommune i 2019 var totalt 30 285 tonn CO₂-ekvivalenter. Den største utslippssektoren var jordbruk (16,5 tusen tonn CO₂-

ekv.). For jordbruk var metanutslipp fra dyrs fordøyelsesprosesser den største kilden, etterfulgt av utslipp knyttet til gjødselhåndtering og håndtering av jordbruksarealer. Som i tilfellet Sogndal, merk at jordbruksmaskiner er ført under kategorien 'annen mobil forbrenning' - mer om denne under. Jordbruk var etterfulgt av veitrafikk (7,3 tusen tonn CO₂-ekv.). Herunder var den viktigste kilden til utslipp personbiler, etterfulgt av tunge kjøretøy. Deretter kom busser, og tilslutt varebiler. Jordbruk og veitrafikk utgjorde mer enn tre fjerdedeler av utslippene i Luster kommune i 2019.

Utslipp fra annen mobil forbrenning (3,6 tusen tonn CO₂-ekv.) var den tredje største utslippssektoren, men betydelig mindre enn de to foregående. Herunder stammet utslippene var først og fremst fra 'andre næringer', etterfulgt av jordbruk, bygg og anlegg, og ulike transporttjenester. Det var også noen mindre utslipp fra snøscootere, behandling av avfall, og skogbruk. Utslipp fra avfall og avløp (1,3 tusen tonn CO₂-ekv.) kom først og fremst fra avløp, etterfulgt av avfallsdeponigass. En liten andel av utslippene stammet fra biologisk behandling av avfall. For sjøfart (0,9 tusen tonn CO₂-ekv.), var det meste av utslippene fra cruiseskip. Det var ellers noe utslipp fra andre sjøfartsaktiviteter. litt fra passasjerbåter og minimalt fra stykkgodsskip. Under kategorien oppvarming (0,7 tusen tonn CO₂-ekv.), kom utslippene først og fremst fra vedfyring. Ellers var det små utslipp fra 'annet', LPG og bioenergi. Utslippssektorene energiforsyning, luftfart, samt industri, olje og gass var alle ført opp med nullutslipp i 2019. Figur 2 gir en oversikt over utslippstall og relativ størrelsesorden av utslippene for undergruppene under hver utslippssektor.

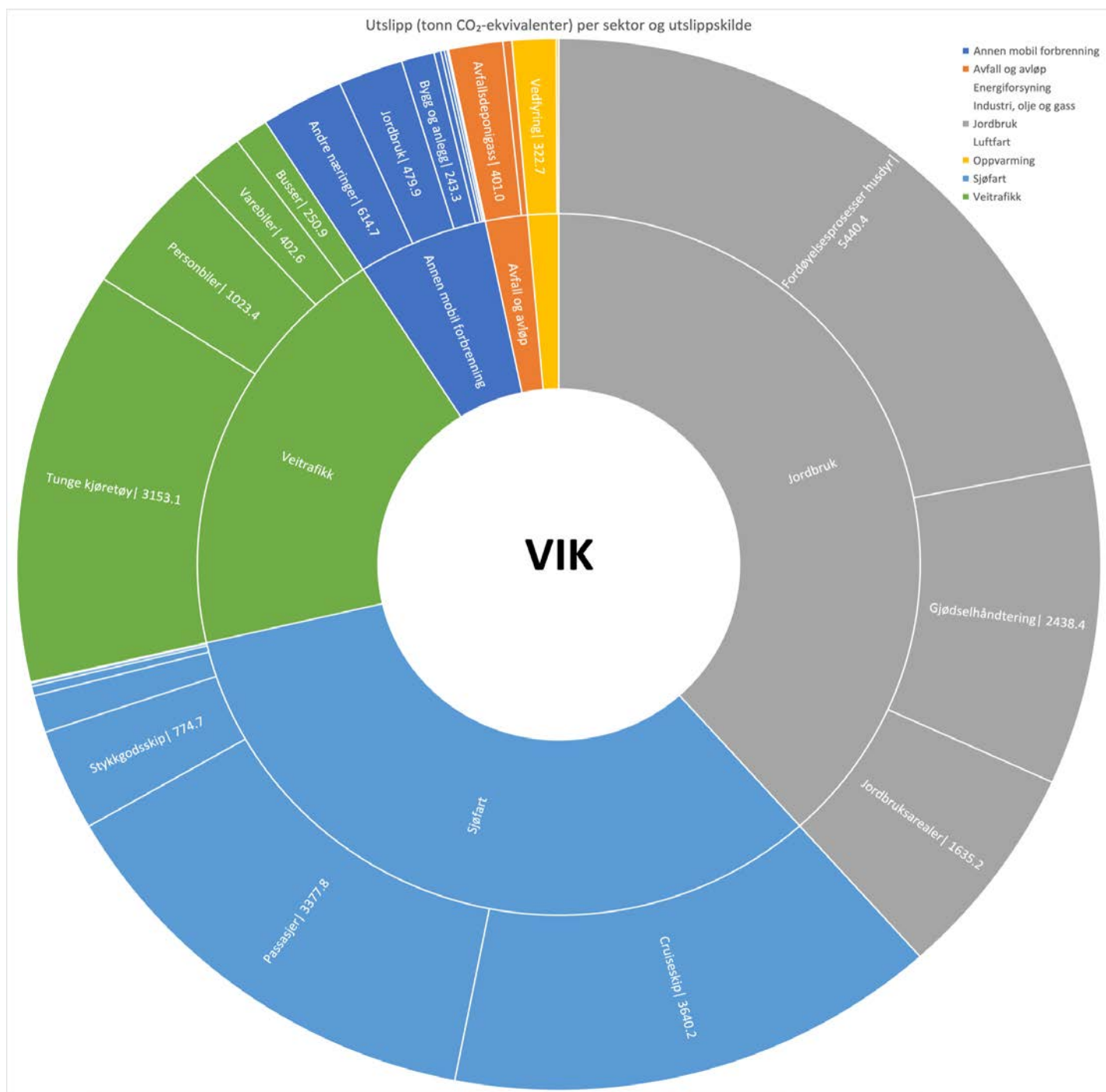


Figur 2. Utslipp (tonn CO₂ ekvivalenter) per sektor og utslippskilde i Luster kommune i 2019.

2.1.3. Vik

De geografiske utslippene fra Vik kommune i 2019 var totalt 24 784 tonn CO₂-ekvivalenter. Den største utslippssektoren var jordbruk (9,5 tusen tonn CO₂-ekv.). For jordbruk var metanutslipp fra dyrs fordøyelsesprosesser den største kilden, etterfulgt av utslipp knyttet til gjødselhåndtering og håndtering av jordbruksarealer. Som i tilfellet Sogndal og Luster, merk at jordbruksmaskiner er ført under kategorien 'annen mobil forbrenning' - mer om denne under. Jordbruk var etterfulgt av sjøfart (8,2 tusen tonn CO₂-ekv.), herunder stod cruiseskip, tett etterfulgt av passasjerbåter, for de største andelene av utslipp. Det var ellers noe utslipp fra stykkgodsskip, andre sjøfartsaktiviteter, samt noe fra andre typer transportskip. Veitrafikk (4,8 tusen tonn CO₂-ekv.) var den tredje største utslippskilden. Herunder var tunge kjøretøy en stor kilde til utslipp. Deretter kom personbiler, varebiler og til sist busser. Jordbruk, sjøfart og veitrafikk utgjorde mer enn tre fjerdedeler av utslippene i Vik kommune i 2019.

Utslipp fra annen mobil forbrenning (1,4 tusen tonn CO₂-ekv.) stammet først og fremst fra 'andre næringer', etterfulgt av jordbruk, bygg og anlegg, og noen mindre utslipp knyttet til ulike transporttjenester, snøscootere, behandling av avfall, og skogbruk. Utslipp under avfall og avløp (0,5 tusen tonn CO₂-ekv.) kom først og fremst fra avfallsdeponigass, med en mindre andel fra avløp, og minimalt fra biologisk behandling av avfall. I kategorien oppvarming (0,3 tusen tonn CO₂-ekv.), kom utslippene først og fremst fra vedfyring. Ellers var det små utslipp fra 'annet' og bioenergi. Utslippssektorene energiforsyning, luftfart, samt industri, olje og gass var alle ført opp med nullutslipp i 2019. Figur 3 gir en oversikt over utslippstall og relativ størrelsesorden av utslippene for undergruppene under hver utslippssektor.



Figur 3. Utslipp (tonn CO₂ ekvivalenter) per sektor og utslippskilde i Vik kommune i 2019.

2.2. Klimatiltak og teknologiendringer for å redusere lokale klimagassutslipp

I denne delen av rapporten beskriver vi fremtidige klimatiltak og teknologiendringer som kan redusere de lokale klimagassutslippene, sektor for sektor. Vi drøfter også hvilken rolle økt bruk av lokal vannkraft kan tenkes å spille i forbindelse med implementering av disse klimatiltakene og teknologiendringene.

2.2.1. Jordbruk

Jordbruk er en av de største kildene til klimagassutslipp i de tre kommunene Luster, Sogndal og Vik. Som beskrevet over, stammer mesteparten av utslippene fra fordøyelsesprosessene til husdyrene, håndtering av gjødsel og jordbruksarealene. Innenfor utslippskategorien jordbruk er det noe begrenset hva økt bruk av lokal vannkraft kan bidra med for å kutte utslipp, med noen få unntak.

De utslippsreduserende klimatiltakene i denne sektoren går på å redusere produksjon og konsum av storfe og andre husdyr, og erstatte disse med planteprodukter og fisk (Pettersen et al. 2017), i tillegg til å øke effektiviteten i den resterende husdyrproduksjon (ved f.eks. å øke fett i forrasjoner, tidligere høstetidspunkt, dyrehelse/fruktbarhet/avl) (Huso et al. 2018). Et annet viktig klimatiltak er å redusere matsvinn for å sikre redusert ressursbruk og unngå sløsing med matressurser som fortrenger annen produksjon og samtidig gir unødvendig miljøskade (Pettersen et al. 2017). For å redusere utslippene knyttet til jordbruksarealene, bør nydyrking av myr stanses⁴ (Pettersen et al. 2017), tiltak for økt binding av karbon i jord⁵ bør innføres (Lal, 2004; Huso et al. 2018)

⁴ Obs: Summen av (netto) utslipp og opptak av karbon fra jordbruksarealenes biomasse (levende og død) og jordsmonn blir rapportert i utslippsregnskapets sektor for skog og annen arealbruk (LULUCF5-sektoren). Tar likevel med tiltakene under kategorien jordbruk siden sektoren skog og annen arealbruk ikke er med som egen kategori her, og siden det er tiltak som kan implementeres i jordbruket.

⁵ Samme som over.

og bedre drenering (Huso et al. 2018). I denne sektoren kan også endringer knyttet til gjødsling bidra til utslippskutt. Tiltakene inkluderer å legge tak på åpne gjødsellager, ta i bruk miljøvennlig spredemetode, presisjonsgjødsling, samt kombinere bedre tilpasset mengde, metode og tidspunkt for gjødselspredning i sammenheng med økt lagerkapasitet (Huso et al. 2018). Man kan også i større grad bruke husdyrgjødsel til biogassproduksjon (Pettersen et al. 2017; Huso et al. 2018). ReNeo var et initiativ i Røros som skulle bruke lokal fornybar energi til å drifte en maskin som henter nitrogen fra luften og binder denne til husdyrmøkken ved hjelp av lysbueteknologi, som ledd i å produsere sin egen gjødsel. Prosjekteierene oppga et forventet utslippskutt på 30% uten å redusere produksjon av storfe (Toftaker & Trøen, 2022). Prosjektet baserer seg på teknologien «N2 Applied», vi har ikke funnet vitenskapelig dokumentasjon på effekter dette har for klimagassutslipp, men det er pågående forskingsprosjekt som prøver å dokumentere virking av teknologien (Haanæs, 2022).

Økt produksjon av planteprodukter og fisk kan tenkes å kunne dra indirekte nytte av lokal vannkraft i tilfeller hvor produksjonsanleggene trenger tilført varme og/eller oksygen. Som vi kommer tilbake til litt senere i dette notatet, kan restvarmen fra flere 'nye' grønne næringssatsinger (og/eller oksygen som er et biprodukt av hydrogenproduksjon) benyttes til slike formål hvis man samlokaliserer disse funksjonene. Dette kan også påvirke lønnsomheten til nye grønne næringssatsinger. Andre tiltak som krever strøm - som eksempelvis ReNeo's teknologi for å redusere utslipp fra kumøkk, kan også gjøre at økt bruk av lokal vannkraft kan bidra til å kutte utslipp i jordbrukssektoren lokalt.

2.2.2. Veitrafikk

Veitrafikk er en annen stor kilde til klimagassutslipp i de tre case-kommunene. De to viktigste kildene er tungtransport og personbiler, med noe mindre utslipp fra busser og varebiler. For å få ned klimagassutslippene i denne utslippskategorien må trafikkvolumet ned, i tillegg til at den resterende mobiliteten må elektrifiseres så langt det lar seg gjøre, og ellers effektiviseres.

Tiltak for å redusere veitrafikk går ut på å gjøre det mindre attraktivt å bruke bilen og andre kjøretøy via eksempelvis parkeringstiltak, avgifter på veg, drivstoff og kjøretøy, kombinert med å samtidig tilrettelegge for alternative transportformer slik at disse alternativene blir mer attraktive (TØI, u.å.). Å redusere de resterende utslippene fra veitrafikk krever elektrifisering av personbiler og tyngre kjøretøy så langt det lar seg gjøre (f.eks. elektriske busser og mindre lastebiler), mens øvrig tungtransport effektiviseres (f.eks. hybrid og hydrogen) (TØI, u.å.).

Lokal vannkraft kan bidra til å tilrettelegge for dette. Storskala elektrifisering av veitrafikken krever tilgang på ladeinfrastruktur og nok strøm, her kan lokal vannkraft spille en direkte rolle. I tillegg kan lokal vannkraft indirekte bidra til å effektivisere tungtransport hvis den brukes til å produsere alternative energibærere som hydrogen eller ammoniakk som kan drifte den delen av transportsektoren som ikke lar seg elektrifisere eller redusere.

Elektriske personbiler og busser er allerede tilgjengelige på markedet. Tyngre kjøretøy driftet på elektrisitet eller hydrogen er under testing, men tilbudet i markedet i dag er begrenset, prisen er høy, og infrastrukturen rundt ladning og fylling trenger utvikling (TØI, 2020).

2.2.3. Sjøfart⁶

I Sogndal og Vik er sjøfart en stor kilde til klimagassutslipp, mens den spiller en noe mindre rolle i Luster. Utslippene forårsakes hovedsakelig av cruiseskip og passasjerbåter, mens ulike gods- og fraktskip spiller litt mindre rolle.

Tiltak som kan kutte utslipp fra denne utslippskategorien går først og fremst ut på å redusere volumet av sjøfart så langt det lar seg gjøre. Resterende utslipp kan reduseres ved å elektrifisere ferger og andre båter i faste, korte ruter (eksempelvis arbeids- og transportbåter i oppdrettsnæringen, lastebåter, små

⁶ 'Klimanøytrale' alternativ som biodrivstoff frontes også som løsninger for sjøfart, men den samlede, totale klimaeffekten av disse er usikker og mye omdiskutert, så vi ser derfor bort fra å liste disse i oversikten over mulige utslippsreducerende tiltak for sjøfart.

cruiseskip/turistskip på korte ruter) (Øystese, 2020a). Dette krever også tilrettelegging for landstrøm. Hybride fremdriftssystem med batteri kan også tas i bruk i de fleste fartøy kategoriene for delvis elektrisk drift (Øystese, 2020a). Andre mulige teknologier for å få ned utslippene knyttet til sjøfart er å bruke alternative energibærere som grønn hydrogen eller grønn ammoniakk (sistnevnte blir trukket frem som det mest lovende karbonfrie drivstoff alternativet for langdistanse skipsfart) (Øystese, 2020a). Det bør stilles krav til at skip og båter som kommer inn i kommunenes havner skal bruke miljøvennlig teknologi, og samtidig bør det tilrettelegges for nødvendig infrastruktur som lademuligheter. Cruiseskip står for relativt stor andel av klimagassutslipp fra sjøfart i de tre kommunene. En god del av utslippene fra cruiseskip kommer fra havneligge som har høye lokale og klimagassutslipp med opptil 10 timers liggetid, derfor vil det å legge til rette for landstrøm vil redusere klimagassutslipp fra cruiseskip (Simonsen med flere, 2019). Ulempene med landstrøm til cruiseskip er at det er for tiden svært kostnadskrevenende, men dette kan endre seg ved at teknologiutvikling reduserer kostnader. En rekke norske havner har gått sammen for å få til et system med miljødifferensiert havneavgift for cruiseskip. Skip som overoppfyller internasjonalt minimumskrav vil bli belønna økonomisk, mens skip som ikke møter krav vil bli straffet økonomisk. Det er opp til de enkelte havnene å sette avgiftsnivået (Walnum, 2018). De tre kommunene bør planlegge for ønska omfang av cruiseturisme, og hvordan de skal redusere klimautslippet fra cruiseskip.

I likhet med i tilfellet veitrafikk, så kan lokal vannkraft bidra til å tilrettelegge for denne omstillingen. Hel- og delelektrifisering av sjøfart som egner seg for dette krever tilgang på ladeinfrastruktur og nok strøm. Her kan lokal vannkraft spille en direkte rolle. I tillegg kan lokal vannkraft indirekte bidra til å effektivisere resterende sjøfart hvis kraften brukes til å produsere alternative energibærere som hydrogen eller ammoniakk som kan drifte denne transporten på sikt.

Hel- og delelektriske løsninger er kommersielt tilgjengelig. Løsninger med (grønn) hydrogen og ammoniakk er under utvikling, og vil kreve nye regelverk grunnet sikkerhet - denne prosessen pågår (Øystese, 2020a).

2.2.4. Annen mobil forbrenning

Annen mobil forbrenning er også en betydelig kilde til klimagassutslipp i de tre case-kommunene. De største kildene til utslipp i denne kategorien er landbrukskjøretøy- og motorredskaper, anleggsmaskiner, samt 'andre næringer'.

Aktuelle klimatiltak i denne utslippskategorien inkluderer å ta i bruk bio- og fornybar energi til landbrukskjøretøy- og motorredskapet (Huso et al. 2018), redusere drivstofforbruk i anleggsmaskiner og traktorer ved å blant annet optimalisere drift og bruk, samt elektrifisere anleggsmaskinparken og lette landbruksmaskiner. Dette vil forutsette tilrettelegging for ladning av disse, noe som kan være ekstra utfordrende for anleggsmaskiner siden lokaliseringen av disse er midlertidig av natur.

Som i de to foregående utslippskategoriene, så kan lokal vannkraft bidra til å tilrettelegge for denne omstillingen. Elektrifisering av landbruks- og anleggsmaskiner krever som nevnt over tilgang på ladeinfrastruktur og nok strøm. Her kan lokal vannkraft spille en direkte rolle.

Utslippsfrie anleggsmaskiner er i en tidlig innovasjonsfase. Dagens maskinpark kan kjøres med avansert biodrivstoff. Tyngre landbruksmaskiner egner seg antagelig ikke for elektrifisering (krever i så fall batterirevolusjon, ingen slik løsning i sikte i nær fremtid (NHO, 2021). Her blir det smartere bruk og bærekraftig biodrivstoff foreløpige løsninger. Lettere landbruksmaskiner kan elektrifiseres - eksempelvis gaffeltruck finnes allerede tilgjengelig.

2.2.5. Avfall og avløp

Avfall og avløp er en av de mindre utslippskategoriene i de tre kommunene, og herunder er de største utslippskildene avfallsdeponigass og avløp.

Klimatiltak for å adressere denne utslippskilden inkluderer å samle opp deponigassen til energiproduksjon, tette lekkasjer fra avfallsanleggene, samt tilrettelegge for økt gjenbruk av varer og ellers øke andelen materialgjenvinning fra avfall for å minske mengden avfall som går til deponi (Miljødirektoratet,

2019). Tiltak for vann- og avløpsnettene inkluderer utvidet energi- og materialgjenvinning i forbindelse med utvikling og drift av vann- og avløpsnettene, utvinne biogass fra avløpsslam og benytte avløpsslam og biorest til gjødsling i landbruket (Miljødirektoratet, 2021).

Her kan økt bruk av lokal vannkraft være nyttig i prosesser knyttet til prosessering og resirkulering av avfallsressursene. Det bør tilrettelegges for økt bruk av lokalprodusert strøm i prosessering og resirkulering av ressursene som ellers blir avfall (f.eks. elektronisk avfall og plast). Her bør man utrede hvordan man kan få bedre utnyttelse av ressursene, og det kan elektrifisering bidra til, selv om dette ikke er kraftkrevende næringsutvikling.

2.2.6. Oppvarming

Oppvarming er også blant de mindre utslippstypene i case-kommunene. Hovedkildene til utslipp under denne overskriften er vedfyring og fossil olje (siste kun i Sogndal).

Tiltak som kan bidra til å få ned utslippene i denne kategorien inkluderer energieffektivisering av eksisterende bygningsmasse for å kutte den totale mengden energi som kreves for oppvarming. Utslipp knyttet til vedfyring kan reduseres ved å gå over til andre varmekilder, samt bytte til mer rentbrennende løsninger der vedfyring fortsetter. Et annet viktig tiltak er å fase ut fossile energikilder for oppvarming, og gå over til alternative varmekilder som fjord-, jord-, sol-, eller fjernvarme og fornybar elektrisitet.

Økt bruk av lokal vannkraft her er gjerne mest aktuell i indirekte form ved å sende restvarme fra eventuelle nye, grønne næringssetninger som datasentre eller hydrogenproduksjon via fjernvarmesystem.

2.2.7. Luftfart

Luftfart er kun en relevant utslippskategori for Sogndal kommune. Det viktigste tiltaket for å redusere utslipp i denne kategorien er å redusere volumet av flyreiser. For å redusere resterende utslipp knyttet til luftfart, er elektrifisering

eller alternative drivstoff, som e-fuel, muligens fremtidige tiltak. Her må det understrekes at elektrifisering av luftfart er et godt stykke unna, og i ganske liten skala (9-setersfly) (Mukhopadhyay & Graver, 2022). E-fuels har sine egne utfordringer på produksjonssiden, selv om det ellers kan erstatte fossilt drivstoff uten modifikasjoner på dagens flypark og infrastruktur (Norsk Klimastiftelse, 2020). Mer om dette i neste del av dette notatet.

Som i de andre utslippskategoriene for motoriserte kjøretøy, kan økt bruk av lokal vannkraft bidra til å tilrettelegge for denne omstillingen. Elektrifisering av luftfart krever tilgang på ladeinfrastruktur og nok strøm. Her kan lokal vannkraft spille en direkte rolle. I tillegg kan lokal vannkraft inngå i produksjon av hydrogen (en innsatsfaktor i e-fuel), den kan drifte karbonfangst direkte fra atmosfæren (CO₂ er en annen innsatsfaktor i e-fuel), og siden kan den bidra til å produsere e-fuel.

Denne sektoren kan gjøre nytte av økt bruk av vannkraft for å kutte utslipp. karbonbasert e-fuel (e-kerosen) kan inngå i dagens infrastruktur/motorer og bidra til utslippskutt. Produksjonen av drivstoffet er (snart) på demonstrasjonsnivå. Det er to demonstrasjonsfabrikker under planlegging/bygging i Norge.

2.3. Kan økt bruk av lokal vannkraft kan være en ressurs i denne omstillingen?

I teorien kan økt bruk av lokal vannkraft være en direkte og/eller indirekte ressurs i klimaomstillingen av eksisterende næring i Luster, Sogndal og Vik. Det er behov for å kutte utslipp i eksisterende sektorer, og det trengs mer kraft til dette. Her kan lokal vannkraft spille en viktig rolle. Regjeringen har i tillegg gitt sterke politiske signal om at tillatelser til økt uttak av kraft og tilknytning til strømmettet vil bli prioritert basert på ulike vurderingskriterier. Kriteriene inkluderer modenhet, klimaeffekt og verdiskapingspotensial (Nærings- og fiskeridepartementet, 2021, s. 27).

Her må vi også nevne at flere problem knyttet til kraftbruken vår - både mengden kraft og kapasiteten i strømmettet, kan løses ved bedre ENØK tiltak lokalt slik at

mindre energi brukes. Dette kan frigjøre kapasitet i nettet og føre til at mye av vannkraften kan brukes til annet. Man trenger ikke nødvendigvis mer kraft lokalt, det er foreløpig mye å hente på å effektivisere eksisterende bruk, samt forbedre effektiviteten i kraftproduksjonen. Optimalisering av produksjons- og bruksfase av kraften er altså også viktige tiltak som vi ikke kommer utenom. Som pekt på tidligere i dette notatet, trengs det økt tilgang på kraft for å elektrifisere det som elektrifiseres kan, samt for å produsere grønne, alternative energibærere for slikt som ikke lar seg elektrifisere - som for eksempel noen former for tungtransport. Produksjon av alternative energibærere kommer vi tilbake til i neste del av notatet, siden dette er en potensiell ny, grønn næringssatsing som oppdragsgiver har bedt oss vurdere.

2.4. Hva må til for at kommunene skal ta en rolle i omstillingen av eksisterende næringer?

Kommunene har en viktig rolle å spille for omstillingen av eksisterende næringer. For det første kan de bidra med å sikre et billig pristak på strøm, og sikre adekvat tilgang på strømnett. Mange av de utslippsreducerende tiltakene nevnt over krever jo nettopp bruk av elektrisitet. I tillegg kan kommunene som gjennomføre ENØK tiltak i egen virksomhet samt i nye utviklingsprosjekt. Kommunen kan også gi støtte til ENØK tiltak for husholdninger og andre private aktører, samt stille krav om høy energieffektivitet og lav energibruk i nye utviklingsprosjekt innenfor kommunenes grenser. Som arealmyndighet kan kommunene også sørge for smart disponering av arealer for boliger og transport så energibehovet knyttet til transport reduseres.

På denne måten kan store mengder kraft og nettkapasitet frigjøres til bruk i klimaomstillingen. Dette punktet er viktig, siden det, gitt dagens kraftproduksjon og forbruk, ikke vil finnes et kraftoverskudd nasjonalt når man tar med i beregningen utslippskutt i dagens industri som må til for å nå Norges klimamål. Ifølge Miljødirektoratet trengs det 24 TWh fornybar kraft for å gjennomføre mulige utslippskutt i dagens industri (Miljødirektoratet, 2022a). Hvis alle tilgjengelige utslippsreducerende tiltak i dagens industri skal gjennomføres, vil

det spise opp kraftoverskuddet⁷, uten en ytterligere utbygging av fornybar kraft i Norge, eller et storstilt fokus på energieffektivisering av bruk av kraft og produksjon av kraft.

Kommunene kan også bruke handlingsrommet sitt som vertskapskommune for grønn næringsaktivitet. Dette punktet returnerer vi til i neste del av rapporten.

⁷ I 2021 var kraftoverskuddet i Norge rundt 15 TWh (produksjonen var 155 TWh, og forbruket rundt 140 TWh) (Hovland, 2022).

3. Kan kraftkrevende grønn omstilling i næringslivet og industrien nasjonalt og internasjonalt skape grobunn for etablering av nye næringer og industrier i Luster, Vik og Sogndal?

Den andre problemstillingen vi drøfter i dette notatet spør i hvilken grad kraftkrevende grønn omstilling i næringslivet og industrien nasjonalt og internasjonalt kan skape grobunn for etablering av nye næringer og industrier i kommunene Luster, Sogndal og Vik. For å svare på denne problemstillingen peker vi først ut relevante næringer og industrier nasjonalt og internasjonalt som trenger store mengder fornybar kraft for å gjennomføre klimaomstilling. Vi beskriver de mest sannsynlige fremtidige klimatiltakene og/eller teknologiendringene som vil måtte skje som følge av slik omstilling. Vi vurderer også i hvilken grad økt bruk av lokal vannkraft kan være en ressurs i den omstillingen. Videre gjør vi en særlig vurdering av lokal vannkraft som ressurs for etablering av datasenter, batteriproduksjon, hydrogen- og ammoniakkproduksjon og E-fuel. Avslutningsvis drøfter vi hva som må til for at kommunene skal ta en rolle i denne omstillingen.

3.1. Næringer og industrier nasjonalt og internasjonalt som trenger mye fornybar kraft for å gjennomføre klimaomstilling

Industrisektoren var den ledende utslippssektoren globalt i 2019 (20 GtCO₂-ekv eller 34% av globale utslipp i 2019) når man inkluderer indirekte utslipp fra kraft

og varmeproduksjon (IPCC, 2022). Ifølge FNs Klimapanel er det mulig, men krevende å oppnå netto null CO₂-utslipp i industrisektoren. Dette vil kreve energieffektivisering, karbonfangst- og lagring, karbonfangst- og utnytting, nye produksjonsmetoder basert på alternative energikilder, samt redusert etterspørsel etter materiell, materialeffektivitet, og sirkulærøkonomi for å redusere behovet for primærproduksjon (IPCC, 2022).

De mest energiintensive industrisektorene er jern og stål, sement, raffinerier, petrokjemikalier, gjødsel, kalk og mur, papir og papirmasse, aluminium, kjemiske råvarer og hult glass (deBruyn m.fl., 2020). Tilgang på lav/nullutslipps elektrisitet er en viktig forutsetning for de fleste teknologiene som kan redusere karbonutslipp fra disse sektorene, og dermed for gjennomføringen av klimaomstilling av dagens industri (deBruyn m.fl., 2020).

Den totale energibruken til norsk industri er på rundt 80 TWh per år, hvor omtrent 60 prosent av denne er strøm, og resten kull, olje og gass (SSB, 2022). Den energiintensive industrien i Norge⁸ brukte rundt 85% av energien i norsk industri i 2013, og stod for 90% av industriens klimagasser (Moe & Laird, 2013). Det vil dermed være mye å hente på å redusere mengden fossile energivarer som inngår som innsatsfaktor i den energiintensive industrien i Norge.

Ifølge Prosess21 sin hovedrapport, vil vi ha et kraftunderskudd i Norge på rundt 56 TWh frem mot 2050 hvis man skal elektrifisere sokkel, all transport, og industrien (Prosess21, 2021). I tillegg til fokus på volum reduksjon, energieffektivisering og refordeling, vil det antagelig være behov for noe utbygging av fornybar kraft, hvis vi skal nå 2050 målene, men her må man også gjøre nøye vurderinger av klima- og miljøkonsekvensene av arealbruksendringer og naturinngrep. Da kan Miljødirektoratet sin kalkulator for beregning av effekten av arealbruksendringer være et nyttig verktøy (Miljødirektoratet, u.å.b).

⁸Omfatter fire hovednæringer: produsenter av papirmasse og papir, kjemiske råvarer, metallindustrien og mineralsk industri (Moe & Laird, 2013).

Regjeringen har i *Veikart for grønt industriløft* pekt ut noen områder hvor de vil rette særlig innsats for å oppnå en klimaomstilt norsk industri (Nærings- og fiskeridepartementet, 2021). De utpekte områdene er havvind, batterier, hydrogen, CO₂-håndtering, og grønne prosjekter i eksisterende fastlandsindustri (her trekker de frem eksemplene prosessindustrien, skog- og trenæringen og annen bioøkonomi, og den maritime verdikjeden).

Produksjon av batterier og hydrogen (via elektrolyse) har betydelig kraftbehov. For å produsere disse med lavest mulig klimafotavtrykk, kreves det fornybar kraft. Prosessindustrien er også kraftintensiv, og forbruker årlig i overkant av 40TWh elektrisk kraft (Prosess21, 2021). Det er spesielt 'oppstrøms-produksjon' av kjemikalier og metaller, i tillegg til produksjon av energibærere, som er særlig kraftkrevende. Utvikling av prosessindustrien og vannkraft har historisk skjedd parallelt i Norge, og mye av den norske prosessindustrien forsynes i dag av vannkraft (som ofte regnes for å være nullutslipp), noe som gir den et konkurransefortrinn internasjonalt (Prosess21, 2021).

I følge virksomhets- og foretaksstatistikken til SSB⁹ er det ingen kraftkrevende industri i Sogndal, Vik eller Luster. Men vi finner kraftkrevende industri i form av produksjon av kjemiske råvarer og metaller i flere kommuner i gamle Sogn og Fjordane (Høyanger, Aurland, Årdal, Bremanger og Stad). For at virksomhetene her skal klare klimaomstillingen, kreves det økt bruk av fornybar kraft i kombinasjon med tilgang på alternative energibærere for å redusere bruk av fossile brensler som oppvarmingskilde i smelteverk, som utdypet under.

3.2. Klimatiltak og teknologiendringer for omstilling av dagens kraftkrevende industri

Foruten å redusere omfanget av energiintensiv industri gjennom redusert etterspørsel, kan denne typen industri hjelpes mot karbonnøytralitet ved hjelp av tre overordnede teknologigrupper som alle er modne, men kostbare (deBruyn m.fl., 2020; Prosess21, 2021):

⁹ Tabell 07091 og 07196 på www.ssb.no.

- redusere utslipp fra nåværende prosesser via energieffektivisering og karbonfangst- og lagring;
- erstatte fossile brensler som inngår i produksjonen med elektrifisering, biomasse, (grønn) hydrogen, eller andre syntetiske brensler; eller
- utvikle nye produksjonsmåter med lavere karbonfotavtrykk gjennom karbonfangst- og utnyttelse, prosess-intensivering og sirkulærøkonomi.

En rapport utarbeidet av de Bruyn m.fl. (2020) på bestilling fra EU parlamentets komite for industri, forskning og energi gjør en omfattende vurdering av utfordringer og muligheter rundt energiomstilling i energiintensiv industri. De neste avsnittene oppsummerer sentrale vurderinger fra rapporten i lys av problemstillingen som diskuteres her.

Det er et teknisk potensial for å redusere energibruken i eksisterende industrielle prosesser med 15-25% frem mot 2050 ved bruk av eksisterende teknologi (McKinsey, 2018, ICF International, 2015). Dette kan hentes ut gjennom tiltak som bedre isolasjon, gjenbruk av overskuddsvarme, LED belysning, og mer effektive elektriske ledere. Hovedbarrieren mot å gjennomføre slike tiltak er investeringskostnadene, og at disse konkurrerer med investering i utvidelse av produksjonskapasitet (ICF International, 2015).

Teknologier for å erstatte fossile brensler med elektrisitet til bygningsoppvarming og dampsystemer er allerede kommersielt tilgjengelige, og kan allerede erstatte all bruk av fossile brensler til disse formålene (Schüwer & Schneider, 2018). Slike teknologier inkluderer elektrodekjele, motstandsoppvarming, varmepumpe, rekompresjon av damp, og lysbueovn. Disse teknologiene kan potensielt redusere karbonutslippene fra industrien med 30%. Hovedbarrieren mot å ta disse i bruk er igjen kostnaden. Mindre modne elektrifiseringsteknologier er industrielle høytemperaturovner til bruk i f.eks. sementindustrien. Disse er fortsatt på forsknings- og utviklingsstadiet, og er ikke kommersielt moden enda. På sikt vil det være mulig å elektrifisere deler av eller hele produksjonsprosesser, som for eksempel å produsere jern via elektrolyse av jernmalm. Elektrifisering av industrien vil kreve opprustning av strømmettet for å kunne håndtere økt industriell etterspørsel.

Teknologier som utnytter dyp geotermisk energi har potensiale til å forsyne all industriell etterspørsel etter lav- til middelstemperatur varme. Med optimale grunnforhold kan den levere temperaturer opp til 250C (McKinsey, 2018), eller varmere hvis man lykkes i utviklingen av boreteknologi som kan bore ned til 10 000 meters dyp. Selv om geotermisk energi ikke vil kunne dekke behovene til jern-, stål- eller sementindustrien, så kan det dekke mange av varmebehovene til den kjemiske industrien og raffinerier. Teknologi for utnyttning av dyp geotermisk energi i industrien er fortsatt på utviklingsstadiet, men teknologien for å bore til 5 000 meters dyp (hvor man finner temperaturer opp til 170C) har man hatt i drift i oljebransjen i mange år allerede (SINTEF, 2010).

Resten av notatet tar for seg utvalgte grønne teknologier, og vurderer mulighetene for etablering av ny, kraftkrevende grønn industri basert på disse teknologiene i Norge generelt. I tillegg vurderer vi mulighetene for etablering i Sogndal, Luster og Vik, så langt det lar seg gjøre uten at vi kjenner til aktuelle lokasjoner for kraftoverskudd, og nærhet til infrastruktur og potensielle areal.

3.2.1. Batteri

Batterier er en sentral brikke i klimaomstillingen av Norge. 'Startskuddet' for konkurransen om å bli ledende innen produksjon av batterier har gått, uten at Norge har klart å henge med (Syvertsen 2022; Ask, 2021). Men det finnes et politisk ønske om å ta igjen det tapte forspranget ved hjelp av Regjeringen Støres sin batteristrategi (Nærings- og fiskeridepartementet, 2022).

Totalt (april 2023) er det 31 bedrifter i Norge som er registrert i Brønnøysundregistrene under bransjekode 27200 Produksjon av batterier og akkumulatorer. To av disse er enkeltpersonforetak, ett er NUF, mens resten er aksjeselskap. Tabellen nedenfor viser antall bedrifter med omsetning fra året 2012 til 0f med 2021. Antall batterifabrikk er lite, men veksten har vært stor de siste årene.

Tabell 1 utvikling i antall bedrifter under bransjekode 27200 produksjon av batterier og akkumulatører.

År	2012	2015	2019	2020	2021
Antall bedrifter	4	7	12	18	22

Det er et mulighetsvindu på produksjon av battericeller i Norge (Ursin, 2021b), samt for resirkulering av batterier når disse må skiftes i elbil- og elfergeparkene (Norsk Klimastiftelse, 2021). I 2021 kunne man gjenvinne omtrent 50% av materialene i batteriene, men det vil snart komme krav om at opp mot 90% skal gjenvinnes (Ursin, 2021a). Her kan Norge ta en ledende rolle.

En NHO-analyse peker på at Norge er godt posisjonert i forhold til battericelleproduksjon og resirkulering, i tillegg er forutsetningene gode for prosessering av råvarer til batterier, og sammensetning og integrasjon av batterier (Valstad m.fl., 2020). Videre har vi i Norge stor tilgang på høyt utdannede som kan innfri batteriproduksjonens behov for høy kompetanse, men den spesifikke kompetansen på batteriproduksjon mangler, og må importeres i starten (Ursin, 2021a). Det kalde og tørre klimaet i Norge er også en klimatisk fordel for batteriproduksjon (Ursin, 2021a).

Med hensyn til teknologisk modenhet (TRL), så er batteriproduksjon på ulike modenhetsnivå og i konstant utvikling. I dag produseres det litiumbatterier i industriell skala, med TRL nivå 9. Det pågår forskning, utvikling og testing på alle TRL nivå med sikte på å forbedre levetid, redusere vekt, bruke mer bærekraftige materialer (som redusert bruk av kobolt), raskere lading, osv.

Ifølge anslag fra McKinsey (Valstad m.fl., 2020, s. 52) har batterinæringen et omsetningspotensial på 9 mrd EUR/år i 2030, 18 mrd EUR/år 2050. Det er størst potensiell lønnsomhet i prosessering av råmaterialer og komponentproduksjon. Kostnadsdrivere i battericelleproduksjon er materialer og kraft (Ursin, 2021a). Norge har lang erfaring på det siste punktet med kraftkrevende industri og

tilgang på fornybar kraft. Batterier kan produseres i Norge med halvparten av CO₂-avtrykket til produksjon i Kina (driftet av kull), men kostnadmessig holde produksjonen på nivå med Kina (Ursin, 2021a).

Valstad, m.fl. (2020) peker på en rekke nødvendige tiltak for at Norge skal kunne ta en ledende rolle i batteriproduksjon. Det forutsetter tilgang på nødvendig areal og infrastruktur; rask behandling av konsesjonssøknader og andre tillatelser; støtte til bygging av pilot- og fullskala anlegg; tilgang på fornybar energi på konkurransedyktige vilkår; ordninger for tilgang på nødvendig fagkompetanse og arbeidskraft (inkl. utenfor EEA); skatteordninger for utenlandsk kompetanse; konkurransedyktige finansielle støtteordninger, inkl. maksimal utnyttning av støttenivå innenfor EU/EØS regelverk - spesielt viktig siden Norge glapp IPCEI-toget for batteri; og til sist betydelig styrking av FoU, koblet tett på produktutvikling og kommersiell produksjon i og utenfor Norge. Regjeringens batteristrategi (Nærings- og fiskeridepartementet, 2022) adresserer de fleste av disse punktene.

Den politiske aksepten for en batterisatsing vurderer vi som høy. Batterier er pekt ut som et av flere store satsingsområder av Støreregjeringen i Grønt industriløft (Nærings- og fiskeridepartementet, 2021). Det er et ønske fra regjeringen sin side at Norge skal ta igjen det tapte forspranget i batterikappløpet. Batteristrategien (Nærings- og fiskeridepartementet, 2022) vil tilrettelegge for at Norge tar lederskap innen bærekraft i hele verdikjeden for batterier, stille med kapital, lån og garantier for å utløse privat kapital, fremme kompetansetilgang, tilrettelegge for tilgang på mer fornybar kraft, bidra til tomter og annen infrastruktur, støtte pilotkommuner i vekst, samt sikre forutsigbare, effektive og koordinerte offentlige prosesser (Nærings- og fiskeridepartementet, 2022).

Pr dato (april 2023) er det fem batterifabrikker under bygging i Norge. Det er Freyr i Rana kommune. Formålet med bedriften er: “ Å utvikle og produsere energilagringssystemer, herunder forretningsutvikling og konsernintern tjenesteyting knyttet til dette, og alt som naturlig faller sammen med dette” . Ifølge pressemelding vil de totale investeringene til Freyr bli 20 milliarder

kroner. Investeringer som vil bidra til reduserte utslipp støttes av Staten: Statlig eide EKSfin har støttet Freyr med 400 millioner Euro i lån og lånegarantier. Risikoen for investorene er derfor betydelig redusert.

I 2021 var det ifølge Brønnøysundregistrene 488 ansatte i de norske batterifabrikkene. 200 av disse var ansatt i Freyr i Rana mens 131 var ansatt i Seam AS på Karmøy (Seam er registrert under bransjekode 27200, men de lager flere typer produkter). Syv av de totalt 22 registrerte bedriftene i 2021 hadde ingen ansatte. Årsaken til dette er at batteriproduksjon i Norge er en ny næring. Freyr har tidligere annonsert at den vil ha 1500 ansatte. Hvor mange de andre nyetablerte fabrikkene trenger, er usikkert. Men siden Freyr planlegger å bygge en relativt stor fabrikk, vil tallet på sysselsatte i hver av de andre fabrikkene sannsynligvis være lavere enn 1500.

3.2.2. Ikke-karbon-baserte e-fuels

Såkalte elektrodrivstoff (e-fuels) pekes på som nødvendige brikker i å avkarbonisere transportsektoren. Disse deles i to hovedgrupper: karbon-baserte og ikke-karbonbaserte elektrodrivstoff. Under tar vi for oss de to ikke-karbonbaserte elektrodrivstoffene hydrogen og ammoniakk. I tillegg til at disse kan bidra til å avkarbonisere transportsektoren, har de andre bruksområder i klimaomstillingen av industri og landbruk.

Hydrogen

Hydrogennæringen kan spille en viktig rolle i å avkarbonisere sektorer som ikke lar seg elektrifisere direkte, som for eksempel stålproduksjon eller ammoniakkproduksjon (Norsk Klimastiftelse, 2021b). I tillegg kan grønn hydrogen spille en viktig rolle i å balansere et kraftnett basert på vind og sol (Norsk Klimastiftelse, 2021b).

Kort fortalt er det tre måter å produsere hydrogen på: den grå, den blå og den grønne. Grått hydrogen, som utgjør rundt 90 prosent av hydrogenforbruket i Europa (Winje m.fl., 2022), produseres via dampreforming av olje, naturgass eller kull uten fangst og lagring av CO₂. Denne produksjonsmetoden innebærer

betydelige utslipp, og regnes ikke som fornybar. Blått hydrogen produseres på samme måte som grått hydrogen, bortsett fra at CO₂ som slippes ut ved grå produksjon, fanges og lagres. Teknologien for fangst og lagring av CO₂ er tilgjengelig. Grønt hydrogen derimot produseres via elektrolyse av H₂O ved hjelp av fornybar elektrisitet. I tillegg til disse tre måtene å produsere hydrogen på, har det vist seg at hydrogen også forekommer naturlig og kan hentes enten ved å tappe fra underjordiske reserver eller stimuleres ved å skyte vann ned i 'deep source rocks' (Hand, 2023). Muligheten for å utvinne naturlig hydrogen for bruk i den globale energimiksen er teoretisk lovende, men foreløpig kun hypotetisk, og ikke kommersielt tilgjengelig med det første - med det mulige unntaket Bourakébougou-feltet i Mali (Hand, 2023).

Norge, med sine store fornybare energiresurser, har gode, naturgitte forutsetninger for å produsere grønt hydrogen (Norsk Klimastiftelse, 2021b). Vannelektrolyse er en velprøvd teknologi som har vært i bruk i Norge siden 1921, og det er i dag to kommersielt tilgjengelige elektrolysører som kan anvendes for å produsere grønt hydrogen: alkaliske (AEL) elektrolysører og PEM (proton exchange membrane) elektrolysører. Alkalisk elektrolyse er mer moden teknologi, med lang påvist levetid på over 15 år, mens PEM elektrolyse er enda ikke like utbredt kommersielt, men vil trolig i økende grad komme på markedet da disse systemene er mer kompakte og kan opereres mer dynamisk, noe som gjør at de egner seg godt i kombinasjon med fornybar kraftproduksjon. Disse er tilgjengelige i container-form for enkel transport og installasjon, typisk basert på 10, 20 eller 40 fots ISO containere, eller kombinasjoner av disse, men det finnes også mindre og mer kompakte anlegg. Produksjonskapasiteten til kommersielle kontainerstørrelsesystemer er opp mot 400 Nm³ hydrogen per time, mens storskalaanlegg kan produsere mer (Sundseth m.fl., 2019).

Teknologien for å produsere grønt hydrogen er tilgjengelig og skalerbar, men ifølge en analyse utført for NHO, krever store industrielle anlegg en viss stabil drift (> 7000 driftstimer per år) i tillegg til tilgang på rimelig kraft (<0,30 NOK per kWh) (Tomasgard m.fl., 2019; Valstad m.fl., 2020). Konkurransesevnen til grønt hydrogen avhenger også av pris på naturgass og CO₂ (Tomasgard m.fl., 2019; Valstad m.fl., 2020). Høye gasspriser gjør at blått hydrogen ikke lengre er

en lavkostnadsløsning, noe som ifølge IEEFA gjør at investeringer og satsinger i produksjon av blått hydrogen ikke gir mening, og potensielt er en 'stranded asset' (Flora & Jaller-Makarewicz, 2022). Dette kan bidra til å utvide mulighetsvinduet for en satsning på grønt hydrogen.

Teknologien for brenselceller, som er den mest effektive måten å omsette energien i hydrogenet til strøm, er kommersielt tilgjengelig i dag. Den regnes som svært moden, men foreløpig dyrere enn forbrenningsmotoren (Benjaminsen, 2013; Valstad m.fl., 2020). Teknologien for lagring av hydrogen har ulike former og variabel modenhetsgrad. Lagring ved kompresjon og kondensasjon til væskeform er modne teknologier, men er energikrevende prosesser. Lagring i faste stoffer (som eksempelvis metallhybrider) er ikke kommersielt tilgjengelig. Lagring i form av ammoniakk krever fortsatt utvikling dersom gassen skal kunne benyttes som drivstoff for brenselceller eller forbrenningsmotorer (Tomasgard m.fl., 2019; Valstad m.fl., 2020).

Det er en rekke utfordringer med hydrogen. De viktigste utfordringene er knyttet til produksjon, distribusjon og lagring (Norsk Klimastiftelse, 2021b). Produksjonsmessig, er det en utfordring med skala og lønnsomhet (Benjaminsen, 2019). Det er stordriftsfordeler knyttet til produksjon, og dermed kan investering i større anlegg få prioritet. Hvis man tar for gitt at man får avsatt hydrogenet som produseres, er det mest aktuelt å investere i produksjonsanlegg koblet til småkraftverk med store energiressurser og høyere alternativkostnader (ved for eksempel nettutbygging). Det kan være lurt med trinnvis utbygging av elektrolyseanlegg i takt med etterspørsel etter hydrogen, oksygen og eventuelt spillvarme lokalt (Sundseth m.fl., 2019). Det er også betydelige utfordringer knyttet til distribusjon av hydrogen. Det mangler infrastruktur for transport av hydrogen i rør, og transport på vei over lengre avstander er kostbart og komplisert (Jensen, 2020). I følge Sundseth m.fl. (2019) bør brukere av hydrogen befinne seg innen 2,5 timers kjøreradius (definert som den økonomisk forsvarlige grensen) fra produksjonsanlegg.

Produksjon av grønt hydrogen har flere potensielle synergier som kan utnyttes etter sirkulærøkonomiske prinsipper for å bedre lønnsomheten til

produksjonsanlegget og samtidig dekke behov i andre næringer. Fremstilling av hydrogen via elektrolyse (forsåvidt også via naturgass) har et energitap i form av varme på 30% som kan brukes direkte i fjernvarmenettet, i andre industrielle prosesser (Valestrand, 2021), eller ved settefiskanlegg i oppdrettsnæringen, som har behov for ferskvann, oksygen og varme (DNV GL, 2016). Lokal omsetning og flerbruk av hydrogen, oksygen og varme vil også kunne redusere utfordringer knyttet til lagrings- og transportleddet, og kostnaden av dette (Sundseth m.fl., 2019). I tilfeller hvor det er nødvendig med tilleggsinntekter for å sikre lønnsomhet ved uutnyttede småkraftkonsesjoner, kan hydrogenproduksjon være en mulighet i geografiske områder med uforholdsmessig høye nettkostnader (Sundseth m.fl., 2019).

Ifølge Multiconsult (2022) var den totale omsetningen innenfor hydrogennæringen i 2021 1,5 mrd. NOK, jevnt fordelt mellom nasjonal-, eksport- og utenlandsomsetning. I underkant av 800 årsverk er estimert å være tilknyttet hydrogennæringen i Norge (Multiconsult, 2022). Ifølge en rapport fra McKinsey vil en storskala hydrogensatsning kunne gi 33 000 årsverk innen 2030 i Norge (McKinsey, 2022). Merk at dette da er medregnet blå i tillegg til grønn hydrogen.

Tabellen under viser en oversikt over effekt, kraft,- vann,- og arealbehov for ulike mengder hydrogenproduksjon ved standard AEL teknologi (Universitetet i Agder, 2020, s. 24):

Tabell 2 oversikt over effekt, kraft,- vann,- og arealbehov for ulike mengder hydrogenproduksjon ved standard AEL teknologi.

H2 produsert per dag (kg)	Effekt (MW)	Kraftbehov (MWh)	Vannbehov (m3)	Areal typisk anlegg med lagring (m2)
43	ca. 0,2	2,5	0,5	80 (elektrolysør/dispenser)
600	1,4	34,8	0,7	305-370

1000	2,2	58	12	300 (elektrolysør)/690 (med lagring)
2000	4,4	116	24	4000 (utstyr, kan skaleres til åtte tonn, 11 000 etc.)

Vi vurderer den politiske aksepten for grønt hydrogen som høy. Stortinget og regjeringen er enige om at det skal tilrettelegges for storskala grønn hydrogenproduksjon i Norge og tilhørende verdikjeder knyttet til dette (Olje- og energidepartementet, 2021). Hydrogen anses av de folkevalgte som en nødvendig brikke for å gjennomføre utslippsreducerende tiltak i Norge og Europa. I tillegg er det stor støtte og aksept for grønt hydrogen, i motsetning til grått, i befolkningen (Gregersen m.fl., 2021). Norge inngikk tidligere i år et hydrogensamarbeid med Tyskland hvor Norge skal forsyne Tyskland med store mengder hydrogen innen 2030. I en kort overgangsfase er det aktuelt for Tyskland å motta blått hydrogen, men de har vært tydelige på at grønt hydrogen er endemålet på mellomlang sikt (Øvrebø, 2023).

For at grønt hydrogen skal kunne ta fart, bør man få på plass høyere priser på karbon, samt subsidiering av grønt hydrogen; det trengs tilgang på areal for økt produksjon av fornybar elektrisitet; etablering av rørinfrastruktur for transport til slutt kunder over lengre avstander; og lokalt samarbeid slik at avstanden mellom produksjon og sluttbrukere reduseres (Norsk Klimastiftelse, 2021b). Her vil det være naturlig å undersøke om produksjonsanlegg kan samlokaliseres med lokal settefiskproduksjon eller industri i andre kommuner i gamle Sogn og Fjordane fylke, som for eksempel Hydro i Årdal for å erstatte gass som varmekilde i aluminiumsproduksjonen.

Siden vi ikke har kjennskap til lokasjonene oppdragsgiver har i tankene for nye grønne næringssettingsinger, har vi satt opp fem sentrale vurderingskriterier for om en lokasjon egner seg for hydrogenproduksjon, tilpasset fra Universitetet i Agder (2020, s. 23):

1. **Tilgang på energi/effekt (og vann):** har man tilgang på tilstrekkelige mengder energi til nødvendig effekt? Til lav nok pris?
2. **Infrastruktur for distribusjon:** grunnet kostnad knyttet til transport er det gunstigst hvis man samlokaliserer produksjon med lagring, fylling, eller sluttforbruk - er dette praktisk mulig?
3. **Tilgjengelig areal og sikkerhet:** er arealet stort nok for den tenkte produksjonen, og evt. fremtidig skalering av denne? Hvis arealet ligger tett på boliger, skoler, barnehager, sykehus e.l., må det også legges inn sikkerhetsavstand.
4. **Bruk av overskuddsvarme og andre bi-produkter:** er det mulig å knytte seg på et fjernvarmenett så overskuddsvarmen kan utnyttes? Er det evt. mulig å samlokalisere med f.eks. settefiskproduksjon som kan benytte seg av overskuddsvarme og oksygen (er det nok tilgjengelig areal for dette, eller finnes det i nærheten av lokasjonene?)
5. **Kompetansemiljø:** Tilgang på nødvendig kompetanse? Mulighet for samarbeid med HVL og andre nasjonale kompetansemiljø.

Ammoniakk

Grønn ammoniakk, i forlengelse av grønt hydrogen, er også hyppig omtalt som en viktig brikke for å nå Norges klimamål. Ammoniakk består av nitrogen og hydrogen. Grønt hydrogen er en innsatsfaktor i produksjon av grønn ammoniakk. Grønn ammoniakk kan potensielt brukes som alternativt drivstoff i mange av fremtidens transportløsninger, samt erstatte 'grå' ammoniakk i kunstgjødsel (Norsk Klimastiftelse, 2021b).

Fordelene med ammoniakk versus hydrogen som alternativt drivstoff i transportsektoren, er at ammoniakk fyller og veier mindre i forbindelse med transport og lagring, det har en høyere energitetthet enn hydrogen, samt det finnes noe infrastruktur for transport av ammoniakk siden det inngår i kunstgjødsel (Øystese, 2020b). Sånn sett løser dette noen av utfordringene som er koblet til hydrogen som alternativt drivstoff. Men ammoniakk har sine egne utfordringer. Det er blant annet enda mer energikrevende å produsere enn grønt hydrogen, og i tillegg er det etsende og giftig (Øystese, 2020b).

Ammoniakk kan brennes i forbrenningsmotorer og sånn sett krever det mindre endringer i skipsflåtens motorer, men vil da gi utslipp av nitrogenoksider som kan håndteres ved rensing. Alternativt kan ammoniakk anvendes i ulike brenselceller, med ulik teknologisk modenhet, noe som krever større endringer i den eksisterende skipsflåten (Øystese, 2022b). I forhold til teknologisk modenhet, ligger grønn ammoniakk på TRL 5-9 (The Royal Society, 2020). Teknologien er altså utviklet og demonstrert.

Investeringsbehovet og sysselsettingspotensialet til produksjon av grønn ammoniakk er litt vanskelig å fastslå, siden den første fabrikken for grønn ammoniakk i Europa først står klar i 2026, i Skipavika i Vestland fylke (NTB, 2023). Fabrikken forventes å produsere 100.000 tonn grønn ammoniakk per år til skipsfart. Investeringen er på 4 milliarder NOK, og dette skal generere 50 kompetansearbeidsplasser. Yara på sin side, med tilskudd fra Enova, har satset 1 milliard NOK på et demonstrasjonsanlegg for produksjon av grønn ammoniakk til bruk i kunstgjødsel (Strand, 2021).

Vi vurderer den politiske aksepten som middels til stor. Stortinget og regjeringen er enige om at det skal utredes hvordan ammoniakkproduksjonen kan elektrifiseres (Olje- og energidepartementet, 2021), og staten har også vist seg villig til å støtte utviklingen av grønn ammoniakk gjennom Enova. Vi har likevel vurdert aksepten noe lavere enn for hydrogen, siden TRL for grønn ammoniakk ikke er like rett frem høy, og siden kraftbehovet vil være noe større enn for grønn hydrogen. Begge disse faktorene er nemlig av betydning når ulike næringer og aktører skal vurderes for tilknytning til strømmettet (Nærings- og fiskeridepartementet, 2021).

3.2.3. Karbonbaserte e-fuels

Karbonbaserte elektrodrivstoff inkluderer e-kerosen, e-metan, e-methanol, e-bensin og e-diesel. For at disse skal kunne regnes som klimavennlige, må de produseres med bruk av grønt hydrogen kombinert med CO₂ fanget fra atmosfæren via Direct Air Capture (DAC) teknologi, og ikke basere seg på CO₂ som ellers kunne gått til geologisk lagring (ITF, 2023). Produksjon av disse

alternative drivstoffene er veldig omdiskutert, da det er veldig energikrevende å produsere. Det egner seg best som en alternativ energibærer hvis den lages på fornybar energi som er av typen overskudd og ikke har alternativ bruk (Norsk Klimastiftelse, 2020). Og som i tilfellet med grønt hydrogen og grønn ammoniakk, så kan dette være et alternativ for å utnytte fornybar strøm som ellers ville gått til spille pga. for eksempel manglende kapasitet i strømmettet til å transportere strømmen (Norsk Klimastiftelse, 2020).

Det er flere fordeler med karbonbaserte e-fuels. I motsetning til hydrogen og ammoniakk, er disse stort sett compatible med dagens forbrenningsmotorer og infrastruktur som allerede brukes for fossile brensler (ITF, 2023; Norsk Klimastiftelse, 2020). Det finnes allerede et modent marked for og etterspørsel etter produktet (Norsk Klimastiftelse, 2020).

Samtidig er det betydelige ulemper med produksjon av karbonbaserte e-fuels. For det første er det veldig dyrt å produsere (5-10 ganger større dyrere enn produksjonskostnadene til fossile drivstoff); veldig kraftkrevende (for å levere til hele flyindustrien kreves strømforbruk på størrelse med halvparten av verdens kraftproduksjon i dag), så virkningsgraden av sluttproduktet er lav; og det er kraftig konkurranse fra hydrogen og ammoniakk for sjøfart, og fra biojetfuel for luftfart (Norsk Klimastiftelse, 2020).

I forhold til investeringsbehov og sysselsettingspotensial, er det også her vanskelig å si noe særlig konkret om. Norsk e-fuels (NEF) planlagte fabrikk i Mosjøen med mål om oppstart for produksjon av e-kerosen i 2026 (Forland, 2023), skal ha produksjonskapasitet på 25 millioner liter, og krever investeringer på rundt 3 milliarder NOK (Osmundsen, 2022). Ved fullskala drift anslås det at anlegget vil sysselsette 60 årsverk, mens ringvirkningene kan gi behov for opptil 155 årsverk (Røtnes m.fl., 2022).

Den teknologiske modenheten til produksjon av karbonbaserte e-fuels er høy. Nordic Electrofuel oppgir at teknologien de skal bruke på sitt anlegg har TRL 8 (ITF, 2023), mens Soler m.fl. (2022) oppgir TRL 9 for de fleste variantene ved bruk av de mest modne produksjonsteknologiene. Dette betyr at teknologien har blitt testet, demonstrert, og tilgjengelig. Det vil likevel drøye for NEF med å ta i

bruk DAC teknologien for å fange CO₂ direkte fra atmosfæren grunnet veldig høye kostnader - de vil derfor belage seg på å kjøpe CO₂ fra forbrenningsanlegg i starten (Osmundsen, 2022).

Den politiske aksepten for karbonbaserte e-fuels vurderer vi som lav. Disse er ikke nevnt i det hele tatt i regjeringens veikartet for grønt industriløft (Nærings- og fiskeridepartementet, 2022). Karbonbaserte e-fuels spiller heller ingen særlig rolle som energibærer i nærmeste fremtid i hverken Miljødirektoratet eller IEA sine beregninger (Norsk Klimastiftelse, 2020), dog spiller de en rolle i IEA sine langsiktige perspektiv (IEA, 2021).

3.2.4. Datasenter

Grønne datasentre har lenge vært pekt på som et industri-satsningsområde hvor Norge burde kunne ta en ledende rolle, gitt tilgangen på fornybar kraft. Jo mer samfunnet rundt oss digitaliseres, jo mer datalagringskapasitet behøves. Hvis nyetablering av datasentrene ikke skal bidra til økte klimagassutslipp, fordrer det at disse driftes på fornybar energi. Datasentre er kraftkrevende, og rundt 50 prosent av driftskostnadene er strømkostnader (Khoury, 2015). Et annet viktig hensyn knyttet til eventuell etablering av datasenter gjelder klima- og miljøeffekten av arealbeslaget. Størrelsen på, og dermed arealbehovet til datasentre, er svært variabelt avhengig av type datasenter. Det kan være alt fra et enkelt rom, en mindre hall eller 'dekke et areal som tilsvarer ti fotballbaner over flere etasjer' (Nærings- og fiskeridepartementet, 2018, s. 13).

Den komparative fordelene til Norge og andre land i Norden når det kommer til etablering av datasentre, er den høye andelen fornybar kraft, relativt lave strømpriser, leveringssikkerhet, og kalde klima. Sistnevnte gjør at man kan kjøle ned servere naturlig med kaldt vann eller kald luft, i stedet for å bruke energi til dette formålet (Khoury, 2015). En annen potensiell fordel med datasentersatsning, er at det åpner opp for en rekke andre muligheter når det gjelder gjenbruk av spillvarmen som genereres. Denne kan gjenbrukes i fjernvarmeanlegg, eller rettet til spesifikke næringer som f.eks. landbasert oppdrettsnæring eller drivhusplantasjer (Norwegian Datacenter Industry,

2022). I tillegg kan man se det som et strategisk viktig trekk for samfunnssikkerheten at slik kritisk infrastruktur ligger innenfor landegrensene våre.

Lokal verdiskaping og arbeidsplasser pleier å være en viktig motivasjon i vurderinger rundt tilrettelegging for etablering av ny industri og næring. Det er derfor relevant å nevne at det er delte forventninger (for eksempel Haga, u.å.) og erfaringer rundt hvor mange arbeidsplasser som faktisk skapes lokalt, og hvor stor andel av de forventede verdiene som ender opp lokalt. En rapport skrevet av Implement Consulting Group på oppdrag for Kommunal- og moderniseringsdepartementet viste at aktivitet knyttet til datasenter i Norge i 2019 sysselsatte 1023 personer, hvor en tredjedel av disse jobbene var knyttet til drift, og to tredjedeler til konstruksjon av datasentrene (Implement Consulting Group, 2020). Når man regner med den indirekte og induserte sysselsettingen knyttet til datasentre, var sysselsettingstallet 2376 personer. Datasentrene disse tallene knyttes til var av typen colocation sentre, som er den typen datasentre som fantes i Norge i 2019.

Også her er det vanskelig å si noe instrumentelt om investeringsbehov og sysselsettingseffekt, spesielt siden det er store variasjoner mellom ulike typer datasentre. Men for å gi en idé om investeringsbehov og sysselsetting, har vi sett på to datasenter i Sogn og Fjordane. Det er Bluefjords AS i Gaupne og Lefdal Mine Datacenter AS. Bluefjords AS ble etablert i 2008 og har 2 ansatte. Bluefjords har gått med underskudd siden starten. I 2021, som er siste innleverte regnskap, var underskuddet 6 millioner kroner. Verdien av eiendelene til bedriften er om lag 26 millioner kroner (Brønnøysundregistrene). Lefdal Mine Datacenter AS ble etablert i 2014 og har nå (2023) 20 ansatte. I likhet med Bluefjords har selskapet hatt negativt årsresultat hvert år siden oppstarten. I 2021 var resultatet et underskudd på 57 millioner kroner. Innskutt egenkapital 2021: 405 mill (Brønnøysundregistrene).

Andre typer datasentre gir andre størrelsesforhold på ringvirkninger. Hyper Scale datasentre er mye større og har langt større kapasitet. Et enkelt hyperscale datasenter kan kreve like mye energi som alle colocation-sentrene som var

etablerte i Norge i 2019. Hyperscal-sentrene har stordriftsfordel, og gir lavere ringvirkninger per kapasitetsenhet enn gjennomsnittet for colocation-sentrene (Implement Consulting Group, 2020). Hyper Scale-sentre er også langt mer arealkrevende enn de andre typene datasentre. I forbindelse med etablering av hyperscale-datasentre i andre nordiske land (Luleå, Sverige med Facebook, Hamina, Finland med Google, og Viborg, Danmark med Apple) ble det 'lovet' mange arbeidsplasser (BCG, 2014). Erfaringer har vist at antallet arbeidsplasser som har blitt skapt i virkeligheten har vært langt lavere enn først håpet/lovet (Veland, 2021). Her skal det nevnes at det i debatten om hvor mange arbeidsplasser som faktisk skapes skiller mellom direkte og indirekte arbeidsplasser, samt konstruksjons- og driftsfase.

Edge datasentre er den mest ressurskrevende av de tre typene datasentre, og er dyrere å etablere og drive. Disse er små i fysisk størrelse, og krever dermed mindre areal. De plasseres tett på der dataene genereres. Disse kan tilby tjenester raskere og med mindre forsinkelse enn de andre datasentrene, og kan dermed være sentrale i forbindelse med å skulle ta i bruk ny teknologi basert på kunstig intelligens (Implement Consulting Group, 2020).

Den teknologiske modenheten til datasentre er høy, med TRL på 9. Alle typene datasentre nevnt her er kommersielt tilgjengelige og finnes i drift rundt omkring i verden. Flere forhold må være på plass for at ulike typer datasentre skal kunne etablere seg i de tre kommunene vi ser på. Etablering krever tilgang på tilstrekkelig areal; rask saksbehandling for konsesjoner og godkjenning av effektuttak; nærhet til fiber av tilstrekkelig kvalitet/dimensjon, forutsigbare rammevilkår knyttet til strømpris, elavgift, moms, eiendomsskatt, anleggsbidrag; og tilgang på relevant kompetanse (Tønnesen, 2022; Implement Consulting Group, 2020).

Vi vurderer den politiske aksepten for etablering av datasentre (utover senter for utvinning av kryptovaluta) som middels sammenlignet med de andre potensielle nærings-satsingene som vi har drøftet her. Vi vurderer aksepten for etablering av senter for utvinning av kryptovaluta som lav. Regjeringen Solberg lanserte i 2018 en egen datasenterstrategi (Nærings- og fiskeridepartementet,

2018), som fremhevet rollen som datasentre kan spille i å skape i lokal verdiskaping og sysselsetting. De fulgte opp rapporten med å legge spesielt til rette for datasenter ved å redusere elavgiften til samme nivå som kraftkrevende industri og ved å senke kravet til effektuttaket for å oppnå denne reduksjonen. Den politiske støtten dabbet imidlertid av, da man ikke ønsket at kryptovaluta-aktivitet skulle nyte godt av redusert elavgift, og denne støtten til kraftkrevende industri ikke lengre gjaldt for datasentre som gruppe fra 2023 (Regjeringen, 2022a). Regjeringen Støre er for tiden i gang med å revidere datasenterstrategien i lys av den endrede sikkerhetspolitiske situasjonen i Europa, dagens krevende kraftsituasjon, og det stadig økende behovet for datakraft i forbindelse med digitaliseringsprosesser (Regjeringen, 2022b).

3.3. Potensialet for nye grønne næringssettings oppsummert

Tabell 3 En vurdering av hvordan grønne næringssettings scorer på sentrale kriterium for implementering

	Batteri	Hydrogen	Ammoniakk	Karbonbaserte E-fuels	Datasenter
Politisk aksept	Høy	Høy	Høy	Lav	Lav/Middels
Teknologisk modenhet	Høy	Høy	Middels	Høy	Høy
Arealpåvirkning	Høy	Middels	Middels	Middels	Lav
Positiv global miljøpåvirkning	Høy	Middels	Middels	Middels	Lav/middels
Investeringsbehov	Høy	Middels	Middels	Middels	Lav
Sysselsettingseffekt	Høy	Middels	Middels	Middels	Lav
Modenhet marked for sluttprodukt	Høy	Middels*	Middels/Høy	Høy	Høy
Krav til infrastruktur for distribusjon	Middels	Høy	Høy	Lav	Lav

Kraftbehov	Høy	Høy	Høy	Høy	Middels
------------	-----	-----	-----	-----	---------

Vurderinger batteri

- Det finnes et politisk ønske om å ta igjen det tapte forspranget innen produksjon av batterier, ved hjelp av Regjeringen Støre sin batteristrategi (Nærings- og fiskeridepartementet, 2022). Det er høy politisk aksept for produksjon av batterier.
- I dag produseres det batterier i industriell skala. Den teknologiske modenheten er høy.
- Med bakgrunn fra planlagte og etablerte batterifabrikker, så ser det ut til at det kreves stor skala og mye areal. Northvolt i Skellefteå har et fabrikkareal på 100 hektar. Og estimerer at totale investeringer er over 40 milliarder når fabrikken er i full drift i 2025. Freyr i Mo i Rana estimerer å investere 20 milliarder. Batterifabrikker krever store investeringer og store arealer.
- Markedet for elektriske kjøretøy er i rask vekst og etterspørselen etter litumbatterier er stor. Det er høy modenhet i markedet for batterier.
- Det er store transportbehov til og fra en batterifabrikk. For den planlagte fabrikken i Kongsberg estimerer man et transportbehov på 28-30 containere per dag (Teknologibyen Kongsberg, 2023). Kravet til infrastruktur er middels.
- Den planlagte batterifabrikken i Kongsberg estimerer kraftbehovet til 100 MW (Teknologibyen Kongsberg, 2023). Kraftbehovet for batterifabrikker er høyt.

Vurderinger hydrogen/ammoniak

- Den politiske støtten for hydrogen og ammoniak er høy. Som eksempel så skal Yara sin ammoniakfabrikk få inntill 283 millioner i støtte fra Enova.

- Grønn hydrogen produsert med elektrolyse har høy teknologisk modenhet. Omvandlingen fra hydrogen til ammoniakk har noe lavere teknologisk modenhet.
- Arealkravet ser ut til å være betydelig lavere for hydrogen og ammoniakk, sett opp mot batterifabrikk. I Berlevåg estimerer man å trenge 7 hektar, eller 10 fotballbaner, til en årlig produksjon av 100.000 tonn ammoniakk (Varangerkraft, 2021).
- I 2019 brukte den norske industrien 225.000 tonn med ammoniak. Hvis all den ammoniakken skulle blitt produsert med elektrolyse, ville det trenge 11,25 TWh (DNV GL, 2019). Kraftbehovet for produksjon av grønn hydrogen og ammoniakk er høy.
- Grønn hydrogen og ammoniakk kan erstatte de mindre klimavennlige variantene, så markedet må anses å være modent. Men distribusjon og lagring av hydrogen og ammoniakk er utfordrende.

Vurderinger karbonbasert E-fuel

- Karbonbaserte-fuel er ikke en del av regjeringens satsing på et grønt industriløft. Så den politiske aksepten vurderes som lav.
- Den teknologiske modenheten er høy. Men kostnaden er høy ved bruk av direct air capture.
- Virkningsgraden er lav for produksjon av karbonbasert e-fuel. Så den positive miljøpåvirkningen kan i beste fall vurderes å være middels.
- Brenslet kan brukes i dagens forbrenningsmotorer, i både skip og fly. Så det er høy modenhet i markedet.

Vurderinger datasenter

- Den politiske aksepten for datasenter blir vurdert til middels. Med unntak for kryptoutvinning, der aksepten vurderes som lav.
- Den teknologiske modenheten for datasenter er høy.
- Arealkravet til datasenter varierer i stor grad med type datasenter. Men sett opp mot arealkravet til ammoniakk-, hydrogen og batterifabrikker er kravet lavt.

- Lagring og prosessering av data er en nødvendighet i en digitalisert verden. Og datasenter bruker forholdsvis mye strøm. Den positive miljøpåvirkningen fra etablering av datasenter med fornybar kraft, vurderes til middels. Samfunnsnyttene, og dermed og miljøbesparelsen, er det satt spørsmålsteget ved når det gjelder kryptoutvinning.
- Investeringsbehov og sysselsettingseffekten varierer avhenger type datasenter. Men de vurderes i denne sammenhengen som lav.
- Og når det gjelder infrastruktur så er det store forskjeller mellom de ulike typene av datasenter. I noen tilfeller kreves meget raskt fibernett og redundans. Mens for kryptoutvinning er kravet til netthastighet lavt, og redundans er ikke nødvendig. Totalt sett blir kravet til infrastruktur vurdert som lavt.
- Kraftbehovet for datasentere varierer med størrelse og type. Det nye "Tik-Tok" datasenteret på Hamar vil få en kapasitet på 150 MW, og vil kunne legge beslag på 1 % av all kraftproduksjon i Norge (Vogt med flere, 2023). Som et gjennomsnitt blir kraftbehovet vurdert som middels.

3.4. Hva må til for at kommunene skal ta en rolle i denne omstillingen?

Kommunene har en viktig og sentral rolle i denne omstillingen som arealplanmyndighet siden de må balansere ulike, ofte motstridende, hensyn i arealforvaltningen, som for eksempel næringsutvikling og natur- og miljøhensyn. For å sikre tilgang på alternative energibærere, kan kommunen bruke handlingsrommet sitt som vertskapskommune for næringsaktivitet. Fra et næringsperspektiv er det attraktivt å etablere seg steder hvor det finnes tilgjengelige, ferdigregulerte tomter med tilhørende stor reservert effekt (Bjørn Carlsen, personlig kommunikasjon 24. april 2023; Valstad, m.fl. 2020, s. 53). I tillegg bør det være tilrettelagt med infrastruktur, rask behandling av nødvendige søknader og tillatelser, og tilgang på relevant kompetanse og arbeidskraft (Valstad, m.fl. 2020, s. 53).

Her er det samtidig nødvendig å påpeke at kommunen, som arealmyndighet, også har et viktig ansvar som forvalter av arealene våre, og tilhørende naturverdier. Norge er blant de 196 nasjonene som stiller seg bak FNs naturavtale¹⁰ (UNCBD, 2023). Avtalen fremmer blant annet mål om at all arealforvaltning skal være bærekraftig i forstanden 'biodiversity inclusive' med nær null tap av viktige økosystem og biomangfoldssoner frem mot 2030. Videre skal minst 30 % av all natur på land vernes, og minst 30 % av all ødelagt eller delvis ødelagt natur på land skal restaureres innen 2030. Dette naturvernet skal videre være representativt, noe som betyr at målet ikke kan oppnås ved å kun verne enkelte naturtyper.

Selv om arealplanlegging i Norge, etter plan- og bygningsloven (2008), skal vurdere miljøhensyn i planprosesser, betyr ikke det at miljømessig bærekraft og vern av natur prioriteres over andre hensyn. Tidligere erfaringer viser at konkurransen om å tiltrekke nye næringer og arbeidsplasser, og som ledd i dette, tilby store arealer til næringer som vil etablere seg, ofte går på bekostning av naturverdier i kommuner med begrenset tilgang på ledige 'grå' areal for gjenbruk eller transformasjon (Moberg, Upublisert). Kommuner bør prioritere omdisponering og gjenbruk av 'grå' områder når de peker ut arealer for ny næringsutvikling slik at nedbygging av natur unngås. Det at Norge har forpliktet seg til FNs naturavtale, gjør at vern av naturen må vektas tyngre sett opp mot andre samfunnshensyn (f.eks. næringsutvikling, sysselsetting) i planprosesser, hvis Norge skal levere på forpliktelsen sin.

Omstillingen av eksisterende næring vil kreve tilgang på nok fornybar kraft til direkte bruk, i tillegg til tilgang på grønne energibærere, som for eksempel hydrogen. Samtidig står vi i midt i en naturkrise som krever transformativ endring i arealbruk - for å stoppe trenden må vi konservere og restaurere natur, og sikre bærekraftig bruk av resterende arealer (IPBES, 2019). Dette stiller kommunene som arealmyndighet i en sentral og utfordrende posisjon. For å begrense negative konsekvenser for natur- og miljøverdier ved potensielt nye

¹⁰ Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework i forbindelse med FNs naturtoppmøte i Montreal i 2022.

næringsetableringer, bør og kan kommunene, som arealmyndighet, stille krav til lokalisering og effektiv utnyttelse av arealene. Disse kravene bør sikre at nyetableringer ikke medfører naturinngrep - særlig ikke i områder med stor naturverdi som myr, matjord, etc. Man bør heller sikte seg inn på allerede nedbygde områder og gjenbruke disse. Hvis naturinngrep likevel ikke kan unngås, bør det som et minimum stilles krav om at natur et annet sted restaureres slik at sumeffekten av naturinngrepet ikke blir negativt. Nyetableringer bør også helst legges til områder hvor det allerede finnes infrastruktur slik at ikke dette også tilkommer på sumeffekten av arealbehovet.

Gitt Norges internasjonale forpliktelser på klima- og miljøområdet, må vi anta at norske kommuner fremover blir strengere når det kommer til regulering av areal hvor både klima- og naturkonsekvensene av lokal arealbruksendring tas høyde for i vurderinger rundt hvilke arealer som kan egne seg for ny bruk - som til nye (grønne) næringssatsinger.

4. Kan energioverskuddet fra lokal vannkraft utvide eksisterende verdikjeder eller etablere nye lokale eller nasjonale verdikjeder gjennom sirkulære prosesser/industriell symbiose?

En systematisk litteraturgjennomgang avdekte 114 definisjoner av sirkulær økonomi (Kirchherr et al., 2017). Samtidig som det finnes mange definisjoner, er kjernen i de fleste av dem å beholde verdien i økonomien gjennom gjenbruk, reparasjon, oppussing, reproduksjon, redistribusjon og resirkulering av produkt og ressurser. Der det for eksempel har vært et fokus på resirkulering av produkt og gjenbruk av bygningsmateriale for å redusere behovet for nytt, jomfruelig bygningsmateriale. En annen tilnærming har vært å få til industrielle symbioser for å spare energi og ressurser.

Industriell symbiose refererer til energi- og materialdeling mellom aktører lokalisert i geografisk nærhet (Ehrenfeld og Gertler 1997). Chertow (2007) nevner tre hovedforbindelser av ressursutveksling: (1) gjenbruk av biprodukter som erstatning for produkter eller råvarer, (2) deling av infrastruktur, bruk og organisering av ressurser som energi, vann og avløpsvann, og (3) et felles tilbud av tjenester, f.eks. transport og brannstasjon. Målet med industriell symbiose er at samarbeid mellom aktører øker effektiviteten til systemet som helhet, og selv om noen av aktørene i systemet er mindre miljøfokuset, kan hele systemet være miljømessig fordelaktig på grunn av forbindelsene mellom aktørene (Ehrenfeld og Gertler 1997).

Tett koblet til industriell symbiose og sirkulær økonomi er å forstå produkter og prosesser i et livsløpsperspektiv. Faser i et livsløp er: (1) Råmaterial utvinning. (2) Produksjon av produkt(er). (3) Distribusjon og transport av produkt(er). (4)

Bruksfase av produkt (er). (5) Gjenbruk, resirkulering og avfallshåndtering av produkt(ene).

Det er ikke mulig per i dag å utnytte industriell symbiose fra kraftkrevende industri i de tre kommunene siden kraftkrevende industri er ikke eksisterende. Allikevel vil dette kunne være et krav for nyetableringer i kommunene at det er tenkt ut helhetlig utnyttelse av overskuddsvarme og oksygen. Planlagte prosjekt bør ta høyde for symbiose tankegang hvis noe skal etableres, dette kan komme fram i konsesjonskrav fra Statnett og i kravet som kommunen setter i arealplanen sin. I Grønn Region Vestland (EY, 2021 s.96) er et av de anbefalte tiltakene som må inn en felles plan : "Industriell fortetting med mål om material- og energigjenvinning bør inkluderes i arealplaner og regionale næringsstrategier". Gravdal (2022 med henvisning til Klima- og miljødepartementet 2021) peker på viktigheten av at arealplaner og tomter blir lagt til rette for industriell symbiose. Kommunene og fylkeskommunene er sentrale beslutningstakere når det gjelder blant annet næringsutvikling, arealplanlegging og utbygging av nye bygg og infrastruktur, og kan påvirke at det blir etablert klyngesamarbeid, blant annet gjennom arealplanlegging.

I Rogaland har et prosjekt som så på datasenteretablering funnet at det kan være symbiose til biogassanlegg som benytter husdyrgjødsel. Overskuddsvarmen fra datasenter kan brukes til oppvarming av biomassen i biogassanlegget. Videre ligger det et potensial til å utnytte varmen fra datasenteret og CO₂ fra biogassanlegget i grønnsaksproduksjon (Thema Consulting Group 2020). Andre koblinger er at både overskuddsvarme og oksygen kan brukes av akvakulturnæringen, men dette er en beskjeden næring i de tre kommunene per i dag.

5. Oppsummering

Vi har sett på fem næringer: batteri, hydrogen/ammoniakk, fossilbasert E-fuel og datasenter. Alle næringer med et stort behov for kraft, og næringer som er diskutert i forbindelse med global klimaomstilling. Fordelen for etablering av disse næringene i Sogn er at det er stort overskudd av tilgjengelig fornybar kraft, og at etableringer her vil gi redusert tap av kraft i nettet og nettleie.

I prosjektet har vi vurdert tre problemstillinger, for det første så vi på hvordan energioverskuddet fra lokal vannkraft kan styrke lokalt næringsliv sin konkurransekraft i omstillingen fra fossil til grønn energibruk. Her har vi sett på de store direkte utslippskildene i kommunene som jordbruk, veitrafikk og sjøfart, og gjort en vurdering av fremtidige teknologier og tiltak for å redusere klimagassutslipp. Videre vurderte vi hvordan overskuddsvannkraft kan brukes i omstillinga.

Jordbruk står for det største klimagassutslippet i de tre kommunen, av dette igjen står fordøyelsesprosesser fra husdyr for omtrent 2/3 av utslippene mens resterende 1/3 fordeler seg likt mellom gjødselshåndtering og jordbruksarealer. I tillegg er annen mobil forbrenning relevant for jordbruket siden det rommer traktorer og andre maskiner brukt i jordbruket, denne kategorien utgjør en liten andel om lag 5 prosent av de samlede klimagassutslippene fra jordbruk. Vår gjennomgang av aktuelle tiltak i jordbruket har vist at lokal vannkraft har noe potensial til utslippskutt i jordbruket, men at det største potensialet ikke knytter seg til elektrifisering. Elektrifisering kan redusere utslipp fra maskiner i jordbruket, og bidra til å få til bedre gjødselshåndtering som i tillegg kan påvirke utslipp fra jordbruksarealer. Ved etablering av ny næring i de tre kommuner er det et teoretisk potensial for å utnytte overskuddsvarme i jordbruket, overskuddsvarme kan gi potensial for helårsproduksjon samt for industrielle symbioser knyttet til biogassanlegg. Muligheten for å gjennomføre dette i Luster, Sogndal og Vik er ikke vurdert i rapporten, og den eksakte effekten dette vil ha

på reduksjon i klimagassutslipp i jordbruket er vanskelig å anslå nøyaktig basert på dagens tilgjengelige kunnskap.

Nest høyest utslipp i de tre kommunene har veitrafikk, her dreier det som en del gjennomgangstrafikk, men samtidig vil elektrifisering ha betydning for å kutte i de lokale utslippene. Reduksjon av transport og tilrettelegge for ladeinfrastruktur i de tre kommunene kan påvirkes gjennom arealplaner. For tunge kjøretøy på vei er ikke elektrifisering kommet like langt som for personbiler, varebiler og busser, men her ligger det et potensial for kommunene å være tidlig ute med å etablere infrastruktur for dette samt legge til rette for mer miljøvennlig alternativ som biogass på kort sikt.

Den tredje kategorien som gir et stort utslag, er sjøfart. Elektrifisering av ferger har gitt betydelig utslippskutt i Sogndal og Vik. Det ligger også et potensial å kutte utslipp fra cruiseskip som ankommer de tre kommunene ved bruk av planlegging for ønsket omfang av cruiseturisme, miljødifferensierte avgifter og tilrettelegging for landstrøm.

Kommunene vil ha inntekter fra kraftsalg, og det vil være mulig å bruke for eksempel inntekter fra salg av konsesjonskraft på å utvikle ny, grønn industri lokalt, ved å selge konsesjonskraften på markedet, og øremerke inntektene til et fond som gir støtte til investeringskostnader for å redusere klimagassutslipp fra jordbruk, veitrafikk og sjøfart. Videre kan et slikt fond rettes mot næringer som bygge og anleggsbransjen samt avfallsbransjen for å støtte de i retning av sirkulær økonomi og industrielle symbioser.

Den andre problemstillinga vi har sett på er i hvilken grad kraftkrevende grønn omstilling i næringslivet og industrien nasjonalt og internasjonalt kan skape grobott for etablering av nye næringer og industri i kommunene. Forutsetning for å lykkes med dette er:

- Ferdigregulerte tomter i nærheten av trafostasjoner. Dette næringsarealet bør ligge på gjenbrukt nedbygd areal. Ivaretagelse av natur blir sett på som et svært viktig klimatiltak i Norge og globalt, og det vil strenge stadig strengere krav rundt dette framover.

Fordelen for etablering i Luster, Vik og Sogndal er:

- Tilgjengelig kraft basert på fornybar vannkraft som er klar til å hentes ut, og ved å hente dem ut lokalt unngås tap i nettet.

Barrierer for etablering i Luster, Vik og Sogndal er:

- Per nå er pris på elektrisitet en barriere siden de tre kommunene ligger i prisområde NO5, men prisen på elektrisitet kan endre seg raskt.
- Infrastruktur for lagring, distribusjon og transport må etableres i tilknytting til ny industrietablering.
- Tilgang til relevant arbeidskraft.

Den siste problemstillingen vi har sett på er om i hvilken grad energioverskuddet fra lokal vannkraft kan brukes for å utvide eksisterende verdikjeder eller etablere nye lokale eller nasjonale verdikjeder gjennom sirkulære prosesser. Vi har identifisert at det er krevende å få til sirkulære utnyttelse, siden det er begrenset med annen industri i de tre kommunene. Sirkulær utnyttelse kan påvirkes av kommuner i forhold til arealregulering og knyttet til krav i konsesjoner fra Statnett, f.eks. at spillvarme skal utnyttes. Det er et teoretisk potensial med bruk av spillvarme til jordbruk, men det er usikkert hvordan dette kan etableres i de tre kommunene, og her må det mer spesifikke analyser til for å anslå potensialet.

6. Vurdering av mulige videreføring av forprosjektet

En mulig videreføring av dette prosjektet er å konkretisere lokasjonene for hvor det kan hentes ut kraftoverskudd i kommunene, og å ta utgangspunkt i hvor stort kraftoverskuddet er i hver lokasjon. Dette er en nødvendig forutsetning for å vurdere arealbrukskonsekvenser, og vurdere hvilken infrastruktur og industrielle symbiose muligheter som finnes knyttet til etablering av ny industri.

I en videreføring av forprosjektet er det behov for å drøfte koblinger og potensielle konflikter mellom nasjonale rammebetingelser, lokalpolitikk, næringsutvikling, kraftbruk og arealbruk knyttet til klimaomstilling mer i dybden. Utvikling av grønn teknologi for å løse klimakrisen er viktig. Men hvis tilrettelegging av nye næringsareal går på bekostning av verdifull natur, er det ikke sikkert at man kommer så langt med tiltaket, ettersom det er så tydelig kobling mellom klima- og naturkrisene. Det er stor forskjell på om man skal omdisponere naturareal for å få på plass ny, kraftkrevende næringsaktivitet, eller om man skal benytte allerede nedbygd areal. I tiden fremover vil kommuner måtte bli mye strengere i reguleringen av kommunens areal. Flere kommuner i Norge har allerede satt mål om å bli arealnøytrale - noen til og med arealpositive. Når etablering av nye grønne næringssetninger skal vurderes i Sogndal, Luster og Vik, bør dette i tilfellet ikke føre til et nettotap av natur. Arealbruk til nye næringssetninger er ikke per i dag en faktor som Statnett tar høyde for i sine vurderinger rundt om en virksomhet kan få koble seg på strømmettet og hente ut kraft. Men det vil tvinge seg frem etterhvert dersom Norge tar sine forpliktelser under FNs naturavtale på alvor.

Et annet viktig spørsmål som har tvunget seg frem er spørsmålet om hvordan kraften kan utnyttes best. Hvis vi tar som utgangspunkt at dagens næringsvirksomhet skal bli ved i kommunene, og at denne skal omstilles i tråd med lokale, nasjonale og internasjonale klimamål, er det helt essensielt med økt

bruk av fornybar kraft i kombinasjon med energieffektivisering. Hvis alle tilgjengelige utslippsreducerende tiltak i dagens industri skal gjennomføres, vil det spise opp kraftoverskuddet¹¹. Ifølge Miljødirektoratet trengs det 24 TWh fornybar kraft for å gjennomføre mulige utslippskutt i dagens industri (Miljødirektoratet, 2022a). Regjeringen har også signalisert at de vil prioritere å elektrifisere eksisterende industri fremfor å sluse eksisterende kraftoverskudd til nye kraftkrevende industriprosjekt (Rustad, m.fl., 2022).

Det er derfor nødvendig å stille kritiske spørsmål rundt hvordan dagens lokale kraftoverskudd kan gjøre størst nytte i klimaomstillingen som Norge og resten av verden for alvor må ta fatt i de neste årene: er det gjennom utvikling av ny, kraftkrevende grønn industri, eller er det gjennom elektrifisering av industri og andre sektorer i Norge? Begge deler vil kreve investeringer i infrastruktur - sistnevnte i strømmettet for å tilrettelegge for økt transport av kraftoverskuddet til der den kan gjøre eventuelt størst nytte i det grønne skiftet.

Ny kraftkrevende industri vil ikke nødvendigvis være med å redusere utslipp lokalt, men kanskje heller være med å øke lokale utslipp gjennom økt aktivitet. I tillegg er det stort behov for økt tilgang på kraft for å kutte utslipp i andre deler av lokalsamfunnet, som for eksempel til eksisterende næringsliv, i offentlig sektor og i husholdningene.

Hvordan bruker vi kraften best på et samfunnsnivå? Er det gjennom å redusere dagens geografiske utslipp? Eller er det gjennom nye, grønne næringssettingsinger lokalt? Er det fornuftig å sende kraften, eller å bruke den lokalt? Disse spørsmålene har vi ikke kunnet svare på i denne rapporten, men de tvinger seg frem som spørsmål som bør utredes nærmere.

¹¹ I 2021 var kraftoverskuddet i Norge rundt 15 TWh (produksjonen var 155 TWh, og forbruket rundt 140 TWh) (Hovland, 2022).

- Hand, E. (2023, 16. februar). Hidden hydrogen: Does Earth hold vast stores of a renewable, carbon-free fuel? *Science*. Hentet fra https://www.science.org/content/article/hidden-hydrogen-earth-may-hold-vast-stores-renewable-carbon-free-fuel?utm_source=Nature+Briefing&utm_campaign=6da05f8a9e-briefing-dy-20230220&utm_medium=email&utm_term=0_c9dfd39373-6da05f8a9e-42587087.
- Hovland, K. M. (2022, 10. september). Fersk rapport: Klimatiltak kan kreve 24 TWh mer strøm. *E24*. Hentet fra <https://e24.no/energi-og-klima/i/Kn3vgo/fersk-rapport-klimatiltak-kan-kreve-24-twh-mer-stroem>.
- Huso, B., Kvalevåg, M., Rød, L. M., Reiersgård, I. A., Estenstad, E., Agerup, P. H., . . . Furuberg, M. (2018). *Klimatiltak i jordbruket. Gjennomgang av ordninger med støtte til klimatiltak på gårdsbruk*. Hentet fra https://www.regjeringen.no/contentassets/c3d8783f382e4df7bbe6bf7054be071a/klimatiltak-i-jordbruket-ferdig-rapport_220218.pdf
- ICF International. (2015). *Study on Energy Efficiency and Energy Saving Potential in Industry from possible Policy Mechanisms*. London: ICF International. Hentet fra https://energy.ec.europa.eu/publications/study-energy-efficiency-and-energy-saving-potential-industry-and-possible-policy-mechanisms_en.
- IEA (2021). *Energy Technology Perspectives 2020*. Hentet fra https://iea.blob.core.windows.net/assets/7f8aed40-89af-4348-be19-c8a67df0b9ea/Energy_Technology_Perspectives_2020_PDF.pdf.
- Implement Consulting Group (2020). *Datasentre i Norge: Ringvirkingsanalyse av gjennomførte og potensielle etableringer*. Kommunal- og moderniseringsdepartementet. Hentet fra https://www.regjeringen.no/contentassets/4bf7e889744b4da089a863c498680f0f/201105_da-tacentre-i-norge_online_implement-rapport.pdf.
- ITF (2023). The potential of E-fuels to Decarbonise Ships and Aircraft. *International Transport Forum Policy Papers*, No. 111. Paris: OECD Publishing. Hentet fra <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/potential-efuels-decarbonise-ships-aircraft.pdf>.
- IPBES. (2019). *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. Bonn: IPBES secretariat. Hentet fra <https://ipbes.net/global-assessment>.
- IPCC (2022). *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
- Jensen, S. B. (2020, 7. november). Håpløst dyrt å transportere hydrogen - derfor bør den produseres lokalt. *Dagens Næringsliv*. Hentet fra <https://www.dn.no/innlegg/hydrogen/fornybar-energi/olje-og-gass/haplost-dyrt-a-transportere-hydrogen-derfor-bor-den-produseres-lokalt/2-1-904612>.
- Kirchherr, J., Reike, D. & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, conservation and recycling*, 127, 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Klima- og miljødepartementet (2021), «Fakta grunnlaget til en strategi for sirkulær økonomi», Regjeringen.no, 7. oktober 2021. [Fakta grunnlaget til en strategi for sirkulær økonomi - regjeringen.no](https://www.regjeringen.no/fakta-grunnlaget-til-en-strategi-for-sirkulaer-okonomi)
- Khoury, R. H. (2015, 10. september). Datasentre: Norge kan bli verdens grønne hukommelse. *Energi og klima*. Hentet fra <https://energiogklima.no/meninger-og-analyse/kommentar/datasentre-norge-kan-bli-verdens-gronne-hukommelse/>.
- Kommunal- og moderniseringsdepartementet (2021). *Norske datasenter – berekraftige, digitale kraftsenter*. Hentet fra

- <https://www.regjeringen.no/contentassets/0eabdbcbfb2540699466a4a1a801d737/nn-no/pdfs/norske-datasenter.pdf>.
- Lal, R. (2004). Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security. *Science*, 304(5677), 1623-1627. doi:10.1126/science.1097396.
- McKinsey (2022). *Norge i morgen: Ti mulighetsnæringer for Norge*. Oslo: McKinsey & Company. Hentet fra <https://www.norgeimorgen.no/rapportkategorier/hydrogen>.
- (2018). *Decarbonization of industrial sectors: the next frontier*. Amsterdam: McKinsey & Company. Hentet fra <https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/how-industry-can-move-toward-a-low-carbon-future>.
- Miljødirektoratet (2022a, 7. september). Industriens klimagassutslipp kan halveres innen 2030. Hentet fra <https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/nyheter/2022/september-2022/industriens-klimagassutslipp-kan-halveres-innen-2030/>.
- (2022b). *Klimagassregnskap for kommuner og fylker. Dokumentasjon av metode - versjon 6*. Miljødirektoratet Rapport M-989, 2022. Hentet fra <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2018/april-2018/klimagasstatistikk-for-kommuner/>.
- (2021). Veileder: Klimatiltak i vann- og avløpssektoren. Hentet fra <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/for-myndigheter/kutte-utslipp-av-klimagasser/klima-og-energitiltak/vann-og-avlop/>.
- (u.å.a). Utslipp av klimagasser i kommuner. Hentet fra <https://www.miljodirektoratet.no/tjenester/klimagassutslipp-kommuner/?area=571§or=->.
- (u.å.b). Beregne effekt av ulike klimatiltak. Hentet fra <https://www.miljodirektoratet.no/tjenester/klimagassutslipp-kommuner/beregne-effekt-av-ulike-klimatiltak/>.
- Moberg, K. R. (Upublisert).
- Moe, S. H., Laird, H. B. (2013). Energiintensiv industri: En beskrivelse og økonomisk analyse av energiintensiv industri i Norge. Rapport nr. 69, 2013. Norges vassdrags- og energidirektorat.
- (2019). Veileder: Klimatiltak avfall og deponi. Hentet fra <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/for-myndigheter/kutte-utslipp-av-klimagasser/klima-og-energitiltak/avfall/>.
- Mukhopadhyaya, J., Graver, B. (2022). *Performance analysis of regional electric aircraft*. ICCT White Paper, July 2022. The International Council on Clean Transport. Hentet fra <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/07/global-aviation-performance-analysis-regional-electric-aircraft-jul22-1.pdf-1.pdf>.
- Multiconsult (2022). Kartlegging av de norskbaserte næringene for fornybar energi, hydrogen og CO₂-håndtering i 2021. Hentet fra https://www.multiconsult.no/assets/Multiconsult-rapport_Kartlegging-fornybar-hydrogen-CO2-handtering-i-2021.pdf.
- NHO (2021, 26. april). Teknologistatus for anleggs- og landbruksmaskiner. Hentet fra <https://www.nho.no/samarbeid/gront-landtransportprogram/artikler/teknologistatus-for-anleggs--og-landbruksmaskiner/>.
- Norsk Klimastiftelse (2021a). Batterier som klimaløsning. <2°C Temanotat. Nr. 6/2021. Hentet fra <https://klimastiftelsen.no/publikasjoner/batterier-som-klimalosning/>.
- (2021b). Hydrogen som klimaløsning. <2°C Temanotat. Nr. 3/2021. Hentet fra <https://klimastiftelsen.no/publikasjoner/hydrogen-som-klimalosning/>.
- (2020). *Hva er e-fuel? Begrensninger og muligheter*. <2°C Temanotat. Nr. 1/2020.
- Norwegian Datacenter Industry (2022). *Promoting Norway's DC Credentials Through Members' Skills*. Hentet fra <https://static1.squarespace.com/static/6129463e215bea534c574c7f/t/6290ae900166be6bbfd-c03db/1653649062074/Report-NorwegianDataCentre-June2022.pdf>.

- NTB (2023, 13. mars). Europas første fabrikk for grønn ammoniakk bygges på Vestlandet. Skipavika Næringspark AS. Hentet fra <https://kommunikasjon.ntb.no/pressemelding/europas-forste-fabrikk-for-gronn-ammoniakk-bygges-pa-vestlandet?publisherId=17848444&releaseId=17959412>.
- Nærings- og fiskeridepartementet (2018). *Norge som datasenternasjon*. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/globalassets/departementene/nfd/dokumenter/strategier/strategi-nfd-nett-uu.pdf>.
- (2022). *Norges batteristrategi*. Hentet fra https://www.regjeringen.no/contentassets/a894b5594dbf4eccbec0d65f491e4809/batteristrategien_web2.pdf.
- (2021). *Veikart for grønt industriløft*. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/veikart-for-gront-industriloft/id2920286/>.
- Olje- og energidepartementet (2021). Tilleggsmelding til Meld. St. 36 (2020 – 2021) Energi til arbeid – langsiktig verdiskaping fra norske energiresurser (Meld. St. 11 (2021-2022)). Hentet fra <https://www.regjeringen.no>.
- Osmundsen, T. (2022, 5. mai). Vi kan vinne krigen mot Putin og klimakrisen. *Energi og klima*. Hentet fra <https://energiogklima.no/meninger-og-analyse/kommentar/vi-kan-vinne-krigen-mot-putin-og-klimakrisen/>.
- Pettersen, I., Grønland, A., Stensgård, A. E., & Walland, F. (2017). *Klimatiltak i jordbruk og matsektoren. Kostnadsanalyse av fire tiltak*. Hentet fra <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M660/M660.pdf>.
- Plan- og bygningsloven (2008). Lov om planlegging og byggesaksbehandling (LOV-2008-06-27-71). Hentet fra <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71/>.
- Prosess21 (2021). *Prosess21 Hovedrapport*. Hentet fra <https://www.prosess21.no>.
- Regjeringen (2022a, 6. oktober). Statsbudsjettet 2023: Avvikler redusert elavgift for datasentre og kryptoutvinning. Pressemelding Nr: 52/2022. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/avvikler-reduisert-elavgift-for-datasentre-og-kryptoutvinning/id2930646/>.
- (2022b, 28. september). Vil revidere datasenterstrategien for å møte framtidens utfordringer. Pressemelding. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/vil-revidere-datasenterstrategien-for-a-mote-framtidas-utfordringer/id2929186/>.
- Rustad, M. E., Sagmoen, I., Hovland, K. M. (2022, 15. oktober). Kampen om kraft: Klimaministeren vil prioritere eksisterende industri. *E24*. Hentet fra <https://e24.no/energi-og-klima/i/zEEL79/kampen-om-kraft-klimaministeren-vil-prioritere-eksisterende-industri>.
- Røtnes, R., Flatval, V. S., Gunstad, I. F., Steen, J. I., Gran, B., Tennbakk, B., Ådnanes, O. K., Jepsen, S. H. (2022). *Samfunnsanalyse av industrietableringer i Mosjøen*. Rapport nr. 20-2022 fra Samfunnsøkonomisk analyse AS. Hentet fra https://www.nfk.no/_f/p1/i2cb74b87-80c4-43d2-b434-b0829ee68c89/r20-2022-samfunnsanalyse-av-industrietableringer-i-mosjoen.pdf.
- Schüwer, D., Schneider, C. (2018). Electrification of industrial process heat: long-term applications, potentials and impacts. ECEEE Industrial Summer Study Proceedings. Belambra Presqu'île de Giens, France: ECEEE.
- SINTEF (2010). *Energiløsningen*. 27. september 2010. Hentet fra <https://www.sintef.no/sistenytt/2010/energilosningen/>.
- Simonsen, M., Gössling, S., & Walnum, H. J. (2019). Cruise ship emissions in Norwegian waters: A geographical analysis. *Journal of Transport Geography*, 78, 87-97.
- Soler, A., Gordillo, V., Lillley, W., Schmidt, P., Werner, W., Houghton, T., Dell'Orco, S. (2022). *E-Fuels: A techno-economic assessment of European domestic production and import towards 2050*. Concaawe. Hentet fra https://www.concaawe.eu/wp-content/uploads/Rpt_22-17.pdf.
- SSB (2022). Økt energibruk i industrien. Statistisk Sentralbyrå. Hentet fra <https://www.ssb.no/energi-og-industri/energi/statistikk/energibruk-i-industrien/artikler/okt-energibruk-i-industrien>.

- Strand, R. (2021, 19. desember). Én milliard til grønn ammoniakk: - Dette setter Norge på kartet. *E24*. Hentet fra <https://e24.no/naeringsliv/i/pW41rV/en-milliard-til-groenn-ammoniakk-dette-setter-norge-paa-kartet>.
- Sundseth, K., Møller-Holst, S., Midthun, K. T., Nørstebø, V. S. (2019). Hydrogenproduksjon ved småkraftverk. Del 3: Potensial for lønnsom utbygging av vassdrag i Rullestad. Ekstern rapport nr 10-2019, Norges vassdrags- og energidirektorat. Hentet fra https://publikasjoner.nve.no/eksternrapport/2019/eksternrapport2019_10.pdf.
- Syvertsen, S. (2022, 31. mars). Norge blir frakjørt i det grønne industrikapløpet. *Energi og klima*. Hentet fra <https://energiogklima.no/meninger-og-analyse/debatt/norge-blir-frakjort-i-det-gronne-industrikaplopet/>.
- Teknologibyen Kongsberg (2023) Viktige spørsmål og svar om batterifabrikk i Kongsberg. Hentet fra: [Spørsmål og svar om batterifabrikk i Kongsberg - Kongsberg \(www.kongsberg.no\)](https://www.kongsberg.no/Sporsmaal-og-svar-om-batterifabrikk-i-Kongsberg)
- Thema Consulting Group (2020) Datasenter på Jæren- Virkninger for klima, miljø og regional næringsutvikling. [Heading \(time.kommune.no\)](https://www.thema.no/Heading-time-kommune.no)
- The Royal Society (2020). *Ammonia: zero-carbon fertilizer, fuel and energy store*. Policy briefing. Hentet fra <https://royalsociety.org/-/media/policy/projects/green-ammonia/green-ammonia-policy-briefing.pdf>.
- Toftaker, J., Trøen, O. M. (2022, 17. august). Denne møkka er unik - luktfri og sparer klimaet for store utslipp. *NRK*. Hentet fra <https://www.nrk.no/trondelag/nitrogen-i-kubaesjen-skal-kutte-klimagassutslipp-og-gir-bedre-gjodsel-1.16070564>.
- Tomasgard, A., Blekkan, E. A., Karstad, P. E. ..., Thomassen, M. (2019). Hydrogen i fremtidens lavkarbonsamfunn. Center for Sustainable Energy Research (CenSES), NTNU. Hentet fra https://www.ntnu.no/documents/7414984/0/Hydrogen+i+framtiden_rapport_A4_web_LR+28-03-2019.pdf/cbcf5251-7a61-41ac-88ea-faef5daf558c.
- TØI (u.å.). *Tiltakskatalog for transport og miljø*. Hentet fra <https://www.tiltak.no>.
- (2020). Effektivisering av tunge kjøretøy. *Tiltakskatalog for transport og miljø*. Hentet fra <https://www.tiltak.no>.
- Tønnesen, M. (2022, 26. oktober). Datasentre mister redusert avgift: - Kan spenne ben på digital omstilling. *E24*. Hentet fra <https://e24.no/energi-og-klima/i/xggOdR/datasentre-mister-reduisert-avgift-kan-spenne-ben-paa-digital-omstilling>.
- UNCBD (2022). Kunming-Montreal Global biodiversity framework to the United Nations Convention on Biological Diversity adopted at COP15 in Montreal, Canada, on 19 December 2022. Hentet fra <https://www.cbd.int/doc/c/e6d3/cd1d/daf663719a03902a9b116c34/cop-15-l-25-en.pdf>.
- Universitetet i Agder (2020). Sluttrapport: Hydrogenproduksjon på Sørlandet. Hentet fra <https://www.uia.no/nyheter/hydrogensatsing-paa-soerlandet>.
- Ursin, L. (2021a, 8. november). Ekspertintervjuet: Dette kan batteriene gjøre for oss. *Energi og klima*. Hentet fra <https://energiogklima.no/to-grader/ekspertintervju/ekspertintervjuet-slik-virker-batterier/>.
- (2021b, 1. november). Ekspertintervjuet: Batterimarkedet i dag er bare toppen av isfjellet. *Energi og klima*. Hentet fra <https://energiogklima.no/to-grader/ekspertintervju/ekspertintervjuet-batterimarkedet-i-dag-er-bare-toppen-av-isfjellet/>.
- Valestrand, M. (2021, 22. februar). – Uten mål for spillvarme fra grønt hydrogen. *Norsk Fjernvarme*. Hentet fra <https://www.fjernvarme.no/-uten-mal-for-spillvarme-fra-gront-hydrogen>.
- Valstad, I., Viddal, M. G., Blindheim, K., Hersleth, H. H., Øren, K., Lossius, T. B. (2020). *Norske muligheter i grønne elektriske verdikjeder*. Styringskomiteen for Grønne Elektriske Verdikjeder. Hentet fra <https://www.nho.no/siteassets/prosjekter-og-samarbeid/gronne-elektriske-verdikjeder.pdf>.
- Varanger Kraft (2021) Hva skjer i Berlevåg i regi av Varanger Kraft. Hentet fra: [Hva skjer i Berlevåg i regi av Varanger Kraft - Varanger Kraft \(varanger-kraft.no\)](https://www.varangerkraft.no/Hva-skjer-i-Berlevag-i-regi-av-Varanger-Kraft)

- Veland, J. (2021, 20. september). Datasentre kan gi kappløp mot bunnen: Nordiske erfaringer bør advare den norske regjeringens storsatsing. *Tax Justice Norge*. Hentet fra <https://taxjustice.no/artikkel/datasentre-kan-gi-kapplop-mot-bunnen>.
- Walnum, H.J., Simonsen, M. (2018) Grønne daler. Gjennomgang av statistikk, beregning av klimagassutslipp og forslag til tiltak. Vestlandsforsknings-notat nr. 4/2018. [VF-notat 4-2018 Grøne dalar red \(1\) 2.pdf \(vestforsk.no\)](#)
- Winje, E., Hernes, S., Foseid, H., Schöpfer, A., Jakobsen, E. W. (2022). Verdien av den norske hydrogenneringen: status og fremtidsutsikter. Menon-publikasjon nr. 134/2022. *Menon Economics*. Hentet fra <https://www.menon.no/wp-content/uploads/2022-134-Verdien-av-den-norske-hydrogennaeringen-1.pdf>.
- Øvrebø, O. A. (2023, 4. januar). Tyskland vil ha stor hydrogenimport fra Norge. *Energi og klima*. Hentet fra <https://energiogklima.no/nyhet/tyskland-vil-ha-stor-hydrogenimport-fra-norge/>.
- Øystese, K. Å. (2020a). *Grønn skipsfart: Utslippene må i null i 2050*. Rapport nr. 01/2020. Norsk Klimastiftelse.
- (2020b). *Ammoniakk kan kutte store utslipp i skipsfarten*. Notat nr. 03/2020. Norsk Klimastiftelse