



Industrien: Etterspørsel etter kraft, beslutningsfaktorer og energieffektivisering

Utarbeide av Oslo Economics og Sintef, 24. august 2022

Om Oslo Economics

Oslo Economics utreder økonomiske problemstillinger og gir råd til bedrifter, myndigheter og organisasjoner. Våre analyser kan være et beslutningsgrunnlag for myndighetene, et informasjonsgrunnlag i rettslige prosesser, eller et grunnlag for interesseorganisasjoner som ønsker å påvirke sine rammebetingelser. Vi forstår problemstillingene som oppstår i skjæringspunktet mellom marked og politikk.

Oslo Economics er et samfunnsøkonomisk rådgivningsmiljø med erfarne konsulenter med bakgrunn fra offentlig forvaltning og ulike forsknings- og analysemiljøer. Vi tilbyr innsikt og analyse basert på bransjeerfaring, sterk fagkompetanse og et omfattende nettverk av samarbeidspartnere.

SINTEF

SINTEF er et av Europas største uavhengige forskningsinstitutter, med flerfaglig spisskompetanse innenfor teknologi, naturvitenskap og samfunnsvitenskap. Vi utfører hvert år flere tusen oppdrag for små og store kunder i Norge, Europa og globalt. SINTEF er en uavhengig stiftelse som siden 1950 har skapt innovasjon gjennom utviklings- og forskningsoppdrag for næringsliv og offentlig sektor i inn- og utland.

SINTEF er i denne utredningen representert ved SINTEF Energi.

Industrien: Etterspørsel etter kraft, beslutningsfaktorer og energieffektivisering /OE-rapport 2022-64

© Oslo Economics,

Kontaktperson:

Jostein Skaar / Partner

jsk@osloeconomics.no, Tel. 959 33 827

Foto/illustrasjon: Getty Images (iStockphoto.com)

Innhold

Sammendrag og konklusjoner	4
1. Oppdraget; bakgrunn, mandat og gjennomføring	10
1.1 Bakgrunn	10
1.2 Mandat	10
1.3 Gjennomføring	10
1.4 Avgrensninger	11
1.5 Rapportens oppbygning	11
2. Globale utviklingstrekk og politisk kontekst	12
2.2 Strategier og satsningsområder	14
2.3 Støtteordninger for nye industrier	16
3. Nye fremvoksende industrier og deres egenskaper	18
3.1 Battericelleproduksjon	18
3.2 Hydrogen- og ammoniakkproduksjon	22
3.3 Datasenter	25
3.4 Karbonfangst, -lagring og -utnyttelse (CCUS)	28
3.5 Landbasert oppdrett	30
4. Perspektiver for utviklingen i kraftforbruket i nye industrier	34
4.1 Viktige beslutningsfaktorer for etablering av ny industri	34
4.2 Perspektiver for utvikling i viktige beslutningsfaktorer	39
4.3 Norges forutsetninger for industrietablering	46
5. Perspektiver for utviklingen i kraftbruken i eksisterende industri	53
5.1 Energiforbruk i industrien	53
5.2 Årsaker og faktorer som påvirker kraftforbruket i eksisterende industri	54
6. Referanser	68

Sammendrag og konklusjoner

Norge er en energinasjon med gode forutsetninger for kraftkrevende industri. Industrien står i dag for en høy andel av energibruken og om lag 40 prosent av det samlede kraftforbruket i Norge. Det er også mange initiativer for etablering av ny kraftkrevende virksomhet som batteri- og hydrogenproduksjon, karbonfangst og -lagring, datasenter og landbasert oppdrett. Utviklingen i eksisterende industri og hvor mye som etableres av ny kraftkrevende virksomhet vil ha stor betydning for den langsiktige energi- og kraftbalansen i Norge, og behovet for investeringer i nett og kraftproduksjon.

Det er en rekke faktorer som må være tilstede for etablering av ny kraftkrevende virksomhet. Det inkluderer blant annet egnede arealer med industriell infrastruktur, arbeidskraft med relevant kompetanse og markedsadgang og effektive transportveier til produktmarkedene. Viktigheten av de ulike faktorene varierer noe mellom ulike typer virksomhet. Viktigste for alle er uansett krafttilgang gjennom tilknytning til strømmettet. Videre er høy leveringssikkerhet, og tilgang til fornybar kraft også sentralt for de fleste nye kraftkrevende virksomheter. De langsiktige forventningene til kraftprisen på aktuelle lokasjoner rundt om i Norge og utenfor Norge, er også en viktig etableringsfaktor. Kortsiktige svingninger i pris er av mindre betydning, og særlig når disse skjer i alle relevante markeder. I praksis vil det ofte være tilgangen på gunstige langsiktige kraftavtaler som er viktig for etableringsbeslutningene, ettersom industrien gjerne sikrer prisene på mye av sitt kraftforbruk.

Norges viktigste fortrinn for etablering av ny kraftkrevende virksomhet er nettopp tilgangen på fornybar og relativt rimelig kraft. Nettkapasitet er imidlertid blitt en knapp faktor, og vil sannsynligvis være den viktigste begrensningen for etablering av ny kraftkrevende virksomhet i tiden fremover. Nettinvesteringer vil avhjelpe disse utfordringene, men det tar tid å bygge nett. Videre vil enhver industrietablering legge beslag på viktige ressurser, og slik redusere mulighetene for etablering av ytterligere industri som trenger de samme faktorene. Fortrinnet knyttet til lav kraftpris er direkte knyttet til den langsiktige kraftbalansen, som vil svekkes for hver industrietablering og styrkes ved investeringer i produksjonskapasitet. Forutsetningene for industrietableringer vil dermed være betinget også av utsiktene til etablering av ny kraftproduksjon.

Endringer i kraftforbruket hos eksisterende industri vil også ha betydning for det totale norske forbruket. Den største delen av kraftforbruket i eksisterende industri benyttes i prosessindustrien som operer i internasjonale markeder. Historisk har kraftforbruket i eksisterende industri i stor grad vært knyttet opp mot aktivitetsnivået i økonomien, med redusert forbruk i perioder med lav aktivitet og økt forbruk i perioder med høy aktivitet. God tilgang til (fornybar) og rimelig kraft har vært norsk industri sitt største konkurransefortrinn, og industrien forventer at dette også vil være deres største konkurransefortrinn fremover.

Samtidig benytter prosessindustrien en betydelig mengde fossile energikilder i sin produksjon. Økt fokus på utslipp og etterspørsel etter varer med lavt klimafotavtrykk bidrar til utvikling av teknologi som skal redusere klimagassutslippene fra industrien. En slik omlegging vil innebærer økt kraftforbruk, enten ved direkte omlegging til elektrisitet, eller indirekte gjennom bruk av hydrogen eller karbonfangst. Samtidig sitter industrien på en betydelig mengde energi i form av overskuddsvarme, estimert til 20 TWh av Sintef. Dette er varme som kan benyttes i andre næringer og dermed redusere behovet for kraft. Den største utfordringen for utnyttelse av overskuddsvarme er potensielle avtakere i nærheten av der varmen er tilgjengelig. Samlokalisering av industri med tilgjengelig overskuddsvarme og nye næringer med varmebehov, kan være et effektivt tiltak for å utnytte dette potensialet.

Mandat

Regjeringen oppnevnte 11. februar 2022 en energikommisjon som skal kartlegge energibehovene og foreslå økt energiproduksjon, med mål om at Norge fortsatt skal ha overskuddsproduksjon av kraft og at norske strømkunder fortsatt skal ha rikelig tilgang på fornybar kraft. Et av hovedtemaene i Energikommisjonens mandat er perspektiver for utviklingen i kraftforbruket.

Som underlag til Energikommisjonens arbeid har Oslo Economics gjennomført en utredning om kraftforbruk og viktige beslutningsfaktorer i ny og eksisterende industri. Utredningen omfatter (i) en kvalitativ analyse av hvilke faktorer som er viktige for etablering av ny industri, (ii) hvilke faktorer som påvirker utviklingen i energibruken i eksisterende industri og (iii) potensialet for energieffektivisering i større industrivirksomhet.

Globale utviklingstrender og politisk kontekst

Som svar på klimautfordringen vi står overfor har både Norge og EU lagt opp til en ambisiøs klimapolitikk. Norge er en del av Europas kvotemarked og skal kutte utslippene med minst 50 prosent og opp mot 55 prosent innen 2030, og være klimanøytralt i 2050. Samtidig har spørsmålene om Europas energisikkerhet blitt satt på spissen etter Russlands invasjon av Ukraina, og gjennom et år med rekordhøye kraftpriser. Både klimautfordringene og dagens energikrise i Europa vil påvirke politikktutforming og beslutninger i EU og Norge, og legge føringer for utviklingen i økonomien og industriens rammebetingelser i årene fremover.

Den pågående omstillingen av økonomien innebærer omlegging av energisystemet, elektrifisering og en stor satsing på utvikling av mer bærekraftig industri og næringsliv. Både i Norge og EU er det lagt frem strategier som tar sikte på å fremme nye næringer som ventes å være viktige i et lavutslippssamfunn. Blant disse finner vi strategier for batteriproduksjon, hydrogen, datasentre, havbruk, maritim næring og havvind.

Mange planer for ny kraftkrevende industri i Norge

Norge er en energinasjon med en betydelig kraftkrevende industri, og gode forutsetninger for etablering av ny kraftkrevende virksomhet. Dette reflekteres også av alle initiativene for nyetablering, som dekker et bredt spekter av kraftkrevende virksomhet. Samtidig er mange av planene umodne og usikre – noe som gir stor usikkerhet om det samlede kraftbehovet, og nytten av økte investeringer i kraftproduksjon og overføringskapasitet.

Hvor mange av initiativene som vil realiseres avhenger av om rammebetingelsene for disse virksomhetene i tilstrekkelig grad er til stede i Norge – sett i forhold til andre land. Internt i Norge vil også etablering avhenge av rammebetingelsene ved ulike lokasjoner. En vurdering av de samlede rammebetingelsene inkluderer mange forhold, og tar innover seg både tilgang og kostnader for viktig infrastruktur og innsatsfaktorer, markedsmuligheter, offentlige støtteordninger og andre regulatoriske forhold.

I denne utredningen ser vi særlig på fem nye fremvoksende og kraftkrevende industrier med potensial for fullskala produksjon i Norge; battericelleproduksjon, hydrogen- og ammoniakkproduksjon, datasentre, karbonfangst og -lagring (CCS) og landbasert oppdrett. Datasentre, landbasert oppdrett og karbonfangst og -lagring er ikke industrier i tradisjonell forstand. Dette er likevel næringer med stort kraftbehov og med flere egenskaper som ligner på tradisjonell industri. Utviklingen i disse næringene kan ha stor betydning for det totale kraftforbruket i Norge. I utredningen opererer vi dermed med en utvidet definisjon av industribegrepet, der dette også omfatter de tre overnevnte næringene. Vi vurderer viktige egenskaper og beslutningsfaktorer for den enkelte industri, prognoser for utvikling i disse, og i hvilken grad det ligger til rette for etablering i Norge.

Mange faktorer skal være på plass for etablering av kraftkrevende industri

Det er en rekke faktorer som må være til stede for etablering av ny kraftkrevende industri. Aller viktigst er tilgang til kraft gjennom tilknytning til strømmettet. Videre er høy leveringssikkerhet, og fornybar kraft også helt sentralt for flere typer virksomhet. For industriaktørene vil også kraftprisen være av stor betydning for forventet lønnsomhet, og kraften handles gjerne gjennom langsiktige avtaler. De langsiktige forventningene til kraftprisutviklingen og tilgangen på langsiktige kraftavtaler, både mellom ulike prisområder i Norge og aktuelle lokasjoner utenfor Norge, vil være viktige etableringsfaktorer. I dagens situasjon er likevel vårt inntrykk at tilgangen på nettkapasitet er viktigere enn kraftprisen.

Kraftkrevende industri har også et betydelig behov for areal, gjerne med tilstrekkelig plass til å kunne gjøre eventuelle utvidelser i fremtiden, og til samlokalisering med aktører i andre deler av verdikjeden. Arealene må også ha nærhet til nødvendig infrastruktur, som havn, flyplass ol. Alle industriene har også behov for kompetent arbeidskraft. Arbeidskraftintensiteten, og hvilke typer kompetanse som behøves, varierer mellom industriene.

Andre viktige innsatsfaktorer kan være vann (salt- og/eller ferskvann), og ulike typer råvarer. For industriene som er basert på umoden teknologi, vil også nær kontakt med kunnskapsmiljøer bidra til utvikling av teknologien.

Adgang og nærhet til relevante produktmarkeder er også viktig. For flere av industriene vil adgang til det europeiske markedet være sentralt. For øvrig, vil også alle andre reguleringer og rammevilkår kunne virke inn på lokaliseringsbeslutninger. Det inkluderer tidsbruk og risiko knyttet til å få nødvendige tillatelser og konsesjoner og den generelle velvilligheten i lokalmiljøet for å tilrettelegge for industrietableringen.

Den generelle aktiviteten i økonomien vil også kunne påvirke omfanget og størrelsen på nye etableringer. Økonomien gjennomgår forholdsvis regelmessige vekslinger mellom perioder med sterk vekst i den økonomiske aktiviteten (oppgangskonjunkturer), som deretter kan slå over i perioder med lavere eller negativ vekst (nedgangskonjunktur). I skrivende stund er vi inne i en periode med høy inflasjon, økende rente, og mulige utsikter til en nedgangskonjunktur.

Bedrifter og næringers sterke avhengighet av hverandre innebærer at både perioder med høy og lav økonomisk aktivitet gjerne sprer seg raskt til alle grener av økonomien, og mellom land. En eventuell nedgang i den generelle aktiviteten i økonomien er dermed et forhold som forventes å ha negativ påvirkning på etablering av kraftkrevende virksomhet. Som følge av at ny kraftkrevende virksomhet er en del av voksende markeder kan det imidlertid forventes at betydningen av nedgangskonjunkturer vil være mindre for denne delen av næringslivet.

Viktigheten av de ulike etableringsfaktorene varierer noe mellom industrier

Det er mange fellestrekk i hvilke faktorer som bør være til stede for etablering av ny industri. En rekke faktorer karakteriseres som viktige, og til dels avgjørende for etablering. Det er likevel mulig å peke på noe variasjon mellom industriene når det gjelder viktigheten av ulike etableringsfaktorer. Våre vurderinger er oppsummert i Figur 1-1, der vi for hver industri har vurdert den enkelte faktor opp mot de andre faktorene som er viktig for den aktuelle industrien (jo flere skraverte felt, jo viktigere er den aktuelle faktoren).¹

Figur 1-1: Vurdering av lokaliseringsfaktorer

	Battericelle- produksjon	Grønt hydrogen	Blått hydrogen	Datasentre	Karbonfangst og -lagring	Landbasert oppdrett
Egenskaper ved kraften						
Nettilknytning	■ ■	■ ■	■ ■	■ ■	■ ■	■ ■
Kraftpris og nettariff	□ □	■ ■	■ □	■ □	□ □	■ ■
Fornybar kraft	■ ■	■ ■	■ ■	■ □	■ ■	■ □
Leveringssikkerhet strøm	■ ■	□ □	■ □	■ ■	■ □	■ ■
Tilgang på og kostnader ved innsatsfaktorer						
Arbeidskraftintensivt	■ ■	□ □	□ □	□ □	□ □	■ □
Kompetanse hos tilgjengelig arbeidskraft	■ ■	■ □	■ □	■ □	■ ■	■ □
Lønnskostnader	□ □	□ □	□ □	□ □	□ □	□ □
Nærhet til råvarer/råvarepris	■ □	□ □	■ ■	□ □	□ □	■ ■
Ferskvann- og/eller saltvanntilgang	□ □	■ ■	■ □	□ □	□ □	■ ■
Tilgang på store arealer	■ ■	□ □	■ □	■ ■	□ □	■ ■
Andre vesentlige forhold						
Havn eller annen transportinfrastruktur	■ □	■ □	■ □	□ □	■ ■	■ □
Kunnskapsmiljøer og teknologiutvikling	■ □	■ □	■ □	□ □	■ ■	□ □
Støtteordninger/annen tilrettelegging	■ ■	■ ■	■ ■	■ □	■ ■	□ □
Markedsadgang EU	■ ■	■ □	■ □	□ □	■ □	□ □

For alle industriene er nettilknytning en helt avgjørende faktor, da de ikke vil kunne etablere seg uten å ha sikkerhet for nødvendig kraftforsyning. Kraftprisene er også viktige, men sensitiviteten til kraftprisendringer er noe varierende mellom ulike typer virksomhet, avhengig av kraftintensitet i produksjonen, behov for andre viktige innsatsfaktorer og rammevilkår, samt konkurranseforholdene i produktmarkedene. Grønn hydrogenproduksjon er sannsynligvis en av industriene hvor kraftpris er mest avgjørende ved etableringsbeslutninger. Beslutninger om etablering av karbonfangst og lagring (CCS) er i dag i liten grad sensitive til kraftpris, men heller avhengig av andre politiske beslutninger og rammevilkår. Batterifabrikker krever at svært mange forhold er på plass, noe som også reduserer den relative betydningen av kraftprisen.

¹ En faktor som bare har ett skravert felt kan være svært viktig, men vurderes likevel som mindre viktig, relativt til de faktorene som har to eller tre skraverte felt.

Batteri, hydrogen og karbonfangst og lagring er alle teknologier som skal bidra i klimaomstillingen, og det er derfor avgjørende at produksjonen er basert på fornybar kraft. Datasentre, batteriproduksjon og landbasert oppdrett er svært avhengige av sikker kraftforsyning, og vil få brudd i tjenesteleveransene og i verste fall ødelagt produksjonen dersom strømmen faller ut.

Utover behovet for sikker og rimelig kraftforsyning, har industriene også behov for andre innsatsfaktorer. Battericelleproduksjon er en svært arbeidskraftintensiv virksomhet, og har behov for mange ansatte, i tillegg til at det er et behov for spesifikk batterikompetanse. I produksjonen av blått hydrogen er naturgass den viktigste innsatsfaktoren, og både nærhet til produksjon, infrastruktur for transport og naturgassprisen er viktige etableringsfaktorer. Landbasert oppdrett er avhengig av råvarepris i form av prisen på fôr. Svært rent (og evt. avsaltet) vann er en viktig innsatsfaktor ved produksjon av grønt hydrogen. Tilgang på vann er også viktig for etablering av landbasert oppdrett, men type vann (salt- eller ferskvann) avhenger av hva slags fisk som produseres. Batteriproduksjon, datasentre og landbasert oppdrett er de mest arealkrevende industriene som har behov for store, regulerte arealer.

Det er også andre rammevilkår som har stor betydning for de ulike industriene. Havnetilgang eller andre effektive transportveier er viktig for alle industriene som håndterer råvarer og transporterer sluttprodukter. For virksomhet som baserer seg på umoden teknologi, som CCS og hydrogen, er det behov for teknologiutvikling for å øke ytelsen og redusere kostnader. Inntil teknologien er moden er det derfor nødvendig med offentlige støtteordninger. Flere av industriene har også ønske å etablere seg i Europa for å ha adgang til det indre markedet i EU.

Perspektiver for utvikling i viktige faktorer som påvirker etablering av ny industri

Utviklingen i viktige etableringsfaktorer vil påvirke forutsetningene for etablering av ny industri i Norge. Når det gjelder mulighet for tilknytning, som er den viktigste forutsetningen for all ny industri, forventer vi at kapasiteten i nettet vil være begrenset i de fleste områder frem til større nettinvesteringer er gjennomført. Dette gjelder for industri som ikke allerede har inngått en tilknytningsavtale eller har fått reservere kapasitet i nettet. Selv med foreslåtte tiltak for effektivisering av planleggings- og konsesjonsprosessene, forventer vi at denne situasjonen kan vedvare frem mot 2030-tallet.

Kraftforbruket er også på vei oppover, og alle prognoser tilsier fortsatt økt kraftforbruk, til elektrifisering og ny industri. Med unntak av store planer for havvind er det ikke tilsvarende planer for ny kraftproduksjon. Dette kan tilsa at den langsiktige kraftbalansen vil bli svakere fremover (mindre positiv) dersom det ikke også planlegges for mer produksjon. Det er usikkert hvor lenge dagens situasjon med svært høye kraftpriser vil vedvare, og i hvilken grad dette påvirker de relative prisene i Norge og Europa. Prisprognosene tilsier at prisnivået i Norge vil være mer korrelert med prisene i Europa, samt at prisene vil variere mer enn i dag, men at Norge fortsatt vil ha lavere gjennomsnittspriser i 2040.

Når det gjelder tilgangen til andre viktige innsatsfaktorer vil ulike forhold kunne trekke i ulike retninger. Arealer er en knapp ressurs, og tilgjengeligheten av industriarealer vil være avhengig av prioriteringer både nasjonalt og lokalt. Økt fokus på naturverdier og miljøinngrep kan redusere tilgjengeligheten, mens høy prioritering og ønske om å tilrettelegge for ny industri kan øke tilgangen. Vi forventer uansett at prosesser for både regulering av areal og konsesjoner til kraftledninger vil være tidkrevende også i fremtiden.

I dag er en betydelig andel av Norges tekniske fagarbeidere, ingeniører og forskere bundet opp i svært lønnsom petroleumsvirksomhet. Utviklingen i denne industrien vil ha stor betydning for tilgjengeligheten av arbeidskraft og kompetanse til nye industrier. Ved fortsatt høy aktivitet i oljesektoren kan vi forvente at tilgangen på arbeidskraft vil være relativt lav, relativt til andre land. Ved en nedgang i sektoren, som sammenfaller med utviklingen av nye næringer, vil det være et større tilfang av kandidater. Det samme gjelder ved en eventuell nedgangskonjunktur som slår innover økonomien og som kan resultere i økende ledighet. I den grad ny kraftkrevende virksomhet likevel etableres, vil det være bedre tilgang på arbeidskraft enn i dagens situasjon med et svært stramt arbeidsmarked i Norge. En nedgangskonjunktur vil imidlertid også øke tilgangen på arbeidskraft i andre land.

Norges forutsetninger for industrietableringer

Det er flere forhold som gjør Norge attraktivt for etablering av ny kraftkrevende industri. Norge har en høyt utdannet arbeidsstyrke med erfaring og kompetanse som har overføringsverdi til ny industrivirksomhet, og etablerte industriaktører og fagmiljøer med relevant kompetanse, samt ressurser til å utvikle ny industri. Norges naturgitte forhold gir også tilgang på effektive transportmuligheter langs kysten, og relativt god tilgang på arealer som kan egne seg for industrietableringer. Landets beliggenhet er også fordelaktig med tanke på å gi

industriaktørene adgang til det europeiske markedet, der politikken i økende grad dreies mot selvforsyning av kraft og etablering av helhetlige europeiske verdikjeder for viktige industrivarer.

Historisk har norsk industris viktigste fortrinn vært knyttet til den gode tilgangen til fornybar og regulerbar kraftproduksjon. Disse ressursene har fått økende verdi, noe som resulterer i stor konkurranse om tilgang til nett og kraft – både til industri, til eksport og for elektrifisering av øvrige deler av samfunnet. Norge har et kraftsystem basert på fornybar energi, med et kraftoverskudd i normalår og priser som i gjennomsnitt er lavere enn i landene rundt oss. Dette gjør landet svært attraktivt for ny industri. Likevel er det ikke mulig å etablere industri uten å få tilgang til denne kraften – via strømmettet. Når det nå er begrensninger i nettet i de fleste områder i Norge, representerer dette på kort sikt den største begrensningen for etablering av ny industri som ikke allerede har fått reservert plass i eksisterende nett.

På noe lenger sikt kan vi bygge ut nettet for å tilrettelegge for mer ny industri. Samtidig vil fortrinnet, knyttet til tilgang på fornybar og relativt rimelig kraft, være uløselig knyttet til balansen mellom produksjon og forbruk innenlands, i tillegg til integrasjonen med kraftsystemene i landene rundt oss. Dermed vil alle beslutninger som påvirker kraftbalansen også påvirke Norges attraktivitet for etablering av kraftkrevende industri – inkludert etablering av slik industri. Selv med tilstrekkelig nettkapasitet kan det dermed på noe lenger sikt være industrietableringer eller begrensninger på produksjonssiden som vil begrense ytterligere etablering av kraftkrevende industri.

Generelt vil alle de kraftkrevende industriene vi har analysert, konkurrere om mange av de samme innsatsfaktorene. Alt annet likt, vil hver industrietablering legge beslag på viktige ressurser, og redusere muligheten for etablering av ytterligere industri som trenger de samme faktorene. I praksis vil dette kunne materialisere seg i høye priser på kraft (relativt til andre land), mangel på arbeidskraft eller personer med relevant kompetanse, høye lønninger, eller redusert beholdning av egnede industriarealer. I en situasjon der den mest begrensede ressursen er tilgang på kraft, vil investeringer i nett og produksjon kunne avhjelpe dette og forbedre de samlede rammebetingelsene for etablering av ny kraftkrevende industri. Spørsmålet om hvor mye kraft industrien vil trenge fremover må altså ses i sammenheng med hvor mye produksjons- og nettkapasitet som etableres.

Det kan også være positive synergier mellom industrietableringer. Flere av industriene kan inngå i hverandres verdikjede, og utviklingen i andre ikke-kraftkrevende næringer vil også ha stor betydning for markedspotensial og tilgang på innsatsfaktorer. Industrien kan også utnytte hverandres biprodukter, som overskuddsvarme og andre spillprodukter. I en periode med knapphet på nett, og hvor kraft og andre energiprodukter har stigende verdi, vil optimalisering av energibruk og avsetning for overskuddsvarme få større betydning. Med økt fokus på bærekraftige og sirkulære verdikjeder, både i Norge og Europa, kan tilgangen på overskuddsvarme og andre biprodukter fra prosesser, også bli en viktigere lokaliseringfaktor enn det tidligere har vært.

Perspektiver for utviklingen i faktorer som påvirker kraftbruken i eksisterende industri

Norsk industri hadde i 2021 et samlet energiforbruk på 173 TWh. Av dette sto landbasert industri for om lag 60 prosent, mens olje- og gassnæringen inkl. raffinerier sto for mesteparten av den resterende energibruken. Kraft er en viktig innsatsfaktor for store deler av eksisterende industri. Samlet kraftforbruk i industrien utgjorde i 2021 underkant av 60 TWh. Kraftforbruket i industrien har utviklet seg i takt med det samlede kraftforbruket i Norge, og industrien har de siste ti årene stått for ca. 40 prosent av det samlede forbruket.

Årsakene til endret kraftforbruk i eksisterende industri kan i hovedsak knyttes til følgende forhold; (i) endret produksjonsvolum, (ii) endring i sluttprodukt, (iii) elektrifisering og (iv) energieffektivisering. Disse trekker i ulike retninger. Gitt at aktiviteten i økonomien ikke svekker seg betydelig, forventer vi at den samlede etterspørselen etter kraft i eksisterende industri vil øke framover. Hovedårsaken til dette er økt etterspørsel etter direkte eller indirekte elektrifisering av industrien som følge av økt etterspørsel etter varer med lave klimagassutslipp.

Historisk har aktivitetsnivået i økonomien vært den faktoren som har hatt størst betydning for endring i produksjonsvolum og kraftforbruk i norsk industri. I etterdønningene av finanskrisen opplevde norsk industri et fall i etterspørselen av varer som førte til en nedgang i kraftforbruket i industrien på 9 TWh fra 2008 til 2009, før kraftforbruket først i 2021 var på samme nivå som før finanskrisen. Eksisterende produksjonskapasitet i industrien begrenser imidlertid produksjonsvolum, og dermed kraftforbruket. Flere norske virksomheter har den seneste tiden opplevd stor etterspørsel etter sine varer og vurderer nye investeringer. Ved investeringer i ny kapasitet er det de samlede rammebetingelsene i et land som er avgjørende, hvor tilgangen på (fornybar) kraft til lave priser anses å være Norges viktige konkurransefortrinn. Forventninger til den generelle aktiviteten i økonomien, og etterspørselen etter produkter fremover, er også helt avgjørende for industriens investeringsatferd.

Endrede priser på sentrale innsatsfaktorer, kan også ha betydning for produksjonsvolum i etablert industri. Normalt vil økte priser på innsatsfaktorer virke i retning av lavere produksjonsvolumer. Dette gjelder særlig om bedriftene har kostnadsøkninger som ikke treffer deres konkurrenter, og dermed får svekket konkurranseevne. I dag er kraftprisene i Norge høyere enn noen gang, men dette er også situasjonen i hele Europa og i store deler av verden. Når en hel næring står overfor økte kraftpriser, eller en prisøkning på andre sentrale innsatsfaktorer, vil kostnadsøkningen (helt eller delvis) veltes over på kundene gjennom økte priser i produktmarkedene. Hvor stor del av kostnadene som veltes over på kundene vil avhenge av konkurranseforholdene i markedet og kundens prissensitivitet. Flere norske kraftkrevende virksomheter har hatt svært gode resultater det seneste året. Kraftkrevende industri har i stor grad sikret prisen på store deler av kraftforbruk sitt gjennom langsiktige kraftprisavtaler, og betaler mindre for kraften enn prisene man ser i spotmarkedet. Bedriftenes resultater tyder så langt på at økte priser i produktmarkedene har mer enn oppveid eventuelle økte kraftkostnader.

Etablert industri besitter ressurser og kompetanse som kan være overførbare til nye industrier, og kan i noen tilfeller velge å gå inn i nye produktmarkeder. Flere store industribedrifter har blant annet rettigheter til økt effektuttak i nettet. Etter hvert som tilgang til nettkapasitet har blitt en knapp faktor, har slike rettigheter fått økt verdi. Industribedrifter som har ubrukte rettigheter til effektuttak kan dermed ha et fortrinn i etablering av ny industri eller ved utvidelse av egen produksjon. Dette trekker i retning av økt kraftforbruk i, eller i tilknytning til, eksisterende industri.

Norsk prosessindustri benytter en betydelig mengde fossile energivarer i sine produksjonsprosesser. NVE har estimert det tekniske potensiale for direkte elektrifisering, ved å erstatte bruk av ulike gasser med elektrisitet, til om lag 12 TWh, hvorav ca. 4,5 TWh er i landbasert olje- og gassanlegg. Deler av tiltakene er basert på kjent teknologi, mens andre tiltak krever utvikling av ny teknologi. For å redusere sin utslipp ytterligere kan industrien ta i bruk karbonfangst og lagring (CCS) eller hydrogen i enkelte produksjonsprosesser. Dette er teknologier som krever mye kraft. NVE har gjort et grovt anslag, basert på innspill industribedriftene, og estimert behovet til om lag 10 TWh.

Potensiale for energieffektivisering i eksisterende industri

Energikostnaden er en dominerende del av produksjonskostnaden i en rekke større industribedriftene. Disse har som følge jobbet aktivt med å effektivisere sitt energibruk gjennom flere tiår. Flere norske bedrifter er verdensledende i sin bransje innen klima og miljø. Disse bedriftene jobber kontinuerlig med optimalisering av prosesser og mindre prosjekter for ytterligere energieffektivisering. Industrien vurderer at det er et begrenset potensiale for mer energieffektivisering gjennom prosessforbedringer, gitt dagens teknologi.

Flere store industribedrifter jobber med utvikling av ny teknologi for å ytterligere effektivisere sine prosesser. Implementering av slik teknologi vil kunne bidra til å redusere industriens kraftforbruk. Samtidig er det stor aktivitet knyttet til å redusere klimagassutslipp fra industrien. Flere av tiltak i industrien som har reduksjon av klimagassutslipp som mål, innebærer økt kraftforbruk.

Det finnes et stort potensial for økt utnyttelse av overskuddsvarme fra industrien. Sintef har anslått det tekniske potensialet å være i størrelsesorden 20 TWh, hvorav 6 TWh er overskuddsvarme fra aluminiums- og ferroindustrien i temperaturområdet 100 til 250 °C som potensielt er relativt anvendbart.

Den største utfordringen knyttet til utnyttelse av overskuddsvarme er i dag mangel på potensielle avtakere på steder der overskuddsvarme er tilgjengelig. Lokalisering av ny industri og annet forbruk i nærheten av eksisterende industribedrifter som produserer overskuddsvarme vil kunne være et effektivt tiltak for å utnytte dette potensialet. Landbasert opprett, produksjon av anoder til batterier, metallindustri og matproduksjon er eksempler på nye industrier som har behov for oppvarming. En forutsetning for utnyttelse av potensiale er at industrien som etableres kan nyttiggjøre seg av tilgjengelig overskuddsvarmen i sin produksjon.

1. Oppdraget; bakgrunn, mandat og gjennomføring

1.1 Bakgrunn

Norge, sammen med resten av verden, skal gjennom en storstilt omstilling av økonomien, for å begrense global oppvarming og nå nasjonale og internasjonale klimamål. Elektrifisering er et sentralt bidrag, ved at det erstatter fossile brensler med ren elektrisk energi. Omstillingen innebærer også muligheter for etablering av ny industri og næringsvirksomhet, med elektrisitet som en viktig innsatsfaktor. Andre drivere, som digitalisering og automatisering, gir også økende behov for strøm.

Norge er en energinasjon, med et kraftsystem basert i hovedsak på fornybar vannkraft. Dette har også gitt grunnlag for en betydelig kraftkrevende industri. Med omstillingen av økonomien har den fornybare kraften fått økende verdi. Det foreligger mange planer om industrietableringer i Norge som bygger investeringsbeslutningen sin på tilgang til rimelig og ren kraft. Eksempler på disse er batteri- og hydrogenproduksjon og datasentre.

Etablering av kraftkrevende industri vil ha stor betydning for det samlede kraftforbruket i Norge. Samtidig er det stor usikkerhet knyttet til mange av planene, som er umodne, og avhengig av en rekke rammebetingelser for å realiseres. Industrien vil også dels konkurrere om de samme innsatsfaktorene – kompetent arbeidskraft, industriareal, nødvendig infrastruktur, og ikke minst tilgang til fornybar kraft. Industriaktører som ikke enda er etablert, har også mulighet til å lokalisere seg der de samlede rammevilkårene er best. En god forståelse for viktige lokaliseringfaktorer, og betydningen av disse i ulike industrier, kan gi økt innsikt om potensialet for etableringer i Norge, og dermed også fremtidig kraftforbruk i industrien.

1.2 Mandat

Regjeringen oppnevnte i februar 2022 en energikommisjon som skal kartlegge energibehovene og foreslå økt energiproduksjon, med mål om at Norge fortsatt skal ha rikelig tilgang på fornybar kraft. Energikommisjonens mandat er knyttet til fem overordnede temaer:

1. Hvordan Norge påvirkes av energimarkeder i rask endring
2. Perspektiver for utvikling i kraftforbruket
3. Potensialet for samfunnsøkonomisk lønnsom kraftproduksjon
4. Perspektiver for forsynings sikkerheten
5. Sentrale interessemotsetninger i energipolitikken

Dette oppdraget knytter seg til punkt nummer 2 i Energikommisjonens mandat, og tar for seg perspektiver for utviklingen i kraftforbruket i industrien. Utredningen inngår som et underlag i Energikommisjonens arbeid. Perspektivene for utvikling kombinerer utvikling av ny industri og faktorer som er viktig for denne industrietableringen, samt utviklingen i energibruken i eksisterende industri, herunder potensialet for energieffektivisering.

1.3 Gjennomføring

Oppdraget er gjennomført i perioden juni til august 2022. Arbeidet er basert på tidligere studier og utredningen, intervjuer med industriaktører, SINTEF sin ekspertkompetanse og kjennskap til ulike industrier og potensiale for energieffektivisering, samt våre egne vurderinger.

1.3.1 Dokument- og litteraturstudie

For å kartlegge egenskaper ved de ulike industriene og forutsetninger for etablering har vi gjennomgått tidligere utredninger knyttet til enkelindustrier og teknologirapporter for utvalgte deler av prosessene. Som supplement til utredninger og teknologirapporter har vi benyttet informasjon norske og internasjonale industriaktører har gjort offentlig tilgjengelig.

For å vurdere fremtidig utviklingen i de kartlagte faktorene har vi gjennomgått tidligere markedsanalyser på områdene.

For fullstendig oversikt over skriftlige kilder viser vi til referanselisten i kapittel 6.

1.3.2 Intervjuer

I dette prosjektet har vi gjennomført intervjuer med enkelte klyngeaktører og næringsparker for et overordnet inntrykk av viktige faktorer i ny industrietablering. Vi har også gjennomført intervjuer med industriaktører innenfor både nye og eksisterende industrier. Representanter fra følgende virksomheter har blitt intervjuet eller kommet med skriftlige innspill i forbindelse med prosjektet:

- Nordic Aquafarms
- CCUS Norge
- Haugaland næringspark
- Energi i Nord
- Glomfjord hydrogen
- Green Mountain
- Horisont energi
- Norsk Industri
- Alcoa
- Borregaard

- Boliden Odda
- Elkem
- Eramet

Opplysningene vi har fått gjennom disse intervjuene inngår som bakgrunnsinformasjon i utredningen. Alle konklusjoner og vurderinger i analysen er våre egne. Vi vil gjerne takke alle informanter for deres bidrag til utredningen.

1.4 Avgrensninger

Denne utredningen er avgrenset til å vurdere kraftbehovet i industrien. Andre utviklingstrekk i økonomien vil også påvirke fremtidig kraftbehov, som for eksempel økt bruk av elektrisitet i transportsektorene eller landstrøm til maritim sektor. Vurdering av transport og maritim sektor inngår ikke i dette oppdraget. Disse sektorene er likevel nært knyttet opp mot enkelte av industriene som er vurdert i utredningen. For eksempel vil avkarbonisering av disse næringene øke etterspørselen etter batterier og/eller hydrogen som energibærere.

I analysen av etableringsfaktorer for nye industrier, er industri begrenset til kraftkrevende industrier. Målet med analysen er å ta for seg fremtidige industrier som er relevante i norske forhold, og som har et stort kraftbehov. I tillegg er industrier vurdert noe bredere enn definisjonen tilsier, ved at for eksempel datasentre er inkludert. Datasentre er en næring som allerede har begynt å etablere seg flere steder i Norge, og det er store planer for videre utvikling. Drift av datasentre er også svært kraftintensivt, og kraft er den klart viktigste innsatsfaktoren. Landbasert oppdrett er også inkludert i analysen som en voksende, kraftkrevende næring, men flere initiativer til nye og store anlegg der hele produksjonen foregår på land. Både datasentre og landbaserte oppdrettsanlegg vurderes

også som relevant for utnyttelse av overskuddsvarme i eksisterende eller ny industri, noe som kan bidra til å redusere det samlede kraftbehovet.

Leverandørindustrien til havvind er utelatt fra analysen. I takt med økende satsning på havvind i Norge vil det også bygges opp en leverandørindustri, spesielt knyttet til produksjon av fundamenter. Dette er en industri som kan konkurrere med enkelte av de andre nye industriene når det gjelder næringsarealer og behov for arbeidskraft. Likevel er det ikke en industri med et stort kraftbehov, med forventet effektbehov under 10 MW, også for større anlegg.

Analysen av potensiale for energieffektivisering i industrien er avgrenset til større industrivirksomheter. Det finnes andre næringer der det totalt sett kan være et betydelig potensial for energieffektivisering, med der den enkelte virksomhet har et lite forbruk. Dette potensialet er kun vurdert grovt og omtalt kort..

Vår rapport er fullført 24. august 2022, og vi har ikke oppdatert rapporten etter denne datoen.

1.5 Rapportens oppbygning

Rapporten er strukturert som følger:

- Kapittel 2 beskriver globale utviklingstrekk og den politiske konteksten i Norge og Europa som påvirker utviklingen i ny og eksisterende industri.
- Kapittel 3 beskriver de utvalgte nye industriene som er inkludert i analysen og deres egenskaper.
- Kapittel 4 analyserer viktige beslutningsfaktorer for etablering av ny industri, forventet utvikling i disse faktorene og Norges forutsetning for industrietablering.
- Kapittel 5 vurderer perspektiver for utviklingen i faktorer som påvirker kraftforbruket i eksisterende industri.

2. Globale utviklingstrekk og politisk kontekst

Både den etablerte kraftkrevende industrien i Norge, og nye industrier som er under planlegging og etablering, konkurrerer i internasjonale markeder. Den globale etterspørselen etter industriproduktene, og tilgangen på sentrale innsatsfaktorer, setter viktige rammer for etablering av ny industri og utvikling og omlegging av eksisterende industri. Industrien er også avhengig av rammevilkårene der de lokaliseres. Aktørenes beslutninger om etablering og lokalisering påvirkes dermed både av globale forhold og internasjonal og nasjonal politikktutforming, regulering og virkemiddelbruk.

Som et viktig bakteppe for analysen, går vi i dette kapitlet gjennom sentrale utviklingstrekk og politiske målsetninger nasjonalt og i EU, inkludert de mest sentrale strategier og støtteordninger for industri- og næringsutvikling. Dette inkluderer mål og strategier rettet direkte mot ny og eksisterende kraftkrevende industri, og også mot andre næringer som kan ha indirekte påvirkning på utviklingen i kraftkrevende industri.

2.1.1 Globale utviklingstrekk

Megatrender er store strukturelle endringer som skjer globalt, og som har varig påvirkning på måten vi lever på, på vår økonomi og vårt samfunn. Dette kan være sosiale, økonomiske, politiske og teknologiske endringer som skjer over tid og som har betydning for hvilke industrier og næringer som vil oppstå, og være konkurransedyktige fremover.

Klimaendringer, miljøutfordringer og klimagassutslipp har fått et stort og økende fokus gjennom de siste tiårene, og representerer vår tids største utfordring. I 2021 publiserte FNs klimapanel (IPCC) en ny klimarapport: «En alarm for menneskeheten». Klimarapporten viser at menneskenes påvirkning på klimaet har medført at den globale oppvarmingen går raskere enn noensinne sammenliknet med de siste 2000 årene. Ifølge FNs klimapanel har den globale gjennomsnittstemperaturen allerede steget med 1,1 grad siden førindustriell tid. Klimaendringene fører allerede til endringer i klimasystemene og mer ekstremvær over hele kloden. Disse endringene kommer blant annet til uttrykk gjennom kraftigere og hyppigere nedbør, økt tørke og ismelting, surere hav og stigning i havnivået.

Klima- og miljøutfordringene er forhold som myndigheter, virksomheter og mennesker i alle land må forholde seg til, og en svært viktig driver for

politikktutforming og beslutninger nasjonalt og internasjonalt.

Med krigen i Ukraina er også sikkerhetssituasjonen i Europa satt høyt på dagsorden, og ikke minst spørsmålene om energisikkerhet og selvforsyning av energi. Selv om EU lenge har hatt mål om å redusere avhengigheten av gassimport, og bli selvforsynt på fornybar energi, har spørsmålene fått ny aktualitet og er satt på spissen med dagens situasjon.

Gjennom høsten 2021 utviklet kraftprisene i Sør-Norge og resten av Europa seg til nivåer langt høyere enn tidligere. Dette nivået har holdt seg gjennom vinteren, våren og sommeren 2022. Årsakene til de høye prisene er sammensatte, men det er mulig å peke på en flere faktorer som alle trekker i retning av økte priser. Økte gasspriser, hydrologiske forhold, begrensninger i transmisjonsnettet, økt handelskapasitet til Tyskland og Storbritannia og økt etterspørsel etter strøm i etterkant av pandemien, er alle faktorer som har bidratt.

Den viktigste årsaken til økte kraftpriser er knyttet til gassmarkedet. Gassprisene har økt betydelig siden 2020 som følge av lave gasslagre og lavere tilgang på import av LNG til Europa. Økningen i gasspriser skjønner ytterligere fart som følge av Russlands invasjon av Ukraina og europeiske sanksjoner mot Russland.

Den hydrologiske situasjon lengst nord i Norge har vært bedre enn i sør. Sammen med flaskehalsene i transmisjonsnettet i Norge og Sverige bidrar dette til at de høye europeiske prisene hovedsakelig har påvirket de sørligste prisområdene. Dette har igjen medført store prisforskjeller internt i Norge.

Vi forventer at både klimapolitikken og energisituasjonen i Europa i stor grad vil kunne påvirke den norske økonomien og industriens rammebetingelser i årene framover.

Konjunktursvingninger er også et forhold som påvirker all økonomisk aktivitet, og som historisk har hatt stor betydning for kraftforbruket i industrien. I dag er det høy inflasjon og økende renter både i Europa og i USA, og det er forventninger om en nedgangs-konjunktur.² Det er imidlertid stor usikkerhet om dybden og varigheten på en slik nedgangskonjunktur, og hvordan denne vil påvirke etablering og produksjon i norsk industri.

² I Pengepolitisk rapport for september 2022 meldte Norges Bank at aktiviteten i norsk økonomi er høy, men at det er teg til nedkjøling, og at det er forventet lavere

aktivitetsnivå fremover. Norges bank forventer negativ vekst i fastlandsøkonomien i 2023.

2.1.2 Norsk og europeisk politikk

Som svar på klimautfordringene har både EU og Norge lagt opp til en ambisiøs klimapolitikk. Utviklingen av klima-, miljø- og energipolitikk i Norge og EU har stor betydning for industriens rammevilkår fremover. Endringer i rammevilkår kan skape utfordringer for enkelte deler av industrien, og økt potensial for andre deler av industrien. Samtidig skaper det muligheter for utvikling av helt ny industri og næringsvirksomhet.

Parisavtalen er den gjeldende internasjonale klimaavtalen hvor Norge og de fleste andre land i verden jobber for utslippsreduksjon og begrenning av global oppvarming til godt under 2 grader, aller helst 1,5 grad. Parisavtalen bygger på nasjonale bidrag, hvor hvert land setter egne mål og nasjonale reguleringer for å nå disse.

På klimatoppmøtet i Glasgow i november 2021 ble landene enige om å videreføre målsettingene i Parisavtalen. Etter dette møtet, er det fortsatt felles enighet om å jobbe for å begrense global oppvarming til 1,5 grad. Utover dette ble det også enighet om innholdet i et nytt kvotesystem, der et gitt antall kvoter kan kjøpes og selges. Over tid skal antall kvoter reduseres, slik at den totale mengden klimagassutslipp reduseres. I tillegg ble partene enige om å trappe ned kullkraft, samt å kutte subsidier til fossilindustrien.

Norges mål i Parisavtalen er utslippsreduksjon av klimagasser på 55 prosent innen 2030, sammenliknet med 1990, og klimanøytralitet i 2050. I EU er mange av bidragene til Parisavtalen koordinert, noe som også har stor påvirkning på norske politiske mål. Norge er for eksempel en del av EUs kvotemarked for kjøp og salg av utslippskvoter. Dette innebærer at det er et felles tak for hvor mye utslipp som er godtatt i hele EU, inkludert Norge. En kvote gir tillatelse til å slippe ut ett tonn CO₂. Prisen på en kvote i EU ETS er forventet å øke opp mot 100 euro per tonn i 2030. Gjennom 2021 og 2022 har kvoteprisen økt kraftig og nådde det høyeste nivået så langt i februar 2022 på rett i underkant av 97 euro.

Noen sektorer er utelatt fra kvotesystemet, som landbruk, transport og avfall. For de ikke-kvotepflichtige sektorene har Norge egne mål for utslippsreduksjon, representert i regjeringens klimaplan for 2021-2030. Planen presenterer politikk for å redusere utslipp fra ikke-kvotepflichtig sektor med mer enn 45 prosent innen 2030 (Klima- og miljødepartementet, 2021). Den norske CO₂-avgiften skal ifølge planen økes til 2 000 kr per tonn i 2030, en økning på nesten 1 400 kr per tonn fra dagens nivå.

Industrien i Norge kan få kompensasjon for økningen i elektrisitetspriser som følge av EUs klimakvotemarked (CO₂-kompensasjon). Formålet med ordningen er å

motvirke karbonlekkasje ved at industrien flytter sin produksjon utenfor EU. Miljødirektoratet la i oktober 2021 fram forslag til ny forskrift om CO₂-kompensasjon for industrien for perioden 2021-2030, en videreføring av ordningen fra 2013-2020 (Miljødirektoratet, 2021). I august 2022 er har Klima- og miljødepartementet oversendt et nytt forslag til den norske ordningen til EFTAs overvåkningsorgan ESA. Ordningen utvides til å også omfatte industriens egenkraft (elektrisitet fra bedriftens egne kraftverk) og virksomheter med årlig strømforbruk under 10 GWh (tidligere terskelverdi) (Klima- og miljødepartementet, 2022).

Norsk kraftintensiv industri får redusert kraftkostnad sammenlignet med andre kunder i form av redusert nettariff. Denne ordningen innebærer at bedrifter med stort forbruk (definert som effektuttak over 15 MW og årsforbruk over 100 GWh) får en tariffreduksjon på 50 prosent sammenlignet med øvrig forbruk (Statnett, 2020b).

«A European Green Deal» er EU-kommisjonens politiske program for å oppfylle forpliktelsene i Parisavtalen, samtidig som omstillingen skal bidra til økonomisk vekst og være sosialt rettferdig (Europakommisjonen, 2021). En del av strategien omhandler omlegging av verdens energisystemer, fra fossil til fornybar energi, og mot mer bærekraftig industri og næringsliv. I 2021 presenterte EU også en ny virkemiddelpakke; «Fit for 55». Målet med pakken er å bidra til den innstrammede målsettingen om minst 55 prosent utslippskutt innen 2030, sammenlignet med utslippsnivået i 1990. Virkemiddelpakken inkluderte blant annet innstramming av kvotesystemet, satsing på alternative drivstoff og el-biler, og energi-effektivisering.

Som følge av kraftsituasjonen i 2022 og Russlands invasjon av Ukraina, har EU sett et økende behov for selvforsyning for å redusere avhengigheten av Russland. I 2021 kom 45 prosent av gassen EU brukte fra Russland, men i mars lanserte EU-kommisjonen en plan, REPowerEU, som skal redusere dette med to tredeler. Planen inkluderer en kombinasjon av økt import av gass fra andre land enn Russland, lavere forbruk og økt egenproduksjon. Blant annet skal vind- og solkraftprosjekter fremskyndes og økt energi-effektivisering både i industrien og husholdninger (Europakommisjonen, 2022b).

I mai presenterte EU et midlertidig regelverk for støtte til bedrifter som følge av høye kraftpriser. Dette innebærer blant annet at EU åpner for at medlemslandene kan gi støtte til energiintensiv industri. Industrien kan motta støtte dersom økningen i energikostnadene har overgått de økte inntektene fra egne varer (Europakommisjonen, 2022a). Ulike ordninger for kompensasjon av energiintensiv industri

har blitt innført i flere EU-land, blant annet Tsjekia og Spania.

Tilsvarende ordninger for å kompensere industrien for høye strømpriser er foreløpig ikke innført i Norge. Bedrifter med høyt inntektsfall kan fortsatt få støtte gjennom kompensasjonsordningen til bedrifter knyttet til koronapandemien. Denne støtten dekker deler av bedriftens faste kostnader, herunder strøm. I Regjeringens grønne energiløft trekkes det fram at «Norsk industri skal ha tilgang på ren og rimelig fornybar energi» (Nærings- og fiskeridepartementet, 2022a). NHO etterlyser strømsstøtte for bedrifter (NHO, 2022). Regjeringen ser på mulighetene for å utarbeide en ordning for bedrifter. Det er uklart hvordan denne vil se ut og hvem som eventuelt vil omfattes av ordningen.

I dag er det kapasitetsbegrensninger i nettet i mange deler av Norge, og behov for investeringer for å legge til rette for elektrifisering og etablering av ny industri. Samtidig er det lange ledetider for utbygging av nett. I juni 2022 la Strømnettutvalget frem sin utredning om utvikling av strømmettet i Norge. Utvalgets rapport vurderer tiltak for å redusere tidsbruk, prinsipper for å ivareta en samfunnsøkonomisk utvikling av nettet og forbedringer i systemet med tilknytningsplikt. Utvalget foreslår flere tiltak for å forbedre dagens rammeverk, spesielt tiltak rettet mot å redusere ledetid, og øke bruk av prissignaler. Utredningen er sendt ut på offentlig høring (Strømnettutvalget, 2022).

2.2 Strategier og satsningsområder

I løpet av de siste årene har det kommet en rekke strategier fra politisk hold som tar sikte på å fremme nye næringer som ventes å være viktig i lavutslippssamfunnet. Blant disse finner vi blant annet strategier for batteriproduksjon, hydrogen, datasentre, havbruk og maritim næring. Det er også lagt frem en storstilt satsing på havvind.

I Hurdalsplattformen presenterte regjeringen ambisjoner og målsettinger innenfor flere nye næringer og omstilling av eksisterende næring. Aktiviteten på norsk sokkel skal få innslag av næringer knyttet til karbonfangst og -lagring, hydrogen, havvind, havbruk og mineraler. Grønne investeringer, som karbonfangst og -lagring, batteriteknologi, hydrogen og havvind skal også stimuleres ytterligere. Dette skal blant annet gjøres gjennom en grønn skattereform for næringslivet. Regjeringen ønsker også en ambisiøs nasjonal strategi for havvind som inkluderer satsing på den norske leverandørindustrien. (Arbeiderpartiet og Senterpartiet, 2021).

Målene fra Hurdalsplattformen er videreført i regjeringens veikart for grønt industriløft som ble lansert i juni 2022 (Nærings- og fiskeridepartementet,

2022a). Industriløftet skal både bidra til å omstille og videreutvikle dagens industri, og satse på nye industrier. I strategien trekkes det fram sju særlige innsatsområder framover: havvind, batteri, hydrogen, CO₂-håndtering, prosessindustrien, maritim industri og skog- og trencæringen og øvrig bioøkonomi.

2.2.1 Batteriproduksjon

Batterier er trukket fram som en av sju satsningsområder i regjeringens veikart for grønt industriløft. I den forbindelse har regjeringen også nylig lagt fram en batteristrategi, med en plan om å bli en ledende batterinasjon og bygge opp hele verdikjeden for batteri (Nærings- og fiskeridepartementet, 2022b). Strategien spenner fra bærekraftig mineralutvinning til resirkulering av batterier. Gjennom strategien ønsker regjeringen å bygge opp Norge som en attraktiv batterinasjon for norske og internasjonale aktører.

I strategien trekkes det frem ti grep for hvordan Norge skal videreutvikle en sammenhengende og lønnsom batteriverdikjede. Blant disse finner vi tiltak for en bærekraftig verdikjede, finansiering, og tilrettelegging i form av kraft, tomter og annen infrastruktur.

Et av grepene i regjeringens batteristrategi er å «legge til rette for mer fornybar krafttilgang». Det pekes på at norsk industri skal ha tilgang på ren og rimelig fornybar energi og at den fornybare kraftproduksjonen derfor må økes. Regjeringen ønsker at krafttilgangen i Norge skal fortsette å være et konkurransefortrinn for norsk industri internasjonalt.

2.2.2 Hydrogen

Ifølge Klimakur 2030 er teknologimodenhet og høye kostnader en sentral barriere for bruk av hydrogen i transportsektoren og som innsatsfaktor i industri (Miljødirektoratet, 2020). Solbergregjeringens hydrogenstrategi satte derfor som mål å øke antall pilot- og demonstrasjonsprosjekter innen hydrogen i Norge (Olje- og energidepartementet & Klima- og miljødepartementet, 2020). Den norske satsingen på hydrogen dekker «rent hydrogen», det vil si hydrogen som er produsert med fornybar kraft eller naturgass i kombinasjon med karbonfangst og -lagring. Hydrogenstrategien ble lansert i etterkant av EUs langtidsbudsjett (MFF), der hydrogen løftes fram blant en rekke satsningsområder.

Støreregjeringen har videreført satsingen på hydrogen. I tilleggsmeldingen til energimeldingen – Energi til arbeid – ble hydrogen trukket fram som en viktig kilde til å lagre energi der elektrisitet ikke kan brukes direkte. Regjeringen trekker fram at de vil bygge opp en sammenhengende verdikjede for hydrogen – både blått og grønt. Produksjon, distribusjon og bruk vil utvikles parallelt. Regjeringen ønsker å bygge opp hydrogen til det norske

markedet, samtidig som de bidrar til å utvikle et europeisk marked for hydrogen (Olje- og energidepartementet, 2022). Oppbygging av en verdikjede for hydrogen, til nasjonalt bruk og oppbygging av et europeisk marked trekkes også fram i regjeringens veikart for grønt industriløft, der hydrogen er et av de særlige innsatsområdene (Nærings- og fiskeridepartementet, 2022a). I statsbudsjettet for 2022 ble bevilgningene til hydrogen økt, og i juni 2022 fikk en rekke hydrogen- og ammoniakkbaserte prosjekter til sammen 1,12 milliarder kroner i støtte fra Enova. Støtten fordelte seg med 669 mill. kroner på fem produksjonsanlegg for fornybart hydrogen og 451 mill. kroner på syv hydrogen- og ammoniakkdrevne fartøy (E24, 2022).

2.2.3 Landbasert oppdrett

Som en del av havbruksstrategien (Nærings- og fiskeridepartementet, 2021) fremmes utviklingen av landbaserte oppdrettsanlegg i Norge. Dette er en allerede fremvoksende næring, som kan redusere noen av utfordringene oppdrettsnæringen har stått overfor de siste årene. I strategien fremmes også Norges mulighet til å posisjonere seg som en global teknologileverandør til landbaserte anlegg. Det skal legges til rette for anlegg på land, uten at det skjer på bekostning av tillatelser i sjø.

2.2.4 CO₂-fangst og -lagring

Regjeringen har de siste årene ønsket å satse på CO₂-fangst og -lagring, og gjør dette spesielt gjennom Langskip-prosjektet (Olje- og energidepartementet, 2020b). Dette er et fullskala-anlegg for både fangst, transport og lagring av CO₂ i Nordsjøen. Fangstanleggene som er inkludert i prosjektet er knyttet til Norcems sementfabrikk i Brevik og Hafslund Oslo Celsios avfallsforbrenningsanlegg på Klemetsrud. Transport og lagring skal gjøres av Northern Lights fra mottaksterminal i Øygarden i Vestland. Gjennom Langskip skal regjeringen bidra til teknologitvilling og kompetanseheving innenfor CO₂-håndtering i Norge, som skal legge til rette for kostnadseffektive anlegg fremover.

2.2.5 Datasentre

I regjeringens strategi for norske datasentre (Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2021) fremmes målet om Norge som et attraktivt land for investering i datasentre for ytterligere verdiskaping. Flere fortrinn for norske datasentre løftes fram, som lave strømpriser (sett i internasjonal kontekst), god digital infrastruktur, kjølig klima, politisk og økonomisk stabilitet og driftstrygghet. I tillegg vil det være internasjonalt attraktivt med datasentre i Norge som vil være basert på fornybar energi. For å styrke Norges posisjon som datasenternasjon vil regjeringen blant annet jobbe med markedsføring, arbeide med ressursutnyttning av overskuddsvarme og øke konkurransekraften gjennom stabile rammevilkår.

2.2.6 Elektrifisering av petroleumsvirksomhet

I Hurdalsplattformen vil regjeringen legge til rette for videre høy aktivitet på norsk sokkel, men utslippene fra olje- og gass-produksjonen skal kuttes med 50 prosent innen 2030 og til netto null i 2050. Dette skal blant annet skje gjennom elektrifisering av olje- og gassfelt. Elektrifisering av olje- og gassfelt skal i hovedsak gjøres ved bruk av havvind. (Arbeiderpartiet og Senterpartiet, 2021)

2.2.7 Prosessindustrien

Prosessindustrien er også et av fokusområdene som trekkes fram i Regjeringens veikart for grønt industriløft med mål om at «Norge skal ha verdens reneste og mest moderate og energieffektive prosessindustri, basert på høyteknologiske løsninger og stor verdiskaping» (Nærings- og fiskeridepartementet, 2022a). Dette innebærer å endre og/eller redusere energibruken i industrien og legge til rette for utvikling og bruk av lav- og nullutslippsløsninger.

Det er også et mål i veikartet for grønt industriløft om å videreutvikle virkemidlene for teknologitvilling og utslippskutt i industrien (Nærings- og fiskeridepartementet, 2022a). Behovet for helhetlig virkemiddelpakke for klimagassreduksjon og industrivekst ble også trukket fram i rapporten fra Prosess21 (Prosess21, 2021a).

2.2.8 Andre næringer

I tillegg til direkte satsing på de aktuelle nye og eksisterende industriene vil utvikling i andre næringer også påvirke utviklingen og forutsetningene for industrien. Et eksempel på dette er utbygging av havvind i Norge som vil gi økt kraftproduksjon og legge til rette for hydrogen- og batteriproduksjon. Utviklingen i maritim sektor vil også påvirke utviklingen av et marked for hydrogen da maritim transport kan være en stor forbruker av hydrogen.

Havvind

I energimeldingen (Olje- og energidepartementet, 2021) legges det opp til lønnsom utbygging av havvind i Norge, med støtte gjennom Enova. Utvikling av havvind vil bidra til økt kraftproduksjon, samtidig som det vil være store behov knyttet til produksjon og leverandørindustrien på land. I tilleggsmeldingen til energimeldingen viderefører Støreregjeringen denne målsetningen, og vil arbeide med å effektivisere konsesjonsprosessene slik at de første havvind-prosjektene vil være i drift før 2030 (Olje- og energidepartementet, 2022).

I 2020 ble det åpnet for å søke konsesjon for utbygging av havvind på to områder i Norge, Utsira Nord og Sørlege Nordsjø II, og i 2021 ble rammene for tildelingen satt. Regjeringen legger til rette for å realisere de første 1 500 MW fra Sørlege Nordsjø II

med tilknytning til Norge, mens det skal vurderes om hybridkabler til Europa skal brukes for hver av de senere utlysningene (Olje- og energidepartementet, 2022). Det skal videre letes etter nye områder og regjeringen tar sikte på å gjennomføre neste runde med tildeling av konsesjoner for nye områder i 2025.

I mai 2022 lanserte regjeringen en storstilt satsing på havvind med ambisjoner om at havvindproduksjon i Norge skal bli på størrelse med dagens totale kraftproduksjon. Innen 2040 er det ambisjoner om at det er tildelt områder for 30 000 MW produksjon og om lag 1 500 havvindmøller.

Maritim sektor

Maritim sektor er under endring og næringen er interessant i denne sammenheng fordi endringene kan ha betydning for hvilke energibærere som velges, enten direkte elektrisitet med batterier, hydrogen eller ammoniakk. I januar 2020 ble strategien Maritim21 lansert, en strategi for forskning, utvikling og innovasjon for maritim næring (Forskningsrådet, 2022). Dette er en næring som er sterkt etablert i Norge i dag, og hensikten med strategien er å opprettholde denne posisjonen når næringen er under endring.

I strategien trekkes det blant annet fram at det må satses på lav- og nullutslippsteknologier og -løsninger. Grønt og blått hydrogen, ammoniakk og elektrisitet ses på som de mest aktuelle energikildene. Hybrid-løsninger mellom disse, og eventuelle andre er også viktig. For å være tidlig ute med denne omleggingen må norske myndigheter være en innovasjonspartner heter det i strategien. Dette gjelder både gjennom krav om nye løsninger i offentlige innkjøp og utbygging av infrastruktur for disse løsningene.

Regjeringen skriver i Hurdalsplattformen at det skal lages en grønn omstillingspakke for klimavennlig omstilling av skip (Arbeiderpartiet og Senterpartiet, 2021). Dette inngår i arbeidet med å redusere utslipp fra offshoreflåten og fartøy som benyttes innenfor havbruk. I tillegg skal fylkeskommunene kompenseres for merkostnader ved å velge lav- og nullutslippsløsninger for ferger og hurtigbåter.

I Regjeringens veikart for grønt industriløft trekkes også maritim industri fram som et satsningsområde, og Norge skal utvikle, bygge og ta i bruk nullutslippsløsninger og autonome fartøy (Nærings- og fiskeridepartementet, 2022a). I veikartet trekkes det fram at det skal lages en plan for å tilgjengeliggjøre land- og ladestrøm, hydrogen, ammoniakk og andre grønne drivstoff og at det skal satses på eksport av maritime lav- og nullutslippsløsninger.

Skog- og trenæringen

Skognæringen er leverandør av biomasse som kan inngå i fornybare verdikjeder, som drivstoff eller til erstatning for andre oljebaserte produkter.

Skognæringen har også utslipp knyttet til avvirking og industriprosesser. «(Norge skal ha verdens mest bærekraftige skogbruk) heter det i veikart for grønt industriløft (Nærings- og fiskeridepartementet, 2022a). For å oppnå dette er det behov for karbonlagring og bærekraftige energi- og produksjonssystemer. Gjennom Bionova skal klimatiltak i jordbruket støttes, og Bionova skal bidra til at skognæringen øker videreføringen av biomasse i Norge. Målet er at Bionova skal være operativt fra 2023. Det skal også utvikles en transportstrategi i arbeidet med ny Nasjonal transportplan for å redusere klimagassutslipp fra treforedlingsindustrien.

2.3 Støtteordninger for nye industrier

Både på nasjonalt og europeisk nivå er det etablert en rekke støtteordninger for grønn omstilling, og enkelte av disse kan være aktuelle for både nye og eksisterende industrier i Norge.

I Norge er Norges Forskningsråd, Innovasjon Norge og Enova de mest sentrale virkemiddelaktørene for utvikling av energi- og klimateknologi. I 2020 ble det til sammen delt ut mer enn 27 milliarder kroner gjennom disse virkemiddelaktørene, hvorav en stor andel var rettet mot nye grønne næringer. Til sammen dekker de tre virkemiddelaktørene teknologiutvikling fra tidlig, umoden teknologi i forskningsstadiet, via modning og innovasjon, til pilotering og markedsintroduksjon innen en rekke nye teknologier og næringer. Forskningsrådet bevilget blant annet 1,2 milliarder kroner i 2020 til miljøvennlig energi og lavutslippsløsninger og 300 millioner kroner til havteknologi og maritim innovasjon (Forskningsrådet, 2021). Innovasjon Norge delte samme år ut 1,1 milliard innen energi og miljø og én milliard til maritim sektor (Innovasjon Norge, 2021).

I tillegg ble «Grønn plattform» lansert i mai 2020, som en del av regjeringens økonomiske tiltakspakke som følge av koronapandemien. Gjennom denne plattformen vil det deles ut én milliard kroner fordelt over tre år til omstilling i næringslivet. Grønn plattform er en samarbeidsplattform mellom Forskningsrådet, Innovasjon Norge, Enova og Siva, som gir bedrifter og forskningsinstitutter støtte til forsknings- og innovasjonsdrevet grønn vekst. Av prosjektene som har fått støtte finnes prosjekter relatert til batteriproduksjon, ammoniakk og hydrogen, landbasert oppdrett og havvind.

Pilot-E er en annen samarbeidsplattform mellom Forskningsrådet, Innovasjon Norge og Enova. Gjennom én søknad kan prosjekter som utvikler nye produkter og tjenester innen miljøvennlig energiteknologi få finansieringsstøtte til hele utviklingsløpet. Målet er å bidra til utslippskutt både i Norge og internasjonalt. I

2020 ble det tildelt til sammen 70 millioner kroner fordelt på tre prosjekter. Tidligere prosjekter som har fått støtte gjennom Pilot-E omfatter blant annet prosjekter relatert til hydrogen og ammoniakk (Enova, 2022).

Norsk katapult er en samarbeidsplattform mellom Siva, Innovasjon Norge og Forskningsrådet som tilbyr testfasiliteter, utstyr, kompetanse og nettverk for raskere utvikling av ideer. Blant katapultsentrene er senter for «Sustainable energy» som hjelper virksomheter med å utvikle bærekraftige produkter og systemer for produksjon, lagring, distribusjon og styring av energi.

I 2017 ble Nysnø klimainvesteringer stiftet. Dette er et statlig investeringsselskap som investerer i selskaper som satser på climateknologi. Investeringsselskapet investerer hovedsakelig i selskaper som jobber med ny teknologi i overgangen fra teknologiutvikling til kommersialisering.

I samarbeid med Forskningsrådet har Gassnova et eget finansieringsprogram, CLIMIT-programmet, rettet mot utvikling av teknologier for CO₂-fangst og -lagring (CCS-teknologier). Programmet omfatter støtte

til forsknings- og utviklingsaktiviteter (CLIMIT-FoU) og til demonstrasjon (CLIMIT-demonstrasjon).

Videre er også Norwegian Innovation Cluster (NIC) en mulig relevant virkemiddelaktør for virksomheter innen grønn omstilling. NIC er et statlig finansiert klyngeprogram som gjennom samarbeidsbaserte utviklingsaktiviteter skal bidra til bærekraftig innovasjon og verdiskaping. Blant klyngene i dette programmet er «Arena Ocean Hyway» som er rettet mot virksomheter innen klimavennlig hydrogenteknologi.

På internasjonalt nivå er EUs forsknings- og innovasjonsprogram «Horisont Europa» sentralt. Programmet har «tilpasning til klimaendringer inkludert samfunnsendring» som et av sine samfunnsoppdrag («missions»). Av programmets totalbudsjett på 95,5 milliarder euro, er 35 prosent satt av til klimaformål (Forskningsrådet, 2020). Videre er også EUs innovasjonsfond aktuell. Fondet gir støtte til markedsintroduksjon og oppskalering av teknologi innen fornybar energi, energilagring, CO₂-håndtering og industriproduksjon. Frem mot 2030 skal fondet tildele over 25 milliarder euro til ulike prosjekter (Enova, u.d.)

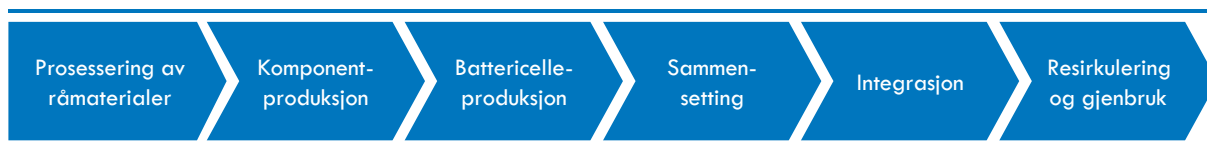
3. Nye fremvoksende industrier og deres egenskaper

Som følge av omstilling av økonomien, bort fra ikke-fornybare energikilder, foreligger det planer om etablering av en rekke nye kraftkrevende industri-virksomheter i Norge. Noen aktører er allerede i gang med planlegging og utprøving av produksjon. I denne analysen tar vi for oss fem nye fremvoksende industrier med potensial for fullskala produksjon i Norge:

- Battericelleproduksjon
- Hydrogen- og ammoniakkproduksjon
- Datasentre
- Karbonfangst- og lagring (CCS)
- Landbasert oppdrett

Disse industriene er trukket ut som nye, kraftkrevende industrier som allerede vokser fram eller planlegges for større etablering i Norge. I tillegg er industrier vurdert noe bredere enn definisjonen tilsier, ved at datasentre og landbasert oppdrett er inkludert. Datasentre er en næring som allerede har begynt å etableres flere steder i Norge, og det er store planer for videre utvikling. Drift av datasentre er også svært kraftintensivt, og kraft er den klart viktigste innsats-

Figur 3-1: Verdikjeden for batteri



Illustrasjon: Oslo Economics

Det første leddet i verdikjeden er utvinning av mineraler og gruvedrift, samt prosessering av råmaterialene. Dette gjelder både grafitt (gruver for naturlig grafitt eller oljeutvinning for syntetisk grafitt), kobolt, aluminium, kobber, jern, mangan, nikkel og litium. I tillegg kommer prosessering av materialene som omfatter forberedende prosessering av mineraler og kjemikalier for produksjon av pulver og væske for batterier, samt batterikomponenter som grafitt og metallfolie.

Andre ledd i verdikjeden er komponentproduksjon, som omfatter produksjon av komponenter som anoder, katoder og elektrolytt. Deretter brukes disse komponentene inn i produksjon av battericeller (tredje ledd i verdikjeden). Etter at cellene er produsert skal disse sammensettes (ledd fire i verdikjeden). I dette leddet monteres battericeller til moduler og pakker, inkludert elektronisk styringssystem og systemer som skal styre strøm, lading og temperatur.

Ledd fem i batteriverdikjeden er integrasjon. Dette omfatter integrering av batterier inn i kraftsystemet til anvendelse i for eksempel ferger, skip eller kraftnett. I dette leddet arbeider man med mest mulig effektiv

faktoren. Landbasert oppdrett er også inkludert i analysen som en voksende, kraftkrevende næring, men flere initiativer til nye og store anlegg der hele produksjonen foregår på land. Både datasentre og landbaserte oppdrettsanlegg vurderes også som relevant å samlokalisere med eksisterende eller ny industri for å redusere behovet for innsatsfaktorer. Samlokaliseringen gjør det relevant å analysere flere av disse næringene under ett.

3.1 Battericelleproduksjon

Batterier spiller en viktig rolle i den globale overgangen fra bruk av fossile til fornybare energikilder. I dag er det største markedet produksjon av batterier til bilindustrien, men batterier produseres også til maritim sektor og for bruk i kraftsystemet til energilagring av variabel fornybar kraft.

Den totale verdikjeden for batteriproduksjon består av en rekke ledd, som illustrert i Figur 3-1.

bruk av batteriet, sikker bruk og samhandling mellom batteriets styringssystemer og energisystemet hvor den anvendes. Det siste leddet i verdikjeden er resirkulering og gjenbruk. Batterier samles inn og demonteres for gjenbruk, alternativt forbehandles eller resirkuleres metaller og komponenter.

I dag er det hovedsakelig verdifulle komponenter som kobolt, nikkel og kobber som gjenvinnes. Fremover skal dette utvides til alle materialer. Gjennom for eksempel det nye EU-regulativet for batterier vil det bli krav om at nesten hele batteriet skal gjenvinnes. Dette gjøres via en gradvis økning av total andel som skal gjenvinnes. Da vil det ikke bare være de verdifulle metallene som gjenbrukes, men også grafitt og andre deler av batteriet. Dette gjør at det per nå er stort fokus på utvikling av nye og bedre teknologier for resirkulering av batterier. Samtidig er det et stort økende marked for gjenbruksbatterier, spesielt innen stasjonær energilagring.

I Norge i dag er de største og mest kraftkrevende initiativene innenfor batteriverdikjeden knyttet til *battericelleproduksjon*, med aktører som Freyr i Mo i Rana, Morrow i Arendal og Beyonder i Rogaland.

Denne rapporten fokuserer derfor på denne delen av verdikjeden. Utover battericelleproduksjonen har også produksjonen av aktivt batterimateriale (anode og katode) i komponentproduksjonen et stort kraftbehov, mens kraftbehovet er mindre i resten av verdikjeden. (Prosess21, 2020b).

3.1.1 Teknologibeskrivelse

Produksjon av battericeller er en kompleks prosess sammensatt av en rekke produksjonsledd og bruk av ulike maskiner. Det er betydelige stordriftsfordeler og fabrikkene dimensjoneres for et stort antall produserte enheter. En gigafabrikk kan produsere mer enn 50 celler per sekund, og driften er døgkontinuerlig året rundt med ansatte som jobber skift (NHO, 2021).

Batterier som produseres for biler og annen oppladbare formål i dag er i hovedsak litium-ion-batterier.

Litium-ion-batterier

Litium-ion-celler genererer elektrisitet når litiumioner flyter fra anoden (negativ elektrode), gjennom en separator til katoden (positiv elektrode), mens elektronene ledes i en ytre krets der elektrisk strøm kan utnyttes. Et litiumsalt blandet i en organisk elektrolytt brukes som ion-transportør. Det er stadig utvikling for å effektivisere produksjonen på feltet, både med nye materialer eller nye prosesser.

Battericelleproduksjon

Fellestrekk ved produksjonen av litium-ion-batterier, er at alle trenger anode- og katodemateriell med en separator, satt sammen i repeterende formasjon av anode, separator, katode, separator osv. Anoden kommer fra karbon, og det vanligste er å bruke grafitt som anodemateriell, men her finnes det også utvikling av nye teknologier for karbon til anoden, slik Beyond er utvikler fra sagflis. Silisium er også et anodemateriale under utvikling som i dag blandes i små mengder sammen med grafitt. Katoden kan lages av ulike materialer blandet sammen med litium. De vanligste materialene er litium-koboltoksid (LCO), litium sammen med nikkel-mangan-kobolt (NMC), nikkel-kobolt-aluminiumoksid (NCA), litium-magnesiumoksid (LMO) eller litium-jern-fosfat (LFP). Anodematerialet fordeles utover en kobberfolie og katodematerialet på aluminiumsfolie. Til slutt må battericellene pakkes enten som sylinder, prisme eller pose. Videre i verdikjeden settes flere hundre slike battericeller sammen til en batteripakke som kan brukes i for eksempel elektronikk eller biler.

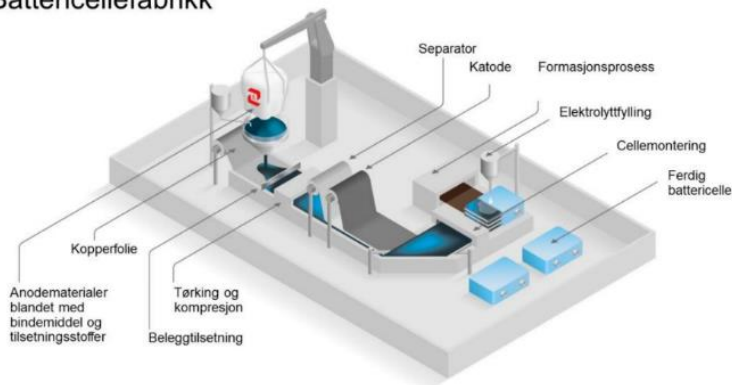
Et eksempel på prosessen for battericelleproduksjon er illustrert og forklart i boksen under.

Eksempel på prosessen for battericelleproduksjon

Proessen i figuren kan deles i 8 steg (PEM RWTH Aachen, 2018):

1. Anodemateriale (aktivt materiale som for eksempel grafitt) blandes med bindemiddel og tilsetningsstoffer i et roterende verktøy
2. Blandingen fordeles på en folie (kobber eller aluminium, her kobber for anode)
3. Den belagte folien transporteres til tørking (temperatur på 50-160 grader) og kompresjon
4. Deretter legges delene sammen i repeterende formasjon av anode, separator, katode, separator osv. Denne prosessen avhenger av formfaktor på batteriet (eks. sylindrisk, pose eller prismatisk)
5. Batteriene pakkes og monteres
6. Etter pakkeprosessen er elektrolytt fylt inn i vakuum ved hjelp av en doseringsnål med svært høy presisjon.
7. I ferdigstillingen av cellene er det en formasjonsprosess som er den første ladningen og ut-ladningen av battericellen

Battericellefabrikk



Battericelleproduksjon og produksjon av aktivt batterimateriale står for det store energibehovet i produksjonen av batterier. Et eksempel gjennomført

med et 24 kWh LMO-grafitt batteri fra en Nissan Leaf viser at en tredjedel av energiforbruket gikk til å produsere aktivt materiale, mens battericelleproduksjon står for nesten to tredjedeler. For

produksjon av batterimaterialer står produksjon av LMO til katoden og strømsamler av kobber for det største forbruket med 16 prosent hver, mens pakking av batterimaterialer står for 14 prosent. Innenfor battericelleproduksjonen står tørking av elektrodene for 43 prosent av energiforbruket og energi for å opprettholde rommet tørt for 43 prosent (Yuan, et al., 2017).

3.1.2 Innsatsfaktorer og viktige rammebetingelser

Batterifabrikker har et stort kraftbehov. Effektbehovet varierer svært mye, og avhenger blant annet av størrelse på fabrikken og teknologien som brukes. Ved etablering av fabrikker er det lagt opp til kontinuerlig produksjon gjennom døgnet og kraftforbruket gjennom året vil derfor være høyt. Eksempler på effekt- og kraftbehov for batterifabrikkene som allerede er under etablering i Norge er gitt i Tabell 3-1 Tabell 3-1.

Tabell 3-1: Eksempler på effektbehov for batterifabrikker

Aktør	Produksjon (GWh)	Effektbehov (MW)	Kraftbehov (GWh)
Freyr ³	35	75	700
Morrow	43 ⁴	320 ⁵	3 000
Beyonder		250 ⁶	

Den viktigste innsatsfaktoren i battericelleproduksjon er tilgang på stabil og fornybar strøm. Produksjonen er planlagt å gå gjennom hele døgnet, og det er derfor veldig viktig at leveringssikkerheten er god og at det ikke er risiko for avbrudd i produksjonen. Utkobling vil også være problematisk for produksjonsdelene som innebærer tørking, og økt fuktighet kan ødelegge produksjonen. Etterspørselen etter batterier kommer som følge av et ønske om å avkarbonisere samfunnet, og det er derfor også en forutsetning at strømmen som brukes er fornybar. I kjølvannet av de høye strømprisene i 2022, uttalte leder for Morrow Batteries i Arendal at prisen på

strøm ikke er avgjørende. (Teknisk ukeblad, 2022). Industriaktører kjøper langsiktige kjøpsavtaler for strøm (PPAer), og de store kortsiktige svingningene i prisen vil ikke være avgjørende.

Batterifabrikker har også behov for arbeidskraft, selv om store deler av produksjonsprosessen er automatisert. Relativt til andre innsatsfaktorer er arbeidskostnaden lav. For celleproduksjon kan dette i fremtiden utgjøre helt ned mot 5 prosent, mens dagens nivå for en NCA-celle (blant annet brukt av Tesla) er 14 prosent (NHO, 2021). Likevel er bemanning nødvendig for å kvalitetssikre mellom delprosesser. I tillegg trenger maskiner overvåking og vedlikehold av kompetente personer. Selv om arbeidskraft utgjør en relativt liten andel av kostnadene, gjør størrelsen på fabrikkene at antall ansatte er høyt sett i norsk kontekst. Videre er det behov for spesialisert kompetanse. Det er behov for arbeidskraft med spisskompetanse innen prosess- og elektrokjemi, program- og maskinvare, metallurgi og automatisering. Den mest spesialiserte arbeidskraften har tidligere kun vært hentet fra utlandet.

Videre er det, for etablering av battericelleproduksjon, nødvendig med tilgang til tilstrekkelige arealer og infrastruktur. Arealbehovet er stort, og kan være omtrent 700 – 1000 dekar for storskala-fabrikker. Det er også en forutsetning med tilgang til industriell infrastruktur, som veier, nærhet til kyst og havner, som muliggjør eksport til internasjonale markeder. Batteriproduksjon har behov for nedkjøling, og det er derfor en forutsetning at produksjonen er lokalisert i et område med tilgang til ytterligere strøm, kaldt vann, kaldt klima eller andre kilder til nedkjøling, som bruk av overskuddsvarme fra annen industri.

Det er også et stort behov for råvarer i produksjonen av anoder, katoder og elektrolytt. For battericeller er det spesielt litium, nikkel og kobolt til bruk i anode som er viktige råvarer, med tilsvarende viktig råvarepris. Prisutviklingen gjennom de siste 5 årene for disse tre råvarene er vist i Figur 3-2. I tillegg er andre råvarer nødvendig for produksjonen som for eksempel grafitt, aluminium, kobber, jern, mangan og magnesium.

³ Fullskala produksjon på 35 GWh battericeller årlig vil ha effektbehov på 75 MW og kraftbehovet er antatt til 600-700 GWh (Menon, 2021 a).

⁴ Gigafabrikken skal produsere 43 GWh battericeller årlig

⁵ I full produksjon vil gigafabrikken til Morrow trenge 320 MW effekt, rett i underkant av tre TWh årlig (Teknisk ukeblad, 2022).

⁶ Beyonder har besluttet å lokalisere fullskalafabrikk i Haugaland næringspark og vil ha effektbehov for 250 MW (Stavanger Aftenblad, 2022)

Figur 3-2: 5 års prisutvikling litium, kobolt og nikkel (25. august 2017 – 10. august 2022)

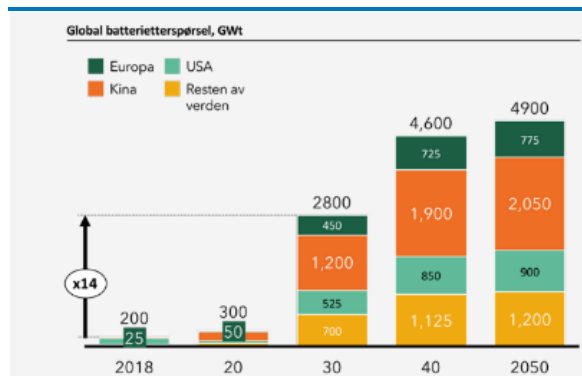


Kilde: Trading Economics. Note: Prisen på Litium er gitt i CNY per tonn (høyre akse), mens kobolt og nikkel er gitt i USD per tonn (venstre akse). Valutaen prisen angis i avhenger av hvor kontraktene selges.

3.1.3 Markedsutvikling og konkurranseforhold

Elektrifisering av stadig større deler av samfunnet innebærer et stort behov for batterier, og det er forventninger om stor og vedvarende vekst i etterspørselen etter batterier i årene fremover. Den globale etterspørselen etter batterier er estimert å bli 25 ganger så stor som dagens nivå innen 2050 (Figur 3-3) (NHO, 2020). Samtidig med økt etterspørsel er det forventninger om kostnadsreduksjon på omtrent 30 prosent for battericeller frem mot 2030. Battericelleproduksjon, og andre deler av batteriverdikjeden har dermed et stort markedspotensial.

Figur 3-3: Global etterspørsel etter batterier



Kilde: NHO, 2020

Som følge av den forventede økte etterspørselen etter batterier, er det stor internasjonal satsing på produksjon av batterier. Til nå har produksjonen hovedsakelig vært i Asia som har et fortrinn ved å ha utviklet batteriteknologi i mange år allerede. Særlig Kina er ledende i batteriteknologi og produksjon av elbiler. Dette er imidlertid basert på kullkraft i stor grad, som begrenser miljøgevinstene.

De siste årene har det vært en stor satsing på batterier i EU og et mål om å bygge opp en europeisk verdikjede. Det er et ønske om å bryte EUs avhengighet av ikke-EU-land, spesielt asiatiske produksjon. Denne satsningen bidrar til å bygge opp kompetanse i Europa, sikre tilbud av råmaterialer og legge til rette for sikker og ren resirkulering av batterier (European Economic and Social Committee, 2019). EUs satsning på en europeisk verdikjede vil være til fordel for norske aktører i konkurranse mot aktører fra Asia. Tidligere i 2022 ble Norge og EU enige om et forsterket industrielt samarbeid om både batterier og nødvendige råvarer for å styrke fokuset på en europeisk verdikjede (Nærings- og fiskeridepartementet, 2022c). Satsningen på en europeisk verdikjede skaper et lukket europeisk marked for batterier som er aktuelt for norske aktører.

Samtidig som EUs satsing kan være til fordel for norske aktører, vil EUs handelsavtale med Storbritannia redusere konkurranseevnen til norsk batteriproduksjon. Denne handelsavtalen innebærer at el-biler og batterier som ikke er produsert i EU eller Storbritannia vil ilegges en toll ved salg innad i regionen. Dette vil gi en tollavgift på ti prosent for elbiler med norske batterier som selges fra EU til Storbritannia. Avtalen vil øke prisen på batterier produsert i Norge sammenlignet med i EU og Storbritannia.

I Norge er det allerede flere pågående utbygginger av batterifabrikker. De største er Freyr i Mo i Rana, Beyonder i Stavanger og Morrow Batteries i Arendal. Freyr benytter allerede utviklet teknologi og har vedtatt bygging av en gigafabrikk i Mo i Rana. Beyonder har i dag en småskala produksjonslinje på Forus i Rogaland, og har planer om en storskala battericelleproduksjon på Haugalandet. Morrow Batteries har planer om produksjon av elbilbatterier i

Arendal, med plan om å kunne levere batterier fra 2026. Alle de store pågående satsingene på batteriutvikling er støttet av Innovasjon Norge.

3.2 Hydrogen- og ammoniakkproduksjon

Hydrogen- og ammoniakkproduksjon er ikke en ny industriprosess i Norge, men med omstilling av økonomien er det forventet at produksjon og bruk av hydrogen i Norge vil øke og endres (NVE, 2019a). Hydrogen som energibærer er særlig relevant i de tilfellene hvor direkte elektrifisering ikke er egnet, som for eksempel i industrien og i transportsektoren. Hydrogen kan benyttes direkte som drivstoff, eller videreforedles til ammoniakk eller andre drivstoff.

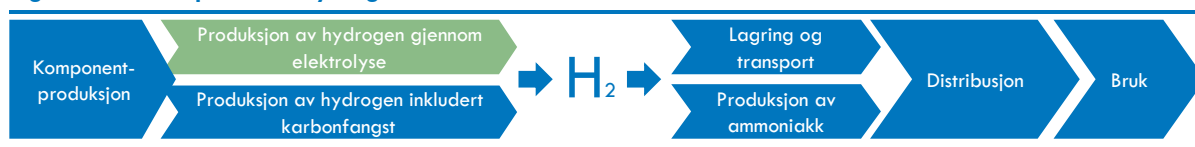
Figur 3-4 viser verdikjeden for hydrogen og ammoniakk. Det første leddet er produksjon av ulike komponenter som er nødvendig for hydrogen-

produksjon. Deretter er produksjonsprosessen ulik for ulike typer hydrogen, før det kan lagres og transporteres til bruk, eller videreforedles til ammoniakk.

96 prosent av alt hydrogenet som produseres i dag er grått hydrogen som kommer fra kull, olje eller naturgass (SINTEF, 2020a). Denne produksjonsmåten slipper ut store mengder CO₂, og nye lav- og nullutslippsproduksjon er derfor blitt introdusert.

Blått hydrogen produseres også fra naturgass, men utslippene fanges og lagres slik at hydrogenet har minimale utslipp. Grønt hydrogen produseres ved elektrolyse med vann og strøm som innsatsfaktorer. Denne rapporten tar for seg grønt og blått hydrogen, som er de produksjonsmåtene som defineres som «rent hydrogen». I tillegg finnes turkist hydrogen som også produseres fra naturgass, men naturgassen pyrolyseres slik at karbonet blir til faststoff. Dette karbonet kan brukes videre i industrielle prosesser.

Figur 3-4: Verdikjeden for hydrogen



Illustrasjon: Oslo Economics

3.2.1 Teknologibeskrivelse

Grønt hydrogen produseres via elektrolyse ved bruk av fornybar kraft. I elektrolyseprosessen spaltes vannmolekyler til hydrogen og oksygen. Denne kjemiske reaksjonen krever elektrisk strøm som kan komme fra vannkraft, vindkraft eller andre fornybare kilder. Det er for grønt hydrogen og i produksjonen med elektrolyse det er stort kraftbehov, men dette varierer avhengig av teknologien.

Det er tre typer elektrolysører som er mest brukt, alkaliske, PEM (proton exchange membrane) og fastoksielektrolyse. Alkaliske elektrolysør er mest brukt i dag, både fordi den er billigst å bygge, krever lite vedlikehold og er mest driftssikker. PEM har imidlertid fått økt aktualitet fordi den har høyest energieffektivitet og kort responstid. Det betyr at denne kan produsere etter behov og avhengig av tilgang på innsatsfaktorer, for eksempel når det er billig kraft. Kraftbehovet i hydrogenproduksjonen avhenger av hvilken type elektrolysør som brukes.

Blått hydrogen produseres ved bruk av naturgass, der CO₂ som slippes ut gjennom produksjonen blir fanget og lagret. Gassen (CH₄) reagerer med vanddamp, oksygen eller en blanding, ved høy temperatur gjennom dampreformerer i en reaktor med en katalysator som består av nikkel på 700-1000 grader. Varmen skapes ved forbrenning av deler av metanet. Til slutt sitter man igjen med hydrogen, CO₂

og vanddamp. For at hydrogenet skal klassifiseres som blått, må CO₂ fanges og lagres i et deponi (Norsk klimastiftelse, 2021). Prosessen for fangst og lagring av CO₂ er forklart i mer detalj i kapittel 3.4.

3.2.2 Innsatsfaktorer og viktige rammebetingelser

Den viktigste innsatsfaktoren i produksjon av grønt hydrogen er fornybar kraft, hvor produksjon krever god og stabil krafttilgang. Grønt hydrogen har en virkningsgrad opptil 70 prosent. Typisk behøves mellom 50 og 55 kWh elektrisitet for å produsere en kilo hydrogen med et energiinnhold på 33 kWh (NVE, 2019a). Dagens hydrogenforbruk i industrien er på 225 000 tonn. Om alt dette skulle vært grønt hydrogen ville det krevd en kraftproduksjon på over 11 TWh, tilsvarende nesten 10 prosent av norsk kraftproduksjon. Det er ikke realistisk at alt dette skal gjøres om til grønt hydrogen (DNV GL, 2019a).

For å produsere grønt hydrogen er fornybar kraft en viktig forutsetning. Det er også et stort energitap i produksjonen, og produksjon av grønt hydrogen forutsetter at det er et overskudd av strøm, og derfor et ønske om å lagre energien som hydrogen. Med PEM-teknologi er ikke leveringssikkerhet en like sterk forutsetning, fordi dette anlegget kan skrus av og på etter behov. Dette gjør også at det kan skrus ned og opp ved lave strømpriser eller stort kraftoverskudd. Kraftprisen kan være så mye som 60 prosent av kostnaden ved produksjon av grønt hydrogen, og

kraftprisen er derfor også betydningsfull for denne produksjonen.

Ifølge NVE produseres elektrolysører i små kvanta, og det er forventinger om reduserte priser dersom etterspørsel etter hydrogen øker og man oppnår stordriftsfordeler i produksjon av elektrolysører (NVE, 2019a).

Ettersom kraft er den viktigste innsatsfaktoren, er strømprisen (og energieffektiviteten til elektrolyseanlegget) førende for kostnadene av hydrogenproduksjon ved vannelektrolyse. Kapitalkostnader og operasjonelle kostnader utgjør et relativt lite påslag (DNV GL, 2019a).

Øvrig råvare til hydrogenproduksjon er ferskvann, hvor produksjonen krever svært rent vann. Små urenheter i vannet forstyrrer elektrolyseprosessen, og kan i verste fall ødelegge denne. For å sikre optimal vannkvalitet er gode renseanlegg en forutsetning. Det er også flere forskningsprosjekter som arbeider med grønn hydrogenproduksjon tilknyttet havvind. For å produsere hydrogen offshore ved bruk av sjøvann vil det være behov for avsaltingsanlegg i tillegg til renseanlegget.

Det er en forutsetning med tilgang på naturgass og tilgang til CCS-anlegg i produksjonen av blått hydrogen. Kostnadene ved produksjon av blått hydrogen vil derfor avhenge av CCS-teknologi og utviklingen i dette. Fordi det er få eksisterende fullskala produksjonsanlegg for hydrogen med CCS er det stor usikkerhet rundt kostnadene. I produksjon av blått hydrogen brukes store mengder metan i prosessen, og omtrent 40 prosent av metanet brukes til oppvarming av prosessen.

Estimert effektbehov og produksjonsnivå for noen aktører som skal drive hydrogen- og ammoniakkproduksjon er vist i Tabell 3-2. Estimaten viser et veldig ulikt kraftbehov for grønt og blått hydrogen, der 100 MW kan gi produksjon på omtrent 600 tonn blått eller 40 tonn grønt hydrogen. De fleste aktører har ikke oppgitt årlig kraftforbruk for produksjonen og dette vil variere av oppetider i løpet av året. Menon har estimert kraftbehovet for Glomfjord hydrogen til omtrent 200 GWh, med kapasitet på 10 tonn grønt hydrogen daglig og kontinuerlig oppetid (Menon, 2021b).

Tabell 3-2: Eksempler på effekt- og kraftbehov for hydrogenproduksjon

Aktør	Type	Effektbehov (MW)
Glomfjord hydrogen	10 tonn grønt hydrogen	25 ⁷
Barents blue	600 tonn blått hydrogen	105 (35) ^{*8}

Note:*Produksjonen kreve ca. 105 MW, hvorav 70 MW skal være egenprodusert gjennom overskuddsvarme

Hydrogen kan brukes til produksjon av ammoniakk. Omdannelse av hydrogen til væskeform (som for eksempel ammoniakk) krever mye energi, minst 20 prosent av energien til hydrogenet som blir konvertert (DNV GL, 2019a).

I tillegg til at produksjon av hydrogen er energi-krevende, medfører det store mengder energitap i form av overskuddsvarme. Det kan være nyttig å utnytte dette i andre næringer. For at det skal være mulig, må hydrogenproduksjonen foregå i områder hvor det er lokalisert, eller der det er forutsetninger for etablering av annen næringsvirksomhet.

Hydrogenproduksjon er en lite arbeidsintensiv industri, men har behov for sysselsatte med kompetanse innen energi, elektro og prosesseteknologi. Teknologien og kompetansen som kreves er forskjellig i produksjonsprosessen for grønt og blått hydrogen. I produksjon av blått hydrogen er det nødvendig med kompetanse på håndtering av gass, standardisering og automatisering av prosesser, i tillegg til kunnskap og erfaring med karbonfangst. I produksjon av grønt hydrogen er det behov for kunnskap om vannelektrolyse, i tillegg til ingeniørkunnskaper og fagarbeidere som elektrikere og mekanikere.

Barents Blue estimerer behov for 75 arbeidsplasser. Totale estimater for storskala hydrogenproduksjon i Norge, inkludert ringvirkningseffekter av nye industrietableringer, gir vesentlig høyere estimater. Nel mener de kan skape 10 000-15 000 arbeidsplasser basert på grønn hydrogenteknologi og Sintef har anslått at blått hydrogen kan skape 25 000-35 000 arbeidsplasser i Norge (Kapital, 2021). Dette inkluderer direkte arbeidsplasser på produksjonsområdet, arbeidsplasser knyttet til transport av hydrogen og integrering i transportsektoren eller industri. I tillegg inkluderer disse estimatene indirekte arbeidsplasser for underleverandører til hydrogenproduksjon.

⁷ Produksjon på inntil 10 tonn per dag ved å utnytte ca. 25 MW. Planlagt kontinuerlig drift som gir årlig energibehov på ca. 200 GWh (Menon, 2021b)

⁸ Produksjon av 600 tonn hydrogen daglig eller 3000 tonn ammoniakk vil kreve ca. 105 MW, hvorav 70 MW skal være egenprodusert gjennom overskuddsvarme fra produksjonen. (Horisont energi, 2021)

Det er skalafordeler ved produksjon av blått hydrogen, mens dette i mindre grad er tilfelle ved produksjon av grønt hydrogen. Mulighet for storskala produksjon er dermed viktig ved produksjon av blått hydrogen, men mindre viktig ved produksjon av grønt hydrogen. Både blå og grønn hydrogenproduksjon har betydelige etableringskostnader knyttet til selve produksjonsanleggene, hhv. Infrastruktur for naturgass og karbonfangst, og elektrolysør.

Hydrogen kan være utfordrende og dyrt å frakte. Utfordringen ligger på å holde riktig temperatur og trykk. I gassform fraktes hydrogen i høytrykktanker, mens flytende hydrogen fraktes i kruogene tanker der temperaturen må holdes lavere enn -253°C . Produksjon forutsetter derfor gode muligheter og infrastruktur for transport og lagring, for eksempel ved tilgjengelighet til kyst og havn slik at hydrogen kan fraktes ved rørledninger eller skip. Alternativt kan hydrogen produseres der det skal brukes, slik at dette leddet i verdikjeden blir minimalt.

GreenH as har beregnet hva det koster å transportere hydrogen langs landeveien. Fraktkostnaden vil utgjøre 60 øre per kWh eller 20 kroner per kilo hydrogen dersom det fraktes 50 mil i gassform. Transportkostnaden for en makslast med flytende hydrogen vil komme på rundt 11 kroner per kilo (GreenH, 2020). Globalt finnes det mer enn 4000 km med hydrogenrørledninger, men slik infrastruktur er svært begrenset i Norge.

Videre innebærer hydrogenproduksjon en betydelig sikkerhetsutfordring fordi det produseres brennbar og giftig CO, i tillegg til at hydrogen og oksygen er eksplosivt. Dette er håndterbart, men det stiller krav til rutiner og mekanismer for sikker lagring og transport.

En felles barriere for mange store prosjekt som vil bruke hydrogen, er den store usikkerheten i merkostnad og pris. Flere miljø peker på at differansekontrakter vil kunne bidra til å redusere dette betraktelig i et tidligmarked for hydrogen (Zero, 2022).

Differansekontrakter er finansielle kontrakter som kan inngås mellom to parter, for eksempel staten på den ene siden og en markedsaktør på den andre. Kontraktene omhandler differansen mellom to priser: en referansepris og en garantipris som fastsettes i kontrakten. Differansekontrakter kan gi en sikker, avtalt markedspris over tid, ved at innehaveren av kontrakten alltid ser garantiprisen for produktet de kjøper eller selger. I tillegg kan kontrakten gi en effektivt høyere markedspris, dersom garantiprisen settes over den forventede markedsprisen⁹. Differansekontrakter kan altså brukes både som

⁹ Siden det enda ikke finnes et marked for omsetning av hydrogen, vil det være nødvendig å utvikle andre referansepriser til bruk i differansekontrakter. Disse kan for

risikoavlastning og eventuelt som en støtteordning (THEMA, 2022). Flere markedsaktører vi har vært i kontakt med har trukket frem differansekontrakter som virkemiddel for utvikling av et hydrogenmarked.

Ulike former for karbonkreditter og CO₂-kompensasjon kan også brukes i støtteordninger for hydrogen, noe EU legger opp til i sin «Fit for 55»-strategi (Energy Monitor, 2021).

3.2.3 Markedsutvikling og konkurranseforhold

Hydrogen kan brukes til en rekke formål, som for eksempel råstoff i eksisterende industri, drivstoff i transportsektoren, energibærer for oppvarming av bygg, eller videreforedles til ammoniakk som igjen kan brukes i transportsektoren eller i produksjon av kunstgjødsel.

Hydrogen har stort potensial for å bidra til å redusere klimagassutslipp på en kostnadseffektiv måte. Globalt er det ventet at hydrogen kan dekke 3-10 prosent av energibehovet innen 2050, noe som tilsvarer 6000 - 18 800 TWh (NHO, 2020). DNV har estimert at hydrogen og e-fuels (syntetisk drivstoff) til sammen vil stå for 0,5 prosent av global energietterspørsel i 2030 og 5 prosent i 2050. Av dette vil grønt hydrogen stå for omtrent 60 prosent, mens blått hydrogen står for nesten 20 prosent (DNV, 2021). Figur 3- viser global etterspørsel etter hydrogen fra 1990 og framskrivninger mot 2050 etter sektor. Den største etterspørselen er drivstoff i form av ammoniakk eller e-fuels, og industriell oppvarming (DNV, 2022). I Norge er dagens hydrogenmarked lite og lukket, og de største aktørene er industrier som produserer hydrogen for egne industriprosesser fra naturgass. I Norge brukes omtrent alt produsert hydrogen til produksjon av metanol og ammoniakk ved Equinors metanolfabrikk på Tjeldbergodden og Yaras ammoniakkfabrikk på Herøya (DNV GL, 2019a).

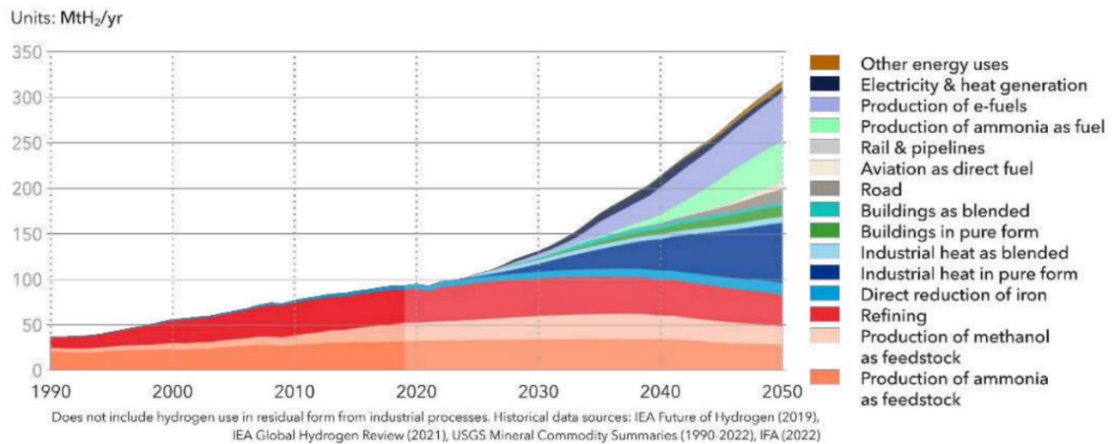
Flere norske aktører har planer om produksjon av hydrogen for industrielt bruk, men også for transportsektoren. Innenfor industrien har for eksempel Varanger Kraft planer om produksjon av grønt hydrogen fra vindkraft på Berlevåg som skal produsere ett tonn hydrogen i døgnet (Varanger Kraft, 2020). Varanger Kraft og Aker har også planer om produksjon av grønn ammoniakk fra lokal vindkraftproduksjon. Ammoniakken skal fraktes fra Finnmark på skip som går på grønn ammoniakk. Statkraft og Celsa Armeringsstål har planer om å etablere en verdikjede for grønt hydrogen til industriell bruk i Mo i Rana (Statkraft, 2022). Videre har Hydro etablert et selskap for grønt hydrogen kalt Hydro Havrand, med planer om grønt hydrogenuttak på sine industrianlegg (Hydro, 2022d).

eksempel reflektere differansen mellom kostnaden av å produsere lavkarbonhydrogen og betalingsvilligheten for å kjøpe det (THEMA, 2022).

DNV GL har estimert etterspørselen etter hydrogen i Norge i 2030 basert på dagens forbruk. De estimerer et fremtidig marked for hydrogen til nasjonal bruk i Norge på omtrent 250 000 tonn H₂/år i 2030, hvorav bruk til ammoniakk- og metanolproduksjon utgjør 75 prosent. I tillegg estimeres det at dagens

eksport av gass har potensial for å omgjøres til blått hydrogen som kan eksporteres. Det forventes at hydrogen i transportsektoren trolig vil være grønt hydrogen, og at blå hydrogen vil brukes til oppvarming av bygg (DNV GL, 2019a).

Figur 3-5: Global etterspørsel etter hydrogen etter sektor



Kilde: Hydrogen Forecast to 2050. DNV, 2022

I første omgang vil hydrogen produseres i nærheten av der det skal forbrukes. Dette innebærer hydrogenproduksjon i nærheten av industrien eller i nærheten av fyllingsanlegg for maritim transport. Dette gir et veldig begrenset marked med lite konkurranse. På lengre sikt forventes det at transportmulighetene for hydrogen forbedres, slik at hydrogen kan fraktes enten i rørledninger eller med skip. Dette åpner opp for salg i et europeisk marked med transport til kontinentet, men også konkurranse fra produsenter i andre land.

Hydrogen kan videreføres til ammoniakk istedenfor å brukes direkte. Ammoniakk har et mer etablert marked i dag. Rundt 70 prosent av ammoniakken som produseres i dag brukes i gjødselproduksjon. Den resterende produksjonen er brukt i andre industrielle prosesser som plast, eksplosiver og syntetisk fiber (IEA, 2021c). Framover er det ventet at ammoniakk som drivstoff vil bli en viktigere del av markedet, og det vil oppstå et globalt marked for kjøp, salg og transport av ammoniakk. Transportutfordringene som oppleves med hydrogen er mindre for ammoniakk som ikke må kjøles like langt ned. Ammoniakk kan også brukes som drivstoff direkte i en forbrenningsmotor, mens hydrogen må konverteres til elektrisk energi i en brenselcelle. I prinsippet kan eksisterende motorer som bruker naturgass eller bensin gå over til ammoniakk.

Gjennom REPowerEU er det presentert ambisiøse mål knyttet til hydrogen i EU. I 2030 skal det produseres 10 millioner tonn hydrogen i EU, i tillegg til at 10 millioner tonn skal importeres (Europakommisjonen, 2022b). For å nå disse målene legges det også til rette for å utvikle hydrogeninfrastruktur og støtte

investeringer i hydrogen. Satsningen i EU bidrar til å raskere bygge opp et marked for hydrogen, både innad i EU, og med import fra andre land, som for eksempel Norge.

3.3 Datasenter

Behovet for datalagring har økt kraftig og er forventet å øke ytterligere framover i tråd med økt digitalisering. Flere og flere aktiviteter skjer online og den digitale infrastrukturen bygges stadig ut. I tråd med denne utviklingen forflyttes datalagring fra små lokale servere til store sentrale datasentre.

3.3.1 Teknologibeskrivelse

Datasentre består av datamaskiner og servere som brukes til organisering, behandling, lagring og spredning av data. Det finnes mange ulike datasentre, og de kan kategoriseres etter blant annet størrelse, bruksområde og sikkerhet. Datasentre varierer i størrelsen, fra et enkelt rom i et bygg til store haller. Sentrene kan være en integrert del av en bedrift eller en tjeneste levert til andre bedrifter. I dag er de fleste datasentrene i Norge interne datasentre (NVE, 2019b).

Nasjonal kommunikasjonsmyndighet skiller mellom fire kategorier av datasentre (Nkom, 2016):

1. Store dedikerte datasentre (Hyperscale enterprise data centre HSDC): Store internasjonale aktører som etablerer dedikerte datasenter til eget bruk (Facebook, Microsoft, Apple, Google mv.). Slike datasett vil typisk ha effektbehov på 100 til 200 MW (NVE, 2019b).

2. Stort internasjonalt serverhotell (Large co-location centre): Datasenter som i hovedsak tilbyr utleie til store nasjonale og internasjonale virksomheter.
3. Medium nasjonalt serverhotell (Medium co-location centre): Datasenter som i hovedsak tilbyr utleie til SMB-markedet og offentlige virksomheter, med hovedvekt på regionale og nasjonale virksomheter.
4. Skytjenesteleverandør (Cloud service provider - Infrastructure as a Service, Platform as a Service, Software as a Service): Tilbyder av datakraft, enten med utgangspunkt i eget datasenter eller som leietaker i annet datasenter.

3.3.2 Innsatsfaktorer og viktige rammebetingelser

Utstyret i datasentre er hovedsakelig ulike typer IT-utstyr som maskiner, servere, lagringssystemer, nettverkskomponenter og oppkoblingssystemer. I tillegg er det behov for infrastruktur for kjøling av servere.

Kraft er den viktigste innsatsfaktoren for datasentre. Driften forutsetter stabil kraftforsyning for å ivareta nettkobling og riktig temperatur og luftfuktighet for IT-utstyret. Leveringssikkerhet er dermed kanskje den viktigste egenskapen ved kraftforsyningen for et datasenter. Datasenteret skal være tilkoblet til enhver tid, og avbrudd som følge av ikke-levert strøm kan få store konsekvenser ved at senteret ikke får levert sine tjenester. De fleste datasentre har også back-up strømløsninger (UPS – Uninterruptible Power Supply), gjerne i form av dieselaggregat, som kobles raskt inn ved et eventuelt strømbrytning eller utkobling. Kilden til kraftproduksjonen kan også ha betydning. Grønn og fornybar kraft som innsatsfaktor er etterspurt i økende grad, ettersom bedrifter blir mer oppmerksomme på sitt klimafotavtrykk og ønsker å redusere dette, også fra datalagring.

Kraftprisen har stor betydning for driftskostnadene i datasenter. Vår forståelse er at en vanlig forretningsmodell er at kundene faktureres faktiske kostnader for kraftforbruket ved sine installasjoner direkte, slik at kostnadene overveltes fullt ut på kundene. Det betyr også at kostnadsøkninger kan tas inn direkte, uten at eierne av datasenteret tar risiko for kraftprisene eller får etterslep knyttet til justering av prisene på tjenestene. Sensitiviteten til kraftprisøkninger vil dermed være bestemt av kundene. Noen typer datasenter kan lokaliseres hvor som helst og har ikke det samme behovet for nærhet til markedet. For disse vil kraftprisen være av større betydning enn for datasentre som også har andre behov.

¹⁰ Finansavisen, 12. desember 2021: Green Mountain bygger ut datasenter

¹¹ Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2020: Datasentre i Norge

NVE anslår at effektbehovet for eksisterende datasentre i Norge i 2019 var omkring 135 MW, og at dette vill øke frem mot 2025, før det antas at kapasiteten til de etablerte sentrene er oppfylt (NVE, 2019b). Store datasentre vil kreve store mengder energi, men det er mer effektivt enn lokale servere. Samtidig er den teknologiske utviklingen rask, og det er derfor vanskelig å vite noe om det fremtidige energibehovet.

Tabell 3-3: Effekt- og kraftbehov for eksisterende datasentre/under bygging

Aktør	Teknologi	Effektbehov (MW)
Green Mountain Enebakk	Colocation	75 ¹⁰
Green Mountain Stavanger	Colocation	25 ¹¹
Terrahost	Server	0,25 ¹²
Troll Mountain	Cloud	3 ¹³
DigiPlex Fetsund	Colocation	16 ¹⁴

Energiforbruket i et datasenter vil avhenge av størrelsen på datakapasiteten som er installert (NVE, 2019b). IT-utstyrets strømforbruk vil stort sett ligge tett opp mot maksimal kapasitet. Infrastruktur som kjøling, ventilasjon og belysning bruker også strøm. Derfor har design og effektivitet til IT-utstyret og infrastrukturen i datasenteret betydning for energibruken. Tjenestene datasenteret leverer har mindre betydning for strømforbruk. Datasentre har normalt jevn drift, som tilsier jevnt strømforbruk. Det kan likevel variere med årstidene, ettersom utetemperatur kan påvirke strømforbruk til kjøling.

En annen helt sentral forutsetning for datasentre er fiberkapasitet og robuste fiberkabler som kobler dataservere og brukere nasjonalt og internasjonalt. Det må være lav forsinkelse på forbindelsen og tilstrekkelig antall føringsveier innad i Norge og ut av landet.

For å etablere datasentre er det behov for store arealer, men størrelsen på arealbehovet avhenger av hva slags type datasenter det skal etableres. Ofte vil det være behov for områder på minimum 20 dekar for selve datasenteret. Dette kan fort øke for de større typene. For eksempel kjøpte Google en tomt på

¹² Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2020: Datasentre i Norge

¹³ http://www.trollmountain.no/?page_id=409

¹⁴ <https://www.datacenterdynamics.com/en/news/digiplex-opens-another-data-center-in-lillestr%C3%B8m-norway/>

2000 dekar utenfor Skien i 2019, med plan om å bygge et stort dedikert datasenter (HSDC). Datasenter for tjenester knyttet til kommunikasjon og interaksjon (som for eksempel videomøtetjenester) må ligge i nærhet til områder med stor aktivitet for å redusere forsinkelser. Andre datasentere som for eksempel brukes til lagring eller store data-simuleringer krever ikke den samme nærheten.

I tillegg til store arealer er det nødvendig med egnet industriell infrastruktur, slik som gode transportmuligheter. For eksempel er det en fordel med nærhet til internasjonal flyplass for at områder skal være attraktivt for de store internasjonale datasenteraktørene som Microsoft og Google.

Datasentre har store behov for kjøling og dermed stort behov for kraft. For å redusere kraftforbruket kan det være en fordel om datasentre etableres i et område der det er god tilgang til vann, kaldt klima, eller andre kilder til kjøling. Kjøleanlegg representerer en stor kostnad i utbyggings- og driftsfasen, og denne kostnaden varierer med kjølingsmuligheter fra omgivelsene.

Standard teknologi for kjøling i dag er luftkjøling, som er billigst, men lite effektivt, typisk med temperatur på 20-35 grader. Væskekjølte system gir overskuddsvarme med høyere temperatur, og er allerede tatt i bruk av noen aktører. Denne teknologien er anbefalt for å redusere energibruk og øke potensial for energigjenvinning av overskuddsvarmen. Muligheten for å utnytte overskuddsvarmen forutsetter at datasentre er lokalisert i områder med eksisterende industri som kan utnytte varmen, i nærheten av byer som kan bruke fjernvarme til oppvarming, eller i områder med tilstrekkelig areal og andre innsatsfaktorer tilgjengelig for utvikling av ny næringsvirksomhet.

Etter etableringsfasen er ikke datasentre en næring med stort behov for arbeidskraft, med unntak av arbeidskraft til vedlikehold. Datasenterkomponenter krever kontinuerlig vedlikehold og utskifting noe som sørger for at aktivitetsnivået ved datasentrene holdes oppe (Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2021).

Generelt er det behov for arbeidskraft med kompetanse innen avansert teknologi og IKT (bachelor eller høyere). Særlig på grunn av rask teknologisk utvikling og digitalisering er det viktig med kompetent og spesialisert arbeidskraft, slik at den norske datasenternæringen er konkurransedyktig og effektiv. Videre er det behov for kunnskap om datasikkerhet og personvern ettersom oppbevaring og behandling av store mengder data stiller høye krav til dette,

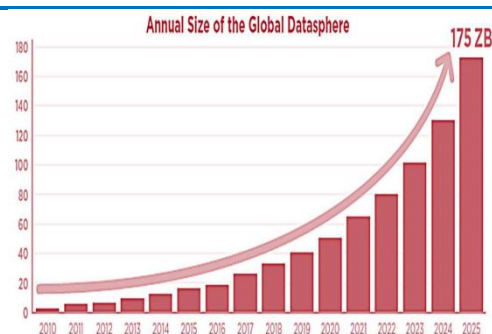
både digital sikkerhet og fysisk sikkerhet ved datasenteret.

Datasentre krever store investeringer, og det er derfor behov for forutsigbare rammebetingelser relatert til skatter, avgifter og lignende. Statlige reguleringer og rammebetingelser som tilrettelegger for investeringer i, og etablering av, datasentre er dermed en forutsetning, særlig for at internasjonale aktører skal anse det som attraktivt å etablere store datasentre i Norge. Det kan også være nødvendig med tiltak som reduserer flaskehalsen som oppstår på grunn av lange saksbehandlings- og godkjeningsprosesser av søknader for bygging og utvidelse av strømkapasitet.

3.3.3 Markedsutvikling og konkurranseforhold

Markedet for datalagring og datasentre er voksende med stadig nye internasjonale behov. Markedsundersøkelseselskapet IDC har estimert en vekst i global mengde data fra 8 ZB¹⁵ i 2015 til 175 ZB i 2025. Figur 3-6 viser global datamengde og framskrivninger for global datamengde fra 2010 til 2025.

Figur 3-6: Global datamengde



Figur 3: Utviklingen i global datamengde i zetabytes. Kilde: IDC

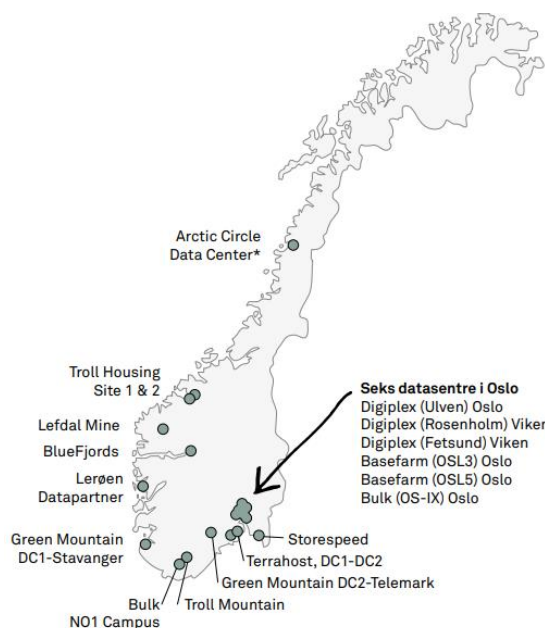
Kilde: IDC referert i NVE, 2019b

Tidligere har datasentre i Europa hovedsakelig vært sentralisert i byene Frankfurt, London, Amsterdam, Paris og Dublin (FLAP-D), men disse byene har begynt å nå fysiske begrensninger. Dette åpner muligheter for økt etablering andre steder. En rapport fra 2020 (Cushman & Wakefield, 2020) peker på Norge og Oslo som en by med potensial for et fremvoksende marked, med forventet kapasitetsvekst på 150 prosent, fra 50 til 125 MW.

I 2020 var det omtrent 18 datasentre i Norge (Implement Consulting Group, 2020). Av datasentrene i Norge i 2020 var seks kategorisert som små (under 2 MW), syv som mellomstore (2-8 MW) og fem som store (over 8 MW) (Implement Consulting Group, 2020). Til sammen har disse etablert kapasitet på cirka 105 MW.

¹⁵ 1 Zetabyte (ZB)=10²¹ Byte

Figur 3-7: Datasentre i Norge per 2020



Kilde: Implement Consulting Group, 2020

3.4 Karbonfangst, -lagring og -utnyttelse (CCUS)

Håndtering av CO₂, herunder karbonfangst-, lagring og utnyttelse har blitt løftet fram i FNs klimapanel som et tiltak for å redusere klimagassutslippene og nå 1,5-gradersmålet. Karbonfangst innebærer å fange opp

CO₂-utslipp fra forbrenning av fossilt materiale, som ellers ville havnet i atmosfæren. Karbonlagring innebærer permanent lagring av CO₂, ofte under havbunnen. Utnyttelse av karbon skjer ved at karbon som er fanget brukes som råstoff til kjemikalier og materialer.

Verdikjeden for CCUS er illustrert i Figur 3-8.

Figur 3-8: Illustrasjon av CCUS-verdikjeden



Illustrasjon: Oslo Economics.

3.4.1 Teknologibeskrivelse

Fangst av CO₂ innebærer separasjon av CO₂ fra andre gasser som frigjøres fra industrielle prosesser og forbrenningsprosesser. Det kan også trekkes ut av omgivelsesluft, som kalles Direct Air Capture (DAC). Hovedfokuset i denne rapporten er fangst fra spesifikke punktutslipp, da DAC-teknologien fortsatt er på et tidlig stadium og lite utviklet.

CO₂-fangst gjøres ved hjelp av ulike kjemiske prosesser, avhengig av hva som er kilden til CO₂ (Gemini, 2019). I CCS fra industri og kraftproduksjon brukes kjemikalier som binder seg til CO₂-en i gassen, før den slippes ut. Deretter må CO₂-en skilles fra kjemikalien, slik at man får ren CO₂. Dette gjøres ved å koke kjemikalierne, slik at man får to produkter, ren

CO₂ og kjemikalien. Denne prosessen krever mye energi og er kostnadskrevene. Det er imidlertid varierende hvor stort energibehov denne prosessen krever, fordi mange industrier produserer overskuddsvarme som kan benyttes som energikilde i separeringen av CO₂ og kjemikalien. Denne metoden kan også benyttes når man lager hydrogen fra naturgass.

Etter at CO₂ er fanget blir CO₂ gjort om til flytende gass og transportert til et egnet sted for lagring. Transport kan foregå via rørledninger eller transportmidler som lastebiler og skip. Transportmetode avhenger av mengden CO₂ som skal fraktes. Ofte fraktes det ved skip, utformet likt som skip for å frakte flytende naturgass (LNG). CO₂ fraktes til en

mottaksterminal på land for mellomlagring. Deretter fraktes det i rør til havbunnen, for så å pumpes ned i et permanent deponi på et egnet sted. Deponiet er vanligvis på minimum én kilometers dyp, slik at det ikke er mulig med lekkasjer. Ved mellomlagring og transport er det viktig å holde riktig temperatur slik at CO₂ holdes flytende helt fram til det er pumpet inn i reservoarene. Temperaturreguleringen er den prosessen som krever mest kraft i lagringen av CO₂.

CCS fra biologisk materiale innebærer å fange CO₂ som i utgangspunktet kommer fra omgivelsene, og ikke fra fossile kilder. Denne metoden reduserer den totale mengden CO₂ som allerede er i atmosfæren. Det benyttes biokull som binder CO₂, slik at CO₂-et blir liggende i jorden gitt at kullet forblir i jorda.

De senere årene har fangst og utnyttelse av CO₂, CCU, fått mer oppmerksomhet. CO₂ kan for eksempel brukes til brensel eller kjemikalier. Prosessen, egenskaper og innsatsfaktorer for å ta i bruk CO₂ vil avhenge av hva det skal brukes til. CO₂ er et veldig stabilt molekyl og det er derfor svært energikrevende å lage noe fra det. For å lage drivstoff fra CO₂ trengs det minst samme mengde energi for å lage det som vi får når drivstoffet brennes. Dersom fossile energikilder brukes til denne prosessen slippes det ut mer CO₂ enn mengden som omdannes, og energien må derfor være fornybar. Det er også i dag få modne teknologier innenfor CCU, og det er behov for et stort utviklingsarbeid (SINTEF, 2021).

3.4.2 Innsatsfaktorer og viktige rammebetingelser

Den viktigste forutsetningen for å drive med karbonfangst er at det finnes et punktutslipp der man ønsker å rense utslippene. Det er også en viktig forutsetning at det er plass til å installere fangstteknologien.

Det er et stort energibehov ved aminteknologi for å fange CO₂. Det er imidlertid flere industrier som kan bruke overskuddsvarme fra eksisterende produksjon til deler av dette, men det vil likevel også kreve mer energi. Typisk for slik teknologi er et energiforbruk på 2,5-3,0 MJ/kg fanget CO₂ (Fortum Oslo Varme, 2021).

Skipene til Northern Lights som skal transportere CO₂ er planlagt med LNG som drivstoff under transport og landstrøm ved landligging ved kai. Det største energibehovet er til elektriske varmeelementer for oppvarming av nedkjølt CO₂ for å unngå frysing i sjøvann (Equinor, 2019). Estimert effektbehov for Northern Lights og Norcem er vist i Tabell 3-4

Tabell 3-4: Effekt- og kraftbehov for aktører innen CCS

Aktør	Prosess	Effektbehov (MW)
Norcem	Karbonfangst	57,6 ¹⁶
Northern Lights	Karbonlagring	10 ¹⁷

Note: Norcem skal bruke 45,8 MW lavtrykkdamp, pluss at det kommer et ekstra energibehov i form av strøm på 11,8 MW årlig

Tilgangen på kraft er det viktigste for å etablere CCS tilknyttet eksisterende virksomhet. CCS skal også redusere utslippene, og det er derfor en viktig forutsetning at kraften som brukes er fornybar. Kraftprisen er mindre viktig i dagens situasjon, der lokalisering av karbonfangst og -lagring er blitt besluttet politisk og har vært avhengig av offentlig støtte.

Når det gjelder utnyttelse av fanget CO₂ til å lage nye produkter (CCU) kreves det svært mye strøm. Det bør derfor være et kraftoverskudd og/eller periodevis innestengt kraft for at dette skal være aktuelt.

CCS krever avansert teknologi og egnet industriell infrastruktur. Det er behov for havnetilgang eller infrastruktur som rørledninger frem til havneanlegg slik at CO₂-en kan transporteres videre. Rørledninger må være utformet slik at CO₂-en holdes konstant i væskeform. Mellomlagringsanlegg krever store arealer. For eksempel er det planlagt for opptil 50 000 m² for Northern Lights. I tillegg er det behov for store skip med tanker for å oppbevare flytende CO₂. Når CO₂ skal pumpes ned i havbunnen, er det behov for egnet infrastruktur og injeksjonsteknologi.

Det er behov for teknisk kompetanse innen CCUS, særlig innenfor kjemi, mekaniske prosesser og prosessindustri. Denne kompetansen vil spesielt være relevant i utviklingen av nye teknologier, etableringsfasen for nye anlegg og knyttet til lagringsleddet av verdikjeden. I driftsfasen av fangstanlegg vil det ikke være behov for ekstra arbeidskraft utover de som jobber i industrien allerede. Transportleddet vil ha behov for arbeidskraft innenfor maritim og veitransport.

Teknologien for fangst, lagring og bruk av CO₂ er ikke kommersiell lønnsom i dag. Foreløpig er derfor støtteordninger og finansiering en viktig forutsetning for å kunne etablere et fangstanlegg tilknyttet industri eller andre deler av verdikjeden. Det er nødvendig

¹⁶ Norcem vil bruke 45,8 MW lavtrykkdamp til å fange 400 000 tonn CO₂/år – overskuddsvarme fra produksjonen vil brukes til dette. I tillegg er det beregnet ekstra

energibehov i form av strøm på 11,8 MW årlig (Multiconsult, 2019).

¹⁷ Northern Lights vil ha behov for 10 MW for første fase i prosjektet (Equinor, 2019).

med helt eller delvis finansiering gjennom statlig støtte, støtte fra kommune/fylkeskommune eller EU-støtte.

En rapport fra 2019 undersøker kostnader ved karbonfangst- og lagring på 46 norske industriplanlegg, og finner at av de samfunnsøkonomiske tiltaks-kostnadene utgjør driftskostnader knyttet til fangst og transport omtrent tre fjerdedeler, mens en fjerdedel er knyttet til investering i fangstanlegg og transport-løsning samt tariffkostnader ved lagerløsninger (Vista Analyse & Sintef, 2019).

3.4.3 Markedsutvikling og konkurranseforhold

CCS er sannsynligvis helt nødvendig for å kunne begrense global oppvarming og redusere klima-gassutslipp i tilstrekkelig grad. Det er også en forutsetning for å kunne produsere blått hydrogen. Ifølge IEAs scenario for bærekraftig utvikling kan CCS stå for rundt 15 prosent av den samlede reduksjonen i klimagassutslipp innen 2070 (IEA, 2021a).

I dag drives store deler av CCS-industrien av oljeland som Nord-Amerika, ettersom CCS gir muligheter for å utnytte verdien av fossile ressurser. Store deler av teknologien utvikles i Asia, i land som Japan og Kina. Det satses også stort på CCS i EU, som har lagt frem en rekke strategier og tiltak for CCS. EU har opprettet et strategiprojekt for CCUS med formål om å støtte utviklingen av initiativer for CCUS i åtte lovende regioner i Sør- og Øst-Europa. EU har også lansert et CCUS-forum med formål om å drive politikken videre og et innovasjonsfond for å støtte CCUS-prosjekter i EU-land (Utenriksdepartementet, 2021).

Norge har lang erfaring med håndtering av CO₂, og det har lenge vært politisk fokus på å bygge opp hele verdikjeder for fangst, transport og lagring av CO₂, særlig gjennom Langskip-prosjektet. Fangstanleggene som er inkludert i prosjektet er Norcems sementfabrikk i Brevik og Hafslund Oslo Celsio sitt avfallsforbrenningsanlegg på Klemetsrud. Selv om Norge har lang erfaring med CCS, er teknologien relativt ny og fortsatt under utvikling. Kostnadsbilde vil derfor kunne endres som følge av mer forskning og pilotprosjekter.

På Mongstad ligger et teknologisenter for CO₂-fangst, som er verdens største anlegg for testing og utvikling av teknologier for CO₂-fangst. Anlegget eies og drives av Gassnova, Equinor, Shell og Sasol.

Fangstdelen av verdikjeden er knyttet til spesifikke utslippspunkter og er dermed ikke utsatt for internasjonal konkurranse på samme måte som andre produkter.

Betalingsvillighetene for fangst av CO₂ henger også sterkt sammen med prisen på utslippskvoter, som er

den alternative kostnaden dersom utslippene ikke fanges. EUs kvotemarked og nasjonal CO₂-avgift kan derfor være et virkemiddel som gir incentiver for satsing på CCS. Etterspørselen etter teknologi for å fange CO₂ forventes å øke i takt med økte kvotepriser.

Fordi CCS er en forutsetning for produksjon av blått hydrogen, vil utviklingen av hydrogenmarkedene og etterspørselen etter blått hydrogen også påvirke etterspørselen etter løsninger for CCS. Strategier og internasjonal satsing på hydrogen vil derfor kunne ha stor betydning for potensiale for CCS.

3.5 Landbasert oppdrett

De siste årene har det vært stadig økende fokus rundt utfordringene ved oppdrett i sjø, som lakselus, rømming og andre miljøutfordringer. Landbaserte oppdrettsanlegg kan i stor grad unngå disse problemene, ved at oppdrett foregår i lukkede produksjonssystemer.

I tradisjonelle oppdrettsanlegg er lakseyngel i kar på land til den er blitt smolt. Deretter overføres den til åpne merder i sjøen, før den slaktes. De siste årene har også landbaserte anlegg der hele oppdretts-prosessen foregår på land blitt utviklet og flere anlegg er allerede etablert i Norge. Det er slike store anlegg vi tar for oss her.

Ecofisk er i gang med bygging et av Norges største landbaserte oppdrettsanlegg i Espevika i Tysvær kommune i Rogaland. Anlegget er etter planen klart i 2029 og vil produsere 40 000 tonn laks og 20 millioner smolt årlig i RAS-anlegget (Teknisk ukeblad, 2021).

Salmon Evolution er også i gang med det som blir et av Europas største landbaserte oppdrettsanlegg på Indre Harøy i Hustadvika, i Møre og Romsdal (Salmon Evolution, u.d.). Anlegget har langsiktig mål om produksjon på 70 000 tonn. Viking Aqua holder også på med bygging av et landbaserte oppdrettsanlegg i Gulen kommune (NRK, 2022),

Verdikjeden til landbasert oppdrett er illustrert i Figur 3-9, og består av produksjon av fôr, smolt og settefisk, full produksjon av fisk, slakt og videre fordeling og transport. Smoltproduksjonen foregår som regel i landbaserte anlegg for all lakseoppdrett. Landbasert oppdrett har også den videre produksjonen i merd på land, og det er denne delen av produksjonen som er hovedfokuset i denne analysen.

Figur 3-9: Verdikjeden for oppdrett



Illustrasjon: Oslo Economics.

3.5.1 Teknologibeskrivelse

Landbasert oppdrett har et stort behov for avansert teknologi. Gjennom de siste årene har oppdrettsfisk fra landbaserte oppdrettsanlegg vært utsatt for massedød eller bismak på fisken, nettopp fordi det er utfordrende å ha full kontroll over de biologiske forholdene (SINTEF, 2021).

Den vanligste teknologien for landbaserte anlegg er lukkede resirkuleringsanlegg (RAS). RAS-anlegg resirkulerer inntil 95 prosent av vannet i anlegget og behovet for vann er derfor begrenset sammenlignet med gjennomstrømningsanlegg. Hva slags vann det er behov for vil avhenge av om det produseres ferskvannsfisk eller saltvannsfisk i anlegget.

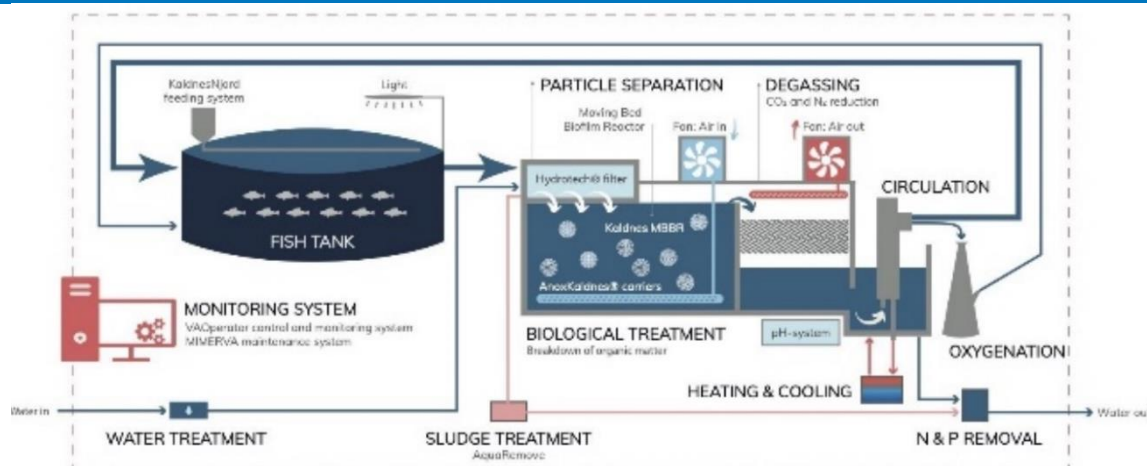
Produksjon av saltvannsfisk i RAS-anlegg har et begrenset behov for sjøvann. Mindre mengder saltvann kan blandes med ferskvann eller brokkvann

(SINTEF, 2018). Begrenset behov for sjøvann gjør at anleggene kan plasseres nesten hvor som helst. Resirkuleringen av vannet i RAS-anlegg reduserer også energibehovet (Havforskningsinstituttet, 2021).

Tetthet, strømminger, lys, temperatur, vann-gasser og surhet reguleres videre ikke av sjøen på samme måte i lukkede resirkuleringsanlegg, og må følges nøye opp og kontrolleres. Vannet går fra merdene og gjennom flere renseslag før det går tilbake til fisken igjen. Renseslagene består av et mekanisk filter som fjerner avføring, spillfôr og andre uønskede partikler. Deretter går vannet gjennom et biofilter med bakterier som fjerner giftig ammonium som fisken skiller ut. Videre fjernes CO₂ fra vannet, oksygen tilsettes og vannet bestråles med UV-lys. Omtrent fem prosent nytt vann tilsettes før vannet går tilbake til fisken (Havforskningsinstituttet, 2021). Prosessen er illustrert i

Figur 3-10. Temperaturregulering er det største energibehovet i anleggene, samt sirkulering og pumpe.

Figur 3-10: Prosessene i et RAS-anlegg



Kilde: Pure Salmon Kaldnes

3.5.2 Innsatsfaktorer og viktige rammebetingelser

Først og fremst er det et stort kraftbehov for landbaserte oppdrettsanlegg. Eksempelvis vil et anlegg som produserer 5 000 tonn per år bruke 375 GWh, med et gjennomsnittlig effektbehov på 4,3 MW. Sintef har videre estimert at det brukes mellom 6 og 9 kWh per kg laks produsert (SINTEF, 2019). I Tabell 3-5 er effektbehovet for ett RAS- og ett gjennomstrømningsanlegg vist.

Tabell 3-5: Effektbehov for noen aktører innenfor landbaserte oppdrettsanlegg

Aktør	Teknologi	Produksjon (tonn)	Effektbehov (MW)
Ecofisk	Fullskala (RAS)	40 000	20 ¹⁸
Salmon Evolution	Gjennomstrømningsanlegg	36 000	32-37 ¹⁹

Note: Noe av kraftproduksjonen ved Ecofisk skal produseres av solceller på taket av fisketankene

Landbasert oppdrett er svært avhengig av kontinuerlig tilgang til kraft. De fleste anlegg har systemer for å kontinuerlig overvåke vannkvalitet og alarmsystem ved strømbrudd. Hvis temperatur, oksygen eller andre sentrale forhold utsettes for strømbrudd, vil konsekvensene være at laksen dør. Nødkysgen gjennom nødstrømgenerator kan derimot holde liv i fisken i opptil flere dager. Kraftprisen er også trukket fram som en viktig faktor, spesielt som følge av svært høye kraftpriser i 2022.

Videre er det et stort arealbehov for landbaserte oppdrettsanlegg. Mangel på byggeklare tomter vil være en utfordring for etablering. Eksempelvis vil et anlegg som produserer 5 000 tonn per år ha behov for omtrent 45 dekar i bruttoareal, og for Ecofisk sitt store anlegg er det skissert et arealbehov opp mot 300 dekar. Til tross for at tilgang til areal ikke nødvendigvis vil være en begrensende faktor isolert sett, må det identifiseres egnede lokasjoner, noe som anses som utfordrende og tidkrevende. Eksempelvis må det lokaliseres areal som gir minimal konflikt med andre interessenter, noe som er utfordrende ved etablering av anlegg i strandsonen. Det er videre flere forhold som påvirker om en lokasjon er attraktiv som tilgang til rene vannressurser, høydemeter for området (lavtliggende for å redusere pumpe-kostnader), eksisterende infrastruktur (transport, tilgang til energi, vann og kloakk), sentral beliggenhet for å tiltrekke seg nødvendig kompetanse, politisk vilje, eiendomspris og nærhet til marked i form av logistikkpunkt. Det er følgelig en sammensatt prosess å finne et potensielt areal for landbasert oppdrett (SINTEF, 2019).

For etablering av nye landbaserte oppdrettsanlegg er det videre et stort kompetansebehov innenfor en rekke områder. Det er behov for tverrfaglig kompetanse innen blant annet biologi, vannkjemi, teknologi, elektrisitet, ventilasjon, prosjektering og byggeprosesser. Spesielt innen den tekniske

¹⁸ Noe skal produseres med egen solcelleproduksjon (Teknisk ukeblad, 2021)

¹⁹ Effektbehov ved fullt utbygd anlegg (36 000 tonn fisk per år) er ved forventet last på 32-37 MW. Av dette brukes

kompetansen og eksisterende industri, er dagens lønnsnivå høyt. Nye anlegg vil måtte konkurrere mot dette nivået for å tiltrekke seg nødvendig kompetanse. Eksempelvis vil et 6 000 tonn anlegg kreve omtrent 22 ansatte fordelt på to skift.

Landbaserte oppdrettsanlegg må videre følge forurensningsloven sitt krav for rensing av avfallsprodukter (avføring og fôr-rester). Det stilles krav til at halvparten av avfallsprodukter i avløpsvannet blir rensert ut, hvis mottakeren tåler utspill av resterende halvpart. Et anlegg med årlig produksjonskapasitet på 5 000 tonn vil produsere 825 tonn slam (SINTEF, 2018).

Det kreves også et betydelig vannforbruk ved landbaserte oppdrettsanlegg. Type vann det er behov for varierer etter om det produseres saltvannsfisk eller ferskvannsfisk. Produksjon av 1,3 millioner tonn fisk (tilsvarende den totale produksjonen av laks og regnbueørret i Norge i 2017) ved bruk av gjennomstrømmingsteknologi krever 33,7 milliarder kubikkmeter vann årlig (SINTEF, 2018). Ved bruk av RAS-teknologi vil tilsvarende produksjonsnivå ha et vannforbruk på 0,52 milliarder kubikkmeter per år (2017). Det er altså behov for 60 ganger så mye vann i et gjennomstrømningsanlegg med gjenbruk enn for RAS-anlegg. Til sammenligning var den totale vannleveransen i kommunalt distribusjonsnett 0,69 milliarder kubikkmeter i 2021 (SSB, 2022b).

Videre er det behov for infrastruktur for frakt av fisk fra produksjonsanlegget for pakking eller salg, havn, vei og/eller flyplass. Her er valg av teknisk løsning for landbasert fiskeoppdrett avgjørende for lokalisering av virksomheten, og følgelig eksisterende infrastruktur. Ved valg av gjennomstrømmingsteknologi må anlegg lokaliseres langs kyst og i områder uten sekundærrensekraft (rensekraftkrav). Ved bruk av RAS-teknologi vil anleggene kunne bli lokalisert i større tilknytting til logistikk-knutepunkter.

Landbaserte oppdrettsanlegg krever tillatelse, samtidig som forskrift om krav til teknisk standard for anlegget må følges. I motsetning til matfisktillatelser i sjø er det ikke et begrenset antall tillatelser for oppdrett på land. En tillatelse avgrenses i «maksimalt tillatt biomasse» som angir hvor stor stående biomasse som kan holdes i anlegget til enhver tid (Nærings- og fiskeridepartementet, 2019).

3.5.3 Markedsutvikling og konkurranseforhold

Det er stor global etterspørsel etter sjømat, som laks og ørret. Det er også ventet sterk vekst i den globale etterspørselen de neste tiårene. En analyse fra DNV viser blant annet at etterspørselen fra Kina og Sørøst-

mesteparten for pumping av sjøvann og oppvarming og kjøling av inntaksvann.

Asia kan dobles frem mot 2050, der befolkningsvekst og økt levestandard er sentrale drivere (DNV, 2021). Sterk forventet vekst på det globale markedet gir samtidig muligheter for økt vekst i sjømatnæringen i Norge, som allerede er en stor eksportør til det internasjonale markedet. Den økende globale etterspørselen har derimot ikke blitt møtt av en tilsvarende vekst i konvensjonelt lakseoppdrett.

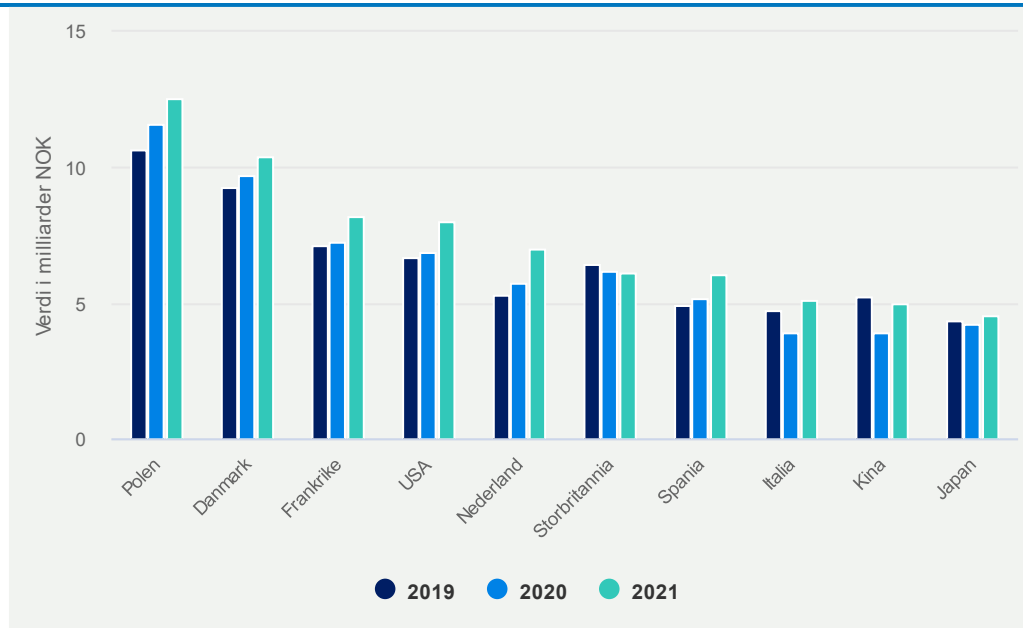
Prisen på laks er volatil og påvirkes av tilbud- og etterspørselsforhold. Det har forekommet en prisøkning

i etterkant av covid-19, blant annet grunnet økende etterspørsel og lavere tilbudsvekst (Knudsen, 2022).

Fisk og skaldyr eksporteres til et globalt marked. For norske produsenter er de største eksportmarkedene i EU og Asia. I 2021 ble det eksportert 1,7 millioner tonn til EU og 585 000 tonn til Asia fra norske produsenter, for en verdi på hhv. 70 milliarder og 24 milliarder kroner (Norges sjømatråd, 2021).

Eksportverdien til de 10 største eksportmarkedene for norsk sjømat for 2019, 2020 og 2021 er vist i Figur 3-11.

Figur 3-11: De ti største eksportmarkedene for norsk sjømat 2019-2021



Kilde: Norges sjømatråd, 2021

Landbaserte anlegg gjør det mulig å produsere fisk i større skala og flere steder enn tidligere. Samtidig har det de senere årene vært en positiv teknologisk utvikling, og konkurransen både nasjonalt og internasjonalt har økt. Internasjonalt foreligger det planer om produksjon av 2,2 millioner tonn laks på land, sammenlignet med 2,7 millioner som ble produsert i verden totalt i 2021 (iLaks og Salmon Business, 2021). Norge er i spiss, og det foreligger planer om å utbygge landbaserte oppdrettsanlegg for laks med en samlet produksjonskapasitet på 976 000 tonn (iLaks og Salmon Business, 2021). Det er derimot allerede store anlegg for landbasert produksjon av laks både i USA og Canada.

Norge har mye kunnskap om landbasert oppdrett, da store deler av smolten som settes ut i merder fødes og vokser til i landbaserte anlegg (Benjaminsen, 2021). Det fremheves av Sintef (2021) at kunnskapen som Norge har opparbeidet seg på landbaserte oppdrettsanlegg i RAS-anlegg er ettertraktet internasjonalt, særlig for oppdrett av andre fiskearter enn laks.

NTNU og Norsk Sjømatsenter har utarbeidet analyser over kostnadsstrukturen for landbasert oppdrett for laks. Herunder vurderes 6000 tonn årlig produksjon i et anlegg på 45 dekar, hvor produksjonen krever 5 MTB (maksimalt tillatt biomasse). Av produksjonskostnader viser deres analyse at variable kostnader representerer 75 prosent av totale kostnader, og inkluderer produksjonskostnader knyttet til rogn, fôr, vaksiner, oksygen og slambehandling, samt lønnskostnad, energikostnad og forsikring ved biomasse. Resterende 25 prosent er faste kostnader, og omfatter lederlønn, kontor og administrasjonskostnader, vedlikehold og service og avskrivninger og rentekostnad (Bjørndal & Tusvik, 2019).

Sensitivitetsanalyser av kostnadskomponentene viser at for landbasert oppdrett av laks, vil en redusert energikostnad på 30 prosent medføre en reduksjon i variable produksjonskostnader på ca. 4 prosent (og tilsvarende økning ved en økning i energikostnad). Analysen viser til at fôrkostnaden har størst effekt på produksjonskostnadene, hvor en redusert kostnad på 30 prosent resulterer over 12 prosent lavere produksjonskostnader.

4. Perspektiver for utviklingen i kraftforbruket i nye industrier

Med bakgrunn i gjennomgangen av industrienes egenskaper i foregående kapittel, gjør vi i dette kapittelet en samlet analyse av viktige beslutningsfaktorer for etablering. Videre gir vi perspektiver for utviklingen i disse faktorene, basert på foreliggende studier og analyser. Til slutt vurderer vi i hvilken grad viktige forutsetninger for etablering synes å være tilstede i Norge relativt til andre aktuelle lokasjoner, og dermed i hvilken grad Norge er attraktivt for etablering av ny industri.

4.1 Viktige beslutningsfaktorer for etablering av ny industri

Dette kapittelet oppsummerer faktorer som er særlig betydningsfulle for flere av de nye industrinæringene.

4.1.1 Krafttilgang og egenskapene ved kraftleveransen er svært viktig for kraftkrevende industri

For kraftkrevende industri er kraft gjerne den viktigste innsatsfaktoren. Det er også flere forhold ved kraftleveransen som har betydning ved beslutninger om etablering.

Nettilgang er helt avgjørende

For alle industriene trekkes krafttilgang fram som den viktigste etableringsfaktoren. Dette er en helt avgjørende forutsetning for å starte planlegging og finansiering av prosjekter, og for å kunne fatte investeringsbeslutning. Dette krever en sikkerhet for nettilgang, gjennom en tilkynningsavtale og/eller reservasjon på kapasitet i eksisterende nett.

Alternativt trenger selskapet en form for garanti om at nødvendig nettkapasitet skal bygges ut, for eksempel i form av endelig konsesjon til utbygging.

Leveringssikkerhet er avgjørende for flere næringer

For mange aktører er også leveringssikkerhet en avgjørende faktor. Dette er viktig for næringer som er avhengig av kontinuerlig krafttilførsel for å levere sine tjenester, som datasenter, eller der fravær av strøm kan gjøre stor skader på produksjonsutstyr eller selve produksjonen. Sistnevnte gjelder for eksempel for landbasert oppdrett der lengre tids fravær av strøm kan resultere i at hele avlingen dør. Innenfor batteriproduksjon varierer viktigheten av leveringssikkerheten mellom aktører. Noen aktører har uttalt at det vil ha store konsekvenser dersom strømmen ikke leveres fordi produksjonen er planlagt døgntilførsel. Likevel har noen aktører sett på muligheten for tilknytning til nettet på vilkår om utkobling eller reduksjon av forbruk, og vil kunne tilpasse seg planlagte utkoblinger ved å redusere produksjonen.

Fornybar kraft er også svært attraktivt

Fornybar- og utslippsfri kraft er også en viktig egenskap ved kraften for aktører innenfor de nye industriene. Batterier og hydrogen er energilagringssystemer som skal brukes i en overgang bort fra fossile energikilder, og det er derfor svært viktig at både batterier og hydrogen produseres med fornybar kraft. CCS er også en teknologi som skal brukes for å redusere utslipp og vil ha behov for fornybar kraft. Stadig flere bedrifter blir oppmerksomme på sitt karbonfotavtrykk og vil derfor også etterspørre datalagring med bruk av fornybar kraft. Det samme gjelder matproduksjon og bruk av fornybar kraft for landbasert oppdrett.

4.1.2 Relative forskjeller i kraftpris er av betydning

For kraftkrevende industrier vil kraftprisen være av stor betydning for forventet lønnsomhet, og en åpenbart viktig etableringsfaktor.

Investeringsbeslutninger gjøres i et langsiktig perspektiv, og kraften kjøpes i stor grad gjennom langsiktige avtaler. Svingninger gjennom ett enkeltår spiller derfor en mindre rolle, mens de langsiktige forventningene til kraftprisutviklingen, og tilgangen på gode langsiktige avtaler, vil være viktigere. Ettersom de fleste industriene konkurrerer i internasjonale markeder vil det være forventninger om relative prisforskjeller mellom ulike land, som har størst betydning. Det samme vil gjelde internt i land. Dersom det eksisterer prisforskjeller som forventes å vedvare i et langsiktig perspektiv, vil dette kunne påvirke valg om lokalisering.

Det er likevel vårt inntrykk at i dagens situasjon, er *tilgangen* til fornybar kraft viktigere enn kraftprisen for nye fremvoksende industrier. For aktører som vurderer etablering i voksende markeder, med behov for økt produksjonskapasitet, kan det likevel være viktigst å sikre seg tilgang til kraft – og dermed mulighet til å ta en andel av markedet. Fokus på kostnadsreduksjoner og optimalisering av driften forsterkes gjerne når markedet er modent, og det stilles større krav til effektivitet for å overleve. Dette virker i retning av at aktørene i eksisterende industri er mer sensitive til kraftprisøkninger enn ny industri i voksende markeder. Samtidig vil etablerte aktører på det tidspunktet være bundet av store ugjenkallelige kostnader, som gjerne innebærer at de vil fortsette drift frem til det eventuelt blir negativ driftsmargin.

Industriens sensitivitet til kraftprisendringer er nærmere omtalt i kapittel 4.3.1.

4.1.3 Tilgang på og kostnader ved andre viktige innsatsfaktorer

Som vi har sett i kapittel 3, vil ulike kraftkrevende industrier ha behov for ulike innsatsfaktorer, og behovet kan også variere på tvers av virksomheter innenfor samme industri. Det er likevel mange fellestrekk, og alle de nye industriene som er trukket fram i denne rapporten vil i tillegg til kraft ha behov for egnet areal og kompetent arbeidskraft, samt andre industrispesifikke innsatsfaktorer. Hvor viktig hver av disse innsatsfaktorene er, og i hvilken grad de påvirker industriaktørens beslutninger, varierer mellom industriene.

Kraftkrevende industri har også et stort arealbehov

Mange av de nye industriene krever store areal som er regulert til nærings-/industriformål. Prosessen med regulering av areal til industriformål kan ta flere år fra prosesstart til området er byggeklart, og det er risiko for konflikter og endringer i arealplanene. Nye industrier vil derfor foretrekke ferdigregulerte arealer, eller arealer der reguleringsprosessene er igangsatt og der det er relativt stor sikkerhet for at planene blir godkjent. Videre vil industriene gjerne kunne bygge ut trinnvis, slik at det bør være plass til både det initiale byggetrinn og også eventuelle senere byggetrinn, samt etablering av aktører i andre deler av verdikjeden. Det er derfor ofte en forutsetning at areal er tilgjengelig og med skalerbart byggedesign, med lite fare for faktorer som ras, skred, flom osv.

Industriaktørene ønsker minst mulig konflikter med andre interesser, og kan derfor foretrekke områder med lite konfliktpotensial, gitt at det faktisk egner seg for deres virksomhet. Ved etablering av ny industri i områder som allerede er brukt til næringsvirksomhet kan konsekvensene og konfliktene knyttet til arealinngrep reduseres. Dersom området ikke må utvides og det ikke er behov for ny infrastruktur vil konsekvensene være små. I mange tilfeller vil det være behov for noe ny infrastruktur eller utvidelse ved etablering av en ny næringstype, men konsekvensene vil være mindre enn ved inngrep i uberørte arealer. Det finnes mange områder som tidligere er brukt til industri, men som i dag står tomme, og som kan gjenbrukes til nye næringer. Et eksempel på etablering i eksisterende arealer er World Heritage Salmon som skal etablere oppdrettsanlegg i en gammel gruve i Geiranger.

I tillegg til størrelse på areal, er det nødvendig med industriell infrastruktur som veier, kyst og havner tilknyttet området. Dette er nødvendig for å kunne knytte industrien tettere til det europeiske markedet og åpner for effektiv transport og eksport av

²⁰ Flere norske aktører har de siste årene arbeidet med å erstatte importert soya med alternative råvarer basert på norske ressurser. Dette arbeides blant annet med gjennom

produktene. Tilgang til kaldt vann (saltvann eller ferskvann) skaper også gode forutsetninger for næringer som batteriproduksjon og datasentre som har behov for kjøling. Transport med skip har lavere totale utslipp og kommer derfor best ut hvis hele miljøregnskapet fra produksjon og transport skal vurderes.

Arbeidsintensiteten varierer mellom industriene

Det er stor variasjon i arbeidsintensiteten ved de ulike industriene, og viktigheten av tilgangen på arbeidskraft varierer derfor mye. For battericelleproduksjon som er arbeidsintensiv er det viktig med både spisskompetanse innen battericelleteknologi og en stor gruppe fagarbeidere for døgnkontinuerlig drift. Likevel ses ofte arbeidskraft på som en innsatsfaktor med høy mobilitet som kan tilføres enten gjennom tilflytning eller skiftordninger. For andre næringer som hydrogen, CCS og datasenter er behovet for arbeidskraft mindre og det er ikke en avgjørende lokaliseringfaktor. Lønnskostnader er etter vår forståelse sjeldent vurdert som en faktor av stor betydning for lokalisering av ny kraftkrevende industri.

Noen industrier har behov for råvarer

Tilgang på og prisen på råvarer (utover kraft) vil være viktig for enkelte industrier der disse er viktige innsatsfaktorer. Behovet for spesifikke råvarer gjelder spesielt for produksjon av blå hydrogen, landbasert oppdrett og battericeller. Naturgass er en viktig råvare inn i produksjon av blått hydrogen, og gassprisen vil være viktig for utviklingen i næringen. Tilgang til gass kan også være en viktig etableringsfaktor, for eksempel ved lokalisering i nærheten av eksisterende gassanlegg eller rørstruktur. Landbasert oppdrett har behov for fiskefôr, bestående av råstoff fra fisk og vegetabilsk råstoff. Fôr står for den største kostnaden i produksjonen og svingninger i prisen på fôr vil ha innvirkning på produksjon og lønnsomhet.²⁰ Med økende fôrproduksjon i Norge kan det også bli en viktigere lokaliseringfaktor framover.

For battericeller er det spesielt litium, nikkel og kobolt til bruk i anode som er viktige råvarer. I tillegg er andre råvarer nødvendig for produksjonen som for eksempel grafitt, aluminium, kobber, jern, mangan og magnesium. De fleste av disse råvarene selges i et globalt marked og det vil ikke være avgjørende for lokaliseringen av industrien, så lenge infrastruktur for å ta imot råvarene ligger til rette. Grafitt utvinnes også i Norge (spesielt rundt Skaland på Ytre Senja og Langøya i Vesterålen), og kan ha innvirkning på lokalisering for direkte tilgang til dette. Mål om mer sirkulære verdikjeder, og knapphet på viktige råstoff, bidrar også til økt fokus på gjenvinning av batterier,

råvareløftet, et prosjekt initiert av Bellona, Sjømat Norge og syv fiskeførselskaper (Sjømat Norge, 2020).

også her i Norge. Dette er virksomhet som kan gi batterifabrikken økt lokal tilgang på viktige innsatsfaktorer. Råvarene selges i et globalt marked slik at alle batteriprodusenter står ovenfor de samme prisene. Økte råvarepriser vil derfor kunne veltes over på kundene i form av dyrere battericeller, og råvareprisen vil derfor ikke være av stor betydning for industrietablering.

Behov for vanntilgang

Flere av de nye industriene har behov for tilgang til store mengder salt- eller ferskvann i produksjonen, enten til direkte bruk eller indirekte. Vann er også en begrenset ressurs og tilgjengeligheten vil variere mellom steder. Temperatur, renhet og andre egenskaper ved vannet vil også variere, og kan være viktig for de enkelte bedriftene.

Grønt hydrogen har et stort vannbehov inn i elektrolyseprosessen, og tilgangen på vann er vesentlig for etablering. Blått hydrogen har også behov for vann for å spalte naturgass. For begge former for hydrogenproduksjon er det i utgangspunktet behov for renset ferskvann, men saltvann kan også brukes i sammenheng med avsaltingsanlegg. Landbasert oppdrett har behov for å ta inn vann for å lage miljø for fisken. Hva slags vann det vil være nødvendig med i oppdrettsanleggene vil variere etter hva slags fisk som produseres, og lokalisering i nærhet til saltvann eller ferskvann vil avhenge av fisketype.

Kaldt vann kan også være en god kilde til kjøling i prosesser der kjøling er nødvendig, for eksempel datasenter og hydrogenproduksjon. Kjøling med vann kan redusere kraftbehovet og lokalisering i områder med kaldere klima og vann kan være attraktivt. Vann som brukes til kjøling stiller ikke krav til renhet eller salt-/ferskvann på samme måte som hvis det brukes som en direkte innsatsfaktor.

4.1.4 Adgang og nærhet til produktmarkedene

Adgang og nærhet til markeder der industriaktørene kan få avsetning for sine produkter, er vesentlig i valg av lokalisering. Hvilket produktmarked som er relevant, og hvordan disse er avgrenset, varierer mellom industrier. I noen industrier er markedene globale, og aktørene kan i utgangspunktet velge å lokalisere seg hvor som helst i verden. I andre industrier er produktmarkedene delt inn i flere segmenter eller geografiske områder, for eksempel som følge av transportavstander, handelsbarrierer eller andre forhold. Markedene kan også være nasjonale eller lokale – særlig hvis teknologien er ny og markedene umodne.

Battericelleprodusentene konkurrerer i dag i et globalt marked, der tyngdepunktet lenge har vært i Asia. Gjennom EUs satsing på oppbygning av en europeisk

verdikjede etableres det nå også et eget europeisk marked. For å få full tilgang til dette markedet kreves lokalisering i EU/EØS.

Ved oppbygning av hydrogenproduksjon vil det på kort sikt sannsynligvis være størst potensial i lokale markeder der produksjon er knyttet til enkelte forbrukere, enten industri eller maritim transport. Årsaken er at hydrogen er krevende å transportere. Etter hvert vil sannsynligvis også transportmulighetene av hydrogen utvikles, slik at markedene integreres. På sikt er det mulig å se for seg et felles europeisk marked for salg av hydrogen.

For CCS er fangst-biten av verdikjeden knyttet til enkelte utslippspunkter, og teknologien er foreløpig svært avhengig av subsidier. På sikt kan høy karbonpris være en viktig driver for utviklingen av internasjonale markeder, først i landene med høyest karbonpris eller krav til rensing. Tjenester knyttet til transport og lagring av CO₂ opererer i større grad i et marked, og transportløsningene avgjør hvor globale disse markedene er. Northern Lights opererer ut mot det europeiske markedet.

Datasentre og landbasert oppdrett opererer i større grad i globale markeder. Infrastrukturen rundt fiberkabler er godt utbygd globalt, og datasentre har derfor mulighet til å levere tjenester til kunder som er etablert i andre deler av verden. Fisk og skaldyr selges også i et globalt marked, og oppdrett på land gjør at dette nå kan produseres flere steder i verden.

4.1.5 Andre vesentlige forhold

Samlokalisering av ulike industrier, for eksempel i en næringspark, kan redusere hver enkelt industris behov for innsatsfaktorer og infrastruktur. Flere industrier vil kunne bruke de samme veiene, infrastruktur til kraftnett eller en felles havn, og det vil ikke være behov for å bygge ut ny infrastruktur for hver enkelt industri. Dette vil redusere både kostnader og arealbehov. I tillegg vil biprodukter av en industri kunne brukes som innsatsfaktor i en annen industri. Overskuddsvarme fra datasentre som bruker væskebasert kjøling kan brukes som fjernvarme eller inn i annen industri som for eksempel batterifabrikk (tørking av anoder og katoder) og landbasert oppdrett (temperering av vann). Hima Seafood skal bruke overskuddsvarme fra Green Mountains datasenter på Rjukan, mens overskuddsvarme fra Green Edge Compute i Trondheim og DigiPlex på Fetsund skal brukes som fjernvarme i byene. Ved produksjon av grønt hydrogen er oksygen et biprodukt som kan brukes som innsatsfaktor i oppdrettsnæringen, og slam fra landbasert oppdrett kan brukes som gjødsel i grønnsaksproduksjon.

Industriene har ulik grad av teknologisk modenhet og for noen av de vil teknologisk utvikling være en viktig forutsetning. Karbonfangst, bruk og lagring (CCUS) er

foreløpig en mindre moden teknologi(er) hvor teknologiutvikling vil spille en viktig rolle. Battericelleteknologi er også i stadig endring med bruk av nye materialer der teknologisk utvikling kan være viktig. For hydrogen er det spesielt behov for teknologisk utvikling knyttet til transport og lagring.

Tilrettelegging fra myndigheter, offentlig satsning og støtteordninger er viktig for etablering og investeringsbeslutning for flere av industriene, spesielt der det er behov for videre teknologisk utvikling. Dette er spesielt viktig for CCUS, hvor støtteordninger er essensielt for å investere i teknologien og for å bygge opp verdikjeden. For battericelleproduksjon og hydrogenproduksjon spiller også tilrettelegging og offentlig satsning en viktig rolle, blant annet gjennom regjeringens batteristrategi og veikart for grønt industriløft.

Mange faktorer skal være på plass for etablering av kraftkrevende industri

Det er mange forhold som skal være på plass for etablering av ny kraftkrevende industri. Aller viktigst er tilgang til kraft gjennom tilknytning til strømmettet. Videre er høy leveringssikkerhet, og fornybar kraft helt sentralt for flere industrier. For kraftkrevende industrier vil også kraftprisen være av stor betydning for forventet lønnsomhet, og kraften handles gjerne gjennom langsiktige avtaler. De langsiktige forventningene til kraftprisutviklingen, og tilgangen på langsiktige kraftleveringsavtaler vil dermed være viktige etableringsfaktorer. I dagens situasjon er likevel vårt inntrykk at tilgangen på nettkapasitet er viktigere enn kraftprisen.

Kraftkrevende industri har også et betydelig behov for areal, gjerne med tilstrekkelig plass til å kunne gjøre eventuelle utvidelser i fremtiden, og til samlokalisering med aktører i andre deler av verdikjeden. Arealene må også ha nærhet til nødvendig infrastruktur, som havn, flyplass ol.

Alle industriene har også behov for kompetent arbeidskraft. Arbeidskraftintensiteten, og hvilke typer kompetanse som behøves, varierer imidlertid mellom industriene. Andre viktige innsatsfaktorer kan være

ulike typer råvarer og ferskvann og/eller saltvann. For industriene som er basert på umoden teknologi, vil også innsats fra kunnskapsmiljøer være viktig for utvikling av teknologien.

Adgang og nærhet til relevante produktmarkeder er også viktig. For flere av industriene er adgang til det europeiske markedet sentralt.

For øvrig vil også alle andre reguleringer og rammevilkår kunne virke inn på lokaliseringsbeslutningene. Dette inkluderer tidsbruk og risiko knyttet til å få nødvendige tillatelser og konsesjoner og den generelle velvilligheten i lokalmiljøet for å tilrettelegge for industrietableringen.

Viktigheten av de ulike etableringsfaktorene varierer noe mellom industrier

Selv om det er mange fellestrekk mellom industriene knyttet til hvilke faktorer som bør være til stede for etableringer, er det også forskjeller. Figur 4-1 oppsummerer vår vurdering av hvilken betydning ulike beslutningsfaktorer har for de utvalgte industriene.

I figuren er betydningen av de ulike faktorene kategorisert på en tredelt skala fra «mindre viktig» til «svært viktig». Vurderingene er basert på en helhetsvurdering av hver enkelt faktor for hver av de analyserte industriene. Ved å se alle faktorene i et større bilde, relativt til hverandre og mellom industriene, kan vi sin noe om hvilke faktorer som er mer eller mindre viktige for hver industri. Dette betyr ikke at faktorer som er kategorisert som «mindre viktig» ikke spiller inn, men heller at det er andre faktorer som er enda viktigere i etableringen.

Som nevnt innledningsvis er utvalget av industrier basert på hvor kraftkrevende de er. All kraftkrevende industri vil være sensitive til endringer i kraftprisen, men det som betyr noe for lokalisering er den relative langsiktige forskjellen mellom lokasjoner som vurderes, og hvilke andre faktorer som må være på plass. Dersom det er mange andre innsatsfaktorer som må være på plass, kan kraftprisen bli mindre viktig, mens for industrier som har kraft som en av de eneste innsatsfaktorene spiller dette en større rolle.

Figur 4-1: Vurdering av lokaliseringsfaktorer

	Battericelle- produksjon	Grønt hydrogen	Blått hydrogen	Datasentre	Karbonfangst og -lagring	Landbasert oppdrett
Egenskaper ved kraften						
Nettilknytning	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
Kraftpris og nettariff	■□□	■■■	■□□	■□□	■□□	■■■
Fornybar kraft	■■■	■■■	■■■	■□□	■■■	■□□
Leveringssikkerhet strøm	■■■	■□□	■□□	■■■	■□□	■■■
Tilgang på og kostnader ved innsatsfaktorer						
Arbeidskraftintensivt	■■■	■□□	■□□	■□□	■□□	■□□
Kompetanse hos tilgjengelig arbeidskraft	■■■	■□□	■□□	■□□	■■■	■□□
Lønnskostnader	■□□	■□□	■□□	■□□	■□□	■□□
Nærhet til råvarer/råvarepris	■□□	■□□	■■■	■□□	■□□	■■■
Ferskvann- og/eller saltvanntilgang	■□□	■■■	■□□	■□□	■□□	■■■
Tilgang på store arealer	■■■	■□□	■□□	■■■	■□□	■■■
Andre vesentlige forhold						
Havn eller annen transportinfrastruktur	■□□	■□□	■□□	■□□	■■■	■□□
Kunnskapsmiljøer og teknologiutvikling	■□□	■□□	■□□	■□□	■■■	■□□
Støtteordninger/annen tilrettelegging	■■■	■■■	■■■	■□□	■■■	■□□
Markedsadgang EU	■■■	■□□	■□□	■□□	■□□	■□□

I produksjonen av *battericeller* er nettilknytning, fornybar kraft og leveringssikkerhet viktige egenskaper ved kraftleveransen. Utkobling eller avbrudd i krafttilførselen kan gå utover tørkeprosessene, og økt fuktighet kan ødelegge hele produksjonen. Battericelleproduksjon er også svært arbeids- og arealintensiv og har store behov knyttet til dette. I tillegg er det behov for spisset kompetanse mot batteriproduksjon, noe som foreløpig er begrenset i Norge og Europa.. Tilgang til det europeiske markedet, spesielt med EUs satsning på å bygge opp en verdikjede for batterier i Europa, er også viktig.

Produksjon av *grønt hydrogen* er avhengig av to innsatsfaktorer; kraft og vann. Nettilknytning er derfor vesentlig for produksjon, og kraften må være fornybar for at hydrogenet skal klassifiseres som *grønt*. Etersom kraft utgjør den største kostnaden vil kraftprisen spille en viktig rolle i lokalisingsbeslutninger. Hydrogenproduksjon er ikke avhengig av kontinuerlig tilførsel av strøm og kan tilpasse produksjon til avhengig av prisen på kraft. Tilgang på den andre innsatsfaktoren, vann, er også viktig, og det krever avanserte renseteknologier for å klargjøre vannet til elektrolyseprosessen. I dag er markedet for hydrogen lite og hovedsakelig rettet direkte mot industri som bruker dette som en innsatsfaktor. Muligheter for avsetning av produksjonen har derfor vært en viktig etableringsfaktor. På lenger sikt er det forventet at markedene for hydrogen vil videreutvikles blant annet gjennom etablering av infrastruktur og bruk av teknologi som i større grad muliggjør bruk i transportsektoren og i energisystemet. Dette kan imidlertid kreve tiltak fra myndighetenes side.

Blått hydrogen har noen av de samme utfordringene som *grønt hydrogen* når det gjelder muligheter for

transport og avsetning av produktet. En viktig lokaliseringsfaktor er dermed utsiktene til utvikling av infrastruktur som kan benyttes for transport, for eksempel eksisterende gassledningsnett i Nordsjøen. De viktigste innsatsfaktorene i produksjonen er naturgass, fornybar strøm og vann for å spalte naturgassen. Av disse er det størst behov for naturgass, og nærhet til gassanlegg og infrastruktur for å transportere gassen til produksjonsanlegget er en viktig lokaliseringsfaktor. Gassprisen er også av stor betydning, men kan i større grad veltes over på kundene siden gass selges i et globalt marked.

Ved etablering av *datasentre* er den viktigste faktoren nettilknytning og høy leveringssikkerhet på strømmen. Ved avbrudd i krafttilførselen vil et datasenter ikke kunne levere sin tjeneste til sine kunder. Kraftprisendringer gir ikke direkte utslag på lønnsomheten, ettersom forretningsmodellen som regel innebærer at kundene betaler for eget kraftforbruk. Kraftprisene vil likevel være en konkurranseparameter for å tiltrekke seg kunder, og kan dermed påvirke lønnsomheten direkte. Fornybar kraft kan også være et fortrinn ved å tilby datatjenester med lavt karbonavtrykk, men dette er ikke en forutsetning. Datasentre har også et stort arealbehov og tilgang til fiberkabler til Europa og resten av verden er nødvendig for å levere tjenester i et globalt marked. Noen typer datasenter-tjenester krever at senteret er lokalisert i nærhet av store byer, der bruken skjer, mens det for andre mer ordinære tjenester, ikke er et behov. Det er spesielt tjenester knyttet til kommunikasjon og interaksjon som må være lokalisert der brukerne er for å unngå forsinkelser, mens datasentre for lagring eller store datasimuleringer kan lokaliseres andre steder.

I etablering av karbonfangst og -lagring er det ulike behov knyttet til fangst, transport og lagring. Karbonfangstanlegg lokaliseres i tilknytning til store utslippspunkter, mens lagring kan etableres der man har tilgang og infrastruktur for sikker lagring – for eksempel under havbunnen. Nettilknytning er viktig for å kunne gjennomføre prosessene, og det er også viktig at kraften er fornybar for at prosessen skal resultere i reduserte utslipp. Prosessene knyttet til både fangst og lagring av CO₂ er avanserte prosesser som krever høy kompetanse hos de ansatte, selv om sysselsettingsbehovet totalt sett ikke er så høy. Mellom fangst ved et punktutslipp og lagring i havbunnen vil CO₂ gjerne fraktes med skip, og god tilgang til havn eller infrastruktur til sjøen er viktig for å kunne etablere fangstanlegg. Det er fortsatt et stort teknologigap for CCS, spesielt knyttet til lønnsom etablering, og det er i dag et stort behov for støtteordninger for å dekke opp for dette. Etterspørselen etter karbonfangst og -lagring drives av lokale og nasjonale rammevilkår og reguleringer knyttet til utslippsreduksjon og CO₂-prising.

For landbasert oppdrett er kraft og fôr de viktigste innsatsfaktorene, og prisen på disse to står for store deler av driftskostnadene. Leveringssikkerhet på kraften er viktig for å holde riktig temperatur og oksygeninnivå, og for sirkulasjon. Lengre utkobling kan få konsekvenser for hele produksjonen ved at fisken dør. Fisken selges i et globalt marked og relative forskjeller i kraftprisen kan derfor være av stor betydning for lokalisering. Lokalisering i nærhet av fôrproduksjon kan redusere denne kostnaden, men fôr er også en vare som selges globalt og prisen vil påvirke alle tilbydere. Tilgang på vann (salt- eller ferskvann avhengig av hva slags fisk som produseres) og store arealer er også viktig for etableringen av landbasert oppdrett, sammen med infrastruktur for transport av produktene.

4.2 Perspektiver for utvikling i viktige beslutningsfaktorer

Vi har identifisert en rekke faktorer som påvirker beslutninger om etablering og lokalisering av ny

industri. Dette inkluderer blant annet tilgang på rimelig og fornybar kraft, tilstrekkelig og egnet areal, teknologi og kompetanse. Endringer i disse faktorene vil kunne påvirke forutsetningene for etablering av ny industri. Mange av de samme faktorene vil også påvirke utviklingen i kraftforbruk i eksisterende industri, jf. kap. 5. I dette kapittelet redegjør vi for perspektiver for utvikling i viktige beslutningsfaktorer, som kan ha betydning for industrietableringer og kraftforbruk.

4.2.1 Utvikling i kraftmarkedet og nett-tilgang

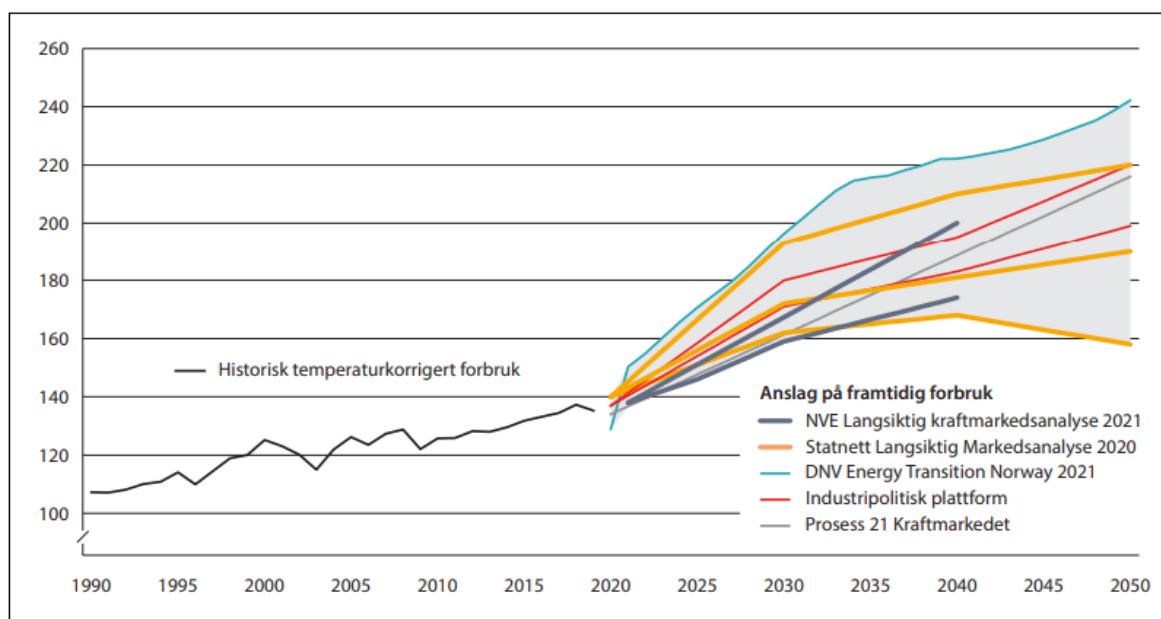
Både kraftproduksjon, kraftforbruk, nettkapasitet og kraftpriser vil ha påvirkning på ny og eksisterende industri. Utviklingen i disse forholdene fram mot 2030 og 2040 vil ha betydning for hvor og når ny industri etableres, hva slags industri som etableres, og hvordan eksisterende industri utvikler seg.

Elektrifisering og økt industriforbruk

Som det fremgår av NOU 2022: 6 – Nett i tide, viser ulike prognoser alle en markant økning i kraftbehovet framover, jf. Figur 4-2. Forventet økning i kraftbehovet er knyttet til planer om elektrifisering og etablering av ny industri. Det er stor usikkerhet i anslagene (Strømnettutvalget, 2022).

NVE anslo i 2021 at kraftforbruket i Norge vil øke fra 138 TWh til 174 TWh i 2040 (NVE, 2021). Dette har også materialisert seg i en betydelig vekst i etterspørselen etter nettkapasitet hos nettselskapene. Mellom 2018 og 2021 har Statnett behandlet tilknytnings saker på 26 000 MW forbruk og produksjon. Nesten 90 prosent av sakene er relatert til industri, hydrogenproduksjon, datasenter, batteri-produksjon, elektrifisering av petroleumssektoren og oppdrettsnæringen (Statnett, 2021b). Initiativene er spredt over hele landet, og særlig i kystnære og befolkningstette strøk er det mange planer for elektrifisering og etablering av ny industri.

Figur 4-2: Ulike anslag for kraftbehovet framover

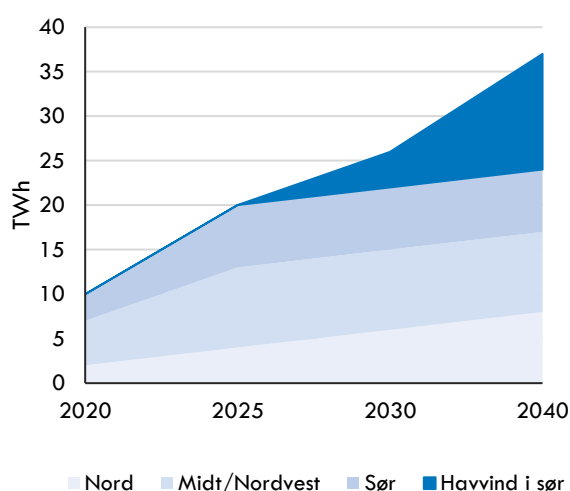


Kilde: Strømnettutvalget, 2021

Kraftproduksjon

I tråd med økt etterspørsel etter kraft er det forventet en økning i kraftproduksjonen. Det er forventet at mye av økningen i kraftproduksjon vil komme fra vindkraft, og da særlig havvind. Forventet utvikling i vindkraftproduksjon fram mot 2040 i Statnetts langsiktige markedsanalyse er vist i Figur 4-3. Fram mot 2025 er det forventet at noe mer landbasert vind vil settes i drift, mens havvind vil stå for den store økningen fram mot 2040 (Statnett, 2020a)

Figur 4-3: Vindkraftproduksjon i norske regioner



Kilde: Statnett, 2020a

I tillegg til vindkraft, er prognosene at det vil bygges ut noe mer vannkraft i Norge, samt solkraft mot 2030 og 2040. Statnett legger til grunn en økning på 12

TWh vannkraft mot 2040 og 10 TWh solkraft. Til sammen estimerer Statnett at kraftproduksjonen i Norge vil øke fra 152 TWh i 2020 til 193 TWh i 2040 og videre til 206 TWh i 2050 (Statnett, 2021 a).

NVE (2021) forventer i sitt basisscenario at kraftproduksjonen vil øke med 28 TWh fram mot 2040, fra 158 TWh til 186 TWh, hvorav 7 TWh er vindkraft til havs.

Økt innslag av variable vind- og solkraftproduksjon er forventet å gi større svingninger i krafttilførselen. Dette kan føre til et større behov for lagringskapasitet, enten i batterier eller andre energibærere. Når det blåser mye er det mulig å lagre overskuddkraften i batterier, eller produsere andre energibærere som hydrogen og ammoniakk. Videre kan batteriene føre strøm tilbake i kraftsystemet når det blåser lite, eller hydrogen kan brukes som en fleksibel energibærer.

Utvikling i nettkapasitet

Tilgang til kraft er den viktigste faktoren for beslutninger om etablering av kraftkrevende industri, og nett-tilgangen er derfor avgjørende. I dag er det begrenset kapasitet til å tilknytte ny industri i de fleste deler av landet. For å imøtekomme fremtidens behov for kraft er det derfor behov for å gjøre investeringer og oppgraderinger av kraftnettet.

I henhold til Statnetts nettutviklingsplan for 2021 planlegges det investeringer og oppgradering av transmisjonsnettet i alle deler av landet. Oppgraderingene skal blant annet legge til rette for elektrifisering og økt forbruk fra ny industri Statnett,

2021b). Statnett anslår nettinvesteringer på 60-100 milliarder kroner og har ambisjoner om å ha et ferdig oppgradert transmisjonsnett på 420 kV i alle områder innen 2040. Planlagt transmisjonsnett i 2030 er vist i Figur 4-4. Ytterligere oppgraderinger er planlagt mellom 2030 og 2040.

I Strømnettutvalgets rapport presenteres flere tiltak for å redusere ledetidene i strømmettet og for å legge til rette for raskere utbygging og tilknytning. Tiltakene omfatter blant annet tidligere involvering av berørte aktører og grundigere forarbeid med søknader og utredninger, utnytte parallelle prosesser hos nettselskapene og konsesjonsmyndighetene, økt bruk av tidsfrister, økt bemanning hos konsesjonsmyndighetene og økt bruk av betingede anleggskonsesjoner. I tillegg foreslås det å innføre prissignaler som vil bidra til å utnytte dagens nett bedre slik at utbyggingsbehovet blir mindre (Strømnettutvalget, 2022). Vi forventer likevel at det vil være knapphet på nettkapasitet i årene fremover mot 2030-tallet.

Det er foreliggende også planer om utbygging av et offshore nett i forbindelse med havvindutbygging i Nord- og Østersjøen. Det er planlagt bygging av vindhub'er med tilknytning til henholdsvis Tyskland, Nederland og Danmark, og Danmark og Polen. Disse vil bidra til økt overføringskapasitet mellom land i 2030, med økning fra 2040. I 2021 ble to nye mellomlandsforbindelser til Tyskland og England satt i drift, noe som har økt utvekslingskapasiteten betydelig, og knyttet vårt kraftsystem nærmere kontinentet.

Figur 4-4: Planlagt transmisjonsnett i 2030



Kilde: Statnett, 2021 b

Utvikling i kraftpriser

NVE (2021) peker i sin langsiktige kraftmarkedsanalyse på at kraftprisene varierer stadig mer på kort sikt, både gjennom året og fra år til år. 2020 var et år med mye nedbør og lave priser, mens 2021 hadde rekordhøye priser. Dette har fortsatt gjennom 2022 og forsterket seg etter Russlands invasjon av Ukraina som har medført økte gasspriser.

NVE påpeker at i deres langsiktige kraftmarkedsanalyse er det den langsiktige utviklingen som vurderes, og de fundamentale endringer som påvirker prisene.

NVE peker på at utviklingen i kraftmarkedet i Europa mot 2040 i stor grad vil bli drevet av klimapolitikk og teknologiutvikling. Som en del av klimaomstillingen skal produksjon og bruk av fossile energikilder erstattes med produksjon og bruk av fornybar kraft. Energi- og kraftsektoren blir dermed mer integrert og forholdet utfor kraftmarkedet vil få enda større innvirkning på kraftmarkedet (NVE, 2021). Klimaomstillingen trekker i retning av høye CO₂-priser og vekst i kraftforbruket. Det gjelder også Norge, noe som isolert sett gir høyere kraftpriser. Samtidig forventes det utbygging av mer kraftproduksjon, noe som vil bidra til reduserte kraftpriser. Det er imidlertid stor usikkerhet knyttet til både forbruksveksten og hvor mye ny produksjon som vil bygges. Dette, og stor usikkerhet knyttet til framtidige gass- kull- og CO₂-priser, bidrar til å øke usikkerheten i framskrivningene.

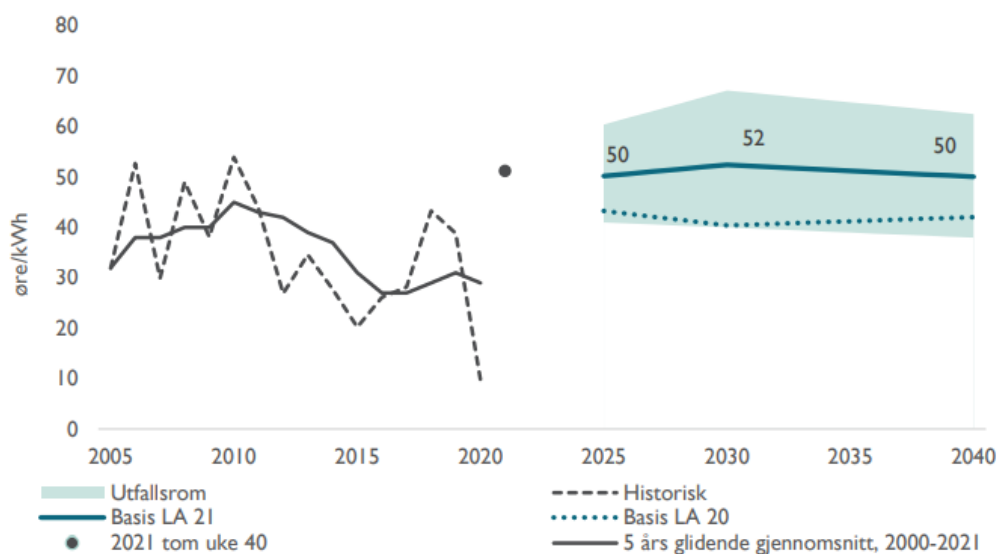
NVE viser til at Norge i et år med gjennomsnittlige værforhold har et kraftoverskudd på 20 TWh. NVE forventer at kraftforbruket fram mot 2030 og 2040 vil øke mer enn produksjonen og at kraftoverskuddet dermed vil reduseres, men at det fortsatt vil være et kraftoverskudd i Norge. NVE peker på at de forventer at både kraftproduksjonen og -forbruket vil variere mye både mellom år og gjennom året (NVE, 2021).

NVE forventer at kraftprisinivået i Norge vil bli høyere framover enn det prisene har vært historisk, jf. Figur 4-5. Hovedårsakene til dette er økt utvekslingskapasitet mellom Norden og Europa og en forventning om vedvarende høye CO₂-priser²¹

²¹ CO₂-prisen ligger i NVEs kraftmarkedsanalyse for 2021 ligger på mellom 40 og 45 øre/kWh. Det er 10 øre/kWh

høyere enn det som ble lagt til grunn i fjorårets langsiktige kraftmarkedsanalyse.

Figur 4-5: Historiske kraftpriser og utvikling i gjennomsnittlig årlig kraftpris i Norge i NVEs basisbane fra 2025 til 2040. Utfallsrommet er gitt av høyere og lavere brensel- og CO₂-priser



Historiske, årlige gjennomsnittskraftpriser i Norge (grå linje) og vektet gjennomsnittlig norsk kraftpris fra 2025 til 2040 i vårt basisscenario i årets analyse (LA 21, blå heltrukket linje) og fjorårets analyse (LA 20, blå stiplede linje). Utfallsrommet rundt basisbanen (blått skravert felt) er gitt av lavere og høyere brensel- og CO₂-priser. Alle priser målt i 2021-kroner.

Kilde: NVE, 2021

Høye gass- og CO₂-priser er viktige årsaker til de høye kraftprisene i dag. Forventningen om høye gass og CO₂-priser er en viktig årsak til at NVE forventer at den årlige gjennomsnittsprisen i Norge vil øke mot 2030. Mellom 2030 og 2040 anslår NVE at de årlige gjennomsnittlige kraftprisene i Norge faller, særlig i Sør-Norge. Det henger sammen med at fornybarandelen i landene rundt oss er forventet å øke, samtidig som det bygges mer sol- og vindkraft i Norge. Dermed får CO₂-, kull- og gassprisene mindre innvirkning på kraftprisene i Europa og i Norge mot 2040 (NVE, 2021).

NVE legger til grunn i sin analyse at det vil være en betydelig mengde elektrolysekapasitet i det europeiske kraftsystemet i 2040, og at elektrolysere produserer hydrogen når kraftprisene er lave. Dette trekker kraftprisene i Europa opp i de timene kraftprisene ellers ville vært lave. Kraftforbruk til hydrogenproduksjon blir dermed prissettende i Europa i en betydelig andel av tiden i 2040 (NVE, 2021). Videre forutsetter NVE at gasskraft, batterier og forbrukerfleksibilitet vil være viktige kilder til fleksibilitet i kraftsystemet i Europa i 2040, og at hydrogenkraftverk vil bidra til å dekke noe av forbruket i perioder med lite vind- og solkraft. NVE forventer også at prisforskjellene mellom nord og sør i Norge vil reduseres mot 2040. Planlagte investeringer i nettet mellom nord og sør i Sverige, ny produksjon sør i Norge og Sverige og økt fornybar kraftproduksjon i Europa bidrar til å trekke ned prisnivået i Sør-Norge. Etablering av ny industri og elektrifisering

av transportsektoren forventes samtidig å føre til økt kraftforbruk i nord (NVE, 2021).

4.2.2 Utvikling i andre innsatsfaktorer

Utvikling i tilgang til areal

Kraftkrevende industrier har behov for store areal, som er en knapp ressurs. Nye industrietableringer vil derfor avhenge av tilgangen til arealer. Nye etableringer innebærer at områder omdisponeres til nye formål, både for selve industritomten, men også for å bygge ut nødvendig infrastruktur. Nye industrier vil konkurrere om de mest attraktive arealene. Tilgang til areal for industriformål i fremtiden begrenses av politiske prioriteringer og beslutninger om jordvern og naturvern, også fordi industrier innebærer behov for kraftledninger som kan medføre miljøingrep og nedbygging av naturområder.

Det er fylkeskommunenes og kommunenes overordnede planer for arealbruk som vil være avgjørende for tilgjengeligheten av areal til nyetableringer av industri. Regjeringen varsler i sin strategi for grønt industriløft at det er satt i gang arbeid med metoder for hvordan det skal føres naturregnskap som vil være viktig i fremtidig prioritering av arealbruk.

Noe som bidrar til å skape usikkerhet for nye industriaktører er ventetid på behandling av konsesjonssøknader, prosesser for regulering og utredninger, kø for tilgang til nettkapasitet og lignende. Regjeringen vil iverksette tiltak for å effektivisere disse prosessene, noe som kan bidra til

økt forutsigbarhet for industriaktører som ønsker å etablere seg. Samtidig har det alltid vært, og vil sannsynligvis alltid være stor oppmerksomhet og konfliktpotensial knyttet til arealdisponering til industriformål, da arealene alltid har en alternativ verdi. Det er derfor viktig med gode og involverende prosesser i slik saker. Vi forventer at prosessene for regulering av areal til industriformål, og til nødvendig infrastruktur som kraftledninger, vil være tidkrevende også i fremtiden.

Utvikling i arbeidskraft og kompetanse

Etablering av nye industrier forutsetter tilgang til kompetent arbeidskraft, og kompetansebehovet forandrer seg i takt med den teknologiske utviklingen. Dette fører også til behov for kompetent arbeidskraft i eksisterende industri.

Ifølge NHO er industrien en av de bransjene der bedrifter opplever størst vansker med å rekruttere arbeidskraft (NHO, 2021). Framskrivninger for den demografiske utviklingen tilsier at mangel på arbeidskraft også kan være tilfelle i fremtiden, på grunn av eldrebølgen og redusert utenlandsk rekruttering. Som et tiltak for å imøtekomme kompetansebehovet i fremtidens industri jobber Norsk Industri med å kartlegge kompetansebehov og utarbeide kunnskapsgrunnlag som kan gi føringer for fremtidig kompetanse- og utdanningspolitikk. Kompetansebehovsutvalget arbeider også med å vurdere Norges fremtidige kompetansebehov. Regjeringen varsler i veikart for grønt industriløft at det vil settes inn tiltak for å sikre tilgang til kompetent arbeidskraft gjennom kontinuerlig kompetanseutvikling og aktiv inkluderingspolitikk (Nærings- og fiskeridepartementet, 2022a).

Mange av de nye industriene har behov for arbeidstakere med liknende kompetanse, og dette inkluderer særlig ulike typer tekniske fagarbeidere og ingeniører som kan drifte og utvikle prosessene, i tillegg til spisskompetanse på spesifikke teknologier, og forskerkompetanse som kan utvikle teknologiene videre. Digitalisering og automasjon gir også et økt behov for IT-ingeniører, som det allerede er stor mangel på i dag. Denne type arbeidskraft kan fremskaffes gjennom utdanning av nye kandidater, ved kursing og etterutdanning av arbeidstakere som har jobbet i liknende næringer eller gjennom arbeidsinnvandring.

I dag er en betydelig andel av Norges tekniske fagarbeidere, ingeniører og forskere bundet opp i svært lønnsom petroleumsvirksomhet. Utviklingen i denne industrien vil ha stor betydning for tilgjengeligheten av arbeidskraft til nye industrier. Ved fortsatt høy aktivitet i oljesektoren kan vi forvente

at tilgangen på arbeidskraft vil være lav, relativt til andre land. Ved en nedgang i sektoren, som sammenfaller med utviklingen av nye næringer, kan det forventes at tilfanget av kandidater vil være større.

Etablering av tilpassede utdanningsløp og studieretninger vil også kunne øke tilfanget av relevant arbeidskraft. Utdanningssektoren, ved universitets- høyskole- eller fakultetstyret, har selv autonomi når det gjelder fastsettelse og prioritering av ulike studieprogram, gjennom egne forskrifter for hver skole. Etterspørselen fra kandidatene er en av flere viktige faktorer i prioriteringen. Næringslivsorganisasjoner som NHO har vært bekymret for at utdanningene ikke i stor nok grad tar innover seg næringenes behov for arbeidskraft.

Utdanningssektoren ønsker på sin side å tilby relevante og etterspurte utdanninger som står seg i det lange løp. I en internasjonal kontekst har Norge også en høy andel ferdigutdannede som går ut i arbeid relevant for utdanningen i ung alder, jf. St. Meld nr. 16 (2016-2017)²²

Det er flere forskningsmiljøer, studiesteder og fagskoler som har tett kontakt med næringslivet og som har tilpasset sine tilbud til den nye utviklingen. For eksempel tilbyr Universitetet i Stavanger den første norske utdanningen innen batteri- og energiteknologi fra 2022. På NTNU tilbys en rekke studier som er tilpasset det fremtidige kompetansebehovet i industrien, som for eksempel bachelorgrad i fornybar energi, mastergrad i bærekraftig kjemisk og bio-kjemisk teknikk, master i industriell kjemi og bioteknologi og spesialisering i energilagring, batteri og hydrogen på masterprogrammet materialteknologi. Høgskulen på Vestlandet tilbyr master i bærekraftig energiteknologi og bachelor i miljøteknologi og industriell kjemi, samt videreutdanning i hydrogenteknologi. På universitetet i Oslo tilbys master i fornybare energisystemer, samt fag innen hydrogenteknologi og batteriteknologi. Slike studieretninger dukker stadig opp på de fleste universiteter og høyskoler i Norge. Gitt at utviklingen fortsetter, og det etableres flere typer stor ny industri i Norge, forventer vi også et økt tilbud av tilpasset utdanning og kompetanseheving innenfor disse industriene.

Utvikling i industrispesifikke faktorer

Utvikling i industrispesifikke faktorer og forhold kan være viktig for både eksisterende industri og etablering av nye industrier. For batteriproduksjon er utviklingen i tilgang til råvarer og mineraler viktig, herunder tilgang til kobolt, grafitt, litium og platina-gruppemetaller (sistnevnte er også viktig i hydrogenteknologi). Geologiske undersøkelser av tilgang til

²² (Kunnskapsdepartementet, 2017).

kritisk råmaterialer i Norge og Norden finner at det er et stort potensial for ytterligere produksjon av kritiske mineralressurser som er nødvendig i grønn industri (Nordic Innovation, 2021). Dersom det igangsettes utvinning og produksjon av disse innsatsfaktorene i stor skala, kan det være avgjørende for valg om å etablere industrier i Norge.

For produksjon av blått hydrogen er tilgang til naturgass en forutsetning. Oljedirektoratet anslår at av de samlede utvinnbare petroleumsressursene er omtrent halvparten produsert, og det er fortsatt et stort potensial for petroleumsvirksomhet i Norge (Oljedirektoratet, 2021). Etablering av produksjon av blått hydrogen vil avhenge av utviklingen i tilgang til og pris på naturgass. IEA spår at den globale etterspørselen etter gass vil fortsette å øke, og være 15 prosent høyere i 2030 enn i 2020 (IEA, 2021b). Gassprisene har vært historisk høye i 2021 og 2022, men IEA forventer at disse prisene er midlertidige. Økt etterspørsel og økt oljepris kan presse gassprisene oppover. Det er imidlertid stor usikkerhet knyttet til fremtidige priser. Strammere klimapolitikk kan redusere etterspørselen etter naturgass og dermed dempe presset, slik at prisene ikke øker like mye som først antatt.

Utvikling i transportmuligheter er også en viktig faktor som kan påvirke hydrogenproduksjon. Fordi hydrogen er utfordrende og dyrt å frakte, kan utviklingen i transportmuligheter påvirke mulighetene for hydrogenproduksjon. For eksempel kan hydrogen transporteres gjennom gasseksportørledninger, men dette krever ledig kapasitet. I dag finnes det omtrent 4 500 km hydrogenrørledninger som i hovedsak driftes av hydrogenprodusentene i USA, Belgia, Tyskland, Frankrike og Nederland (DNV GL, 2019a). Det er foreløpig begrensede muligheter for transport av hydrogen ved bruk av skip, men dette er noe som er under utvikling.

Videre er produksjon av hydrogen fra naturgass avhengig av CCS for å kunne kategoriseres som blått, og mulighetene for produksjon vil derfor bevege seg i takt med teknologiutviklingen for CCS. Utvikling av CCS vil påvirkes av insentivene til å satse på denne teknologien, som igjen påvirkes av hvilke krav som stilles til reduksjon av klimagassutslipp og priser på utslippskvoter. Høye kvotepriser og strenge reguleringer øker etterspørselen etter løsninger for karbonfangst og -lagring, og mulig påvirkning av reguleringer og virkemidler er beskrevet i mer detalj videre.

4.2.3 Teknologi-, regulerings- og markedsutvikling **Teknologiutvikling**

Både i nye og eksisterende industrier pågår det kontinuerlig kunnskaps- og teknologiutvikling for å optimere produksjonsprosessene og redusere energi-

bruk og andre kostnader. Noen av de nye industriene er basert på relativt umoden teknologi der det er utsikter til kostnadsreduksjoner og økt effektivitet, og hvor investeringer i teknologiutvikling er en viktig konkurranseparameter. Ved større endringer i teknologi kan dette også påvirke behovet for innsatsfaktorer, markedsmuligheter og andre viktige lokaliseringfaktorer.

For datasentre vil utviklingen i kjøleteknologi kunne være særlig viktig. Utvikling i andre teknologier som skytjenester, IoT (Internet of Things) og sensorteknologi vil også være viktige utviklingstrekk for datasenter (Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2021).

Det er for tiden stor satsing på teknologiutvikling innenfor hydrogen, blant annet med mål om kostnadsreduksjoner, nye anvendelsesområder og sikkerhet i transport og lagring. Enkelte teknologier som alkalisk elektrolyse og proton elektrolytt membran elektrolyse er modne teknologier i produksjon av hydrogen. Det jobbes også med å utvikle andre teknologier som fastoksid brønsceller, samt utvikling av teknologi for hydrogenkjøretøy som kan skape nye markedsmuligheter og øker etterspørselen etter hydrogen (DNV GL, 2019a).

CCS er også en umoden og lite lønnsom teknologi som fortsatt er avhengig av betydelig offentlig støtte. Det er nå særlig behov for implementering og utprøving av teknologien for å få ned kostnadene. På Mongstad ligger verdens største anlegg for testing og utvikling av teknologier for CCS. En rekke norske og internasjonale aktører samarbeider om å teste nye teknologier fra hele verden, som kan benyttes til karbonfangst fra industrielle anlegg. Det synes å være økende oppslutning om at CCS vil bli en viktig klimateknologi i industrien fremover. Forventninger om betydelig økte CO₂-priser, sammen med teknologiutvikling, gir utsikter til at teknologien kan bli kommersiell lønnsom. I et slikt scenario, kan det bli storstilet utbygging av slik teknologi ved viktige punktutslipp.

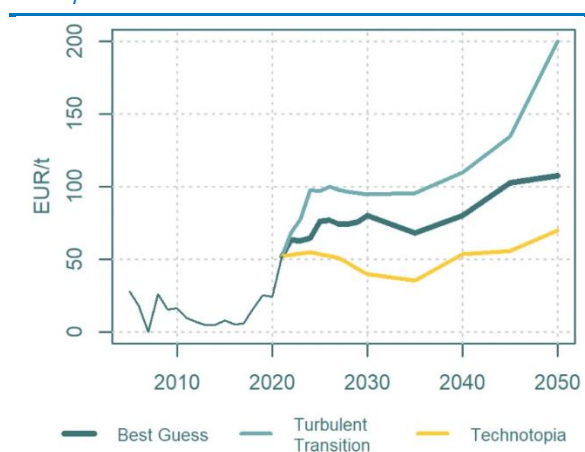
Utvikling i regulering, støtteordninger og virkemidler

Endringer i nasjonale og europeisk reguleringer og støtteordninger vil påvirke hva slags industri som etableres og hvor. Det vil også kunne påvirke utviklingen i dagens industri og deres prosesser. Dagens politikk og strategier ble beskrevet i kapittel 2 og gjennomføringen av disse vil ha stor betydning framover. Utviklingen i støtteordningene beskrevet i samme kapittel, rammene for disse og eventuelle nye støtteordninger vil påvirke de økonomiske rammene for ny industri og omstilling av eksisterende industri.

Utviklingen i EUs kvotemarked og tilsvarende CO₂-skatt for ikke-kvotepliktig sektor er den viktigste påvirkningen. Themats prognoser for kvoteprisen i tre ulike scenarioer er vist i

Figur 4-6. Prognosen i 2050 ligger mellom 70 og 200 euro per tonn, med basisscenario like over 100 euro (THEMA, 2021). Disse prognosene er fra oktober 2021, men siden da har prisen økt fra rundt 60 euro, til over 80 euro per tonn. Dette kan tale for høyere vekst fram til 2030 enn Themas basisscenario. Kvotepreisen vil både påvirke etterspørselen etter karbonfangst og -lagring og alternative energibærere som hydrogen og ammoniakk. Påvirkningen av kvotepreisen på eksisterende industri vil være begrenset fram til 2030 med dagens kompensasjonsordning. Dersom dagens ordning for CO₂-kompensasjon til industrien ikke videreføres eller endres etter 2030 kan derimot kvotepreisen påvirke om og når eksisterende industri vil elektrifisere, endre til andre energibærere eller investere i karbonfangst, om på alle disse måtene endre sitt kraftbehov.

Figur 4-6: Prognoser for den europeiske kvotepreisen i euro/tonn



Kilde: THEMA, 2021

Tydelige politiske prioriteringer og virkemiddelbruk reduserer risiko og har potensielt stor påvirkning på industriplaner og sannsynligheten for realisering. Regjeringen har blant annet tydelige ambisjoner for satsing på blant annet verdikjeden for batteri, hydrogen og karbonfangst og lagring, og er også innstilt på å ta i bruk kraftige virkemidler for å realisere dette. 17. august ble det for eksempel klart at staten gjennom SIVA går inn med 480 millioner kroner i et felles eiendomsselskap som skal bygge batterifabrikken Morrow i Arendal.

Regjeringens veikart for grønt industriløft trekker fram en rekke initiativer og prosesser som skal bidra til omstillingen av eksisterende industri og oppbygging av ny industri. Veikartet gir føringer på hva som vil satses på politisk i årene framover og hva slags virkemidler og støtteordninger som kan komme, og bidrar slik til å redusere risiko ved investering i de særlige innsatsområdene.

Om, når og hvordan målene i veikartet gjennomføres vil ha påvirkning på en rekke forhold som er diskutert

her. Eksempler på prosesser som presenteres i veikartet er en mineralstrategi, gjennomgang av virkemiddelapparatet for å spisse innsatsen mot grønn omstilling, utvikling av et strategisk industrielt partnerskap med EU og andre relevante land, kartlegging av markedsmulighetene for hydrogen, økt satsning på «mer og grønnere maritim eksport», og satsing på bioenergi og avanserte biodrivstoff i transportsektoren. Omfanget av disse strategiene og satsingene vil påvirke både etablering av de ulike typene ny industri og utviklingen av eksisterende industri.

I veikart for grønt industriløft trekkes det også fram spesifikke planer for utvikling av industriarealer. Blant annet skal det utarbeides en veileder om krav til lokalisering, arealvurderinger og utredninger og det skal legges fram en strategi for klargjøring av grønne industriområder og industriparker. Når denne veilederen og strategien er på plass, og det er klart hva disse inneholder, vil det kunne ha stor betydning for lokalisering av ny industri.

Utvikling i markedsetterspørsel

Utvikling i kunders preferanser og adferd vil påvirke etterspørselen etter nye produkter. Dette gjelder spesielt produkter som kan bidra i overgangen fra fossilt til fornybart, enten som energilagring eller energibærere. Det er for eksempel forventet stor økning i etterspørselen etter batterier og hydrogen framover. Denne utviklingen har man allerede sett gjennom en sterk vekst i kjøp av elbiler, drevet av momsfratak for kjøp av elbiler.

Ny regulering og endrede kundepreferanser kan også innebære endrede krav til produksjonsmåte og innsatsfaktorer i produksjonen. Industrien produserer i all hovedsak produkter som inngår i produksjonen hos andre næringer, og i liten grad direkte til sluttbrukere. Endrede preferanser hos sluttkundene vil dermed påvirke industrien indirekte, men kan like fullt ha stor effekt. Bruk av livsløpsanalyser og økt fokus på den totale klima- og miljøpåvirkningen av sluttprodukter, kan øke etterspørselen etter og/eller verdien av produkter som er produsert med lavere utslipp. Dette kan gi industrien økte insentiver til overgang fra bruk av fossile energikilder til fornybar kraft i produksjonen. Merkeordninger og regulering vil også ha slike effekter, og hvilke insentiver som gis vil avhenge av hvordan reguleringen/merkeordningen innrettes.

Påvirkning gjennom finansmarkedene kommer ofte før kundene rekker å reagere. Klimarisiko blir vurdert på samme måte som annen risiko og rapportering på ESG blir viktigere for investeringsbeslutninger. Ved investeringsbeslutninger kalkuleres fremtidig risiko inn i totalbilde av et selskap eller en investering. Forventninger om at selskapet vil få høye kostnader

ved utslipp, miste markedsandeler som følge av grønn omstilling eller andre forhold, vil øke risikoen ved investeringen. Gjennom EUs taksonomi, andre reguleringer og initiativer kommer det stadig flere krav til at selskap skal rapportere på bærekraft og klimarisiko. Gjennom slike reguleringer og mer standardisert rapportering får investorer mer informasjon om risikoen, og bærekraft blir en viktigere del av investeringsbeslutninger.

Konjunkturer og større svingninger i markedene vil også påvirke utvikling av nye næringer og produksjon i eksisterende industri. I lavkonjunkturer faller både etterspørselen etter sluttprodukter og investeringene i produksjonen, og produksjonsnivåene vil falle som et resultat. Med fallende produksjon vil også kraftforbruket i industrien falle tilsvarende. Slike fall er spesielt synlige i større globale økonomiske kriser, som for eksempel finanskrisen i 2008. Rundt 2008 så man et kraftig fall i kraftforbruket i industrien fra 50 til 40 TWh. Det er først i 2021 at kraftforbruket i industrien er på samme nivå som før finanskrisen.

Markeder for ulike produkter vil utvikles ulikt, både basert på hva slags type produkt det er, hva slags marked det selges i og andre faktorer. Dette har også stor betydning for kraftforbruket i den enkelte industri. Forventet markedsutvikling for hver av de nye industriene ble beskrevet under hver industri i kapittel 3.

4.3 Norges forutsetninger for industrietablering

Norge er en energinasjon med en betydelig kraftkrevende industri, og gode forutsetninger for etablering av ny industri. Dette reflekteres også av alle initiativene for nyetablering, som dekker et bredt spekter av kraftkrevende virksomhet. Samtidig er mange av planene umodne og usikre – noe som også gir stor usikkerhet om det samlede kraftbehovet og nytten av økte investeringer i kraftproduksjon og overføringskapasitet.

Hvor mange av initiativene som vil realiseres avhenger av om rammebetingelsene for slik industri i tilstrekkelig grad er til stede i Norge – sett i forhold til andre land. Internt i Norge vil også etablering avhenge av rammebetingelsene ved ulike lokasjoner. Som beskrevet i kapittel 0 vil en vurdering av de samlede rammebetingelsene inkludere en rekke forhold, og ta innover seg både tilgang og kostnader for viktig infrastruktur og innsatsfaktorer, markedsmuligheter, tilgang på finansiering, inkludert offentlige støtteordninger og andre regulatoriske forhold som tillatelser.

Det er også avhengigheter mellom etablering av ulike industrier – disse vil konkurrere om viktige

innsatsfaktorer, men kan også inngå som ledd i lengre verdikjeder, og slik gi gjensidige muligheter. I det videre drøfter vi i hvilken grad de viktigste forutsetningene for industrietablering er til stede i Norge. Dette inkluderer også en vurdering av industriens sensitivitet til kraftprisøkninger.

4.3.1 Ulike forhold ved kraften

Fornybar kraft, forutsigbar strømleveranse og relativt lave strømpriser gjør Norge attraktivt for kraftkrevende industri. Lite ledig nettkapasitet og lange ledetider begrenser likevel potensialet:

Tilgang på fornybar kraft har vært Norges fremste fortrinn – men ressursen er i ferd med å bli knapp

Norge har hatt svært god tilgang på fornybar kraft, noe som også reflekteres i næringsstrukturen med en relativt stor kraftkrevende prosessindustri i landet. De fleste år har Norge hatt et kraftoverskudd, med netto eksport til utlandet. Norge har i tillegg fordel av at kraftproduksjonen er fornybar og i stor grad regulierbar. Det er også god forsyningsikkerhet i kraftsystemet, og et kaldt klima som reduserer behovet for kjøling og energibruk. Denne typen egenskaper ved kraftforsyningen har økende verdi.

Som beskrevet i kapittel 4.1.1 er det for flere av de nye industriene helt sentralt at produksjonen kan være basert på fornybar kraft – fordi etterspørselen er knyttet til sluttproduktets bidrag til omstillingen av økonomien. Batteriproduksjon og produksjon av grønt hydrogen er to eksempler på dette, men det gjelder også eksisterende industri som produserer materialer som aluminium og silisium. Ettersom få land i verden har like høy fornybarandel i sin kraftproduksjon, gir det Norge et unikt fortrinn for etablering av industrier som forutsetter fornybar kraft som innsatsfaktor. Dette støttes i intervjuer med næringsparker, som opplever at tilgangen til fornybar kraft er svært attraktiv for aktører som vurderer ulike lokasjoner for sine industriplaner. Samtidig finnes det et effektivt marked for opprinnelsesgarantier, og også andre finansielle produkter, som kan benyttes for å dokumentere fornybart kraftforbruk i henhold til etablerte protokoller og standarder. Dette reduserer det absolutte fortrinnet knyttet til Norges fornybare kraftsystem, og gjør det mulig å kompensere for en fossil energimiks ved kjøp av garantier og langsiktige kraftavtaler. Den videre utviklingen og bruken av slike ordninger, vil kunne ha betydning for i hvilken grad fysisk lokalisering nær fornybar kraftproduksjon vil anses som et konkurransefortrinn i fremtiden.

Høy leveringspålitelighet i kraftforsyningen er også en ettertraktet egenskap som gir Norge et fortrinn overfor land med mindre utviklede kraftsystem. Dette har vært svært viktig for den kraftkrevende prosessindustrien, og er også avgjørende blant annet ved etablering av datasenter som har kontinuerlige

tjenesteleveranser, og blå hydrogenproduksjon som også omfatter store prosesser der det er kostbart med avbrudd.

Selv om Norge har relativt god tilgang på fornybar kraft, er etterspørselen stadig økende, både som følge av ny industrietablering og elektrifisering. Mange steder er det begrensninger i nettet og behov for nettforsterkninger i transmisjon- og regionalnett for å kunne tilknytte planlagte forbruk. Nettinvesteringer i transmisjon- og regionalnett har lange ledetider – gjerne lenger enn den virksomheten som skal tilknyttes.

I områder i Norge med reelle begrensninger i nettkapasitet, utgjør dette en sentral barriere for etablering eller utvidelse av alle typer kraftkrevende industri. Uvisshet om tilgjengelighet av en så sentral innsatsfaktor, innebærer at det ikke kan fattes investeringsbeslutninger, og at det vil være risikabelt å planlegge prosjekter i slike områder. For internasjonale aktører som vurderer lokalisering i flere land, er det etter vår forståelse avgjørende med en garanti for krafttilgang på idriftsettelsestidspunktet, noe som i praksis innebærer at nettkapasitet må være på plass, eller at det må være gitt konsesjon. Før kapasitetsøkende tiltak i nettet er på plass, utgjør dette trolig den viktigste begrensningen for utvikling av industri i kystnære områder – der forholdene ellers ligger til rette for etablering av industri. Dette innebærer på den andre side at aktører og næringsparker som i dag kan tilby nødvendig nettkapasitet har et viktig fortrinn i konkurransen om industrietableringer.

Veksten i kraftforbruk skjer imidlertid ikke bare i Norge, men globalt og i landene rundt oss. I mange land er det liknende situasjoner som i Norge, med manglende nettkapasitet, og utfordringer med å utvikle nettet i tide til å tilknytte planlagt industri. I en situasjon der nettkapasitet er et knapphetsgode i alle land eller områder som er aktuelle for etablering, vil det bli en relevant faktor å vurdere hvor det er forventet at nettkapasiteten kan komme på plass raskest for industriaktøren. Strømnettutvalget har foreslått en rekke tiltak for å redusere ledetider ved planlegging og utbygging av regional- og transmisjonsnett, nettopp med tanke på å kunne redusere gapet i tid mellom nett og industri-etableringer. Dersom det lykkes å redusere ledetidene for nettutbygginger vil det kunne ha betydning for Norges attraktivitet som lokasjon for ny kraftkrevende industri.

Forventninger om relativt lave kraftpriser på lang sikt, gjør også Norge attraktivt

For nye industriaktører som vurderer etablering i Norge (eller et annet sted) er det forventningene til *langsiktige relative priser* som har betydning for lokaliseringsbeslutningen. Med relative priser menes kraftprisene i hjemmemarkedet relativt til prisene i markedene hvor konkurrentene er lokalisert.

Flere av industriene som analyseres her opererer i internasjonale markeder. Basert på intervjuer med industri og utviklere av næringsparker, fremgår det likevel at det relevante markedet for en del nye industrier i praksis er Europa. Aktører innenfor disse industriene, som vurderer lokalisering i Norge, vil sjelden vurdere lokalisering utenfor Europa. Det er dermed de samlede rammevilkårene ved ulike lokasjoner i Europa som vurderes. For enkelte industrier eller nasjonale aktører kan det aktuelle nedslagsområdet være enda snevrere – der det kun er lokalisering i Norge, eller til og med i en spesifikk region som er aktuelt.

Implikasjonen av dette er at kraftprisøkninger som forventes å skje i hele Europa i liten grad vil vri konkurransen og påvirke lokaliseringsvalg mellom Norge og andre (europeiske) land. Bakgrunnen er at slike kostnadsøkninger – som treffer alle konkurrenter i et marked, kan overveltes på kundene gjennom høyere priser på sluttproduktene.²³ Derimot vil eventuelle kostnadsøkninger som kun forventes i Norge kunne påvirke lokaliseringsvalg. Gitt at aktørene er en del av velfungerende produktmarkeder, vil det ikke være mulig å overvelte slike kostnadsøkninger på kundene, uten å tape i konkurransen. I et slikt tilfelle ville økninger i kraftprisen hatt store negative utslag på aktørens resultat. Forventninger om en slik utvikling vil derfor redusere sannsynligheten for etablering i Norge.

Norge har historisk hatt lave kraftpriser relativt til andre land. Sammen med god tilgang på fornybar kraft har dette vært et viktig grunnlag for en betydelig kraftkrevende industri. Selv med høye kraftpriser i Sør-Norge i 2021 og 2022, har prisen fortsatt vært lavere enn resten av Europa. Prognoser for kraftprisen fremover anslår at norske priser kommer til å normalisere seg på et høyere nivå enn tidligere, men at de fortsatt vil være noe lavere enn i Europa, jf. kapittel 4.2.1. Videre at årsakene til de høye prisene er å finne i de globale markedene og i stor grad er resultat av forhold som treffer hele Europa, og ikke bare Norge. Basert på prognosene er det dermed ingen indikasjoner på at prisene vil øke her relativt til Europa.

²³ I den grad slike prisøkninger i produktmarkedene forventes å gi seg utslag i redusert etterspørsel, kan det likevel redusere incentivene til etablering. En etablert

industriaktør nevner for eksempel at prisøkningene de har måttet gjøre på egne sluttprodukter kan innebære at deres kunder må redusere egen produksjon.

Ettersom kraftkrevende industri har svært høyt kraftforbruk, er det også vanlig at slike aktører inngår langsiktige kraftkontrakter før investeringsbeslutning fattes. Aktørene ville ellers hatt stor risikoeksponering mot endringer i kraftprisen, der prisøkninger som kun skjer i hjemmemarkedet vil gå rett utover bunnlinjen. Dermed vil den relevante beslutningsfaktoren i realiteten være i hvilket land eller område aktøren får det beste tilbudet om en langsiktig kraftleveringsavtale.

I Norge har det stort sett vært god tilgang på langsiktige kraftavtaler for forbruk. Noe av forklaringen på dette er sannsynligvis knyttet til at husholdningene i Norge i liten grad sikrer sine strømlleveranser, mens produsentene har et større ønske/krav om å sikre sine leveranser. Det har derfor vært et stort tilbud av langsiktige kraftkontrakter og mulig for de store industrikundene å inngå gunstige avtaler. Flere store industriaktører vi har snakket med opplyser at de har sikret opp mot 80 prosent av sitt kraftforbruk gjennom langsiktige kraftpriskontrakter. De ønsker ikke å oppgi varighet og pris for disse kontraktene av konkurransehensyn. Alcoa opplyser i sin årsrapport at de i 2017 sikret 50 prosent av bedriftens kraftforbruk i Lista og Mosjøen gjennom langsiktige kraftpriskontrakter for perioden 2020 til 2035, men de resterende 50 prosent kjøpes gjennom kortsiktige kontrakter (Alcoa, 2022b).

Diskusjonen over kan tyde på at nye industriaktører ikke er så sensitive til kraftprisøkninger, gitt at økningen treffer hele Europa. Med de store prisdifferansene vi har sett innenlands, kan det likevel være at dette vil påvirke lokaliseringen mellom nord og sør. Enkelte industriaktører har uttalt at de ikke ville ønsket å etablere seg i Sør-Norge dersom de visste at prisene skulle bli så høye som de har vært

gjennom 2022. I hvilken grad denne prisdifferansen faktisk er bestemmende for lokaliseringsbeslutningene for ny industri vil blant annet avhenge av aktørens og markedets forventninger om varighet av dagens prisbilde, og tilgang og vilkår i langsiktige kraftpriskontrakter. Det er ikke uvanlig at prisen på langsiktige kraftkontrakter korrelerer med utviklingen i spotprisen. I nord kan det altså være muligheter til å inngå langsiktige kraftleveringsavtaler til lavere priser enn det som for tiden er mulig i sør.

Det er krevende å skille mellom betydningen av kraftpris, og betydningen av kraftens andre egenskaper – tilgang, forsyningssikkerhet og fornybarhet. I intervjuer med nettselskap, gjennomført i forbindelse med utredninger Oslo Economics gjorde for Strømnettutvalget, kom det frem at den store strømmen av henvendelser om tilknytning har flyttet seg fra områder med begrensninger, til områder med mer ledig kapasitet. Det innebærer blant annet at initiativene har flyttet seg nordover, der det både er mer tilgjengelig kapasitet i nettet i enkelte områder, og kraften for tiden er betydelig billigere. Vår forståelse er at den viktigste årsaken til dette er knyttet til krafttilgang heller enn til kraftpriser. Vi kan likevel ikke utelukke at også prisbildet er noe av bakgrunnen for utviklingen.

Prognosene fremover tilsier at Norge fortsatt vil ha noe lavere kraftpriser enn landene rundt oss. Sannsynligvis vil vi også ha god tilgang på langsiktige kraftleveringsavtaler for industrien. Dersom markedsaktørene deler denne forventningen, vil det være et viktig konkurransefortrinn også i tiden fremover. Varigheten på dette fortrinnet vil imidlertid avhenge av utbyggingen av ny kraftproduksjon og nett, og antall industriaktører som etablerer seg, jf. diskusjonen i kapittel 4.3.4.

Nærmere om sensitiviteten til kraftprisendringer for lokaliseringsvalg i ulike nye industrier

De ulike industriene har noe ulike kraftintensitet i produksjonen, og retter seg mot ulike markeder. De kan derfor ha noe ulik sensitivitet til endringer i kraftpris. Som beskrevet i kapittel 4.1.1 vil det være de langsiktige prisforventningene i Norge, relativt til alternative lokasjoner, som har betydning for lokaliseringsvalg. Her tar vi utgangspunkt i dagens situasjon, der kraft- og energipriser har økt betydelig i hele Europa, og også i store deler av verden.

Batteriproduksjon er sannsynligvis den av de nye kraftkrevende industriene som har minst følsomhet for endringer i kraftpris, ettersom slik virksomhet har mange andre innsatsfaktorer og også en rekke behov til infrastruktur og kompetent personell. Videre er det tydelig at den relevante konkurransen er mot aktører i Europa, som for tiden også treffes av de samme kostnadsøkningene, som Norge.

Datasenter har trolig høyere sensitivitet til endringer i kraftpris, som følge av at kraft er en av få, viktige innsatsfaktorene i produksjonen. Videre opererer datasenter i et enda mer globalt marked med færre begrensninger på hvilke lokaliseringer som er aktuelle. Datasenter kan dermed i større grad vurdere etablering der krafttilgangen er best og billigst. En utvikling mot investeringer i mindre datasenter som lokaliseres nærmere befolkningen og «*The Internet of Things*» vil redusere sensitiviteten til kraftprisendringer, men vil sannsynligvis også redusere sannsynligheten for lokalisering i Norge.

Grønn hydrogenproduksjon er også svært kraftintensivt, og det finnes initiativer til slik produksjon i mange deler av verden. I utgangspunktet er altså sensitivitet til kraftprisendringer høy, med mindre alle aktuelle markeder treffes av de samme sjokkene. Imidlertid er hydrogenmarkedene delvis lokale og svært avhengig av videre teknologiutvikling og offentlig støtte, og det satses stort på industrien og utvikling av et hjemmemarked i Norge og Europa. Det taler for at hydrogenproduksjon i sine lokaliseringsbeslutninger, ikke vil være like sensitiv til endring i kraftpriser, dersom disse skjer både i Norge og Europa.

Blå hydrogenproduksjon er mindre kraftintensivt enn grønt hydrogen. Det kreves også tilgang til CCS-teknologi, og offentlig støtte for at produksjonen skal være lønnsom. Dermed er vår vurdering at også blå hydrogenproduksjon er mindre sensitiv til kraftprisendringer i sine investeringsbeslutninger. Det samme vil gjelde etablering av karbonfangst og lagring, som også har høy kraftintensitet, men der beslutninger om hvilke prosjekter som skal få offentlig støtte er langt viktigere enn prisen på kraften.

Karbonfangst- og lagring (CCS) skiller seg ut fra de andre industriene ved at det per i dag ikke finnes et kommersielt marked for tjenesten. Utbyggingen av CCS er i svært stor grad avhengig av politiske beslutninger og tildeling av støtte. Dette gjør at karbonfangst- og lagring er lite sensitiv til endring i kraftpriser i dag. I en mulig fremtidig situasjon der karbonfangst og lagring er kommersielt lønnsomt, kan kraftprisen ha større betydning for lokalisering av industrien.

Landbaserte oppdrettsanlegg er relativt sensitiv til kraftprisen sammenlignet med andre innsatsfaktorer. Fisken selges i et globalt marked og det er derfor vanskeligere å velte en økt kraftpris i Norge og Europa over på kundene. Andre innsatsfaktorer som får selges tilsvarende i globale markeder slik at prisendringer vil påvirke alle produsenter globalt, og videre vil prisøkning på fôr i større grad kunne veltes over på kundene.

4.3.2 Arealtilgang og arbeidskraft

Norge har god tilgang på areal med nødvendige kvaliteter, og en kompetent, men liten arbeidsstyrke:

Norge har relativt god tilgang på arealer som er egnet for kraftkrevende industri

Etablering av kraftkrevende industri er plasskrevende og avhengig av egnede arealer, som har god krafttilgang og også annen nødvendig industriell infrastruktur. Særlig batteriproduksjon og datasentre er svært plasskrevende, selv om datasentre også kan bygges i mindre skala. Når det gjelder etablering av batteriproduksjon er det etter vår forståelse også ofte ønskelig fra industriens side at det legges til rette for aktører i andre deler av verdikjeden i samme område. For batteriindustri kan det også være aktuelt å utnytte overskuddsvarme fra andre industrier. Lokasjoner med mye plass til utvikling av ytterligere industri, og også til opsjoner for utvidelse av fabrikkene er derfor å foretrekke. Det siste gjelder også annen industri, som gjerne vil ha mulighet til å utvide virksomheten etter hvert.

I Norge har vi generelt god plass og mulighet til å lokalisere industri i områder hvor de i mindre grad påvirker befolkningen enn i mange andre land. Vi har også en lang kystlinje og en havneinfrastruktur som gir industrien nærhet til de europeiske og globale markedene og effektiv og miljøvennlig transportvei for råvarer og andre innsatsfaktorer som medgår i produksjonen. Dette er viktige forutsetninger for både

batteriproduksjon, hydrogenproduksjon og oppdrettsnæringen. I områder med petroleumsvirksomhet har vi også utbygde rørnettverk for gasstransport som kan være viktig infrastruktur både med tanke på transport av CCS og transport av hydrogen.

Etablering av industri har store konsekvenser for areal og miljø i områdene hvor det lokaliseres, og kommer gjerne i konflikt med andre interesser som ønsker alternativ bruk av arealene. Det er derfor relativt omfattende prosesser for regulering av områder til industriformål og for industrien har det derfor en verdi at prosessene allerede er gjennomført. Når det gjelder tilgangen på ferdigregulert industriareal er det usikkert hvordan Norge kommer ut i forhold til andre land. Vi antar likevel at tilgangen på industriarealer med høy kvalitet er et fortrinn for Norge, med utgangspunkt i vår lave befolkningstetthet og naturlige tilgang på viktige kvaliteter som kyst og kjølemuligheter. Oslo Economics har tidligere undersøkt tilgangen på regulert industriareal i Rogaland, som viste seg å være tilstrekkelig for de fleste planlagte initiativer i regionen²⁴ (Oslo Economics, 2022a). Dette var også arealer med god tilgang på nødvendig infrastruktur (med delvis unntak for kraft), og også nærhet til store arbeidssentra og etablert industri.

²⁴ I samarbeid med fylkeskommunen identifiserte vi nær 13 000 dekar næringsarealer som var regulert eller under regulering til industriformål, og som kunne være aktuelle for

areal- og kraftkrevende virksomhet. Det totale omfanget av næringsarealer i Rogaland er imidlertid betydelig høyere enn dette.

Norges industrielle kompetanse kan ha stor overføringsverdi til nye næringer

Norge har en relativt høyt utdannet befolkning og relevant industrierfaring. Med en lang historie for prosessindustri, og en stor petroleumsindustri, har Norge kompetanse på flere områder som har stor overføringsverdi til nye industrier. Eksempler på slik kompetanse er materialkompetanse, energiteknikk, maritime operasjoner, automasjon, gasshåndtering, rørtransport mm. Flere av de store industriaktørene har initiativer knyttet til nye industrier. Det er også sterke tekniske fagmiljøer i landet, som samarbeider tett med industrien om forskning, utvikling og utprøving av ny teknologi. Innenfor CCS har Norge en ledende posisjon som følge av tidlig og langvarig satsing på utvikling, utprøving og implementering av teknologien. Også (grå) hydrogenproduksjon er en velprøvd teknologi i Norge, som har mange likhetstrekk med prosessindustri og håndtering av gass i petroleumssektoren. En kombinasjon av disse teknologiene muliggjør produksjon av blått hydrogen.

Når det gjelder batteriindustri har Norge også kunnskap og kompetanse som er overførbart blant annet fra prosessindustrien. Likevel vil det være behov for spisskompetanse som i dag ikke finnes i Norge, og som det vil være behov for å hente fra utlandet – og særlig fra Asia – i en oppstartsfasen. Det er særlig kombinasjonen av personer med master- eller doktorgradsutdanning og industrierfaring fra batteriproduksjon som er mangelfullt i Norge (Norsk Industri, 2021). På lengre sikt kan opparbeidet erfaring kombinert med omskolering av arbeidsstyrken og opprettelse av nye studieprogrammer rettet mot batteriindustrien, bidra til å bygge opp lokal spisskompetanse.

Arbeidskraft kan være mangelvare – og særlig i områder med tilgang på kraft

Selv om Norge har arbeidstakere, industriaktører og fagmiljøer med høy kompetanse, har vi også en relativt liten arbeidsstyrke sett i forhold til andre land. I en del regioner jobber også en stor andel av de sysselsatte i lønnsomme næringer knyttet til oljeindustrien. Dette bidrar i dag til et relativt høyt lønnsnivå og lav arbeidsledighet i forhold til i andre land. Dette gir en konkurranseulempen for industrier med stort behov for ufaglært eller rimelig arbeidskraft. Ulempen vil ikke være like stor i industrier som har mer behov for høykompetent arbeidskraft eller hvor arbeidsinnsats ikke er en like viktig faktor. Datasenter, hydrogenproduksjon og CCS er eksempler på slike industrier. Fremover vil utviklingen i olje- og gassnæringen også være en avgjørende faktor for tilgangen på arbeidskraft i Norge, og særlig i regioner som i dag har dette som viktigste næring. Med en nedgang i olje- og gassnæringen vil det være

bedre tilgang på kompetent arbeidskraft som kan bidra i utvikling av ny kraftkrevende industri.

Det er som beskrevet i kapittel 4.1.3 usikkert i hvilken grad lønnsnivå er en viktig beslutningsfaktor, og dermed hvor mye dette betyr for industrietableringer i Norge. Vår forståelse er at *tilgangen* på viktige faktorer er viktigere enn kostnadene. Dette gjelder også arbeidskraft og kompetanse – og har nok vært medvirkende til at de mange initiativene til ny industri først kom i områder som allerede hadde mye eksisterende industri, og etablerte fagmiljøer.

En utfordring nå er at områdene som har nettkapasitet til å tilknytte ny kraftkrevende industri, ofte har begrenset tilgang på kvalifiserte arbeidstakere. Den seneste tiden har industriinitiativene i økende grad flyttet seg nordover og til enkelte andre områder med kraftoverskudd og kapasitet i nettet, selv om disse områdene er tynt befolket og det er lange avstander til større arbeidssentra. I disse områdene kan det også være begrenset kommunal infrastruktur til å ta imot hundrevis av nye arbeidere og deres familier. Noen steder kan tilgangen på arbeidskraft tenkes løst med turnusordninger der arbeiderne jobber lengre perioder av og på, og dermed kan flys inn fra andre deler av landet eller utlandet (offshore-modell). På lang sikt er nok ikke en slik løsning ønskelig verken fra kommunenes eller industriens side, og vi legger til grunn at områdenes potensial for å frembringe et effektivt arbeidsmarked med gode fagmiljøer på noe sikt, også vil være en viktig konkurranseparameter mellom områder i Norge.

4.3.3 Markedsmuligheter og tilrettelegging

Tilgang til det europeiske markedet, et velutviklet virkemiddelapparat og øvrig tilrettelegging for industri er også viktig:

Adgang til europeiske markeder gjør Norge relevant for aktører fra andre verdensdeler

Gjennom EØS-avtalen har Norge full tilgang til det indre markedet i EU, og også en god del av støtteordningene for nye industrier. Vi har også fysisk nærhet og effektive transportveier til de europeiske markedene. Denne markedsadgangen kan være helt avgjørende for aktører som vurderer ulike lokaliseringer for sin industrivirksomhet.

Ifølge aktører som driver næringsparker er den relevante konkurransen om industrietableringene gjerne mot andre lokasjoner i land i Europa, eller eventuelt i Norge. Industriaktører fra andre verdensdeler, som vurderer etablering i Norge, har gjerne en tydelig strategi om etablering i Europa – slik at det sjelden er aktuelt å se til lavkostland i andre verdensdeler. Dette synes særlig å være tilfelle for batterifabriker. Datasenter og oppdrett, som i hovedsak har behov for mye kraft og som konkurrerer i globale markeder, er mer tilbøyelige til å

sammenlikne lokalisering i Europa med lokalisering i andre deler av verden, hvor det er tilgang på kraften de trenger.

Når det gjelder etableringer fra utenlandske aktører kan det også være en ulempe å ikke være fullverdig medlem av EU. Ifølge våre informanter handler ikke dette om de store reelle forskjellene i markeds- muligheter, men at aktørene ikke har kunnskap om hva som ligger i EØS-avtalen og hvilke rettigheter og plikter dette utløser. Skatten på batterier til England er et av få eksempler på reelle handelsbarrierer ved etablering i Norge sammenlignet med land i EU.

Tilrettelegging fra norske myndigheter styrker muligheter for etablering av nye industrier

I tillegg til markedsmuligheter, og tilgang og kostnader for innsatsfaktorer, er det også andre rammebetingelser som må være på plass for å etablere industri. Dette inkluderer blant annet muligheter og prosesser for å få tillatelser, skatter og avgifter, og hvorvidt det finnes støtteordninger dersom teknologien ikke er kommersiell lønnsom, og/eller det er behov for videre teknologitutvikling. Innenfor rammen av denne utredningen har vi ikke gjort noen komparativ studie av denne type forhold, men vi gjør oss noen få betraktninger:

Som beskrevet i kapittel 2.2 har Norge ambisiøse klimamål og satsinger for utvikling av ny grønn industri. Dette er reflektert gjennom en rekke strategier og etter hvert også konkrete handlingsplaner og tiltak for å tilrettelegge for spesifikke næringer. At myndighetene har tydelige mål og strategier, og bruker virkemidler som bidrar til koordinering og konkret tilrettelegging for spesifikke næringer – slik satsingen på havvind er et eksempel på – kan være en svært avgjørende beslutningsfaktor for industriaktørene. I kombinasjon med offentlige støtteordninger, som bidrar til lønnsomhet i investeringene, er dette svært effektive virkemidler, som med relativt stor sikkerhet kan utløse ønskede investeringer. Med utgangspunkt i målsetningene i gjeldene regjeringsplattform og veikart for grønt industriløft, er det dermed sannsynlig at flere av de nye industriene vil etableres i Norge.

Det er ikke bare Norge som har ambisiøse planer for grønne verdikjeder. EU har også storstilet satsing på flere av de samme industriene som Norge. Slik sett kan det oppstå en form for konkurranse mellom land, om å gi industrien best mulig rammevilkår, inkludert finansiell støtte til investeringer. Tilgang på støtte er blant annet avgjørende for videre utvikling, testing og implementering av teknologier som CCS og hydrogen, og vil trolig kunne påvirke deres beslutning om etablering. Norge har imidlertid et velutviklet næringsrettet virkemiddelapparat og også tilgang til de sentrale europeiske ordningene. Norge følger også samme statsstøttereguleringer som EU, som gir føringer

og begrensninger for hvilken støtte som kan gis. Vi har dermed ingen grunn til å tro at utsiktene for å få støtte til prosjekter er dårligere eller bedre i Norge enn andre land i Europa.

Gangen i lokale reguleringsprosesser, prosesser for behandling av søknader om utslippstillatelser, konsesjonssøknader for nettanlegg mm. vil også være av betydning, ettersom slike prosesser kan være tidkrevende, og ha ukjent utfall, mens industrien gjerne ønsker seg å etablere seg raskt og med forutsigbare rammevilkår. Risikoen og tidsbruken i slike prosesser kan være svært forskjellige avhengig av behovet for ny regulering og tillatelser, kompleksiteten i sakene, i hvilken grad statlige lokale myndigheter prioriterer behandling av sakene, og om den lokale befolkningen og andre interessenter ønsker initiativene velkommen eller ikke. I kommuner med stor konflikt knyttet til industriens arealbruk eller andre natur- og miljøpåvirkninger vil det som regel ta lenger tid å få på plass nødvendige tillatelser enn i kommuner som har tatt aktive grep for å tilrettelegge, for eksempel gjennom å prioritere egnet areal til industriformål.

Den samlede byrden av slike regulatoriske forhold er altså svært sammensatte, og vanskelig å sammenlikne. I en utredning for Strømnettutvalget undersøkte Oslo Economics prosessene for konsesjonsbehandling av nettanlegg i noen av landene rundt oss. Vi fant at nettinvesteringer er tidkrevende prosesser i alle landene, men at Norge likevel hadde relativt lange ledetider sammenliknet med utvalget av land (Oslo Economics, 2022b). Når ledetidene også er lenger enn industriens egne, er dette et forhold som kan gjøre Norge mindre attraktive for etablering av ny industri, jf. også omtale i kapittel 4.1.1.

4.3.4 Samlet vurdering av Norges forutsetninger

Det er mange forhold som gjør Norge attraktivt for etablering av nye kraftkrevende industrier. Norge har en høyt utdannet arbeidsstyrke med erfaring og kompetanse som har overføringsverdi til ny industrivirksomhet, og etablerte industriaktører og fagmiljøer med kompetanse, og ressurser til å utvikle ny industri. Norges naturgitte forhold gir også tilgang på effektive transportmuligheter langs kysten, og relativt god tilgang på arealer som kan egne seg for industrietableringer. Landets beliggenhet er også fordelaktig med tanke på å gi industriaktørene adgang til det viktige europeiske markedet, der politikken i økende grad dreies mot selvforsyning av kraft og etablering av helhetlige europeiske verdikjeder for viktige industrivarer.

Historisk har Norges viktigste fortrinn imidlertid vært knyttet til den gode tilgangen til fornybar og regulerbar kraftproduksjon. Disse ressursene har fått økende verdi, noe som resulterer i stor konkurranse om tilgang til nett og kraft – både til industri, til eksport, og for elektrifisering av de fleste deler av samfunnet.

Norge har et kraftsystem basert på fornybar energi, som fremdeles har kraftoverskudd i et normalår og priser som i gjennomsnitt er lavere enn i landene rundt oss, og dette gjør landet svært attraktivt for ny industri. Likevel er det ikke mulig å etablere industri uten å få tilgang til denne kraften – via strømmettet. Når det nå er begrensninger i nettet i de fleste områder i Norge, representerer dette den største begrensningen for etablering av ny industri på kort sikt. Dette gjelder industri som ikke allerede har startet tilknytningsprosessen og fått reservert plass i eksisterende nett.

På noe lenger sikt kan vi bygge ut nettet for å tilrettelegge for mer ny industri. Samtidig vil fortrinnet, knyttet til tilgang på fornybar og relativt rimelig kraft, være uløselig knyttet til balansen mellom produksjon og forbruk innenlands, i tillegg til integrasjonen med kraftsystemene i landene rundt oss. Dermed vil alle beslutninger som påvirker kraftbalansen også påvirke Norges attraktivitet for etablering av kraftkrevende industri – inkludert etablering av slik industri. Selv med tilstrekkelig nettkapasitet kan det dermed på noe lenger sikt være industrietableringer eller begrensninger på produksjonssiden som vil begrense ytterligere etablering av kraftkrevende industri.

Generelt vil alle de kraftkrevende industriene vi har analysert, konkurrere om mange av de samme innsatsfaktorene. Alt annet likt, vil hver industrietablering legge beslag på viktige ressurser, og redusere muligheten for etablering av ytterligere industri som trenger de samme faktorene. I praksis vil dette kunne materialisere seg i høye priser på kraft (relativt til andre land), mangel på arbeidskraft eller personer med relevant kompetanse, høye lønninger, eller redusert beholdning av egnede industriarealer. Det er altså begrenset hvor mange industrietableringer som kan realiseres før den ene fortrenger den andre. I en situasjon der den mest begrensede ressursen er tilgang på kraft, vil investeringer i nett og produksjon kunne avhjelpe dette, og forbedre de samlede rammebetingelsene for etablering av ny kraftkrevende industri. Spørsmålet om hvor mye kraft industrien vil trenge fremover, kan altså ikke ses isolert fra spørsmålet om hvor mye produksjons- og nettkapasitet som etableres.

Det kan også være positive synergier mellom industrietableringer. Flere av industriene kan inngå i hverandres verdikjede, og utviklingen i andre ikke-kraftkrevende næringer vil også ha stor betydning for markedspotensial og tilgang på innsatsfaktorer. Et

eksempel på dette er hydrogenproduksjon, der det for blått hydrogen vil være behov for CCS-teknologi, og der utvikling og beslutninger knyttet til energibruk i annen industri, og innenfor næringer som maritim transport, kan være avgjørende for mulighetene for avsetning. Etablering av hydrogenproduksjon vil igjen være viktig som innsatsfaktor i ammoniakkproduksjon.

Industrien kan også utnytte hverandres biprodukter, som overskuddsvarme. I en periode med knapphet på nett, og hvor kraft og andre energiprodukter har stigende verdi, vil optimalisering av energibruk og avsetning for overskuddsvarme sannsynligvis få større fokus. Industrien vil ha enda større interesse for å lokalisere seg nær andre industrier som har komplementære egenskaper. Eksempler på dette kan være datasenter som kan levere overskuddsvarme til for eksempel batterifabrikker og landbaserte oppdrettsanlegg. Overskuddsvarmen kan også komme fra eksisterende industri, ved lokalisering av ny industri i nærheten. Med økt fokus på bærekraftige og sirkulære verdikjeder, både i Norge og Europa, kan tilgangen på overskuddsvarme og andre biprodukter fra prosesser, også bli en viktigere lokaliseringfaktor enn det tidligere har vært.

I tillegg til konkrete fordeler knyttet til mer effektiv energibruk, kan det oppstå positive ringvirkninger og klyngeeffekter som gir grunnlag for ytterligere industrietableringer. Eksempler kan være at industrietableringene i et område bidrar til utvikling av mer effektive leverandør- og arbeidsmarkeder, samt kunnskapsdeling, noe som igjen forbedrer rammevilkårene for ytterligere industrietablering. Dette er også bakgrunnen for at det gis offentlige midler til klyngeprogrammer og andre virkemidler som skal bidra til koordinering og kunnskapsoverføring mellom bedrifter og næringer.

Endringer i den generelle økonomiske aktiviteten vil også ha stor betydning for industriens etableringsbeslutninger. De økonomiske konjunktorene er forhold som påvirker store deler av verden likt, og påvirker i mindre grad de relative forskjellene i rammevilkår mellom land. Det er usikkert i hvilken grad en eventuell lavkonjunktur vil påvirke etableringen av ny kraftkrevende virksomhet. Historisk sett har konjunktorene hatt svært stor betydning for produksjonen og kraftforbruket i etablert industri. Det er likevel usikkert i hvilken grad en lavkonjunktur vil påvirke etableringen av ny industri, der markedene er i stor vekst relativt til øvrige deler av økonomien.

5. Perspektiver for utviklingen i kraftbruken i eksisterende industri

5.1 Energiforbruk i industrien

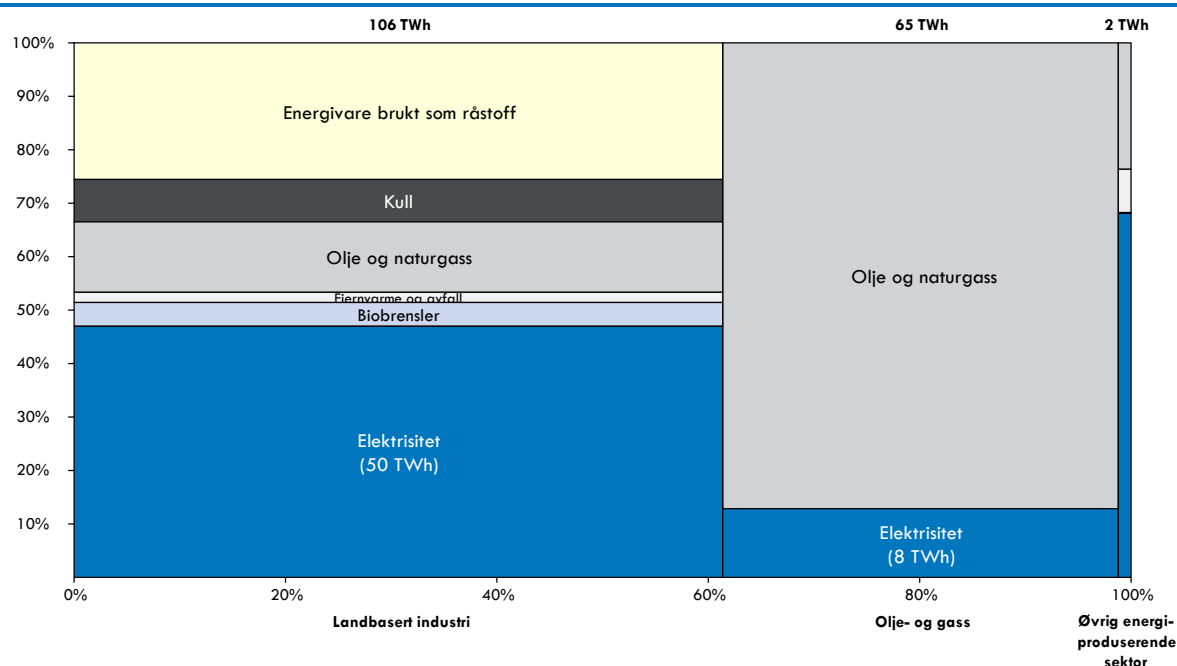
Norsk industri hadde i 2021 et samlet energiforbruk på 173 TWh. Av dette sto landbasert industri for 106 TWh, tilsvarende om lag 60 prosent, mens olje- og gassnæringen inkl. raffinerier sto for hoveddelen av den resterende energibruken med 65 TWh. Øvrig energiproduserende sektor har et begrenset energiforbruk, med 2 TWh i 2021.

Figur 5-1 viser at elektrisitet er den mest brukte energibæreren i landbasert industri og elektrisitet sto for om lag halvparten av energibruken i 2021. I tillegg benytter landbasert industri en betydelig

mengde fossile energikilder, hovedsakelig som råstoff/innsatsfaktor i produksjonsprosessene, men noe brukes også som brensel for å produsere varme. Naturgass er den fossile energikilden som benyttes i størst grad, mens produsenter av ferrolegeringer, silisium, aluminium og sement bruker også en betydelig mengde kull og koks i sin produksjon.

I olje- og gassnæringen benyttes energi først og fremst til utvinning av petroleumprodukter (58 TWh i 2021). Elektrisitet sto i 2021 for 13 prosent av energibruken i olje- og gassnæringen. Den resterende energibruken er basert på fossile energikilder der naturgass er dominerende.

Figur 5-1: Energibruk i industrien fordelt på landbasert industri, olje- og gass og annen energiproduserende næring. 2021, TWh

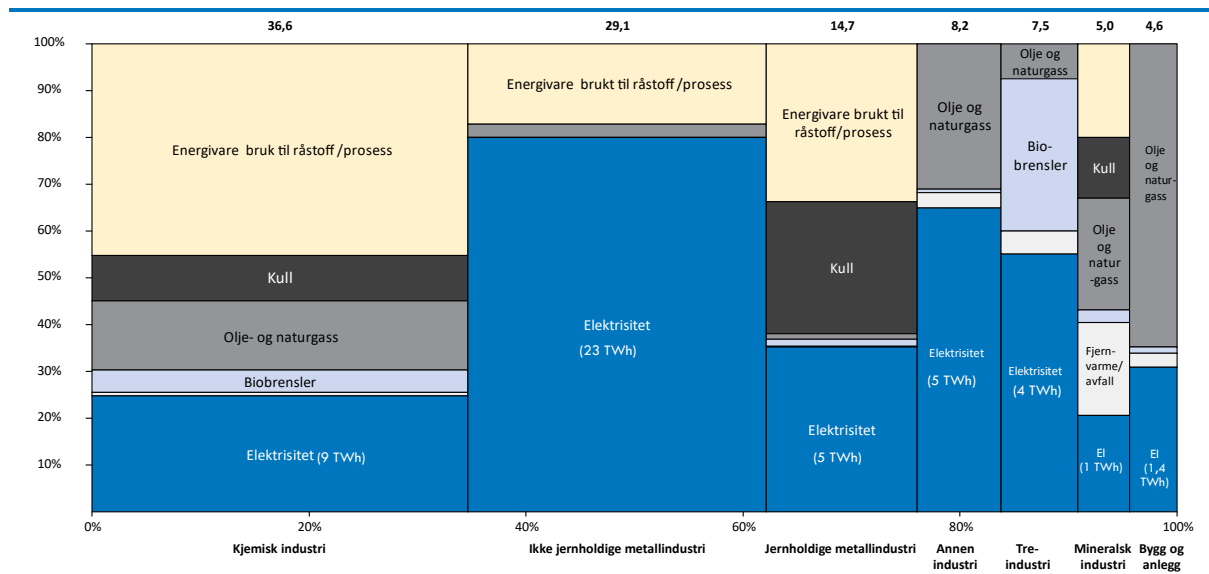


Kilde: SSB tabell 11561. Note: Energibruk i olje og gassindustrien inkluderer oljeraffinerier

Hoveddelen av energien som brukes i landbasert industri er knyttet til noen få næringer. Figur 5-2 viser at kjemisk industri, aluminium og sinkproduksjon (ikke-jernholdig metallindustri) og produksjon av jern, stål og ferrolegeringer (jernholdig metallindustri) bruker mest energi. Det brukes også 1 TWh elektrisitet i mineralisk industri, i tillegg til en betydelig mengde

fossile energikilder. Treindustrien benytter i hovedsak elektrisitet og bioenergi som energikilde og i liten grad fossile energikilder. Resten av industrien består av bedrifter som er lite energiintensive, og omfatter alt fra bygg- og anleggsektoren, næringsmiddelindustri og verkstedindustri til møbelindustri.

Figur 5-2: Energibruk i landbasert industri fordelt ulike næringer og energibærere, 2021. TWh

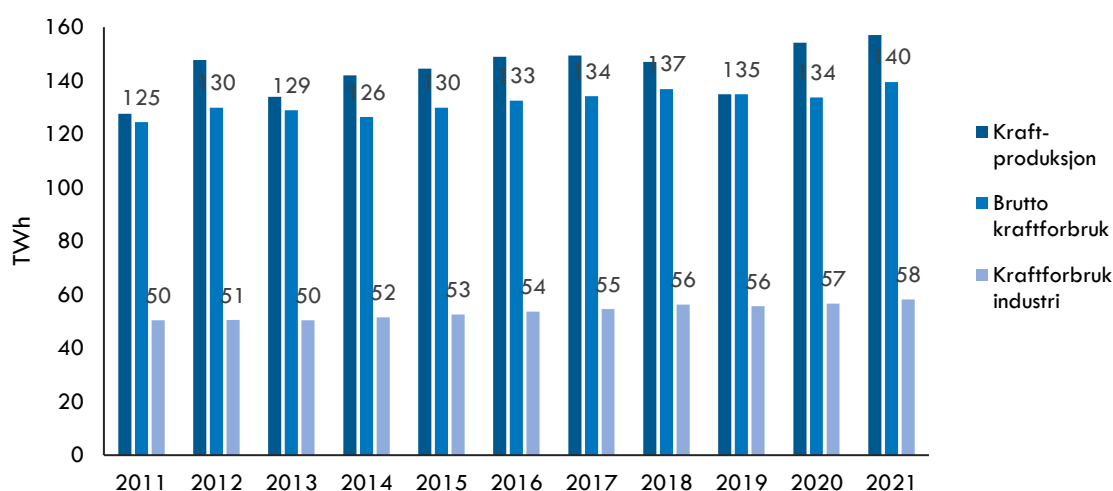


Kilde: SSB tabell 11561. Note: Energibruk i olje og gassindustrien (inkl. raffinerer) er ikke inkludert

Samlet kraftforbruk i industrien utgjorde i 2021 i underkant av 60 TWh. Forbruket i industrien har steget jevnt med økningen i det samlede forbruket

(bruttoforbruk) og har siden 2011 stått for ca. 40 prosent jf. Figur 5-3. Kraftproduksjonen har i perioden vært høyere enn forbruket.

Figur 5-3: Kraftproduksjon, samlet kraftforbruk og kraftforbruk i industrien, 2011-2021



Kilde: SSB tabell 08307 og tabell 11561. Note: Kraftforbruk i industrien inkluderer både landbasert industri og petroleumsvirksomhet

Eksisterende industri står altså for en stor andel av samlet kraftforbruk, og utviklingen i kraftforbruket i industrien er som følge viktig for utviklingen i kraftbalansen.

5.2 Årsaker og faktorer som påvirker kraftforbruket i eksisterende industri

Hovedårsakene til endret kraftforbruk i eksisterendeindustri kan deles inn i fire kategorier:

- Endret produksjonsvolum: Økning eller reduksjon av produksjonsvolum for eksisterende sluttprodukt

- Endring i sluttprodukt, enten ved at industrien legger om sin produksjon eller går inn i nye markeder
- Elektrifisering: Omlegging av energibruk som innebærer økt bruk av kraft som erstatning for andre energibærere, enten direkte eller indirekte
- Energieffektivisering

I de påfølgende kapitlene peker vi på sentrale faktorer som påvirker overnevnte forhold og kraftforbruket i eksisterende industri.

5.2.1 Endret produksjonsvolum

En øking eller reduksjon i produksjonsvolum vil innebære henholdsvis en økning eller reduksjon i bruk av innsatsfaktorer, herunder kraft. En endring i produksjonsvolum i kraftintensiv industri vil dermed kunne påvirke kraftforbruket betydelig.

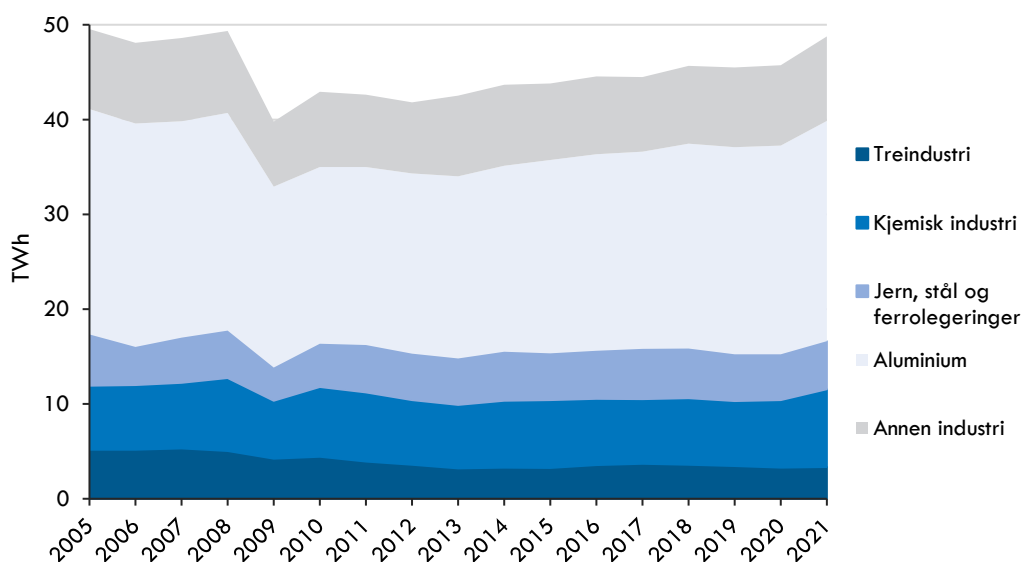
Både endring i etterspørsel i produktmarkedene og endring i prisen på innsatsfaktorer kan ha stor betydning for norsk industris produksjonsvolum.

Endret etterspørsel

Den kraftintensive industrien står for en stor andel av eksporten i norsk industri. Europa utgjør det klart viktigste eksportmarkedet for kraftkrevende industri, etterfulgt av Asia (SSB, 2017b). Endringer i aktivitetsnivået i økonomien, også utenfor Norge, vil som følge ha stor påvirkning på etterspørselen etter varer fra norsk kraftkrevende industri.

I etterdønningene av finanskrisen opplevde norsk industri et fall i etterspørselen av varer som førte til en betydelig nedgang i kraftforbruket i industrien. Fra 2008 til 2009 ble kraftforbruket redusert med over 9 TWh, fra 49 TWh til 40 TWh, jf. Figur 5-4. Dette volumet er i de seneste årene hentet inn igjen, og kraftkrevende industri er tilbake på omtrent samme kraftforbruk som før finanskrisen.

Figur 5-4: Kraftforbruk i landbasert industri. 2005 til 2021, TWh



Kilde: SSB tabell 08205

Større markedsendringer vil også kunne føre til endret etterspørsel, og dermed endret produksjonsvolum. En nedgang i etterspørselen etter papir var en av hovedårsakene til at flere treforedlingsbedrifter la ned sin papirproduksjon i perioden 2011 til 2014, og at kraftforbruket i denne næringen gikk noe ned.

Endring i produksjonsvolum kan også være et resultat av teknologiutvikling eller andre forhold som øker eller svekker bedriftens konkurransevne. Økt fokus og etterspørsel etter «grønne» produkter har bidratt til å øke norsk industri sin konkurransevne.

Endring i prisen på sentrale innsatsfaktorer

En økning eller reduksjon i prisen på sentrale innsatsfaktorer, for eksempel kraft, vil påvirke bedriftens konkurransevne, og produksjonsvolum. Hvor sensitiv norsk industri, og ulike bedrifter, er for en økning i kraftprisen avhenger av flere forhold:

- Hvor stor del av bedriftens totale kostnader som kan tilskrives kraft
- Om bedriften har mulighet til å bytte til andre, rimeligere energibærere (substitusjon)
- Om bedriften har mulighet til å velte den økte kostnaden over på sine kunder

At en bedrift er kraftkrevende følger at kraft utgjør en betydelig innsatsfaktor og dermed kostnad for bedriften. Norsk kraftkrevende industri er etablert på bakgrunn av tilgangen til rimelig vannkraft, og norsk industri er bygget opp med utgangspunkt i bruk av kraft. Det er i liten grad lagt til rette for å kunne ta i bruk andre energikilder for den delen av energibruken som består av kraft, og å gå over til bruk av naturgass eller andre fossilbaserte energibærere er verken ønskelig ut fra hensyn til produktenes klimafotavtrykk eller lønnsomt med dagens prisbilde.

For den delen av energibruken som består av fossile energivarer, som i stor grad benyttes som råstoff i produksjonsprosessen, ser industrien på muligheten for å erstatte disse med hydrogen og biobaserte alternativer for å redusere utslipp. Dette er imidlertid ikke modne teknologier i dag.

Hvor sensitiv etablerte norske industribedrifter er for en økning i kraftprisen er dermed i stor grad avhengig av om bedriftene har mulighet til å velte den økte kostnaden over på sine kunder.

Bedrifter som konkurrer med aktører som ikke står overfor samme kostnadsøkning vil ikke kunne velte den økte kostnaden over på sine kunder uten at det vil gå ut over virksomhetens konkurranseevne. En økning i kraftprisen vil da gå ut over lønnsomheten til bedriften.

Derimot, dersom alle virksomheter i samme næring står overfor samme kostnadsøkning kan det forventes at prisene vil øke tilsvarende kostnadsøkningen på sine innsatsfaktorer, og kostnadsøkningen vil dermed veltes over på kunden. En økning i prisen i produktmarkedene vil imidlertid virke i retning av redusert etterspørsel og potensielt påvirke næringen ved at det på sikt ikke er rom for like mange tilbydere i markedet.

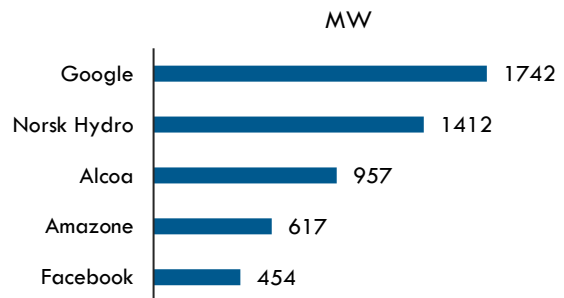
I markeder der tilbyder har markedsrett (og dermed kan sette/påvirke produktprisen), er det ikke nødvendigvis slik at hele kostnadsøkningen overveltes på kundene. Tilbyder vil maksimere profitt ved å avveie kostnadene ved å ta lavere marginer mot kostnadene knyttet til lavere etterspørsel. I markeder der kundene er prissensitive kan tilbyder velge å ta en del av kostnadene selv, fremfor å øke produktprisene.

Ser man aluminiumsindustrien, som er den største forbrukeren av kraft i Norge, melder både Hydro og Alcoa om rekordresultater som følge av økning i prisen på aluminium (Hydro, 2022b; Alcoa, 2022). Borregaard (treforedlingsindustri) har også rekordhøye resultater. Borregaard selger spesialprodukter og er dominerende i mange av sine produktsegmenter.

Både Borregaard, Hydro og Alcoa er blant de bedriftene som har inngått langsiktige kraftprisavtaler

for store deler av sitt kraftforbruk. Hydro og Alcoa er blant de største kjøpere av langsiktige kraftprisavtaler i Europa ifølge Bloomberg (E24.no, 2020b), jf. Figur 5-5. Disse inngikk kraftprisavtaler i perioden før man opplevde en kraftig vekst i prisen på kraft og betaler som følge en betydelig lavere pris for kraft enn den man kan observere i markedet i dag (spotprisen).

Figur 5-5: Største kjøpere av langsiktige kraftprisavtaler (PPA) i Europa. MW



Kilde: Bloomberg NEF referert i E24.no, 2020b

Samlede rammevilkår er avgjørende for nye investeringer

Produksjonsvolumet og kraftforbruket i industrien er imidlertid begrenset av bedriftens produksjonskapasitet. Dersom bedriftens markedsutsikter tilsier at utvidelse av eksisterende produksjon vil være lønnsomt, vil bedriften vurdere det.

Elkem er blant bedriftene som opplever stor etterspørsel etter sine produkter og uttaler at de til enhver tid vurderer mulighetene for ekspansjon av silisium- og ferrosilisiumproduksjon globalt. Sinkprodusenten Boliden har allerede vedtatt å utvide sin produksjonskapasitet i Odda, som skal stå ferdig i 2024

Ved investering i ny produksjonskapasitet peker industrien på at det er de samlede rammebetingelsene som er avgjørende, og at i en internasjonal kontekst er øvrige rammebetingelser ofte bedre i andre land enn Norge, mens lave kraftpriser og tilgang på (fornybar) kraft har vært Norges største konkurransefortrinn.

5.2.2 Endring i sluttprodukt

Endring til nye sluttprodukter, enten ved at eksisterende virksomheter går inn i helt nye typer industri eller legger om sin produksjon, kan være resultat av fallende etterspørsel eller lønnsomhet ved dagens produksjon, eller at det oppstår nye muligheter i nye markeder. Om en slik utvikling vil føre til en endring i energibruk avhenger av kraftbehovet for de nye produktene/den nye industrien bedriften går inn i.

I noen tilfeller kan også eksisterende produkter leveres i ulik form – for eksempel i væskeform eller pulverform, der energiforbruket i produksjonen er langt høyere ved tørking til pulver. Borregård forteller at dette er en aktuell tilpasning til høye priser i noen av deres markeder, der det er kort transportvei.

Etablert industri kan også ha ressurser, erfaring og kompetanse som kan være overførbare til nye næringer og markeder. Materialkompetansen og prosesskompetansen som etablerte industrier besitter er for eksempel også relevant i flere av de nye næringene som er omtalt her, og kan være en av årsakene til at etablert industri også har initiativer innenfor nye industrier.

En del av industrien sitter også på rettigheter til effektuttak som i dag ikke benyttes.²⁵ Etter hvert som tilgang til nettkapasitet har blitt en knapp faktor, har slike rettigheter fått økt verdi. Etablert industri som har rettigheter til nettkapasitet kan dermed ha et fortrinn i etablering av ny industri, eller utvidelse av egen produksjon, relativt til aktører som står i kø før å få tilgang til nettkapasitet.

I forbindelse med en utredning gjennomført for Strømnettutvalget (Oslo Economics, 2022c) fremgikk det at flere store industriaktører har rettigheter til relativt store effektuttak i nettet som i dag ikke benyttes. Vår forståelse er at flere aktører har planer eller er i gang med å utnytte dette. Eramet har for eksempel etablert landstrømanlegg i sine smelteverk for forsyning av skip med elektrisitet, mens Elkem opplyser at deres samarbeidspartnere Everfuel og Greenstat ser på mulighetene for utvikling av et hydrogenproduksjonsanlegg på Fiskå i Kristiansand der 20 MW ledig nettkapasitet vil benyttes i første trinn. Ved tilgang på ytterligere nettkapasitet har anlegget planer om utvidelse til 60 MW.

5.2.3 Elektrifisering

I tillegg til kraft benytter norsk prosessindustri en betydelig mengde fossile energikilder inn i sine produksjonsprosesser. I olje- og gassnæringen er naturgass den dominerende energibæreren, mens landbasert industri også har et betydelig forbruk av andre fossile energier som kull og koks.

Landbasert industri

Den største andelen av den fossile energibruken i landbasert industri benyttes som råstoff/innsatsfaktor i

kjemiske prosesser for fremstilling av produkter. I tillegg benyttes fossile energikilder som brensel for å produsere varme. Varme brukes i kjemiske prosesser, til smelting av metaller eller til å produsere damp. Fossile energikilder som går til forbrenning kan ofte erstattes med elektrisitet, mens bruk av fossile energikilder som råstoff i kjemiske prosesser i mindre grad kan erstattes ved ta i bruk elektrisitet direkte.

Bruk av fossile energikilder fører til klimagassutslipp og industrien jobbes med å utvikle mer klimavennlige alternativer for å redusere sine utslipp. I enkelte prosesser er bruk av hydrogen et alternativ, noe som indirekte bidrar til en elektrifisering dersom hydrogenet er framstilt ved elektrolyse.

NVE (2020) har kartlagt det tekniske potensial for elektrifisering av landbaserte industrianlegg i Norge med formål å redusere klimagassutslipp²⁶.

Kartleggingen viser at hoveddelen av den fossile energibruken er knyttet til 30 anlegg, hvorav det i syv av disse er mulig å gjennomføre tiltak som innebærer at fossile energikilder erstattes med elektrisitet. Tre av anleggene hvor det er indentifisert tiltak er knyttet til petroleumsvirksomhet og omtales i neste kapittel.

NVE viser til at tiltakene som er identifisert gir et godt bilde av hvilken type elektrifiseringstiltak som finnes, men utelukker ikke at det finnes tiltak av betydning også i anlegg som ikke er kartlagt.

For de anleggene hvor det er identifisert et elektrifiseringstiltak varierer det i hvilken grad tiltak er basert på kjent teknologi eller krever ny teknologi som i dag er under utvikling. Tiltakene som er identifisert innebærer omlegging der ulike type gasser erstattes med elektrisitet. Hva disse gassene brukes til varierer og kan deles i tre kategorier:

- Produksjon av varme
- Drift av roterende utstyr
- Produksjon av hydrogen

Tabell 5-1 oppsummerer identifiserte tiltak i landbasert industri ekskl. petroleumsvirksomhet. De enkelte tiltakene er nærmere beskrevet i rapporten «Elektrifisering av landbaserte industrianlegg i Norge» (NVE, 2020). Totalt utgjør dette tiltak i fem anlegg og innebærer en økning i kraftforbruket på om lag 7,5 TWh.

²⁵ Denne type («sovende rettigheter») ble blant annet diskutert av Strømnettutvalget, som har foreslått innføring av en effektavgift som også omfatter ubrukt effekt.

²⁶ Kartleggingen er basert på bedriftenes egne vurderinger av muligheten for elektrifisering. NVE har i forbindelse med

utarbeidelse av rapporten kontaktet de 30 utvalgte industrianleggene og bedt de om å oppgi informasjon om tiltak for reduksjon av klimagassutslipp.

Tabell 5-1: Teknisk potensiale for direkte elektrifisering i landbasert industri ekskl. olje- og gassnæringen

Næring	Virksomhet	Kraftforbruk	Beskrivelse	Teknologi-modenhet
Kjemisk industri	Yara Porsgrunn	5 TWh	Erstatte etan med elektrisitet og vann for produksjon av hydrogen. Etan brukes i dag i produksjonen av ammoniakk.	Kjent teknologi (piloting)
	Tjeldberg-odden	1,5 TWh	Anlegget driftes delvis med naturgass der den største andelen av forbruket er i primærreformen . Erstatte bruk av naturgass som benyttes for oppvarming med elektrisitet.	Ny teknologi (under utvikling)
	INEOS Rafsnes	0,7 TWh	Erstatte forbrenning av hydrogen, metan og etan til produksjon av varme for molekylspalting med elektrisitet ved å ta i bruk elektriske crackerovner.	Ny teknologi (under utvikling)
Treindustri	Borregaard Sarpsborg	0,3 TWh	Erstatte bruk av naturgass som topplast til varmeproduksjon gjennom høyere kapasitetsutnyttelse av dagens elektriske kjeler eller ved ny elektrisk kapasitet.	Kjent teknologi

Kilde: NVE, 2020

Tiltak som ikke direkte innebærer elektrifisering, men vil påvirke kraftforbruket kan deles inn i to kategorier: (i) karbonfangst og lagring (CCS) og (ii) endring av de kjemiske prosessene. For de delene av industrien som benytter karbon som reduksjonsmiddel og er avhengig av dette i sine kjemiske prosesser vil det kreve at karbon fanges for at bedriften skal nå eventuelle mål om nullutslipp av klimagasser. Karbonfangst er en svært energikrevende teknologi, se nærmere omtalt i kapittel 3.4, og fangst av karbon i industrien vil føre til økt kraftforbruk. Tiltak som handler om å endre de kjemiske prosessene innebærer stort sett at man går bort fra bruk av fossilt karbon som innsatsfaktor i kjemiske reaksjoner. En endring i selve produksjonsprosessen kan føre til en direkte økning i kraftforbruket eller indirekte gjennom bruk av hydrogen fra elektrolyse som energibærer.

NVE (2020) har gjort et oversalg basert på innspill fra industribedriftene på hvor stort det årlige kraftbehovet vil kunne være knyttet til denne type tiltak og har anslått det til om lag 10 TWh.

Petroleumsvirksomhet

For å drive en oljeplattform trengs det strøm. De fleste plattformer har i dag strømforsyning fra gassturbiner som bruker gass fra olje- og gassproduksjonen. Enkelte nyere plattformer har kraft fra land som de benytter som strømforsyning. I 2021 gikk i underkant

av 8 TWh kraft til oljeutvinning. Senere i år vil flere plattformer kobles til strømmettet på land og øke kraftforbruket på sokkelen. Equinor har tidligere anslått at deres elektrifiseringsplan vil kreve 10-12 TWh (enerWE.no, 2020), mens Norwea har anslått behovet til 15 TWh (E24, 2020a).

Elektrifisering av olje- og gassutvinning er i stor grad politisk bestemt. Regjeringen har som mål at utslippene fra olje og gass-produksjon skal kuttes med 50 prosent innen 2030 og til netto null i 2050 (Arbeiderpartiet og Senterpartiet, 2021). Med dagens kraftsituasjon og svært høye kraftpriser i Sør-Norge har det oppstått uenighet knyttet til elektrifisering av sokkelen. Blant annet har Stavangers varaordfører Dagny Sunnanå Hausken (Senterpartiet) gått ut og sagt at elektrifisering av norsk sokkel burde settes på hold frem til man har nok kraft til å senke prisene (Dagens Næringsliv, 2022).

Når det gjelder elektrifisering av landbasert olje- og gassanlegg har NVE (2020) identifisert et teknisk potensial på totalt 4,7 TWh, jf. Tabell 5-2. Equinor har uttalt at de ikke har planer om elektrifisering på Mongstad, men ser på andre muligheter for å redusere sine klimagassutslipp (NVE, 2020).

Tabell 5-2: Teknisk potensiale for direkte elektrifisering olje- og gassanlegg på land

Næring	Virksomhet	Kraftforbruk	Beskrivelse	Teknologi-modenhet
Gassanlegg	Kårstø	3,9 TWh	Skifte ut kompressordrift fra naturgass til elektriske motorer og skifte ut gassdrevne kjeler til elektriske for produksjon av prosessvarme.	Kjent teknologi
	Kollsnes	0,4 TWh	Erstatte bruk av fossil energi til varmeproduksjon i et hetoljesystem med elektrisitet ved å ta i bruk elkjel.	Kjent teknologi
Oljeraffineri	Mongstad	0,4 TWh	Erstatte gassfyrte kjeler som produserer damp med elektrokjeler. Mesteparten av energien som drifter anlegget kommer fra forbrenning av fossile energivarer som produseres i selve raffineriprosessen.	Kjent teknologi

Kilde NVE, 2020

5.2.4 Potensialet for energieffektivisering

Med energieffektivisering sikter vi her til tiltak som bidrar til å redusere netto kraftforbruk i industrien og inkluderer tiltak for:

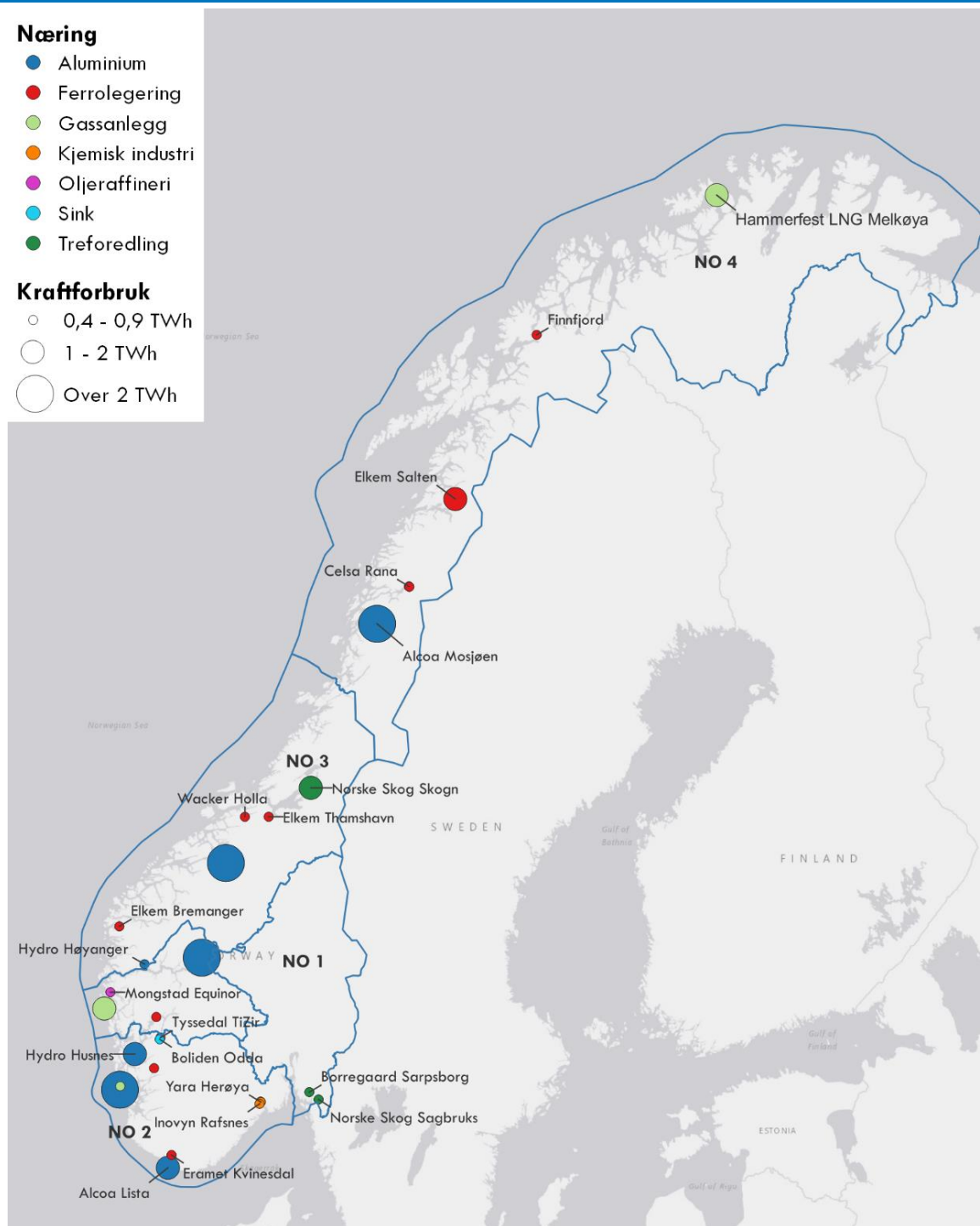
- Mer energieffektiv prosessering
- Utnytte tilgjengelig overskuddsvarme

I vurderingen fokuserer vi på de større industrivirksomheter og deres potensiale for energieffektivisering.

Metallindustrien, kjemisk industri, mineralsk industri og treforedlingsindustri er de største kraftforbrukene i Norge og sto i 2021 for over 80 prosent av kraftforbruket i landbasert industri.

Kartet i Figur 5-6 viser de største forbrukerne av kraft i landbasert industri. Disse har et samlet kraftforbruk på rundt 39 TWh.

Figur 5-6: Kart over de største forbrukere av kraft i landbaserte industri



Illustrasjon: Oslo Ecomomics basert på informasjon fra Miljødirektoratet Note: Kraftforbruk for 2021 med unntak Norske Skog Skogn hvor 2021 forbruk ikke er tilgjengelig og forbruk i 2020 er benyttet. For Hammerfest LNG (Melkøya) er forbruk i 2019 lagt til grunn da anlegget har vært ute av drift fra september 2020 til juni 2022 som følge av brann i anlegget.

Mer energieffektiv prosessering

Mer energieffektiv prosessering innebærer forbedringer i bedriftens produksjonsprosess som medfører at mengden energi som benyttes for å produsere en enhet av et produkt, for eksempel et kilogram aluminium, reduseres og at bedriften dermed kan redusere sitt kraftforbruk eller kan produsere mer

for samme mengde kraft. Potensialet for energieffektivisering varierer på tvers av næringer. I næringer hvor energikostnaden er en dominerende del av produksjonskostnaden har bedriftene jobbet aktivt over mange år for å redusere energiforbruket. Videre reduksjoner fra dagens teknologi kan da være svært utfordrende. I næringer hvor energikostnaden ikke er

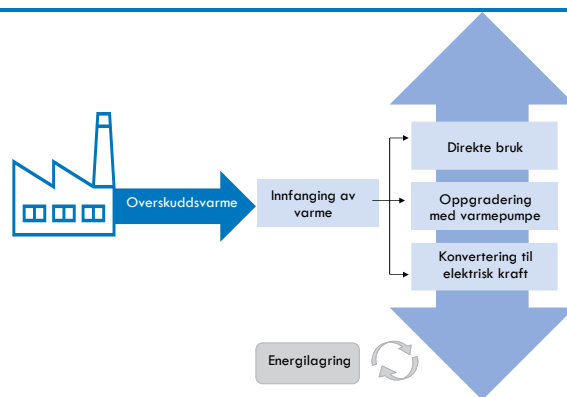
like avgjørende er ofte energieffektivisering ikke like utførende, men potensialet er også lavere ettersom forbruket er lavere.

Økt utnyttelse av overskuddsvarme

Enhver reell produksjonsprosess med tilførsel av energi genererer tap som gir overskuddsvarme. Tapene avgis hovedsakelig som varme som har høyere temperatur enn omgivelsene. Det kan være i form av varm luft, vann, damp eller avgasser. Det finnes tre alternative muligheter for å utnytte denne varmen, jf. Figur 5-7. Potensiale for utnyttelse av overskuddsvarme påvirkes først og fremst av om det finnes avtakere for varmen, altså om det er behov for varme i nærheten av der varmen produseres.

Figur 5-7 illustrerer alternative muligheter for utnyttelse av overskuddsvarme.

Figur 5-7: Alternative muligheter for utnyttelse av overskuddsvarme



Kilde: Oslo Economics basert på T. Andresen, SINTEF Energi

Om det finnes behov internt eller eksternt ved det temperaturnivået varmen er tilgjengelig på, vil varmen kunne utnyttes direkte. Direkte bruk av overskuddsvarme er ofte det mest lønnsomme alternativet, men potensialet er begrenset.

Ved behov for varme på høyere temperaturnivå enn det som finnes tilgjengelig ved direkte bruk, er en mulighet å oppgradere varmen til høyere temperaturnivå ved bruk av varmepumpe. Industrielle varmepumper kan bidra til økt energieffektivitet i industrielle prosesser. For industrielle varmepumper er det vanlig å skille mellom bruksområder opp til 100°C, fra 100°C til 150°C og over 150°C.

Opptil 100°C finnes det i dag tilgjengelige varmepumpeteknologi²⁷. For eksempel kan varme ved 80 °C utnyttes som varmekilde i en varmepumpe som leverer varme til å produsere damp ved 120 °C. Dette er

damp som i dag produseres med fossile brenslere eller elektrisitet direkte (Nekså & Røkke, 2019).

For temperaturnivåer mellom 100 og 150 °C er det flere varmepumpeløsninger som er under testing i industrien og som har gitt gode resultater. Det forventes at innen få år vil denne type varmepumpeteknologi være tilgjengelig som standard produkter (hetvann og lavtrykkdamp). For varmepumper med levert varme over 150 °C kreves det mer forskning og utvikling før teknologien kan forventes å bli konkurransedyktig.

Mye av industriens prosessvarmebehov i området 100-200°C består av damp som i stor grad produseres med fossile energikilder som brensel (gass eller oljeprodukter). Noen benytter også elektriske kjeler. Ved å erstatte elektriske kjeler med varmepumper vil kraftforbruket reduseres med 60 til 75 prosent.

Kraftkrevende industri er ofte lokalisert langt fra mulige brukere der det ikke er behov for varme hverken direkte eller i oppgradert form. En mulighet er da å utnytte varmen som varmekilde i en varme-til-kraft-prosess. Varme med høy temperatur, typisk over 300 °C, kan ofte kostnadseffektivt konverteres til kraft og utnyttes internt i samme bedrift eller mates ut på nettet, og slik høytemperatur overskuddsvarme er i svært stor grad allerede utnyttet (Nekså & Røkke, 2019).

En kartlegging av potensiale for utnyttelse av overskuddsvarme fra industrien gjennomført av Oslo Economics og Asplan Viak i 2019 konkluderer med at et teknisk-økonomisk potensiale for utnyttelse av overskuddsvarme fra industrien til kraftproduksjon er svært begrenset, på opp mot 0,4 TWh/år (Oslo Economics & Asplan Viak, 2019). Elkem har identifisert et potensial for kraftproduksjon fra overskuddsvarme på 360 GWh.

Samlet vurdering av potensiale for energieffektivisering i eksisterende industri

Energikostnaden er en dominerende del av produksjonskostnaden i en rekke større industri-bedriftene. Disse har gjennom flere tiår jobbet aktivt med å effektivisere sitt energibruk. Flere norske bedrifter er verdensledende i sin bransje på klima og miljø. De bedriftene vi har intervjuet opplyser at de jobber kontinuerlig med optimalisering av prosesser og mindre prosjekter for ytterligere energieffektivisering. De viser til at potensialet for energieffektivisering gjennom prosessforbedringer er begrenset med dagens teknologi.

²⁷ De store varmepumpeprodusentene leverer i dag varmepumper med vanntemperatur opptil 90-95 grader (GEA, Johnson Controls)

Flere store industribedrifter opplyser imidlertid at de jobber med utvikling av ny teknologi for å ytterligere effektivisere sine prosesser. Implementering av slik teknologi vil kunne bidra til å redusere industriens kraftforbruk. Samtidig er det stor aktivitet knyttet til å redusere klimagassutslipp fra industrien. Flere av tiltakene som industrien jobber med innebærer økt kraftforbruk.

Det finnes et stort potensial for økt utnyttelse av overskuddsvarme fra industrien. SINTEF anslår det tekniske potensiale å være i størrelsesorden 20 TWh. Potensiale er basert på en gjennomgang HighEFF har gjort av aluminiums- og ferroindustrien i Norge hvor de har kartlagt energibruken i anleggene og vurdert at det tekniske potensiale for overskuddsvarme ned til en omgivelsestemperatur på 25 °C er i størrelsesorden 10 TWh. SINTEF vurderer 10 TWh å være et relativt konservativt anslag for aluminiums- og ferroindustrien. Andelen som er tilgjengelig i temperaturområdet 100 til 250 °C, og som potensielt sett er relativt anvendbart, anslås til 6 TWh. Det øvrige potensiale på 10 TWh er overskuddsvarme fra andre sektorer. Estimater er basert på en vurdering av energibruk i disse sektorene opp mot energibruken i aluminiums- og ferroindustrien, og er å anse som et grovt estimat.

I dag er den største utfordringen for økt utnyttelse av overskuddsvarme mangel på potensielle avtakere på steder der overskuddsvarme er tilgjengelig, jf. omtale av barrierer i kapittel 5.2.3. Lokalisering av ny industri og annet forbruk i nærheten av eksisterende industribedrifter som produserer overskuddsvarme vil kunne være et effektivt tiltak for å utnytte dette potensialet.

Mulige avtakere av overskuddsvarme fra aluminiums- og ferroindustrien er nærliggende prosessindustri som trenger prosessvarme. Ved oppgradering med varmepumper er denne varmekilden å anse som meget anvendbar, også for annen større industri. Metall-, mat- og prosessindustri er eksempel på næringer som kan nyttiggjøre seg av overskuddsvarmen. Batterifabrikker har også et stort varmebehov og kan dra nytte av tilgjengelig overskuddsvarme i nærheten. Over 80 prosent av energiforbruket på en batterifabrikk går til tørking av elektroder og energi for å opprettholde et tørt rom for produksjonen (Prosess21, 2020b). Ved bruk av høytemperatur varmepumper kan overskuddsvarmen fra etablert industri benyttes i tørkeprosessen, og dermed redusere næringens behov for elektrisitet.

Overskuddsvarme tilgjengelig ved 20 til 35 °C har begrenset verdi med standard teknologi, men

²⁸ Norsk Hydro eier fem av aluminiumsverkene. Ett av disse er deleid sammen med Rio Tinto Alcan. Alcoa eier to aluminiumsverk. Sinkproduksjonsanlegget er eid av Boliden Odda.

temperaturen kan ved bruk av væskekjøling heves til 50 til 60 °C og for eksempel utnyttes i drivhus/grønnsaksproduksjon, til landbasert opprett eller oppvarming av bygg og bolig.

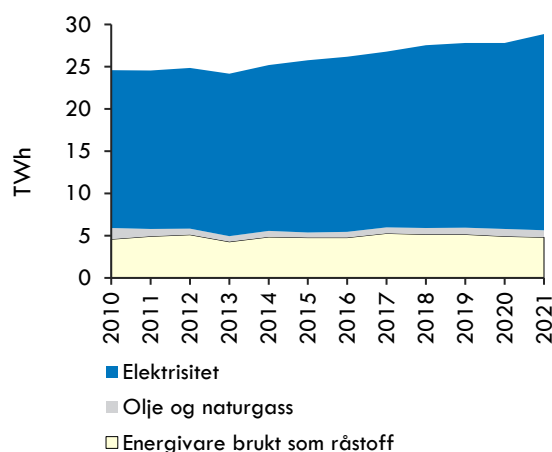
I det videre går vi nærmere gjennom næringene som står for den største andelen av kraftforbruk og vurderer potensialet for energieffektivisering for hver enkelt næring.

Ikke-jernholdig metallindustri

Ikke-jernholdig metallindustri omfatter næringer som produserer metallene aluminium, bly, sink og tinn. Sektoren består i hovedsak av syv aluminiumsverk og et sinkproduksjonsanlegg²⁸.

Næringen er den som står for den største andelen av kraftforbruket i norsk industri, drevet av aluminiumsindustrien (SSB, 2022). I 2021 hadde ikke-jernholdig metallindustri et samlet kraftforbruk på 23 TWh. Kraftforbruket har de siste ti årene økt med i overkant av 4 TWh, mens øvrig energiforbruk har holdt seg relativt stabilt, jf. Figur 5-8. Økt produksjon er sannsynlig årsak til økningen i kraftforbruket.

Figur 5-8: Energibruk i ikke-jernholdig metallindustri 2010 til 2021



Kilde: SSB tabell 11561

Etttersom energikostnaden er en dominerende del av produksjonskostnaden, har industrien over mange år jobbet aktivt med å redusere energiforbruket. For produksjon av aluminium ved elektrolyse har det spesifikke energiforbruket blitt redusert med nær 40 prosent de siste femti årene (Nekså & Røkke, 2019)²⁹.

Aluminiumsindustrien

Aluminiumsindustrien i Norge består av syv aluminiumsverk som produserer primæraluminium og noen spesialiserte verk som videreforedler aluminium. Flere

²⁹ Energiforbruk oppgitt av Hydro Aluminium relativt til Karmøy.

av aluminiumsverkene har i tillegg betydelig kapasitet på omsmelting av aluminium (Norsk Industri, u.d.).

Primæraluminiumsverkene er av de største brukerne av elektrisk kraft i Norge. Det teoretisk laveste energiforbruket i en ideell prosess uten varmetap er 6,24 kWh per kilo aluminium, mens det i praksis brukes om lag det dobbelte³⁰ (Solheim, 2019).

For å produsere ett kilogram primæraluminium går det med 12 til 15 kWh elektrisitet, avhengig av fabrikkens effektivitet og teknologi. Det globale gjennomsnittet var i 2020 på 14,3 kWh per kilo produsert primæraluminium (Hydro, 2022a)³¹. Til sammenligning var gjennomsnittlig strømforbruk ved Hydros konsoliderte produksjonssteder 14,1 kWh per kilo produsert primæraluminium i 2021 (Hydro, 2022a).

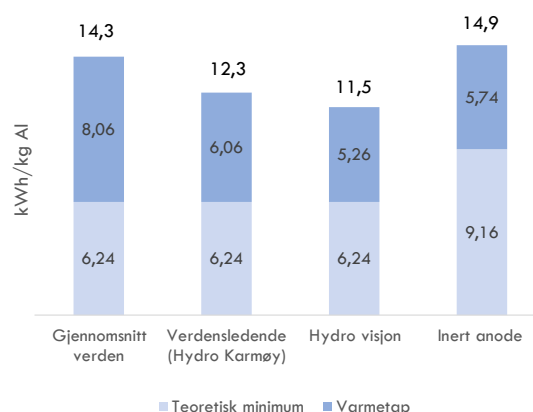
Hydros teknologipilot for produksjon av primæraluminium på Karmøy er den mest energieffektive teknologien for aluminiumsproduksjon i verden (Hydro, 2022c). Teknologipiloten på Karmøy viser et energireultat på 12,3 kWh per kilo produsert primæraluminium. Hydro er nå i gang og teste en enda mer effektiv analyseprosess med et forventet energireultat på mellom 11,5 og 11,8 kWh per kilo produsert primæraluminium. Det vil innebære mer enn 15 prosent reduksjon i energiforbruket. Testpiloten ved Hydro Karmøy gir et bilde på muligheten for effektivisering av produksjonsprosessen i aluminiumsindustrien.

Produksjonen ved Alcoa (Lista og Mosjøen) er basert på eldre teknologi med små ovner som har et stort varmetap. Alcoa har som følge et noe høyere gjennomsnittlig kraftforbruk enn Hydro, på om lag 15,4 kWh per kilo (Alcoa, 2022a). Alcoa viser til at deres teknologi ikke er egnet til å oppnå de samme energieffektiviseringsresultatene som testpiloten på Hydro Karmøy viser. For å redusere sine CO₂-utslipp satser Alcoa på en annen retning, et konsept med inert anodeteknologi «ELYSIS™». Teknologien er forventet å føre til en økning i kraftforbruket på 3 kWh per kilo produsert aluminium, og vil ved implementering dermed bidra til å øke Alocas kraftforbruk.

Figur 5-9 viser gjennomsnittlig energiforbruk i verden per kilo aluminium produsert, for verdensledende teknologi (Hydros testpilot på Karmøy) og Hydros visjon for den ny Karmøy-piloten, samt bruk av verdensledende inert anode teknologi.

³⁰ Årsaken til dette er at en ikke kan lede strøm (ofte 300-500 kA) uten ohmske spenningstap. Man er dermed avhengig av å danne et belegg av frosset elektrolytt på innerveggene av cella, fordi kombinasjonen av metall og fluoridsmelte er svært aggressiv mot foringene. Dette krever en stor varmeflukt gjennom veggen, og reduksjon av varmetap er et av hovedproblemene ved reduksjon av energiforbruket (Solheim, 2019)

Figur 5-9: Energibruk produksjon av aluminium



Kilde: Hydro, 2022a, Hydro, 2022c og Solheim, 2019

Hydro er den største produsenten av aluminium i Norge. Dersom Hydro reduseres kraftforbruket sitt med 15 prosent i alle sine anlegg i Norge vil det medføre en reduksjon i kraftforbruket på i størrelsesorden 2,4 TWh³².

En overgang til inert anodeteknologi, som Alcoa satser på, vil kunne øke kraftforbruket i sektoren på i størrelsesorden 0,9 TWh, gitt dagens produksjon.

Aluminiumsindustrien har også et potensial knyttet til varmegjenvinning fra kjerneprosesser.

Manglende avtak og infrastruktur for ekstern bruk av for overskuddsvarme er en utfordring for at tilgjengelig overskuddsvarme fra aluminiumsindustrien kan nyttiggjøres. Et eksempel på et konsept som studeres for utnyttelse av overskuddsvarme fra aluminiumsindustrien er tørking av tang og tare, som igjen kunne brukes til produksjon av karbonnøytrale reduksjonsmiddel (biokull), som kan benyttes i produksjon av metaller eller til biodrivstoff for transportnæringen (Petter Røkke, 2021).

Sinkproduksjon

Sinkverket i Odda, eid av Boliden, har i dag en smeltekapasitet på 200 000 tonn og har et elektrisitetsforbruk på 0,9 TWh. Boliden er i ferd med å utvide smeltekapasitet til 350 000 og det forventes at kraftforbruket vil øke med 0,7 TWh, til 1,6 TWh. Boliden opplyser at ved utvidelse av produksjonen blir det bygget en ny elektrolysehall som vil være noe mer effektiv og er forventet å redusere kraftbehovet med i størrelsesorden 2 prosent per kilo, sammenlignet med

³¹ Tallene i Hydro sin årsrapport er basert på tall fra International Aluminium Institute.

³² Beregningen er basert på registret forbruks ved Hydro Sunndal, Hydro Høyanger, Hydro Husnes, Hydro Karmøy og Hydro Årdal i 2021 som var på totalt 15,7 TWh (Miljødirektoratet, 2022)

en «standard» elektrolysehall. I tillegg vil det blir installert en ny damp turbin ifm. utvidelsen som vil produsere elektrisk kraft og redusere bedriftens totale kraftforbruk per tonn produsert metall. Boliden viser til at ettersom anlegget er under prosjektering er det uklart hvor mye kraftproduksjonen vil reduseres med.

Kraftforbruket i elektrolyseprosessen er den største forbrukeren av elektrisk kraft ved bedriften. Det har pågått og pågår fortsatt forsknings og utviklingsprosjekter både i regi av Boliden og i sinknæringen for øvrig som ser på mulighetene for å benytte andre elektrodematerialer (anoder) som vil gi lavere celledensitet og derved lavere kraftforbruk. Boliden estimerer potensialet til kanskje å kunne være så stort som 15 prosent. Boliden viser imidlertid til at dette er teknologi som er grunnforskningsstadiet, hvor man ikke ennå har løst de fundamentale problemene på feltet, og det vil i så tilfelle være en lang vei å gå før teknologien vil bli kommersielt tilgjengelig.

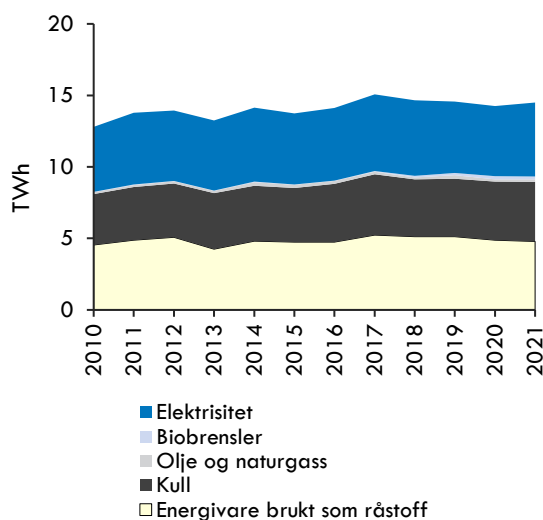
Boliden vurderer at det i dagens anlegg er svært begrenset med overskuddsvarme igjen som kan utnyttes til andre formål til tross for at anlegget fortsatt har varmetap til omgivelsene. De viser til at for å fange dette vil det fort bli teknisk komplisert og svært kostbart.

Jernholdig metallindustri

Jernholdig metallindustri omfatter næringer som produserer metallene ferrolegering, jern, stål og titandioksid. Sektoren består av ni smelteverk.

Næringen hadde i 2021 et kraftforbruk på 5 TWh og utgjør ca. 35 prosent av næringens energibruk. Både kraftforbruket og annen energibruk i næringen har holdt seg relativt stabilt de siste ti årene, jf. Figur 5-10.

Figur 5-10: Energibruk i jernholdig metallindustri 2011 til 2021



Kilde: SSB tabell 11561

Eramet med et samlet forbruk av kraft på om lag 2 TWh har som mål å øke sin energituttnyttelse med minst 27 prosent i 2030, sammenlignet med 2005.

Sommeren 2021 satt Eramet i gang utprøving av et nytt energigjennvinningsanlegg (kalt «NewERA ERU»). Utprøvingen var støttet av Enova. Eramet har plan om å gjennomføre siste fase av forprosjektet for anlegget i 2022 med sikte på å fremme en investeringssøknad for et fullskala energigjennvinningsanlegg innen utgangen av året (Eramet Norway, 2021). De enkelte anleggene har også et energiledelsesteam som arbeider kontinuerlig med å identifisere og realisere potensialer for reduksjon av energiforbruk og økt utnyttelse av tilgjengelig energi.

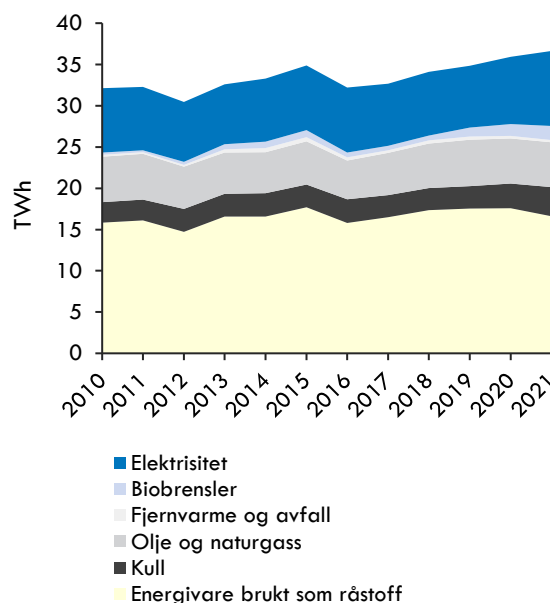
Næringen produserer imidlertid en betydelig mengde lavtemperatur overskuddsvarme. Denne overskuddsvarmen utnyttes ikke i dag som følge av mangel avtakere av overskuddsvarmen i området.

Kjemisk industri

Kjemisk industri omfatter næringer som produserer ulike former for kjemikalier, kjemiske produkter og farmasøytiske råvarer. Sektoren består i all hovedsak av tre petrokjemisk anlegg (eid av INOVYN og INOES), et metanolanlegg (Tjeldbergodden) og to produksjonsanlegg for kunstgjødsel (Yara).

Kjemisk industri hadde i 2021 et kraftforbruk på 9 TWh og utgjør om lag en fjerdedel av energibruken i sektoren. Olje og naturgass utgjør de største energibæreren i industrien, hvorav en stor andel benyttes som råstoff i produksjonsprosessen.

Figur 5-11: Energibruk i kjemisk industri 2010 til 2021



Kilde: SSB tabell 11561

Kjemisk industri er fragmentert, med flere hundre mindre produsenter, samt enkelte store. Industrien har energikrevende systemer som dampsystemer, prosessovner og motorsystemer.

Innovasjon innen kjemisk industri er i dag i stor grad knyttet til effektivisering og mer bærekraftig produksjon av produkter (Menon, 2020). Reaktorteknologi, varmeintegrasjon og separasjon er eksempler på utvikling som kan gi betydelig reduksjon i energiforbruk og økt prosessintensivering (Menon, 2020). På disse områdene foregår det både forskning nasjonalt og internasjonalt. Eksempelvis er Metanolfabrikken på Tjeldbergodden verdensledende når det gjelder energieffektiv metanolproduksjon, og overskuddsvarme fra anlegget blir brukt til marin produksjon som avl, oppdrett og foredling av marine arter (Menon, 2020).

Industrinæringen noen av landets største energibrukere, men også mange mindre bedrifter. For de mindre bedriftene forventer vi, basert på tidligere kartlegginger (Enova, 2009) og erfaring fra andre næringer at det ikke er arbeidet like systematisk med energieffektiviseringstiltak. Potensiale for energieffektivisering kan dermed være relativt stort i disse bedriftene, samtidig vil bedriftens energiforbruket være relativt lite sett opp mot de større kraftforbrukene.

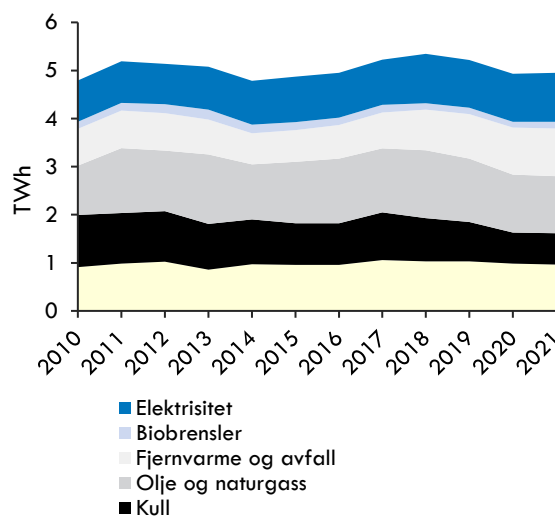
Mineralsk industri

Mineralsk industri omfatter næringer som produserer mineralprodukter som glass, sement, kalk og gips.

Næringen hadde i 2021 et kraftforbruk på 1 TWh og forbruket har holdt seg relativt stabilt på rundt 1 TWh de siste ti årene. Næringens samlede energibruk er på 5 TWh der bruk av kull, olje og naturgass til stasjonær forbrenning utgjør den største andelen, jf.

Figur 5-11.

Figur 5-12: Energibruk i mineralsk industri 2010 til 2021



Kilde: SSB tabell 11561

Næringen har et begrenset kraftforbruk og industrien står overfor tre store typer innovasjoner (Menon, 2020). Samtlige av disse er knyttet til reduksjon av fossile energikilder som benyttes i produksjonsprosessen og inkluderer (Menon, 2020):

- omlegging fra bruk av kull til alternative brensler som biomasse og på sikt hydrogen
- utvikle sementtyper som genererer lavere utslipp, eksempelvis at klinker erstattes med restprodukter fra annen industri med mindre utslipp
- metoder for karbonfangst og lagring

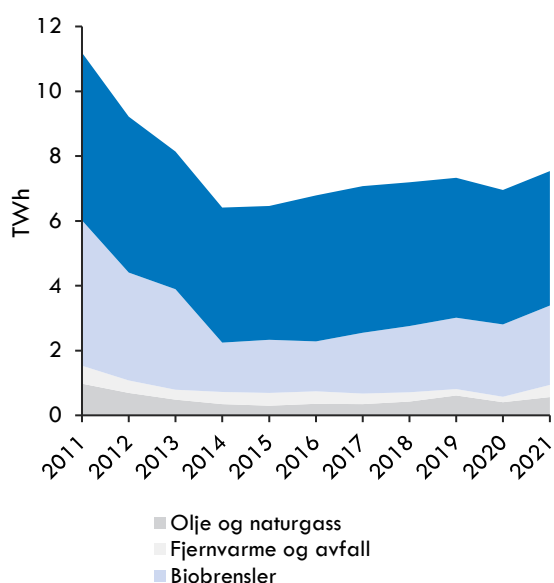
Dette er innovasjoner som vil øke næringens indirekte bruk av kraft, jf. omtale i kapittel 5.2.3.

Treindustri

Treindustrien kan grovt sett deles inn i tre grupper; tradisjonell treforedling, bioraffinerier og fiberbaserte byggevarer (Prosess21, 2020c).

Næringen hadde i 2021 et kraftforbruk på i overkant av 4 TWh. Kraftforbruket er redusert med 1 TWh de siste ti årene samtidig som samlet energiforbruk er redusert med 3,7 TWh, jf. Figur 5-13. Samlet energibruk i treindustrien var i 2021 på 7,5 TWh.

Figur 5-13: Energibruk i treindustri 2010 til 2021



Kilde: SSB tabell 11561

Historisk har treforedlingsindustrien i mindre grad hatt fokus på energieffektivisering enn annen kraftintensiv industri (Enova, 2009). I senere tid har man imidlertid sett et økt fokus på energieffektivisering i næringen (Enova, 2009). Borregaard, som er en stor aktør innen treforedlingsindustrien, opplyser at de jobber kontinuerlig med å effektivisere og optimalisere produksjonsprosessen. Borregaard har mål om å redusere sine klimagassutslipp, men for dette må elektrifisering, jf. omtale i kapittel 5.2.3. For dette er Borregaards største utfordring i dag tilstrekkelig nettkapasitet.

Annen industri

Annen industri omfatter en rekke næringer³³ og består av et stort antall bedrifter som hver har et begrenset kraftforbruk. Samlet utgjør kraftforbruket i bedriftene som omfattes av annen industri 5 TWh i 2021. Næringsmiddelindustrien utgjør den største andelen av energiforbruket innen annen industri. Næringsmiddelindustriens samlede energibruk utgjorde ca. 5 TWh pr år i 2021, hvorav ca. 3 TWh elektrisitet og 2 TWh er andre energikilder som olje, gass, fjernvarme og avfall (SSB, 2022). Næringsmiddelindustrien er også den største industrinæringen i Norge målt etter antall sysselsatte og verdiskapning når en ser bort fra olje- og gassutvinningen i Nordsjøen. Industriene med

størst energibruk i denne sektoren er produksjon av fisk, fôr, kjøtt og meieriprodukter.

Selv om det totale energibruket til næringsmiddelindustrien er lite i forhold til de store forbrukerne i for eksempel metallindustrien, er mange næringsmiddelindustriaktører lokalisert i nærheten av byer³⁴, hvor kraftnettet ofte er anstrengt. I tillegg har næringsmiddelindustrien store behov for termisk energi i form av damp og varmt tappevann i ulike koke- og pasteuriseringsprosesser samt i vasking av prosessutstyr (Enova, 2007). Dampbehovet dekkes i dag vanligvis med el- eller gasskjeler. En typisk bedrift i næringsmiddelindustrien har imidlertid både et varme- og kjølebehov, eller overskuddsvarme tilgjengelig fra prosessene, noe som gir stort potensiale for energieffektivisering gjennom bruk av varmepumper. I tillegg kan effektbehovet jevnes ut og flyttes til lavlastperioder med bruk av termisk energilagring. Et eksempel er meieriet til Tine i Bergen, som reduserte energiforbruket med 40 % (*sammenlignet med konvensjonelle meieri*) med bruk av varmepumper og optimal integrering av prosesser (Egge, 2021). For å oppnå det høye temperaturkravet på meieriet (180°C), ble det benyttet ny varmepumpeteknologi med vann som arbeidsmedium. Effekttjevning ble oppnådd ved bruk av termisk energilagring ved ulike temperaturnivåer.

Samlet energisparepotensial i næringsmiddelindustrien er estimert til 1,3 TWh/år, hvorav 49 prosent er relatert til reduksjon i elektrisk kraft (Enova, 2007).

5.2.5 Barrierer for energieffektivisering i industrien

HighEff³⁵ gjorde i 2019 en kartlegging av sentrale barrierer og drivere for utnyttelse av overskuddsvarme i industrien (HighEff, 2019). Studien finner at de største barrierene er; umoden teknologi, mangel på avtakere av overskuddsvarme lokalt, manglende bedriftsøkonomisk lønnsomhet og begrenset tilgang til kapital. Funnene stemmer i stor grad med en kartlegging av barrierer for energieffektivisering som McKinsey & Company gjorde for Enova i 2009 (Enova, 2009). McKinsey & Company finner imidlertid at også manglende kunnskap og kompetanse er en viktig barriere. HighEff (2019) påpeker at de ikke finner at dette er en barriere for kraftkrevende industrivirksomheter, men viser til at manglende kunnskap og kompetanse kan være en barriere blant mindre aktører. Vi forventer at høye kraftpriser over

³³ Annen industri omfatter: produksjon av metallvarer, maskiner og utstyr, produksjon av nærings- og nytelsesmidler, produksjon av tekstiler, klær, lær og lærvarer, bergverk og bergverksdrift og annen industri (produksjon av gummi- og plastprodukter, produksjon av møbler og annen industriproduksjon)

³⁴ Eksempler: Tine meieriene i Oslo, Bergen og Trondheim (Tunga); Freia sjokoladefabrikk i Oslo, Nidar

sjokoladefabrikk i Trondheim, Felleskjøpet Agri Trondheim, Hoff potetprosesseringsfabrikk i Gjøvik mm.

³⁵ Centre for an Energy Efficient and Competitive Industry for the Future. HighEff ble etablert i 2016-2017 og et av Forskningssentrene for Miljøvennlig Energi (FME). HighEff fokuserer på teknologier og prosesser med et stort potensial for energieffektivisering.

tid vil bidra til økt fokus og interessen for energi-effektivisering også i mindre virksomheter.

Intervjuer og innspill fra industrien i forbindelse med utarbeidelse av denne rapporten sammenfaller med HighEff (2019) og Enova (2009) sine funn:

Mangel på avtakere av overskuddsvarme

Den største barrieren for utnyttelse av overskuddsvarme er mangel på avtakere av overskuddsvarme i nærheten av der varmen produseres. I områder hvor det er etablert fjernvarme kan overskuddsvarmen leveres inn i fjernvarmenettet og utnyttes av andre som er tilkoblet fjernvarmenettet. Norge er et langstrakt land med lav befolkningstetthet mange steder. Det gjør utbygging av fjernvarme kostbart. For å kunne utnytte overskuddsvarmen er det da behov for at virksomheter som kan utnytte tilgjengelig overskuddsvarme lokaliserer seg i nærheten av der varmen finnes. Landbasert oppdrett, tørking ifm. produksjoner av anoder og katoder til batterier, drivhus/matproduksjon og metallindustri er eksempel på næringer som kan ha et betydelig behov for varme og hvor overskuddsvarme fra eksisterende industri kan utnyttes.

Umoden teknologi

Industrien har en rekke initiativer og prosjekter med formål å effektivisere energibruken. Flere av disse forutsetter teknologi som er under utvikling og dermed ikke kommersielt tilgjengelig. Umoden teknologi knytter seg også til usikkerheter og opplevd risiko ved å ta i bruk teknologier som ikke er kommersielle hyllevare.

Manglende bedriftsøkonomisk lønnsomhet

Manglende bedriftsøkonomisk lønnsomhet knytter seg til flere barrierer:

- *Tiltaket har manglende lønnsomhet.* Det vil si at tiltakets kostnader (investering og drift) er for høy til å oppnå lønnsomhet, gitt bedriftens forventninger til framtidige kraftpriser og bedriftens avkastningskrav.
- *Intern risiko* innebærer at tiltaket forventes å medføre høye indirekte kostnader som fører til at tiltaket ikke er gjennomførbart. Tiltaket kan for eksempel medføre risiko for driftsforstyrrelser,

reduert produktkvalitet og forverret HMS. Dette gir økt risiko som i enkelte tilfeller driver avkastningskravet så høyt at tiltaket ikke er gjennomførbart.

- *Ekstern risiko* innebærer at tiltakets finansielle attraktivitet avhenger sterkt av forhold utenfor bedriftens kontroll. Når den eksterne risikoen blir for stor vil det redusere tiltakets lønnsomhet og kunne hindre gjennomføring. Industriens langsiktige overlevelsesevne i Norge er eksempel på en viktig ekstern risiko som er særlig avgjørende for kapitalintensive tiltak med lang tilbakebetalingstid. Manglende stabilitet i rammebetingelsene er en annen viktig ekstern faktor.

Flere av industrivirksomhetene vi har snakket med peker på at det er vanskelig å få støtte til energieffektiviseringstiltak i industrien. De opplever at årsaken både er at Enova har fokus på støtte til ny klima- og energiteknologi med reduksjon av klimagassutslipp som formål, men også at energieffektivisering, etter mange år med Enova-støtte, er tiltak som Enova nå forventer at industrien selv tar tak i.

En annen barriere en av virksomhetene vi har intervjuet peker på at er av stor betydning for lønnsomheten til for eksempel energi-gjenvinningsanlegg, er at deres anlegg får en avkortning i tildeling av klimakvoter som følge av varmegjenvinning. Dette innebærer betydelig tapte inntekter for virksomheten. Virksomheten har klaget på vedtaket som er under behandling hos Miljødirektoratet.

Begrenset kapitaltilgang

Begrenset kapitaltilgang kan utgjøre en barriere dersom energieffektiviseringsprosjekter ikke ansees som viktige eller lønnsomme nok sammenlignet med andre konkurrerende prosjekter. Dette kan være tilfellet selv om tiltaket tilfredsstillende bedriftens generelle lønnsomhetskrav. Nedprioritering av slike tiltak skyldes ofte at tiltaket ikke anses som strategisk viktig og prioriteres dermed lavere enn andre strategiske og pålagte tiltak, eksempelvis knyttet til HMS eller lovkrav.

6. Referanser

- Alcoa, 2022a. *Process Development Manager* [Intervju] (4 8 2022a).
- Alcoa, 2022b. *Turning Raw Potential into Real Progress: 2021 Annual report*, s.l.: s.n.
- Alcoa, 2022c. *Financial Summary Table*. [Internett]
Available at: https://s29.q4cdn.com/945634774/files/doc_financials/2022/q2/2Q22-Alcoa-Financial-Results.pdf
- Arbeiderpartiet og Senterpartiet, 2021. *Hurdalsplattformen - For en regjering utgått fra Arbeiderpartiet og Senterpartiet 2021-2025*, s.l.: s.n.
- Benjaminsen, C., 2021. *Nå skal oppdrettsfisken på lan*, s.l.: Sintef.
- Berge, A., 2021. *Arealkonflikter knyttet til landbasert oppdrett: – Jeg lurer på om vi vil ha en kyst med sprengte holmer*. iLaks, 12 November.
- Berge, A., 2021. *Rush etter landbaserte lakseanlegg: Myndighetene går glipp av milliardinntekter*, s.l.: iLaks.
- Bjørndal, T. & Tusvik, A., 2019. *Økonomisk analyse av landbasert oppdrett av laks*, s.l.: SNF & NTNU.
- Cushman & Wakefield, 2020. *European secondary markets: the growth story for the new decade*, s.l.: s.n.
- Dagens Næringsliv, 2022. *Snart kommer det kraft fra land på fire nye plattformer i Nordsjøen – da kan strømprisen stige ytterligere*. [Internett]
Available at: <https://www.dn.no/energi/olje-og-gass/kraft/terje-aasland/snart-kommer-det-kraft-fra-land-pa-fire-nye-plattformer-i-nordsjoen-da-kan-stromprisen-stige-ytterligere/2-1-1275648>
- DNV GL, 2019a. *Produksjon og bruk av hydrogen i Norge*, s.l.: DNV GL.
- DNV GL, 2019b. *1,5°C –Hvordan Norge kan gjøre sin del av jobben*, s.l.: DNV GL.
- DNV, 2021. *Energy transition outlook 2021*, s.l.: DNV.
- DNV, 2022. *Hydrogen forecast to 2050*, s.l.: DNV.
- E24.no, 2020b. *Hydro har sikret seg sol- og vindkraft for flere tiår*. [Internett]
Available at: <https://e24.no/det-groenne-skiftet/i/qLwVJm/hydro-har-sikret-seg-sol-og-vindkraft-for-flere-tiaar>
- E24, 2020a. *Elektrifisering av sokkelen krever mye kraft: – Umulig uten vindkraft*. [Internett]
Available at: <https://e24.no/det-groenne-skiftet/i/9vLA8d/elektrifisering-av-sokkelen-kraver-mye-kraft-umulig-uten-vindkraft>
- E24, 2022. *Enova gir milliardstøtte til hydrogen*. [Internett]
Available at: <https://e24.no/det-groenne-skiftet/i/v5q0xl/enova-gir-milliardstoette-til-hydrogen>
[Funnet 05. august 2022].
- Energy Monitor, 2021. *Green hydrogen to get targets, free carbon credits in EU*. [Internett]
Available at: <https://www.energymonitor.ai/tech/hydrogen/green-hydrogen-to-get-targets-free-carbon-credits-in-eu>
[Funnet 15 august 2022].
- enerWE.no, 2020. *Forventer at oljebransjens strømforbruk mer enn doubles*. [Internett]
Available at: <https://enerwe.no/elektrifisering-equinor-klima/forventer-at-oljebransjens-stromforbruk-mer-enn-doubles/347870>
- Enova, 2009. *Potensial for energieffektivisering i norsk landbasert industri*, Trondheim: Enova.
- Enova, 2022. *Pilot-E - Raskere fra idé til marked*. [Internett]
Available at: https://www.enova.no/pilot-e/?gclid=CjwKCAjw6MKXBhA5EiwANWLODMQ2nUTMfPahZDLWesUFtJxL4rMpoCg6tQCNRIIZ75EljTOumM_w8

BoCN30QAvD_BwE
[Funnet 08 08 2022].

Enova, u.d. *EUs Innovasjonsfond*. [Internett]
Available at: https://www.enova.no/bedrift/europeiske-stotteordninger-for-klimateknologi/eus-innovasjonsfond/?gclid=CjwKCAjw6MKXBhA5EiwANWL0DHZ_gpniqZvIDtMuh8s5JwFOvEQmOZvc8dJ8ewvXcbnP3F51mRfLBoCjvUQAvD_BwE
[Funnet 08 08 2022].

Equinor, 2019. *EL001 Northern Lights - Mottak og permanent lagring av CO2. Plan for utbygging, anlegg og drift Del II - Konsekvensutredning*, s.l.: Equinor.

Equinor, u.d. *Elektrifisering av plattformer*. [Internett]
Available at: <https://www.equinor.com/no/energi/elektrifisering-av-plattformer>

Eramet Norway, 2021. *Bærekraftrapport 2021*, s.l.: s.n.

Europakommisjonen, 2021. *A European Green Deal*. [Internett]
Available at: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
[Funnet 25. juni 2022].

Europakommisjonen, 2022a. *State aid: Commission adopts Temporary Crisis Framework to support the economy in context of Russia's invasion of Ukraine*. [Internett]
Available at: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/STATEMENT_22_1949
[Funnet 25. juli 2022].

Europakommisjonen, 2022b. *REPowerEU: A plan to rapidly reduce dependence on Russian fossil fuels and fast forward the green transition**. [Internett]
Available at: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_22_3131
[Funnet 12. august 2022].

European Economic and Social Committee, 2019. *Strategic Action Plan on Batteries (report)*, s.l.: EESC.

Forskningsrådet, 2020. *Fakta om Horisont Europa*. [Internett]
Available at: <https://www.forskningsradet.no/horisont-europa/fakta/>
[Funnet 08 08 2022].

Forskningsrådet, 2021. *Årsrapport 2020 - Idékraft verden trenger*, s.l.: Forskningsrådet.

Forskningsrådet, 2022. *Maritim21-strategi*, s.l.: Forskningsrådet.

Fortum Oslo Varme, 2021. *Søknad om tillatelse til virksomhet etter forurensingsloven - Fullskala karbonfangst*, s.l.: Carbon Capture Oslo.

Førde, T., 2021. *Teknisk Ukeblad*. [Internett]
Available at: <https://www.tu.no/artikler/her-kommer-et-av-norges-storste-landbaserte-oppdrettsanlegg/512536>

Gemini, 2019. *Dette må du vite om fangst og lagring av CO2*. [Internett]
Available at: <https://gemini.no/2019/10/dette-ma-du-vite-om-ccs-karbonfangst-og-lagring/>
[Funnet 27. juli 2022].

GreenH, 2020. *Håpløst dyrt å transportere hydrogen – derfor bør den produseres lokalt*. [Internett]
Available at: <https://greenh.no/haplost-dyrt-a-transportere-hydrogen-derfor-bor-den-produseres-lokalt/>
[Funnet 08. august 2022].

Havforskningsinstituttet, 2021. *Tema: Landbasert oppdrettsanlegg/lukket anlegg*. [Internett]
Available at: <https://www.hi.no/hi/temasider/akvakultur/landbaserte-oppdrettsanlegg-lukkede-anlegg>
[Funnet 27. juli 2022].

HighEff, 2019. *Barriers and enablers for industry implementation*, s.l.: s.n.

Horisont energi, 2021. *Project barents blue*, s.l.: Horisont energi.

Hydro, 2022a. *Annual Report 2021*, s.l.: s.n.

Hydro, 2022b. *Første kvartal 2022: Strategisk vekst og rekordresultater*. [Internett]

Available at: <https://www.hydro.com/no-NO/media/news/2022/forste-kvartal-2022-strategisk-vekst-og-rekordresultater/>

Hydro, 2022c. *Karmøy technology pilot*. [Internett]

Available at: <https://www.hydro.com/no-NO/media/pa-dagsorden/karmoy/>
[Funnet 2 8 2022].

Hydro, 2022d. *Hydro Havrand*. [Internett]

Available at: <https://www.hydro.com/no-NO/energy/hydrogen/>

IEA, 2021 a. *Sustainable Development Scenario (SDS)*. [Internett]

Available at: <https://www.iea.org/reports/world-energy-model/sustainable-development-scenario-sds>

IEA, 2021 b. *World Energy Outlook 2021*, s.l.: s.n.

IEA, 2021 c. *Ammonia Technology Roadmap*, s.l.: s.n.

iLaks og Salmon Business, 2021. *Is the future on dry land?*, s.l.: s.n.

iLaks, 2022. *Landet finansieringspakke på 2,5 milliarder kroner. Nå skal det endelig bygges et landbasert oppdrettsanlegg ved Rjukan*. [Internett]

Available at: <https://ilaks.no/landet-finansieringspakke-pa-25-milliarder-kroner-na-skal-det-endelig-bygges-et-landbasert-oppdrettsanlegg-ved-rjukan/>
[Funnet 08. august 2022].

Implement Consulting Group, 2020. *Datasentre i Norge - Ringvirkningsanalyse av gjennomførte og potensielle etableringer*, s.l.: Kommunal- og moderniseringsdepartementet.

Innovasjon Norge, 2021. *Årsrapport 2020*, s.l.: Innovasjon Norge.

IPCC, 2021. *Climate Change 2021 - The Physical Science Basis. Summary for Policymakers*, s.l.: Intergovernmental Panel on Climate Change.

Kapital, 2021. *Ekspertene skeptiske til Norges hydrogensatsing*. [Internett]

Available at: <https://kapital.no/reportasjer/naeringsliv/2021/11/15/7759164/ekspertene-skeptiske-til-norges-hydrogensatsing>
[Funnet 26. juli 2022].

Klima- og miljødepartementet, 2021. *Meld. St. 13 (2020–2021) - Klimaplan for 2021–2030*, s.l.: Klima- og miljødepartementet.

Klima- og miljødepartementet, 2022. *Forslag til CO2-kompensasjon for norske bedrifter sendt ESA*. [Internett]

Available at: https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/forslag-til-co2-kompensasjon-for-norske-bedrifter-sendt-esa/id2924678/?utm_source=regjeringen.no&utm_medium=email&utm_campaign=nyhetsvarselVeke%2034
[Funnet 23. august 2022].

Knudsen, C., 2022. *Lakseprisen kraftig opp til ny rekord*. E24, 23 Februar.

Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2021. *Norske datasentre - berekraftige, digitale kraftsenter*, s.l.: Kommunal- og moderniseringsdepartementet.

Kunnskapsdepartementet, 2017. *Meld. St. 16 (2016-17)*, Oslo: Kunnskapsdepartementet.

Menon, 2021 a. *Ringvirkninger og samfunnseffekter av Freyrs etablering i Mo i Rana*, s.l.: Menon.

Menon, 2021 b. *Ringvirkninger av ny kraftintensiv industri i Nordland*, s.l.: Menon.

Miljødirektoratet, 2020. *Klimakur 2030*, s.l.: Miljødirektoratet.

Miljødirektoratet, 2021. *Forslag til forskrift om CO2-kompensasjon for industrien*, s.l.: Miljødirektoratet.

- Miljødirektoratet, 2022. *Utslipp til luft i Norge*. [Internett]
Available at: <https://www.norskeutslipp.no/>
- Multiconsult, 2019. *Karbonfangstanlegg Norcem Brevik - Konsekvensutredning*, s.l.: Multiconsult.
- Målsnes, A., 2022. *Senior Process Engineer* [Intervju] (11 8 2022).
- Nekså, P. & Røkke, P. E., 2019. Kapittel 5: Den billigste kilowatttimen. I: *Det Nye Digitale Norge*. s.l.: Norges Tekniske Vitenskapsakademi, pp. 63-71.
- NHO, 2020. *Norske muligheter i grønne elektriske verdikjeder*, s.l.: Styringskomiteen for Grønne Elektriske Verdikjeder.
- NHO, 2021. *Anbefalinger for industriell satsing på batterier i Norge*, s.l.: Næringslivets Hovedorganisasjon (NHO).
- NHO, 2021. *Kompetansebarometer 2021*, s.l.: s.n.
- NHO, 2022. *NHO etterlyser strømstøtte for bedrifter*, s.l.: Næringslivets Hovedorganisasjon (NHO).
- Nkom, 2016. *Kartlegging og vurdering av infrastruktur som kan nyttiggjøres av datasentre*, s.l.: Nasjonal kommunikasjonsmyndighet.
- Nordic Innovation, 2021. *The Nordic Supply Potential of Critical Metals and Minerals for a Green Energy Transition*, s.l.: s.n.
- Norges sjømatråd, 2021. *Nøkkeltall*. [Internett]
Available at: <https://seafood.no/markedsinnsikt/nokkeltall/>
[Funnet 10. august 2022].
- Norsk Industri, 2021. *BattKOMP - Del 1 Kompetansebehov i batteriindustrien*, s.l.: Norsk Industri.
- Norsk Industri, u.d. *Om Aluminiumsbransjen*. [Internett]
Available at: <https://www.norskindustri.no/bransjer/aluminium/om-aluminiumsbransjen/>
[Funnet 2. august 2022].
- Norsk klimastiftelse, 2021. *<2°C Temanotat 3/2021. Hydrogen som klimaløsning*, s.l.: Norsk klimastiftelse.
- NRK, 2022. *Her kjem eit kilometerlangt oppdrettsanlegg*. [Internett]
Available at: <https://www.nrk.no/vestland/dette-oppdrettsanlegget-pa-land-bli-over-ein-kilometer-langt-1.15848381>
- NVE, 2019a. *Hydrogen i det moderne energisystemet*, s.l.: Norges vassdrag- og energidirektorat (NVE).
- NVE, 2019b. *Energibruk fra datasentre i Norge*, s.l.: Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE).
- NVE, 2020. *Elektrifisering av landbaserte industrianlegg i Norge: en kartlegging av teknisk potensial og konsekvensene for kraftnettet*, s.l.: s.n.
- NVE, 2021. *Langsiktig kraftmarkedsanalyse*, s.l.: s.n.
- NVE, 2021. *Langsiktig kraftmarkedsanalyse 2021 – 2040*, s.l.: s.n.
- Nærings- og fiskeridepartementet, 2018. *Norge som datasenternasjon*, s.l.: Nærings- og fiskeridepartementet.
- Nærings- og fiskeridepartementet, 2019. *Retningslinjer for behandling av søknader om tillatelse til akvakultur av matfisk på land av laks, ørret og regnbueørret*, s.l.: Nærings- og fiskeridepartementet.
- Nærings- og fiskeridepartementet, 2021. *Havbruksstrategien - Et hav av muligheter*, s.l.: Nærings- og fiskeridepartementet.
- Nærings- og fiskeridepartementet, 2022a. *Veikart for grønt industriløft*, s.l.: Nærings- og fiskeridepartementet.
- Nærings- og fiskeridepartementet, 2022b. *Norges batteristrategi*, s.l.: Nærings- og fiskeridepartementet.

Nærings- og fiskeridepartementet, 2022c. *Norge og EU enige om forsterket industrielt samarbeid om batterier og råvarer*. [Internett]
Available at: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/norge-og-eu-enige-om-forsterket-industrielt-samarbeid-om-batterier-og-ravarer/id2920991/>
[Funnet 09. august 2022].

Olje- og energidepartementet & Klima- og miljødepartementet, 2020. *Regjeringens hydrogenstrategi*, s.l.: Olje- og energidepartementet og Klima- og miljødepartementet.

Olje- og energidepartementet, 2020a. *Meld. St. 22 (2019-2020)*, s.l.: Olje- og energidepartementet.

Olje- og energidepartementet, 2020b. *Meld. St. 33 (2019-2020)*, s.l.: Olje- og energidepartementet.

Olje- og energidepartementet, 2021. *Meld. St. 36 (2020-2021)*, s.l.: Olje- og energidepartementet.

Olje- og energidepartementet, 2022. *Meld. St. 11 (2021-2022)*, s.l.: Olje- og energidepartementet.

Oljedirektoratet, 2021. *Årsrapport 2021*, s.l.: s.n.

Oslo Economics & Asplan Viak, 2019. *Kartlegging og vurdering av potensial for effektivisering av oppvarming og kjøling i Norge*, s.l.: s.n.

Oslo Economics, 2022a. *Kunnskapsgrunnlag: Areal- og kraftkrevende virksomhet i Rogaland*, s.l.: s.n.

Oslo Economics, 2022b. *Konsesjonsprosesser i utvalgte land*, s.l.: s.n.

PEM RWTH Aachen, 2018. *Lithium-ion battery cell production process*, Frankfurt am Main: PEM RWTH Aachen.

Petter Røkke, 2021. *Industrinaboer kan dele overskuddsenergi*. [Internett]
Available at: <https://blogg.sintef.no/sintefenergy-nb/industrinaboer-kan-dele-overskuddsenergi/>
[Funnet 2. august 2022].

Prosess21, 2020a. *Ny prosesseteknologi med redusert karbonavtrykk inkl. CCU*, s.l.: Prosess21.

Prosess21, 2020b. *Batteriverdikjeden - Prosess21 Ekspertnotat*, s.l.: Prosess21.

Prosess21, 2021a. *Prosess 21 - hovedrapport*, s.l.: Prosess21.

Prosess21, 2021b. *Litiumbatterier: teknologi og utviklingstrender enkelt forklart*, s.l.: Prosess21.

Salmon Evolution, u.d. *Salmon Evolution*. [Internett]
Available at: <https://salmonevolution.no/about-us/>

Senanu, S., Skybakmoen, E. & Solheim, A., 2021. *Sju veier til grønnere aluminium*. [Internett]
Available at: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2021/sju-veiertilgronnere-aluminium/>
[Funnet 3. august 2022].

SINTEF, 2018. *Konsekvensanalyse av landbasert oppdrett av laks - matfisk og post-smolt*, s.l.: SINTEF.

SINTEF, 2019. *Konsekvensanalyse for landbasert oppdrett - teknologi, biologi og risiko*, s.l.: SINTEF.

SINTEF, 2020a. *Hva er egentlig grått, grønt, blått og turkis hydrogen?*. [Internett]
Available at: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2020/hva-er-egentlig-gra-gronn-bla-og-turkis-hydrogen/>
[Funnet 08. august 2022].

SINTEF, 2020b. *Strengthening Industrial Heat Pump Innovation. Decarbonizing Industrial Heat*, s.l.: s.n.

SINTEF, 2021. *Slik kan vi bruke klimaverstingen CO2 til noe smart*. [Internett]
Available at: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2021/slik-kan-vi-bruke-klimaverstingen-cosub2sub-til-noe-smart/>
[Funnet 27. juli 2022].

Sjømat Norge, 2020. *Nye fôrvarer skal redusere klimautslippene for norsk laks*. [Internett]
Available at: <https://sjomatnorge.no/nye-forravarer-skal-reducere-klimautslippene-for-norsk-laks/>
[Funnet 10. august 2022].

- Solheim, A., 2019. *Er aluminiumelektrolyse med inerte anoder en blindvei?*. [Internett]
Available at: <https://blogg.sintef.no/sintefenergy-nb/energieffektivisering-cat/aluminium-inerte-anoder-hall-heroult/>
- SSB, 2017a. *Kraftintensiv industri: Viktig arbeidsgiver i distriktene*. [Internett]
Available at: <https://www.ssb.no/energi-og-industri/artikler-og-publikasjoner/viktig-arbeidsgiver-i-distriktene>
- SSB, 2017b. *Kraftintensiv industri. På vei mot gamle høyder?*. [Internett]
Available at: <https://www.ssb.no/energi-og-industri/artikler-og-publikasjoner/pa-vei-mot-gamle-hoyder--324244>
- SSB, 2022a. *Produksjon og forbruk av energi, energibalanse og energiregnskap, Om statistikken*. [Internett]
Available at: <https://www.ssb.no/energi-og-industri/energi/statistikk/produksjon-og-forbruk-av-energi-energibalanse-og-energiregnskap#om-statistikken>
[Funnet 2. august 2022].
- SSB, 2022b. *Kommunal vannforsyning*. [Internett]
Available at: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/vann-og-avlop/statistikk/kommunal-vannforsyning>
[Funnet 23. august 2022].
- Statkraft, 2022. *Ett skritt nærmere hydrogenproduksjon på Mo*. [Internett]
Available at: <https://www.statkraft.no/nyheter/nyheter-og-pressemeldinger/arkiv/2022/ett-skrutt-narmere-hydrogenproduksjon-pa-mo/>
- Statnett, 2020a. *Langsiktige markedsanalyser Norden og Europa 2020-2050*, s.l.: s.n.
- Statnett, 2020b. *Tariffer for transmisionsnettet 2021*, s.l.: Statnett.
- Statnett, 2021a. *Langsiktig Markedsanalyse 2020-2050*, s.l.: s.n.
- Statnett, 2021b. *Nettutviklingsplan 2021*, s.l.: s.n.
- Statnett, 2021c. *Kortsiktig markedsanalyse 2021-2025*, s.l.: s.n.
- Statnett, 2021d. *Samfunnsøkonomisk vurdering av forventede investeringer - Vedlegg til NUP 2021*, Oslo: Statnett SF.
- Stavanger Aftenblad, 2022. *Kan knuse Rogalands drømmer om kraftkrevende industri*. [Internett]
Available at: <https://www.aftenbladet.no/lokalt/i/OG72wJ/kan-knuse-rogalands-droemmer-om-kraftkrevende-industri>
[Funnet 25. juli 2022].
- Strømnettutvalget, 2022. *NOU 2022:6 Nett i tide - om utvikling av strømmettet*, s.l.: Olje- og energidepartementet.
- Teknisk ukeblad, 2021. *Her kommer et av Norges største landbaserte oppdrettsanlegg*. [Internett]
Available at: <https://www.tu.no/artikler/her-kommer-et-av-norges-storste-landbaserte-oppdrettsanlegg/512536>
[Funnet 27. juli 2022].
- Teknisk ukeblad, 2022. *Høye strømpriser stopper ikke norsk batteriproduksjon*. [Internett]
Available at: <https://www.tu.no/artikler/hoye-strompriser-stopper-ikke-norsk-batteriproduksjon/517436>
[Funnet 25. juli 2022].
- THEMA, 2021. *Rekordhøye kvotepriser: Er EU ETS virkelig "fit for 55"?*. [Internett]
Available at: <https://thema.no/thema-blog/rekordhoye-kvotepriser-er-eu-ets-virkelig-fit-for-55/>
[Funnet 14. august 2022].
- THEMA, 2022. *Hvordan kan differansekontrakter bidra til å utvikle et norsk hydrogenmarked*. [Internett]
Available at: <https://thema.no/nyheter/hvordan-kan-differansekontrakter-bidra-til-a-utvikle-et-norsk-hydrogenmarked/>
[Funnet 24 juni 2022].

Utenriksdepartementet, 2021. *Ny dynamikk for karbonfangst og -lagring i EU*. [Internett]
Available at: <https://www.regjeringen.no/no/tema/europapolitikk/aktuelt/aktuelt/rapporter-fra-eu-delegasjonen-2021/ny-dynamikk-for-karbonfangst-og-lagring-i-eu/id2890575/>

Varanger Kraft, 2020. *Hydrogenfabrikk - Berlevåg*. [Internett]
Available at: <https://www.varanger-kraft.no/hydrogen/>

Vista Analyse & Sintef, 2019. *Kostnader ved karbonfangst og -lagring i Norge*, s.l.: s.n.

Yuan, C., Deng, Y., Lib, T. & Yanga, F., 2017. Manufacturing energy analysis of lithium ion battery pack for electric vehicles. *CIRP Annals*, Volume 66(Issue 1), pp. 53-56.

Zero, 2022. *Differansekontrakter kan sikre fortgang for hydrogen*. [Internett]
Available at: <https://zero.no/differansekontrakter-kan-sikre-fortgang-for-hydrogen/>
[Funnet 15 august 2022].

oslo**economics**

www.osloeconomics.no

post@osloeconomics.no
Tel: +47 21 99 28 00
Fax: +47 96 63 00 90

Besøksadresse:
Kronprinsesse Märthas plass 1
0160 Oslo

Postadresse:
Postboks 1562 Vika
0118 Oslo

