



Norge - en energinasjon for fremtiden

Klimadebatt på ville veier

Den norske klimadebatten står i fare for å havne i grøfta.
Mens voksne mennesker slår hverandre i hodet med karakteristikk
og følelsesladde utbrudd, står klimautfordringene og venter på svar.

Nå må vi snakke om fakta og løsninger.

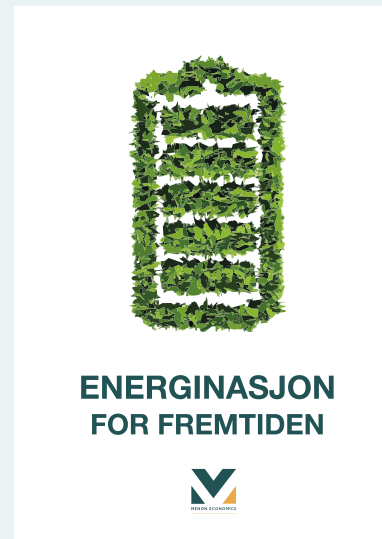


Rapport: fremtidens olje- og gassnæring

Lederne har derfor bestilt en analyse fra Menon om fremtidens olje- og gassnæring. Oppdraget som ble gitt til Menon var å se hvilken rolle olje- og gassnæringen vil spille i en fremtid hvor utslipp av CO₂ skal drastisk ned.

Rapporten viser at olje og gass vil være en viktig energikilde i fremtiden, også i alle scenarier for energiproduksjon som har som forutsetning at utslippsmålene skal nås. En forutsetning i scenariene er imidlertid at gassen renses for CO₂.

Rapporten viser også at oppfyllelse av målene kan gi betydelige forretningsmuligheter for norsk næringsliv. Norge kan bli en klimaprofitør.

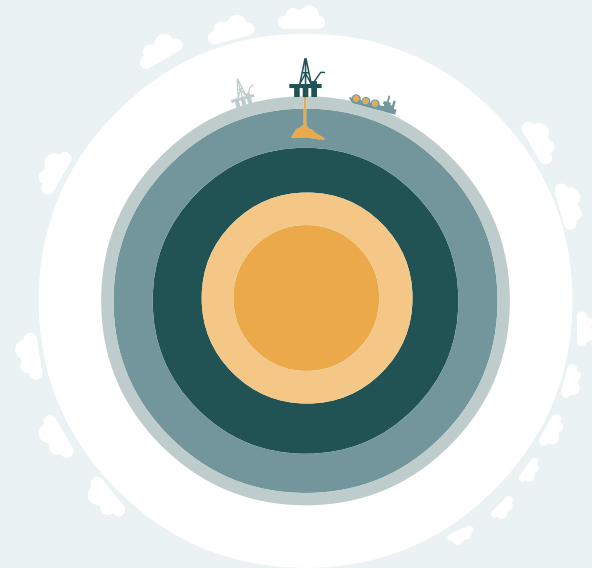


Karbonfangst og -lagring

CO₂-fangst og -lagring kan raskt bidra til å redusere globale CO₂-utslipp på nivå med utslippsbanene som er konsistent med å holde temperaturøkningen innenfor 1,5°C eller 2°C.

Norge har forutsetningene for å være et fyrtårn.

Dette krever politisk handling, og det må skje så raskt som mulig.



Hydrogen og fornybar energi

Hydrogenproduksjon vil kunne redusere CO₂-utslippene fra tungtransport vesentlig. En omdanning av gass til hydrogen med karbonfangst og -lagring, vil medføre at vi får mer verdiskaping ut av våre naturressurser. SINTEF har vist at CCS-satsingen kan danne grunnlag for en sysselsetting tilsvarende dagens leverandørindustri til olje og gass.

Markedspotensialet innen fornybar energi er stort. En utbygging av offshorevind vil åpne nye markeder for den norske leverandørindustrien og samtidig redusere sårbarheten for betydelige svingninger i investeringsnivået i olje og gass.

Vi må omstille prosessindustrien til en nullutslippsindustri innen 2050, for å forsterke Norges ledende rolle som foredler av fornybar energi.



Tiltak i felleskap

Alle fire tiltakene i rapporten krever at ledere innen politikk, næringsliv og miljøbevegelsen går sammen og får ting gjort.

En gjennomføring av tiltakene vil være Norges viktigste bidrag til å nå verdens utslippsmål. I tillegg vil det gi betydelige eksportinntekter og høy verdiskaping.

Dette handler både om å løse klimautfordringene nasjonalt og globalt, men også om å tilrettelegge for at Norge kan tjene penger på det grønne skiftet, gjennom å bruke den teknologien og kompetansen som finnes i dag i eksempelvis olje- og gasssektoren, leverandørindustrien og teknologibedriftene.



Fornuft og følelser

Lederne anerkjenner og støtter det store engasjementet som vises fra flere hold i klimadebatten.

Å avvikle olje- og gassnæringen er imidlertid ingen løsning. Alle scenarier som baserer seg på 1,5 gradersmålet viser at verden også i fremtiden vil bruke betydelige mengder olje og gass.

Ressursene må imidlertid renses. Det koster litt mer, men det er verdt det. De ekstra kostnadene vil hjelpe klimaet, legge grunnlag for en betydelig sysselsetting og verdiskaping i Norge, og bidra til at Norge vil opprettholde sin posisjon som energinasjon.



De beste forutsetninger

Klimatrusselen vil ikke rasere olje- og gassnæringen eller norsk økonomi. Den krever imidlertid nye løsninger. Nye løsninger gir nye muligheter, men det er en internasjonal konkurranse. De som først bygger opp kompetanse vil vinne.

Norge har de beste forutsetninger. Vi har vunnet før, og har verdensledende kompetanse. Men en videreutvikling av kompetansen krever politisk lederskap og vilje til å satse. Med riktig satsing kan Norge tjene penger på at verden reduserer sine utslipp.



Sett i gang!

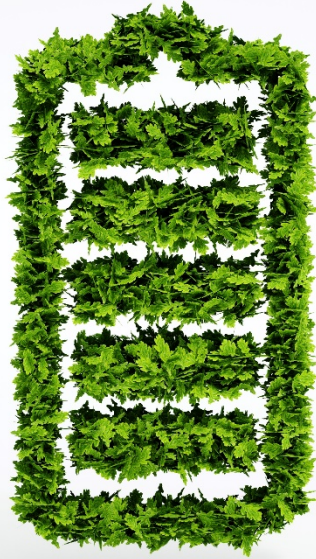
Lederne forlanger at Norge straks igangsetter pilotprosjekter for CCS i Norge. Kostnaden ved pilotprosjektene tilsvarer gevinsten av fem dagers produksjon fra norsk sokkel.

CCS kan samtidig gjennom CO₂-fri produksjon forlenge levetiden på norsk sokkel i flere tiår.

Dette er en no-brainer.

Sett i gang!





NORGE - EN ENERGINASJON FOR FREMTIDEN

Forord

På oppdrag for Lederne har Menon Economics analysert og diskutert den norske olje- og gassnæringens rolle på veien mot lavutslippssamfunnet.

Prosjektet har vært ledet av Sveinung Fjose, med Even Winje og Sigrid Hernes som prosjektmedarbeidere.

Menon Economics er et forskningsbasert analyse- og rådgivningsselskap i skjæringspunktet mellom foretaksøkonomi, samfunnsøkonomi og næringspolitikk. Vi tilbyr analyse- og rådgivningstjenester til bedrifter, organisasjoner, kommuner, fylker og departementer. Vårt hovedfokus ligger på empiriske analyser av økonomisk politikk, og våre medarbeidere har økonomisk kompetanse på et høyt vitenskapelig nivå.

Vi vil takke Lederne for et spennende prosjekt. Forfatterne står ansvarlig for alt innhold i rapporten.

September 2019

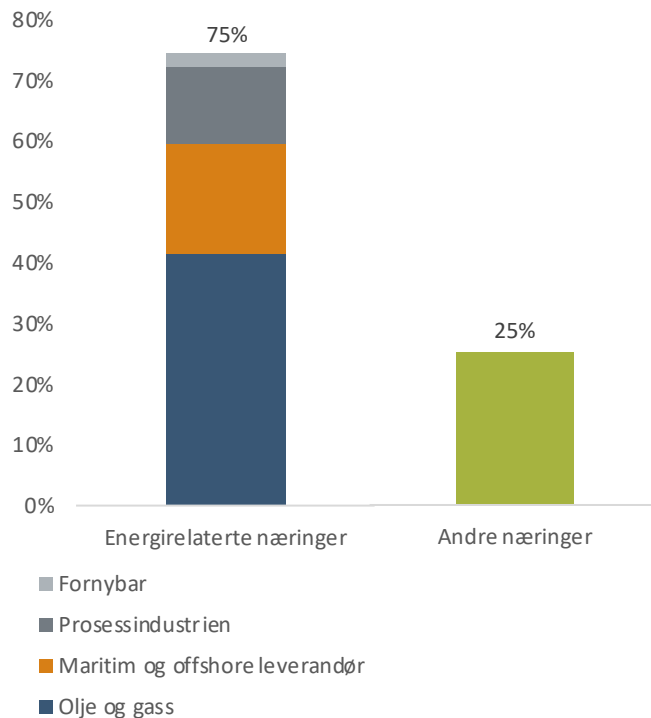
Sveinung Fjose
Prosjektleder
Menon Economics

Sammendrag.....	13
1. Innledning.....	15
2. Energinasjonen Norge.....	17
3. Scenarioanalyse.....	23
- Generelle trekk ved lavutslippsscenarioene.....	24
- Global fremtidig etterspørsel etter olje.....	25
- Global fremtidig etterspørsel etter gass.....	26
- Global fremtidig etterspørsel etter øvrige energibærere.....	27
Case: Gassens rolle i det europeiske kraftmarkedet	28
4. Industrielle muligheter ved utnyttelse av energiressurser i Norge.....	30
- Karbonfangst og –lagring	31
- Hydrogen	34
- Flytende havvind	37
- Prosessindustri	40
Vedlegg.....	43
- Vedlegg A: Forkortelser.....	44
- Vedlegg B: FNs bærekraftsmål	45
- Vedlegg C: Lavutslippsscenarioer	46
- Vedlegg D: Den norske olje- og gassnæringens rolle på veien mot lavutslippssamfunnet.....	48
- Vedlegg E: Referanseliste.....	49

- Norge er en energinasjon. Tre fjerdedeler av norsk eksport er knyttet til energi. Olje- og gassnæringen er den klart største norske energinæringen, og er avgjørende viktig for en stadig grønnere europeisk energiproduksjon.
- Forbrenning av olje og gass er en av de viktigste kildene til klimagassutslipp. Til tross for vedtatte målsetninger om det motsatte, øker utslippet av klimagasser betydelig. Uten at det tas grep, mener mange forskere at verden står overfor alvorlige klimaendringer.
- For dagens ungdomsgenerasjon i Europa, er klima den viktigste politiske saken. Det er lett å forstå siden de i lengre tid vil leve med konsekvensene enn foreldre- og besteforeldregenerasjonen.
- Det er bred konsensus i internasjonale prognoser knyttet til fremtidig energibruk at etterspørsel etter olje- og gass vil være betydelig også frem mot 2050. Dette gjelder også de scenarioene som *forutsetter* at utslippene reduseres i tråd med Paris-målene. En av de sentrale forutsetningene for denne utviklingen er imidlertid at karbonfangst og -lagring (CCS) får en viktigere rolle. Videre kan hydrogen legge til rette for betydelige utslippsreduksjoner innen tungtransport og industri. Felles for alle lavutslippsscenarioene er en storstilt utbygging av fornybar energi.
- Gasskraft ventes å spille en viktig rolle i kraftsystemer som i stadig større grad baserer seg på sol- og vindkraft. Produksjon av sol- og vindkraft vil variere med været. For å legge til rette for utbygging av fornybar kraft er man derfor avhengig av fleksibilitet i det øvrige systemet. Flere EU-land har innført kapasitetsmarkeder for å sikre strømforsyning i perioder med lite vind og sol. I disse markedene dominerer gasskraft. Dette kommer av at gasskraften er rimelig å regulere, samtidig som utslippene relativt sett er lave.
- Olje- og gassnæringen utgjør en betydelig del av norsk verdiskaping, men en forsvinnende liten del av verdens samlede produksjon. Som andel av Europas gasskonsum er imidlertid den norske andelen betydelig. I motsetning til de fleste andre gassprodusenter i Europas nærhet, har vi et stabilt demokrati. Det gjør Norge til en attraktiv og viktig gassleverandør for EU i flere tiår fremover.

Figur A: Andel eksport fordelt på energirelaterte næringer i 2018.

Kilde: Menon Economics



- Lavutslippsscenarioene viser at det vil være en betydelig verdiskaping i de fossile energimarkedene. Selv om norsk gass i seg selv kan spille en viktig rolle, kan den norske olje- og gassnæringen innta en enda mer aktiv rolle i den globale omstillingen ved å bruke den kompetansen og kapitalen man besitter på å utvikle og industrialisere teknologier som vil være sentrale for å redusere globale utslipp. Dette vil bidra til at den norske næringen skiller seg markant fra de øvrige energiproduserende landene, og blir en del av løsningen på veien mot lavutslippssamfunnet.
- En industrialisering av lavutslippsteknologier vil kreve store investeringer, men representerer samtidig store forretningsmuligheter for næringen i møte med en ny energihverdag og økt konkurranse fra alternative energibærere.
- Med bakgrunn i scenarioanalysen og kompetansen den norske leverandørindustrien besitter, har vi identifisert fire områder som er spesielt interessante med tanke på å videreutvikle energinasjonen Norge:
 - CO2-fangst og -lagring kan raskt bidra til å redusere globale CO2-utslipp på nivå med utslippsbanene som er konsistent med å holde temperaturøkningen innenfor 1,5°C eller 2°C. Norge har en ledende posisjon på dette feltet.
 - Hydrogenproduksjon vil kunne redusere CO2-utslippene fra tungtransporten vesentlig. En omdanning av gass til hydrogen med CCS i kombinasjon med annen CCS i Norge, vil medføre at vi får mer verdiskaping ut av våre naturressurser og en sysselsetting tilsvarende dagens leverandørindustri til olje og gass, samtidig som man leverer en utslippsfri energibærer til den globale omstillingen.

- Markedspotensialet innen fornybar energi er veldig stort. En utbygging av offshorevind vil åpne nye markeder for den norske leverandørindustrien og samtidig redusere sårbarheten for betydelige svingninger i investeringsnivået i olje og gass.
- Dersom man også lykkes med å omstille prosessindustrien til en nullutslippsindustri innen 2050, vil man forsterke Norges ledende rolle som foredler av fornybar energi og ikke minst den norske prosessindustriens konkurransekraft i møte med sterkere miljø- og klimakrav i markedet.

Samlet vil en satsning innen disse næringsområdene bidra til at Norge befester sin status som energinasjon også for fremtidige generasjoner, samtidig som man legger til rette for verdiskaping og sysselsetting i den globale omstillingen.

1. Innledning

Verden står overfor et stort felles problem i form av global oppvarming som følge av klimagassutslipp. Gjennom Paris-avtalen har verdens land forpliktet seg til en felles ambisjon om å begrense klimaendringene til en 2°C økning og helst ikke mer enn 1,5°C. Ifølge FNs klimapanel vil karbonbudsjettet for en bane som gir 50/50 sjanse for å begrense temperaturøkningen til 1,5°C være brukt opp innen 2031.

Paris-avtalen går hånd i hånd med FNs bærekraftsmål som skal sikre en bedre og mer bærekraftig fremtid for alle. I dette ligger det blant annet målsettinger om å stoppe klimaendringene (#13) og ta var på naturmangfold og miljø (#14 og #15), samtidig som man legger til rette for økonomisk vekst (#8).



Et tilstrekkelig *grønt skifte* vil kreve store investeringer i ny teknologi og infrastruktur både innen industri, transport og energisektoren. **Politisk vilje på tvers av landegrenser og kontinenter er en forutsetning for å legge til rette for omstillingen.** Samtidig ser man at forbrukerne blir stadig mer bevisst sine klimaavtrykk, og at preferanser endres.

Med store omstillinger kommer også store næringsøkonomiske muligheter. Økonomisk litteratur peker på at det er land som evner rask strukturell omstilling (flytte investeringer mot nye vekstområder) i kombinasjon med høye investeringer i blant annet utdanning og høy institusjonell kvalitet, som har størst sannsynlighet for å lykkes med å gjøre *grønn omstilling* til *grønn vekst*.

Et eksempel på hvordan omstilling leder til nye næringsøkonomiske muligheter, er det faktum at det i dag investeres 2,5 ganger så mye i fornybar energi som det gjøres i fossil. Videre ble det i 2018, for tredje år på rad investert mer kapital i kraftsektoren enn i olje- og gassektoren globalt (Statkraft, 2019)

Norges posisjon som en energinasjon innebærer at den norske industrien står sentralt posisjonert i den pågående omstillingen, noe som kan legge til rette for vekstmuligheter i de nye markedene som åpner seg.

Ved å ta en proaktiv rolle i den grønne omstillingen, vil Norge befeste sin posisjon som en energinasjon – også for framtidige generasjoner. I denne rapporten vil vi undersøke hvordan den norske olje- og gassnæringen kan ta en mer proaktiv rolle i den globale omstillingen, og hvilke industrielle muligheter som ligger i en slik tilnærming for den norske industrien.

Rapporten er bygget opp på følgende måte: Først vil vi beskrive energinasjonen Norge, samt diskutere den norske olje- og gassnæringens rolle i omstillingen. Deretter presenterer vi en analyse av et bredt utvalg lavutslippsscenarioer utarbeidet av internasjonale organisasjoner og energiselskaper. Scenarioanalysen gir indikasjoner på hvilken rolle de ulike energibærerne og eventuelt nye teknologier vil spille på veien mot lavutslippssamfunnet. Analysen danner grunnlaget for den øvrige diskusjonen og argumentene som fremmes i rapporten. Til slutt presenterer vi fire næringsområder vi samlet mener representerer et betydelig industrielt potensial i møte med den globale omstillingen. De fire områdene er karbonfangst og -lagring, hydrogen, flytende havvind og prosessindustrien. Dette er næringsområder som tar utgangspunkt i kompetansen den norske industrien besitter som energinasjon, og som kan bli sentrale på veien mot lavutslippssamfunnet.

2. Energinasjonen Norge

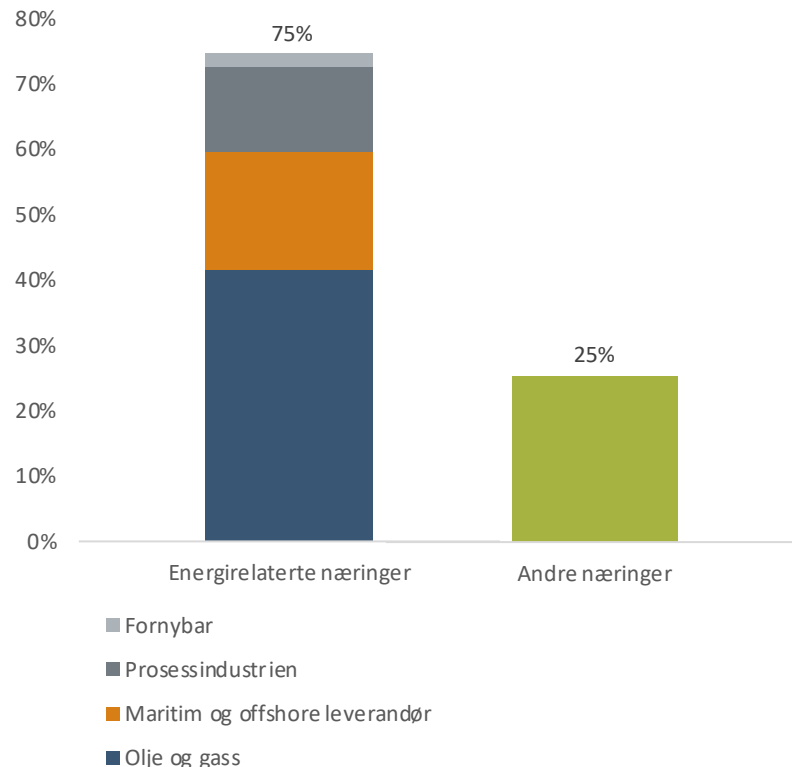
Norge er i dag en *energinasjon*. Grunnlaget for det moderne Norge ble lagt for over 100 år siden da man startet med å foredle fornybar energi i norske vassdrag. I de senere årene har de norske olje- og gassressursene understreket Norges posisjon som en energinasjon. Den norske energisektoren har bidratt til en enorm verdiskaping gjennom produksjon og foredling av energi. I 2018 sto energirelaterte næringer for hele 75 prosent av norsk eksport (se figur 2.1).

- Den norske olje- og gassnæringen, som en del av energisystemet, er en bærebjelke i den norske økonomien. Næringen har bidratt med arbeidsplasser, samt nærings-, teknologi-, og samfunnsutvikling i hele Norge. I 2017 sysselsatte næringen 225 000 (Menon, 2019).
- Innenlands energiforsyning utgjør også en viktig del av den norske økonomien og omsatte for om lag 80 mrd kroner i 2016. I tillegg ble det eksportert elektrisitet for omlag 5,5 mrd kroner samme år. I 2016 hadde kraftforsyningssektoren 17 000 sysselsatte. (NFD, 2017)

Norge har hatt petroleumsproduksjon i mer enn 50 år og det er fremdeles betydelige forekomster av olje og gass på norsk kontinentalsokkel. Produksjonen av norsk olje og gass har blitt redusert noe siden toppåret 2004, men har holdt seg stabil de siste årene. Norge står for 20% av Europas gassimport. Ettersom det er betydelige gjenværende olje- og gassressurser og nye utbyggingsprosjekter (Johan Sverdrup og Johan Castberg) vil aktiviteten på norsk sokkel være sentral for norsk økonomi også i fremtiden.

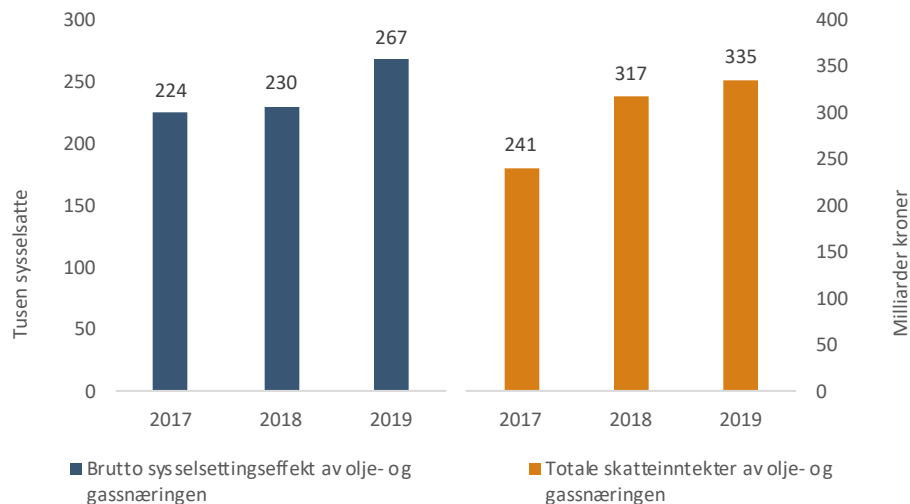
Klimautfordringene har allerede bidratt, og vil i fremtiden bidra, til store endringer i de globale energisystemene. Omstillingen innebærer imidlertid store muligheter for Norge som energinasjon og flere aktører er allerede aktive i markeder knyttet til lavutslippsteknologier.

Figur 2.1: Andel eksport fordelt på energirelaterte næringer i 2018. Kilde: Menon Economics



Olje- og gassnæringen legger grunnlag for betydelig sysselsetting, og bidrar gjennom sine enorme inntekter til finansiering av en betydelig velferdsproduksjon for både nåværende og fremtidige generasjoner. Menon (2019) viste at olje- og gassnæringen la grunnlag for om lag 225 000 sysselsatte i 2017, samtidig som de totale skatteinntektene knyttet til næringen var på i overkant av 240 milliarder kroner. I figurene under viser vi at skatte- og sysselsettingseffektene har steget vesentlig siden 2017 som følge av høyere olje- og gasspriser, samt vesentlig økning i investeringer.

Figur 2.2: Total brutto sysselsettingseffekt (til venstre) og totale skatteinntekter (til høyre) av olje- og gassnæringen i 2017, 2018 og 2019. Kilde: Menon Economics



Selv om olje- og gassnæringen utgjør en betydelig andel av norsk verdiskaping, og legger grunnlaget for betydelig velferd, er den totale betydning for total produksjon av olje- og gass nærmest neglisjerbar.

Som gassleverandør til Europa har imidlertid Norge en betydelig markedsandel. Ved siden av Norges økonomiske og politiske tette bånd til Europa, kan den betydelige markedsandelen trolig også forklares med det politiske regime og stabiliteten i flere av de alternative leverandørlandene. I figur 2.3 under vises de landene i verden med de største energireservene. De fleste land med betydelige gassreserver skiller seg ut ved å være autoritære, og i flere tilfeller også ustabile eller diktaturer. Tidligere generalsekretær i NATO, Anders Fogh-Rasmussen, har i den forbindelse fremhevet at en styrt avvikling av olje- og gassnæringen i stor grad vil styrke land som i varierende grad kjemper mot en demokratisk utvikling og for en destabilisering av verden.

Figur 2.3: Verdens gassreserver. Kilde: U.S Energy Information Administration (EIA)



En proaktiv norsk olje- og gassnæring

Ettersom *utvinning* av fossile brensler kun står for noen få prosent av de totale utslippene, er hovedutfordringen i den globale omstillingen knyttet til å redusere utslipp i *sluttbruket* av energi. Eksempelvis står sluttbruket for 95% av utslippene fra oljeprodukter. Det er dermed naturlig å vurdere problemstillingen i lys av behovet for å kutte globale klimagassutslipp knyttet til bruken av fossile brensler.

Med dette som utgangspunkt kan man dele inn utslippsreduserende tiltak på følgende måte;

- Erstatte fossile energibærere med utslippsfrie alternativer, herunder hydrogen og fornybar kraft
- Redusere utslipp per energienhet via CCS eller substitusjon fra kull til gass (som har mindre utslipp)
- Redusere samlet energibruk via energieffektivisering

Den norske gassen har allerede en sentral rolle i den pågående omstillingen i det europeiske kraftsystemet. Sammenlignet med kull har gasskraft betydelig lavere utslipp per energienhet og lavere reguleringskostnader. Disse egenskapene er sentrale for at EU skal nå sine målsetninger om en betydelig økning i fornybarandelen og reduserte utslipp. Eksempelvis har Storbritannia redusert CO₂-intensiteten i kraftsektoren betydelig siden starten av tiåret, som følge av at kullkraft nesten er fullstendig faset ut, og erstattet av fornybar kraft og (norsk) gass. **Det faktum at Norge er en stabil og sikker leverandør sammenlignet med andre omliggende land er viktig** i denne sammenhengen (se egen case om det europeiske kraftmarkedet).

Selv om norsk gass i seg selv kan spille en viktig rolle, kan den norske olje- og gassnæringen innta en enda mer aktiv rolle i den globale omstillingen. Alle lavutslippsscenarioene vi har analysert legger til grunn et betydelig innslag av lavutslippsteknologier som CCS, hydrogen, og ikke minst en offensiv fornybar utbygging. Tidligere analyser gjennomført av Menon viser at disse teknologiene er relativt modne, men er i liten grad industrialisert. Når teknologier beveger seg fra teststadium til industrialisert, faller kostandene noe som kan legge til rette for økte markedsandeler, og reduserte globale utslipp.

Logikken bak klimaeffekten av dette er som følger; **Jo lavere kostnadene knyttet til omstilling blir, desto enklere blir det for myndigheter rundt om i verden å investere i lavutslippsteknologier.** Dette bidrar til økt sannsynlighet for en markedsutviklingen som underbygger utslippsbaner som vil begrense temperaturstigningen, og realiserer målsetningene i Paris-avtalen. Ved å satse på teknologier som er avhengig av at verden raskt omstiller seg, viser man også at man tror at verden kan klare den utfordringen vi står overfor. Dette kan bidra til at tilliten til Paris-avtalen øker, noe som kan påvirke andre markedsaktører.

En proaktiv norsk olje- og gassnæring, i møte med behovet for å omstille verdens energimarkeder, innebærer at man som energiprodusent må bruke den kompetansen og kapitalen man besitter på å utvikle og industrialisere lavutslippsteknologier. Ved å reinvestere den verdiskapingen man henter ut av produksjon av fossil energi i lavutslippsteknologier, vil den norske olje- og gassnæringen bli en del av løsningen på veien mot lavutslippssamfunnet. Videre vil man skille seg markant fra konkurrerende produsentland, noe som kan gi økt legitimitet til en videre aktivitet på norsk sokkel.

Norge som energinasjon

Våre analyser av lavutslippsscenarioene viser at de globale energimarkedene står overfor store endringer. Den langsiktige utviklingen vil, foruten ambisjonsnivået i klimapolitikken, avhenge av hvilke klimatiltak som er mest kostnadseffektive og/eller hvilke næringspolitiske målsetninger som settes, herunder målsetninger knyttet til fornybarnæringen.

En industrialisering av lavutslippsteknologier vil kreve store investeringer, men **representerer store forretningsmuligheter** for næringen i møte med en ny energihverdag og økt konkurranse fra alternative energibærere. **Den norske leverandørindustrien er godt posisjonert for å ta betydelige andeler i markeder som ligger i grenseflaten til den tradisjonelle virksomheten.** Flere aktører er allerede tilstede i de aktuelle næringsområdene, samtidig som overføringsverdien fra dagens virksomhet kan være stor.

Med bakgrunn i scenarioanalysen har vi identifisert **fire områder som er spesielt interessante med tanke på å videreutvikle energinasjonen Norge** (som presenteres i kapittel 4);

- karbonfangst og -lagring
- hydrogen
- flytende havvind
- prosessindustrien

Dette er næringsområder som tar utgangspunkt i kompetansen og ressursene Norge besitter, og som kan bli sentrale på veien mot lavutslippssamfunnet.

En mer proaktiv norsk olje- og gassnæring som i møte med behovet for et globalt «grønt skifte» bruker kompetanse og kapital i de lavutslippsmarkedene vi peker på, **vil bekrefte Norge som en energinasjon, også for fremtidige generasjoner.**



Nærmere om markedseffekten fra tiltak i norske olje- og gassnæringen

En underliggende forutsetning for at en industrialisering av lavutslippsteknologier skal legge til rette for utslippskutt, er at lavere priser bidrar til at etterspørselen etter eksempelvis CCS og hydrogen øker. Sagt på en annen måte, blir det billigere å omstille vil det bidra til at flere land vil kunne realisere sine forpliktelser.

Den samme markedsdynamikken innebærer videre at redusert tilbud av fossil energi vil påvirke klimagassutslipp. Økonomisk litteratur viser også at endringer i tilbudssiden vil påvirke omsetningen i de fossile energimarkedene noe, som igjen påvirker utslippene (se blant annet Erickson og Lazarus (2018), Fæhn m.fl. (2017) og Harstad (2012)). Sentralt for effekten er i hvilken grad redusert utvinning påvirker prisnivået, samt hvor sensitiv etterspørselen er i forhold til en prisoppgang.

Fæhn m.fl. (2018) viser, basert på en rekke empiriske markedsstudier og ulike klimapolitiske forutsetninger, at sammenhengen mellom tilbudsreduksjon, pris, omsetning og utslipp i oljemarkedet er robust, selv om det er stor usikkerhet knyttet til hvor stor effekten vil være.

Imidlertid peker analysen på at effekten er usikker i gassmarkedet. Dette kommer av at gass blant annet konkurrerer med kull som har høyere utslipp per energienhet. Å skille mellom olje- og gassutvinning er imidlertid ikke uproblematisk ettersom de fleste felt inneholder både olje og gass.

En proaktiv olje- og gassnæring må vedkjenne seg disse sammenhengene og velge å bruke den kompetansen og kapitalen den besitter, og å bli en del av løsningen. Med andre ord må man kunne argumentere for at man relativt til hvordan andre energiproduserende land forvalter sin kompetanse og kapital, så er netto utslippseffekt ved å opprettholde drift positiv, til tross for at aktiviteten i seg selv bidrar til globale utslipp.

Det er mulig i denne sammenheng å argumentere for at marginalutslippene knyttet til utvinning av gass i Norge relativt sett er lave, ettersom aktiviteten på norsk sokkel er omfattet av det europeiske kvotemarkedet som setter et tak for samlede utslipp i regionen. Med andre ord fortrenger utslipp på sokkelen utslipp fra andre kilder som kvotemarkedet dekker (herunder industri/kraftproduksjon mm). Sett i lys av at utvinnings andel fra samlede utslipp fra fossile brensler vil imidlertid eventuell utslippsøkning som følge av karbonlekkasje (oljeutvinningen flyttes til regioner uten tilsvarende utslippsrestriksjoner) være, relativt sett beskjeden.

3. Scenarioanalyse

For å kunne vurdere Norges fremtidige rolle som energinasjon, må vi først studere hvilken rolle de ulike energibærerne vil ha i den globale omstillingen. Dette er gjort ved å analysere et bredt utvalg av lavutslippsscenarioer som er utarbeidet av internasjonale organisasjoner som International Energy Agency (IEA), International Renewable Energy Agency (IRENA), Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) og energiselskaper som Equinor, BP og Shell.

Scenariene viser at det finnes flere veier til lavutslippssamfunnet, men felles for de alle er at utslippene fra fossile energikilder må reduseres betydelig, og raskt. De viktigste «tiltakene» som bidrar til utslippskutt er;

- Utbygging av fornybar kraftproduksjon og redusert bruk av kull
- Energieffektivisering og elektrifisering
- Karbonfangst og -lagring (CCS)
- Økt bruk av alternative energibærere som hydrogen og ammoniakk

Forutsetninger i lavutslippsscenariene

Lavutslippsscenarioer tar utgangspunkt i at et gitt temperaturmål **skal nås**. Samtlige lavutslippsscenarioer, utenom IPCC, legger til grunn en oppfyllelse av 2°C målsetningen i Paris-avtalen. IPCC-scenariet baserer seg på oppfyllelsen av et 1,5°C-mål. I tillegg har vi inkludert IEAs New Policies Scenario (NPS) som et referansepunkt. Dette scenariet legger til grunn at alle annonserte, men ikke nødvendigvis politisk vedtatte, målsetninger gjennomføres. Vi har også inkludert et *scenario fra* DNV GL som representerer deres forventninger til den underliggende markedsutviklingen, per dags dato. De to baseline scenariene innebærer en temperaturøkning henholdsvis omlag 3°C (NPS) og 2,6°C (DNV),

noe som reflekterer at den underliggende markedsutviklingen og dagens politikk ikke er tilstrekkelig for oppfyllelse av Paris-avtalen.

Scenariene tar utgangspunkt i ulike antagelser knyttet til blant annet elektrifisering og energieffektivisering, fornybar utbygging, utvikling i drivstoffpris og CO₂-priser, samt utbredelse av CCS. Det varierer i hvor stor grad aktørene rapporterer eksplisitt antagelsene de legger til grunn i scenariene, samt at det er variasjon i metodikken. Samlet sett fører dette til at det er utfordrende å sammenligne dem *en til en*. Lavutslippsscenariene gir oss imidlertid innblikk i de viktigste trendene i energimarkedene, herunder teknologisk utvikling og hvordan myndighetenes politikk kan påvirke utviklingen på ulikt vis. En oversikt over scenariene gjennomgått er gitt i vedlegg C.

Generelle trekk

Lavutslippsscenariene peker på noen generelle trekk ved fremtidens energibruk i et lavutslippssamfunn. Samtlige lavutslippsscenarioer forventer en kraftig økning i andel fornybar energi i energimiksen. Til tross for et relativt stort utfallsrom knyttet til utviklingen i etterspørselen etter olje, legger alle lavutslippsscenariene til grunn en fallende trend etter 2030. For gassmarkedet er bildet mer variert. Variasjonen skyldes blant annet ulike antagelser knyttet til bruken av renseteknologier. Eksempelvis ser vi at scenarioer som forutsetter mer bruk av CCS kan åpne opp for høyere etterspørsel etter fossile brenslere.

På de neste sidene følger en mer detaljert gjennomgang av de ulike energibærerne. Ettersom denne rapporten er rettet mot den norske olje- og energinæringen vil imidlertid hovedfokusset være rettet mot etterspørselen etter olje og gass.

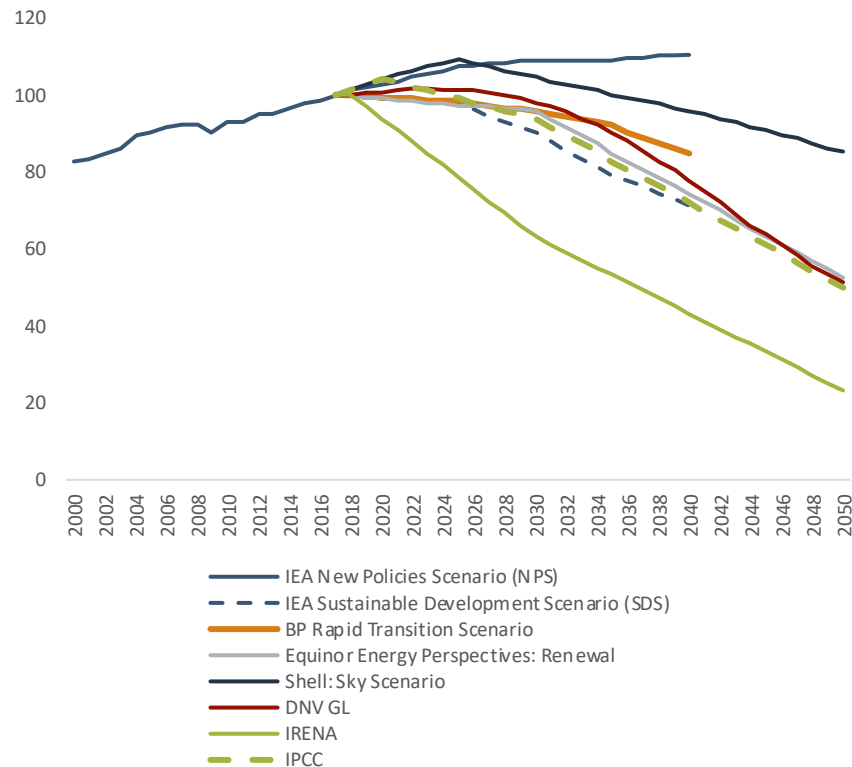
Den globale etterspørselen etter olje antas å falle i samtlige lavutslippsscenarioer etter 2030, jamfør figur 3.1. Selv baseline-scenariotet til IEA, New Policies Scenario, forventer en lavere vekst i etterspørselen etter olje frem mot 2040 enn den som har blitt observert de foregående 25 årene.

I scenarioene vi har analysert skyldes reduksjonen i etterspørselen etter olje hovedsakelig elektrifisering av transportsektoren og energieffektivisering. Lavutslippsscenarioet til IRENA, som viser det største fallet, legger til grunn at el-andelen i hele transportsektoren øker fra 1% i 2015 til 43% i 2050. IRENA legger da også til grunn en, relativt sett, veldig høy fornybar utbygging som legger til rette for denne utviklingen.

Scenarioanalysen viser at oljemarkedet er følsomt for omstillingen i den globale økonomien, men også at det eksisterer sektorer som har få alternative energikilder til olje. Eksempelvis er etterspørselen etter olje i transportsektorer betydelig til tross for at samtlige lavutslippsscenarioer legger til grunn for elektrifisering av transportsektoren. I disse scenarioene har olje en sentral rolle i globale energimarkedene også de neste 30 årene.

Mesteparten av dagens etterspørsel etter olje kommer fra transportsektoren. Som en følge av at de fleste aktørene legger til grunn/forventer en betydelig elektrifisering innen transport, vil industrisektorer hvor olje brukes som råstoff relativt sett være mer dominerende i markedet frem mot 2050. Dette er og energibruk som i større grad egner seg til karbonfangst og -lagring. Industrialisering av CCS kan med andre ord bidra til at etterspørselen blir mer robust, også etter 2050.

Figur 3.1: Framskriving global etterspørsel etter olje, og historisk global etterspørsel etter olje i ulike lavutslippsscenarioer. Indeksert (2017=100).

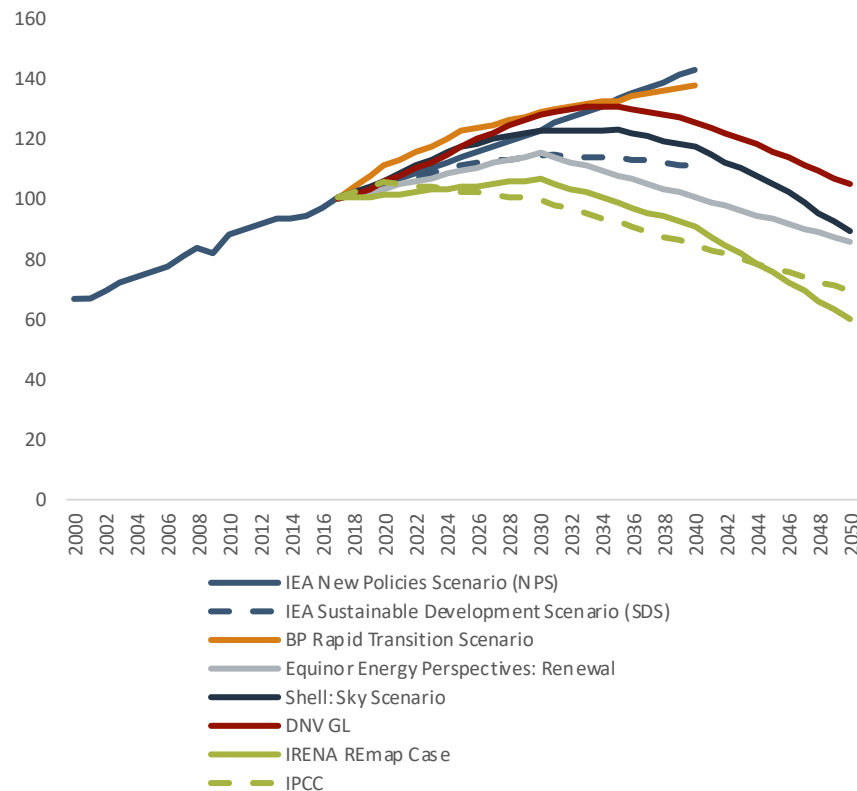


Samtlige lavutslippsscenarioer legger til grunn at den globale gassetterspørselen vil øke frem til og med 2030. Etter 2030 spriker de ulike framskrivningene. BP antar at etterspørselen etter gass vil øke videre, mens andre scenarioer antar at etterspørselen vil falle etter 2030/2035. I tillegg er det store geografiske forskjeller. For eksempel legger Equinor til grunn at etterspørselen etter gass vil være mer robust i det asiatiske markedet, spesielt i Kina og India, enn i andre geografiske områder.

Variasjonen i gassetterspørselen mellom scenarioene er hovedsakelig et resultat av i hvilken grad man legger til grunn bruk av renseteknologier som CCS. Scenarier som legger til grunn **mer bruk av CCS kan åpne opp for mer etterspørsel etter gass, uten at dette går på bekostning av utslippsmålene.** BP kommuniserer tydelig at økningen på nærmere 40% i den globale gassetterspørselen i perioden fra 2017 til 2040 er mye på grunn av økt bruk av CCS. IRENA derimot legger lite vekt på CCS, men antar at fornybar kraft vil bidra til en kraftig reduksjon i global gassetterspørsel, tilsvarende 10% i samme periode og hele 40% frem til 2050.

Til tross for variasjonen mellom scenarioene er det bred konsensus om at gasskraft vil spille en sentral rolle i den globale omstillingen ved å erstatte kull i kraftmarkedene, noe økningen frem mot 2030 også reflekterer. Dette på bakgrunn av at gass er mer fordelaktig fra et karbonperspektiv. Eksempelvis slipper et gasskraftverk i snitt ut om lag halvparten så mye CO₂ per energienhet som et kullkraftverk. Gasskraft er også rimeligere å regulere og vil spille en viktig rolle i balanseringen av en økende andel væravhengig kraftproduksjon fra vind og sol. Dette redegjør vi grundigere for i case om gasskraftens rolle i det europeiske kraftmarkedet.

Figur 3.2: Fremtidig global etterspørsel etter gass, og historisk global etterspørsel etter gass fra IEA. Indeksert (2017=100).

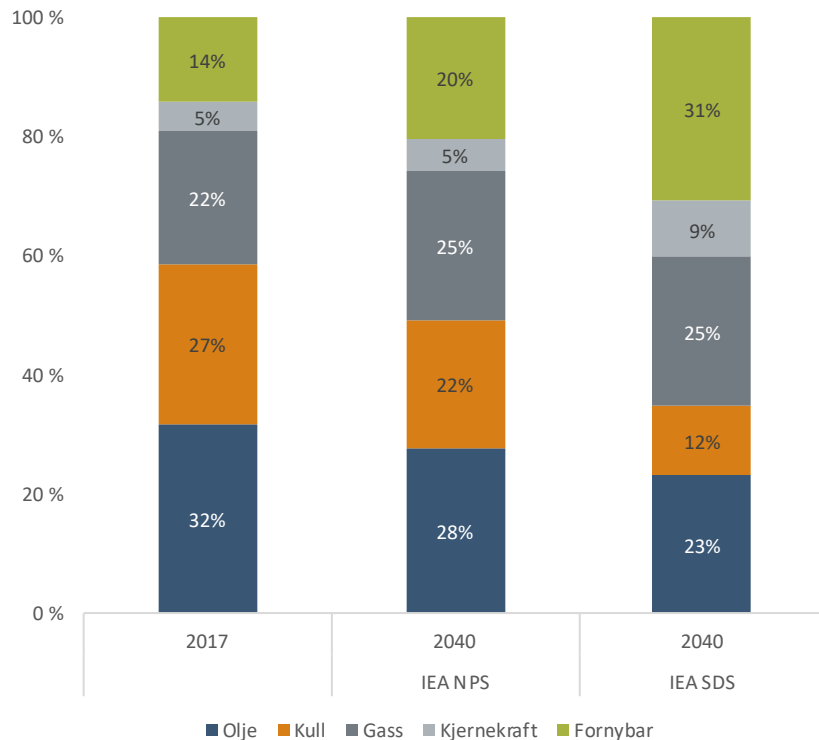


Videre forventes det en kraftig **økning i andel fornybar energi**. Eksempelvis legger IEA til grunn i sitt lavutslippsscenario, Sustainable Development Scenario (SDS), at andelen fornybare energibærere i energietterspørselen skal øke fra 14% i 2017 til 31% i 2040 (se figur 3.3). IRENA legger imidlertid til grunn en andel på 66% i 2050. Den kraftige økningen i fornybar energi i IRENA-scenariet må sees i sammenheng med at IRENA-scenariet i liten grad «tar i bruk» CCS og dermed må redusere bruk av fossile brenslers ved å betydelig øke utnyttelsen av fornybar energi for å oppnå en utslippsreduksjon i tråd med et 2°C-mål.

Forventning om økt fornybarandel og redusert kullandel er ikke begrenset til lavutslippsscenarioer. Den samme trenden, dog i varierende grad, finner man også i DNV GLs forventningsscenario og IEAs New Policies Scenario (se figur 3.3 for sistnevnte). Bloomberg *forventer* at fornybar kraft vil stå for over 60% av verdens kraftproduksjon i 2050, mot omlag 25% i dag, som følge av utbygging av sol og vind.

Hydrogen trekkes frem som en fremtidig viktig energikilde av flere. IRENA forventer at hydrogen vil stå for 8% av den globale energietterspørselen i 2050. Shell er ikke like eksplisitt, men antar i sitt Sky-scenario at hydrogen vil bli en viktig energibærer etter år 2040 og at veksten virkelig vil ta seg opp etter år 2050. Hydrogen kan spille en viktig rolle i sektorer som det er utfordrende å elektrifisere, som tungtransport og enkelte industriktorer. I enkelte scenarioer erstatter hydrogen på sikt kull i utvalgte industrielle prosesser som krever mye varme. I Norge har TiZir i Tyssedal allerede et pilotprosjekt knyttet til bruken av hydrogen. Selv om det er et potensial for utslippsreduksjon knyttet til bruken av hydrogen, er det ingen konsensus for den langsiktige markedsutviklingen.

Figur 3.3: Fremtidig global etterspørsel etter diverse energibærere i 2017 og 2040 for baseline scenariot (NPS) og lavutslippsscenario (SDS) til IEA.

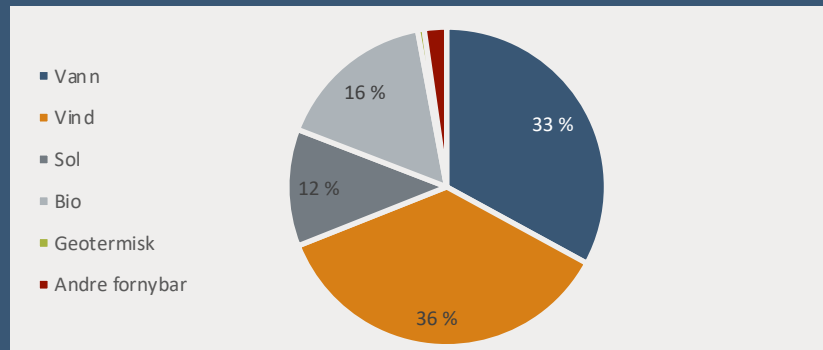
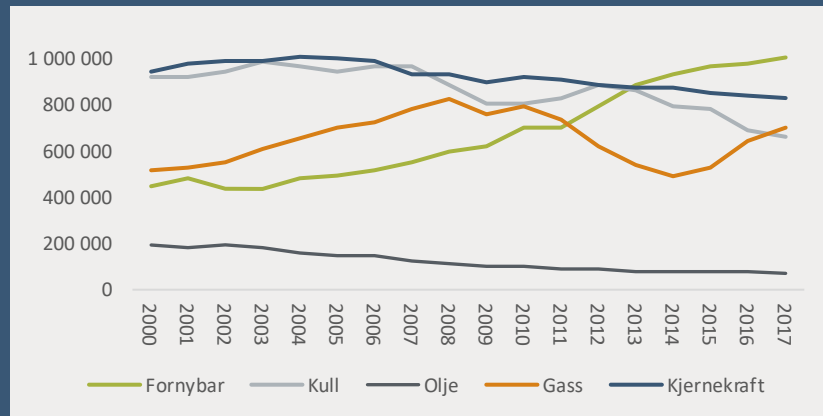


Gasskraft har en sentral posisjon i det europeiske kraftsystemet som leverandør av både energi og fleksibilitet. Sammenlignet med kull har gasskraft betydelig lavere utslipp per energienhet og lavere reguleringskostnader. Økte priser på utslipp bidrar i dag til at gasskraft i stadig større grad utkonkurrerer kull i energimarkedene. På sikt vil nok imidlertid gasskraftverkene rolle i større grad preges av behovet for å balansere en sterkt økende andel fornybar kraft, hvor produksjonen vil avhenge av været.

Dagens trender i kraftmarkedet

Kraftsektoren i Europa er inne i en storstilt omstilling som følge av ambisiøse klima- og energipolitiske målsetninger. Investeringsbildet domineres av vind- og solkraft som sto for nesten 90% av ny produksjonskapasitet i 2018. Samtidig øker produksjonen fra gasskraftverk blant annet på bekostning av kull- og kjernekraft.

Omstilling fra kullkraft mot mindre utslippsintensiv gasskraft og ikke minst sol- og vindkraft er en ønsket politikk. Blant annet har EU ambisiøse langsiktige klimamålsetninger. Utover de spesifikke utslippsbegrensningene som kvotemarkedet sikrer (40% reduksjon sammenlignet med 1990-nivå), har EU også vedtatt egne mål for fornybarandel og energieffektivisering frem til 2030, samt bindende målsetninger for utslippskutt i ikke-kvotepliktig sektor. Samlet skal dette bidra til at EU oppfyller sine forpliktelser i Paris-avtalen.



Figur 3.4 og 3.5: Utvikling i kraftproduksjon (GWh) i EU-28 (øverst) og fordeling fornybar produksjon i 2017 (nederst). Kilde: Eurostat

Egne nasjonale målsetninger (og virkemidler) bidrar imidlertid til at utviklingen i kraftsektoren vil variere betydelig mellom land. Eksempelvis har Storbritannia redusert CO₂ intensiteten i kraftsektoren betydelig siden starten av tiåret, som følge av at kullkraft nesten er fullstendig faset ut, og erstattet av gass og fornybar kraft. Videre har flere land, eksempelvis Tyskland, mer ambisiøse målsetninger knyttet til fornybarutbygging enn EU som helhet.

Gassens rolle i omstillingen

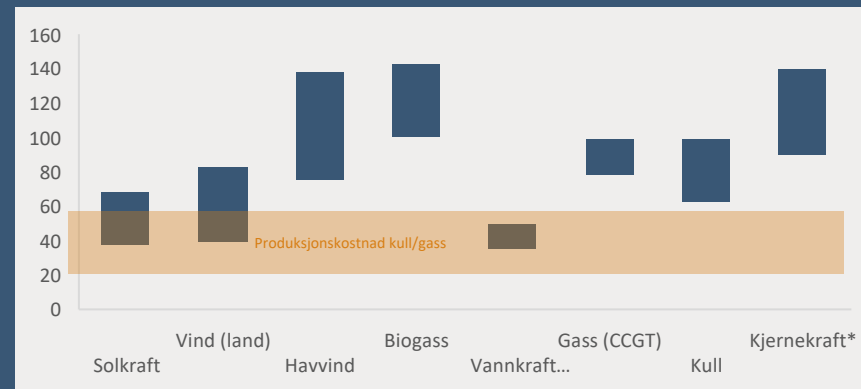
De vedtatte klima- og energipolitiske målsetningene, sammen med forventninger om fallende kostnader for fornybare teknologier, vil forsterke dagens trender der vind- og solkraft tar en stadig økende andel av energimarkedet. **Gitt en positiv utvikling i kvotemarkedet vil også gasskraften ta nye markedsandeler fra kull** ettersom et gjennomsnittlig **gasskraftverk har omlag 50% lavere utslipp per energienhet**, og derfor i mindre grad påvirkes av prisen på utslippskvoter. På lengre sikt vil imidlertid gasskraftens rolle som leverandør av fleksibilitet sannsynligvis bli viktigere, noe Bloombergs også trekker frem i deres siste «energy outlook». Dette reflekteres også i fremveksten av kapasitetsmarkeder og EUs nye reglement for kraftmarkedet.

Ettersom fornybarandelen i kraftsektoren øker, øker også andelen væravhengig produksjonskapasitet i det europeiske systemet. Så lenge man har tilstrekkelig med fleksibel kapasitet i form av regulerbar vannkraft eller kull- og gasskraft er dette lite problematisk. En økende andel fornybar produksjon svekker imidlertid lønnsomheten i de termiske kraftverkene blant annet via redusert driftstid.

For å sikre forsyningssikkerheten har flere land innført kapasitetsmarkeder som

skal gi ekstra inntekter til kraftverk som kan garantere tilgjengelig produksjonskapasitet. Fremover vil disse markedene i all hovedsak være forbeholdt gasskraftverk ettersom EU har innført en øvre grense på CO₂-intensitet på 550g CO₂/kWh, noe som ekskluderer de fleste kullkraftverk.

Retningslinjene i det nye markedsreglementet for kraftmarkedet skal samlet sett bidra til at EU befester sin posisjon som verdensledende på fornybar produksjon. **Gasskraften vil ha en sentral rolle i omstillingen** ved å erstatte kullkraft og som en støttespiller for vind- og solkraft. Videre kostnadsfall på batterier og andre lagringsteknologier vil imidlertid øke konkurransen i fleksibilitetsmarkedene på sikt.



Figur 3.6: Kostnader (LCOE) knyttet til realisering av ny produksjonskapasitet i det tyske markedet i 2018 (blå) og illustrasjon av produksjonskostnad kull/gass i 2018. Utfallsrommet for fornybare teknologier kommer av forskjeller i ressursgrunnlaget, mens gass og kull avhenger av produksjonstid. På sikt ventes man økte kostnader for de konvensjonelle teknologiene, og fallende kostnader for fornybar. Kilde: ISE Frauenhofer og NVE. *Kostnaden for kjernekraft basert på kostnader for nye kjernekraft i Finland og Storbritannia

4. Industrielle muligheter ved utnyttelse av energiresurser i Norge



CCS i lavutslippsscenarioene

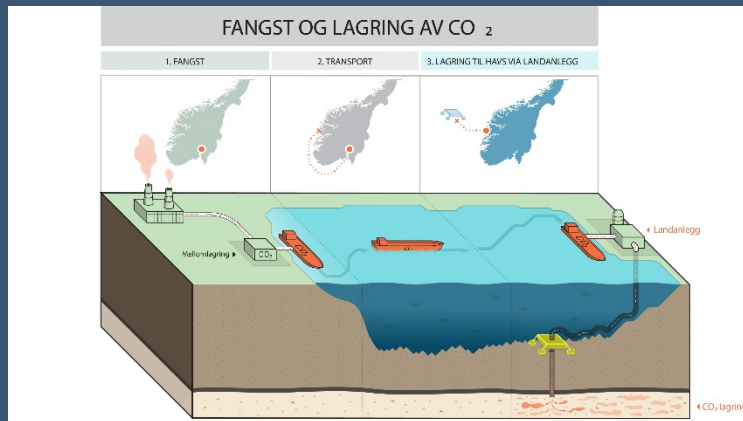
Karbonfangst og –lagring (CCS) er en viktig bidragsyter til lavere netto CO₂-utslipp i de fleste lavutslippsscenarioene. Analyse av lavutslippsscenarioene peker på at økt bruk av CCS muliggjør en større fremtidig etterspørsel etter fossile brensler. Eksempelvis forventer BP at den globale gassetterspørselen vil øke med nærmere 40% fra 2017 til 2040, mye på grunn av økt bruk av CCS. Derimot forventer IRENA, som i liten grad vektlegger CCS, at den globale etterspørselen etter gass faller med tilnærmet 10% i samme tidsperiode. DNV GL trekker frem i sitt scenario at mer CCS er nødvendig for å møte ambisjonene som er satt i Paris-avtalen. IPCC sier at dersom man begrenser bruk av CCS, faller sannsynligheten for at man klarer å begrense den globale temperaturøkningen til under 2°C. Samlet sett peker lavutslippsscenarioene på at det vil komme en betydelig etterspørsel etter renseteknologier som CCS.

Norsk konkurransekraft

CCS kan spille en viktig rolle i både fremtidig energiproduksjon og industri. Norske aktører er i dag ledende aktører innenfor CCS globalt og har erfaring fra CCS-prosjekter på blant annet oljeplattformene Sleipner og Snøhvit, som er de eneste storskala CO₂-håndteringsprosjektene i Europa. Derimot er CO₂-håndtering på kraftverk og i industrien mer komplisert og kostbart. Men på bakgrunn av CCS-kompetansen aktører i Norge allerede har og den overførbare og relevante kompetansen fra olje- og gassnæringen, står norske aktører sterkt rustet til å ta en ledende rolle innenfor CCS også i fremtiden.

Det er politisk støtte i Norge til CCS som tiltak for å redusere CO₂-utslipp. Blant annet har statsforetaket Gassnova blitt etablert for å bidra til å fremme teknologier for fangst og lagring av CO₂. Gassnova gir økonomisk støtte til utvikling, demonstrasjon og pilotering av CO₂-håndteringsteknologier gjennom forskningsprogrammet CLIMIT. I tillegg bestemte regjeringen seg i 2018 for å støtte prosjekter som utvikler teknologi for karbonlagring i Norge.

I dag jobbes det aktivt for å realisere en fullskala verdikjede for CCS i Norge som skal kunne lagre årlig inntil 1,4 millioner tonn CO₂ (som er illustrert i figur 4.1 under). Regjeringen støtter realiseringen av en fullskala verdikjede for CCS i Norge. Blant annet bevilger regjeringen midler til boring av en undersøkelsesbrønn for lagring av CO₂ i Nordsjøen.



Figur 4.1: Skjermdrop fra Regjeringens hjemmeside

Industrielt potensial

Realisering av et fullskalaprojekt for CO₂-håndtering (industrialisering), og dermed etableringen av en verdikjede for CCS, kan gi betydelige industrielle muligheter i Norge. Dette ved at det etableres infrastruktur for fangst, transport og lagring av CO₂. De industrielle mulighetene gitt ved CO₂-håndtering er tett knyttet opp mot hvilke industrielle sektorer som kan benytte seg av denne infrastrukturen, og ikke minst markedsutviklingen i Europa. SINTEF publiserte i 2018 en rapport som viser at en fullskala CO₂-håndtering kan ha store verdiskapingspotensialer i Norge. Rapporten finner at en satsning på fullskala CO₂-håndtering kan skape nye arbeidsplasser samtidig som konkurransekraften til eksisterende næringer styrkes. Funnene fra rapporten oppsummeres i figur 4.2 under.

Satsing på CO₂-håndtering i Norge

vil kunne styrke konkurransekraften til

80.000 til 90.000 arbeidsplasser

Vil kunne skape

30.000 til 40.000 nye arbeidsplasser i 2050

- 6.000 til 20.000 innen CO₂-håndtering
- 25.000 til 35.000 innen hydrogenproduksjon fra naturgass, halvparten nye jobber

Vil med ringvirkninger kunne styrke

160.000 til 200.000 arbeidsplasser

og bidra til opp mot

70.000 nye arbeidsplasser i 2050.

SINTEF (2018) begrunner verdiskapingspotensialet med at en realisering av en fullskala CO₂-håndtering i Norge vil føre til følgende industrielle muligheter:

- **Norge kan bli en vertsnasjon for internasjonal industri.** En infrastruktur for CO₂-håndtering vil gjøre Norge til en attraktiv vertsnasjon for nye industriaktører, da det vil muliggjøre produksjon av utslippsfrie produkter.
- **Konkurransekraften til den norske prosessindustrien kan styrkes.** CO₂-håndtering er en forutsetning for å oppfylle målet om nullutslipp innen 2050, samtidig som produksjonen dobles.
- **Norske teknologiaktører kan konkurrere i markedet for CO₂-fangstteknologi og -anlegg i Europa og globalt.**
- **Maritim sektor i Norge er godt posisjonert til å ta en stor andel av markedet for transport av CO₂ på skip.** Det er estimert at det vil være behov for en flåte på over 600 skip som kan transportere CO₂ i 2050.
- **Økt oljeutvinning og produksjon av hydrogen fra naturgass med CCS, ettersom CCS reduserer utslipp fra fossile brenslers.**

Det er viktig å merke seg at størrelsen på effekten på verdiskaping og arbeidsplasser vil avhenge av i hvor stor grad CO₂-håndtering tas i bruk i Norge og Europa, som igjen vil avhenge av hvorvidt CCS blir konkurransedyktig som klimatiltak. **CCS kan bidra til en grønnere norsk industri, konkurransefortrinn og nye arbeidsplasser.** Men om CCS blir en sentral teknologi for å redusere utslipp i fremtiden vil avhenge av kostnaden på CCS og andre konkurrerende teknologier.

Figur 4.2: Illustrasjon basert på SINTEF (2018)



Hydrogen i lavutslippsscenarioene

Flere av lavutslippsscenarioene som er gjennomgått i denne mulighetsstudien trekker frem hydrogen som en viktig fremtidig energibærer for å nå klimamålene. IRENA er imidlertid en av få aktører som eksplisitt oppgir fremtidig global etterspørsel etter hydrogen i sitt lavutslippsscenario. I 2050 legger IRENA til grunn at hydrogen vil stå for 8% av global energietterspørsel. Tilsvarende antar Shell i sitt Sky-scenario at hydrogen vil bli en viktig energibærer etter år 2040.

Hydrogen vil spesielt spille en viktig rolle i sektorer som er utfordrende å elektrifisere. Dette er typisk innenfor sektorer som transport og industri. IEA estimerte nylig at kun $\frac{2}{3}$ av sluttbruket av energi har potensiale for å elektrifiseres og fremhevet behovet for at den resterende $\frac{1}{3}$ av sluttbruket bør komme fra energikilder med lavere karbonavtrykk som blant annet hydrogen, samt olje og gass med CCS.



Norges konkurransekraft

Hydrogen kan fremstilles både med fornybare energikilder som vannkraft, sol og vind, og fra naturgass med CCS. Norge er dermed i en unik posisjon til å ta en lederrolle i markedet, ettersom vi har en tilnærmet utslippsfri kraftforsyning og nærhet til betydelig naturgassreserver, samt lagringsmuligheter og teknologi for å realisere fullskala CCS.

Norske aktører har oppbygget seg mye kompetanse innen hydrogenteknologi, både gjennom forskningsmiljøer og gjennom produksjon og bruk av hydrogen i industrien (Energi21, 2018). Nel er verdens største leverandør av elektrolyser som muliggjør produksjon av hydrogen fra fornybare kilder. Produksjonen av hydrogen har imidlertid tradisjonelt vært knyttet til industrielle prosesser som oljeraffinering og kunstgjødselproduksjon, blant annet hos Yara og Equinor.

Hydrogen er imidlertid veldig aktuelt som drivstoff i den maritime sektoren, samt som innsatsfaktor i enkelte industriprosesser. Et eksempel på det siste er TiZir Titanium & Iron, en industriaktør som har vurdert bruk av hydrogen i industriprosessen på smelteverket i Tyssedal som teknisk og økonomisk interessant. Ved å ta i bruk ny miljøteknologi, utviklet av TiZir sammen med SINTEF og NTNU, vil kull erstattes av hydrogen fra vannkraft for å kutte CO₂-utslipp.

Olje- og energidepartementet og Klima- og miljødepartementet i Norge arbeider for tiden med å utarbeide en helhetlig strategi for forskning, teknologiutvikling og bruk av hydrogen som energibærer. Strategien skal etter planen lanseres i løpet av 2019.

Industrielle muligheter

Energi21 (2018) antyder at markedet for utslippsfri hydrogen og hydrogenteknologier har et stort potensiale og kan gi gode muligheter for eksport. Det er stort fokus på hydrogen som fremtidig energibærer innen transport. I tillegg er det mye som tilsier at hydrogen vil få nye bruksområder i industrien i fremtiden.

Vi har identifisert tre sektorer hvor de industrielle mulighetene ved hydrogen kan sees på som spesielt store i Norge:

- **Gassnæringen:** Etablering av en verdikjede for CCS i Norge vil åpne opp for utslippsfri produksjon av hydrogen fra norsk gass. Dette betyr at CO₂-håndteringen kan forlenge markedet for naturgass i fremtiden. Med andre ord vil CCS kunne gi betydelige industrielle muligheter for den norske gassnæringen.
- **Maritim sektor:** Videre har den norske kompetansen innenfor hydrogen bidratt til at norske aktører er tidlig ute med å utvikle hydrogenelektriske løsninger for mindre maritime fartøy. Eksempelvis skal Norled bygge Norges første hydrogenferje i Rogaland, som skal være i drift fra 2021. For større fartøy trekkes hydrogen frem som et egnet drivstoff, sammen med ammoniakk og biodrivstoff. (Energi21, 2018). Den globale maritime næringen har også store ambisjoner knyttet til reduksjon av egne utslipp. I april 2018 ble en CO₂-strategi vedtatt i FNs sjøfartsorganisasjon (IMO) med målsetning om utslippsreduksjon på 50% innen 2050, målt mot 2008. Det er et krevende mål; ikke minst sett i lys av forventningene om vekst i global skipsfart på 60% i samme tidsrom.

- **Industrien:** En verdikjede for hydrogen vil legge til rette for økt fremstilling av hydrogen i industrien, og åpne for økt anvendelse i industriprosessene. I Sverige er det allerede igangsatt et industrisamarbeid, HYBRIT, rettet mot hydrogen. Formålet med samarbeidet er å lage stål uten utslipp av CO₂ hvor koks skiftes ut med hydrogen fra vann- og vindkraft i produksjonen. Satsingen på hydrogen i Sverige kan både være til inspirasjon og fremme hydrogen i Norge. Et eksempel på sistnevnte er at Hybrit Development AB, selskapet som ivaretar HYBRIT sin teknologi, nylig inngikk en avtale med norske NEL om å levere et elektrolyseanlegg.

Hydrogen Council (2017) anslår at det vil være 30 millioner arbeidsplasser i hydrogenbransjen globalt innen 2050. En helhetlig satsing på industrialisering av hydrogen blant norske aktører og myndigheter er imidlertid en forutsetning for å legge til rette for at norske aktører er konkurransedyktige i det internasjonale markedet. Hvor stor rolle hydrogen vil ha i fremtidens energi- og transportsystem er imidlertid usikkert, og vil avhenge av kostnadsnivået og konkurranseevnen til hydrogen sammenlignet med tilsvarende teknologier, samt infrastruktur og teknologiutvikling.

«Hydrogen vil være en gamechanger for oljeindustrien»

Karl Eirik Schøtt-Pedersen, Norsk olje og gass

(til Teknisk Ukeblad, 15 mars 2018)



Fornybar energi i lavutslippsscenarioene

Lavutslippsscenarioene gjennomgått i denne mulighetsstudien trekker alle frem en økning i fornybare energi som en av de aller viktigste driverne for å kutte utslipp og å oppnå 2°C-målet. Samtlige lavutslippsscenarioer forventer en kraftig økning i fornybar energi i energimiksen fra dagens andel på rundt 14%. IEA og BP legger til grunn at andelen skal øke til over 30% i 2040 i sine scenarioer. IRENA antar at andelen fornybar energi skal øke til 65% i 2050.

Aktørene bak lavutslippsscenarioene trekker frem flere ulike fornybare energibærere i sine analyser. Deriblant blir vindkraft, herunder havvind, nevnt som en viktig fremtidig energikilde, sammen med sol og bioenergi. Eksempelvis trekker BP frem at vind kan bli fjerde største energikilden i 2040. Bloomberg forventer at sol og vind samlet vil stå for 50% av global kraftproduksjon i 2050, noe som vil kreve investeringer på over 120 billioner kroner over de neste 30 årene, eller omlag 4 000 milliarder kroner årlig.

Norges konkurransekraft

Flytende havvind er et marked som er i en tidlig fase. Teknologien er ikke kommet like langt i utviklingen sammenlignet med solkraft, vindkraft eller bunnfast havvind. Mange aktører ser imidlertid nå mot flytende havvind og flere teknologikonsepter har blitt utviklet eller er under utvikling.

Det eksisterer flere pilotprosjekter for flytende havvind, men det er kun den flytende havvindparken Hywind Scotland som er av en viss kommersiell størrelse i verden. Denne står Equinor bak. De har dermed fått vist at de har

teknologien og kompetansen knyttet til å utvikle store flytende havvindparker. Equinor fikk i august 2019 tildelt 2,3 milliarder i statlig støtte fra Enova til bygging av en flytende havvindpark Hywind Tampen i Norge. Hywind Tampen skal forsyne Gullfaks- og Snorre-feltene i Nordsjøen med strøm. Equinor er også aktiv i markedet for bunnfast havvind, og har blant annet fått tildelt kontrakter for å utvikle havvindpark i Doggerbank utenfor Storbritannia. Doggerbank-parken forventes å ha en kapasitet på 3,6 GW og vil være verdens største offshore vindpark.

Den norske kompetansen fra olje- og gassnæringen, herunder leverandørindustrien, vil være relevant for fremveksten av en norskbasert industri knyttet til flytende havvind. Dette understøttes av en studie utarbeidet av NTNU og SINTEF (2019). Studien trekker frem at markedet for flytende havvind fra et norsk industrielt perspektiv har et større potensial enn markedet for bunnfast havvind. Dette på grunn av at teknologien, samt de operasjonelle og logistiske kravene som kreves i flytende havvind sammenfaller i stor grad med løsninger allerede utarbeidet i olje- og gassnæringen, hvor norske aktører er ledende i dag. En studie gjennomført av TIK-senteret ved UiO finner at den teknologiske utviklingen innenfor flytende havvind ikke har blitt ledet an av vindselskaper, men av norske etablerte olje- og gasselskaper (Mäkitie, 2019). Dette står i sterk kontrast til de øvrige fornybare teknologiene innen kraftmarkedet.

Kompetansen fra norsk maritim sektor er også relevant for flytende havvind. Dette på bakgrunn av at flytende vindmøller settes sammen ved land og slepes ut av slepefartøy.

Industrielle muligheter

I dag dominerer bunnfaste teknologer havvindmarkedet, hvor danske og hollandske aktører har tatt en betydelig posisjon. Samtidig har Equinor vist seg konkurransedyktige i stadig større grad, blant annet i USA.

Sammenlignet med landbasert vind vil havvind i mindre grad komme i konflikt med arealbruk og andre miljøhensyn. Videre har flytende teknologier et betydelig større utbyggingspotensial ettersom de ikke er begrenset av vanddybder.

Om flytende havvind vil bli en viktig fremtidig energibærer i fremtiden vil avhenge av kostnaden knyttet til flytende havvind relatert til konkurrerende teknologier. Et sentralt element for å få ned kostnadene er volum. Eksempelvis ventes det betydelige stordriftsfordeler knyttet til produksjon av flytende havvindmøller sammenlignet med bunnfast havvind, ettersom man i større grad kan industrialisere konstruksjonsfasene og slepe vindmøllene ut. Flere markedsaktører forventer at kostnadene innen 2030 vil ligge mellom 40 til 60 euro/MWh (LCOE). For bunnfast havvind tok det hele 17 år for å komme ned på samme kostnadsnivå.

Flytende havvind kan bli et stort marked som vil gi betydelige verdiskapingsmuligheter og mange arbeidsplasser i Norge. Menon Economics (2019) har vurdert et utfallsrom for verdiskaping til en norskbasert industri knyttet til flytende havvind. Våre analyser viser at det er mulig å ta opp imot 20% av det globale markedet. I vårt høyscenario tilsvarer dette en verdiskaping på 117 mrd kroner og en sysselsettingseffekt på 128.400 årsverk i Norge over en periode på 30 år. Til sammenligning sysselsetter tysk vindindustri 160.000

ansatte årlig, hvorav nærmere 30.000 av disse er tilknyttet havvind. I tillegg har den tyske vindindustrien en eksportandel på nærmere 70% (2014). Dette tilsier at over 100.000 sysselsatte som betjener markeder utenfor Tyskland (estimert).

Norske aktører som satser eller ønsker å satse på flytende havvind trekker frem at et hjemmemarked er avgjørende for at Norge skal ta en ledende posisjon innenfor markedet for flytende havvind. Fremveksten av et hjemmemarked kan bidra til at norske aktører får bygget kompetanse, etablert en leverandørstruktur/verdikjeder og blitt mer konkurransedyktige med øvrige teknologier. Videre hevder norske aktører at de trenger referanseprosjekter for å være konkurransedyktige i Europa og globalt.

Selv i situasjoner hvor teknologien og/eller operasjonen for flytende havvind er tilnærmet lik som selskapet har brukt i leverandørindustrien gjentatte ganger, kreves det av de store aktørene som Vattenfall og Ørsted (tidligere Dong) referanseprosjekter direkte knyttet til flytende havvind. En eventuell utbygging av flytende havvindparker i Norge vil være avhengig av støtte fra norske myndigheter.





Den norske prosessindustrien

Prosessindustrien utgjør en sentral del av den norske økonomien og sto for omlag 13% av norsk eksport i 2018. De fleste fabrikker er også hjørnesteinsbedrifter i sine respektive samfunn. Den langsiktige utviklingen er derfor av stor betydning både nasjonalt, regional og ikke minst lokalt.

Den norske prosessindustrien preges av store aktører som Hydro, Elkem, Yara, Alcoa, Eramet, Borregård, Inovyn og omfatter en rekke bransjer;

- Aluminiumsproduksjon
- Produksjon av jern, stål og ferrolegeringer
- Kjemisk industri
- Mineralisk industri
- Raffinerier
- Treforedling

Målt i omsetning er aluminiumsproduksjonen størst (35%), mens antall ansatte er høyest innen kjemisk industri (41%).

«Norsk industri er verdensledende på energieffektiv produksjon fra våre nasjonale ressurser og har sammen med nasjonale forskningsmiljøer etablert en kunnskapsbase med potensiale for nasjonal- og internasjonal verdiskaping»

Fra Energi21 sin Nasjonale strategi for forskning, utvikling, demonstrasjon og kommersialisering av ny klimavennlig energiteknologi

Industrielle muligheter i møte med en global omstilling

Industri, da definert bredere enn prosessindustrien, står for omlag 20% av globale klimagassutslipp (IPCC) og har en sentral rolle i den globale omstillingen av verdensøkonomien.

I møte med behovet for å redusere globale utslipp er den norske prosessindustriens største fortrinn at den er svært energieffektiv og benytter ren fornybar kraft som energikilde. Samtidig brukes det betydelige mengder fossile *innsatsfaktorer* i produksjonsprosessen. Dersom man skal redusere utslipp og samtidig legge til rette for vekst er man avhengig av å utvikle nye produksjonsprosesser og effektiviseringstiltak, samt sikre tilgang til fornybar kraft til konkurransedyktige priser.

Norske aktører er imidlertid offensive og innovative i møte med den globale omstillingen, noe prosessindustriens portefølje av prosjekter med støtte fra blant annet Enova og Pilot-E viser. Konkrete eksempler er Elkems pilotprosjekt knyttet til bruken av biomasse, Hydros pilotprosjekt på Karmøy som vil redusere energibruken med 15%, samt bruken av hydrogen som innsatsfaktor i produksjonsprosessen på TiZir i Tyssedal.

Den norske prosessindustrien produserer også, allerede i dag innovative materialer som er viktig for å legge til rette for energieffektivisering og elektrifisering på andre områder. Konkrete eksempler på dette er aluminium til bilindustrien og silisium til batterier og solcelleindustrien.

En visjon for prosessindustrien

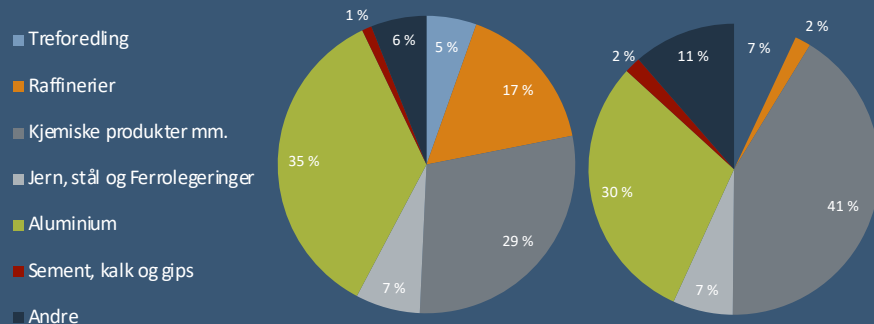
Norsk industri sin visjon for prosessindustrien er at klimagassutslippene skal reduseres til null innen 2050, samtidig som man øker verdiskapingen betydelig gjennom nye produkter og prosesser. Norsk Industri peker på følgende teknologigjennombrudd som vil være nødvendig for å realisere visjonen. Dette er teknologier som vil være mulig å implementere i et 2050-perspektiv, herunder;

- Karbonfangst og -anvendelse
- Økt bruk av biomasse i prosesser og produkter
- Økt bruk av hydrogen som reduksjonsmiddel og energibærere
- Teknologigjennombrudd på karbonfri prosessteknologi, slik som inerte anoder
- Nye produksjonsmetoder med lavere energiforbruk og lavere utslipp
- Utnyttelse av sidestrømmer til nye produkter
- Utvikling av innsatsfaktorer og produkter med lavt karbonavtrykk i produksjon og ved bruk

For å å bygge videre på den positive samhandlingen som oppsto i forbindelse med utarbeidelsen av Veikartet for prosessindustrien, har regjeringen etablert Prosess21. Hovedoppgaven for Prosess21 er å gi strategiske råd og anbefalinger om hvordan Norge best kan få til en utvikling i retning av minimale utslipp fra prosessindustrien i 2050 og samtidig legge til rette for at virksomheter i prosessindustrien har bærekraftig vekst i denne perioden.

Om man lykkes med å omstille produksjonsprosessen vil man kunne levere produkter med minimale utslipp ettersom energiforsyning allerede er tilnærmet fornybar. Dette vil forsterke Norges ledende rolle som foredler av fornybar energi og ikke minst den norske prosessindustriens konkurransekraft i møte med sterkere miljø- og klimakrav i markedet. Utviklingen av ny teknologi kan også bli et viktig næringsgrunnlag for leverandørindustrien.

Figur 4.3: Fordeling av omsetning og ansatte i prosessindustrien (2018). Kilde: Menon Economics



Vedlegg

CCGT	Combined Cycle Gas Turbine
CCS	Carbon Capture and Storage (karbonfangst og –lagring)
GWh	Gigawattimer
IEA	International Energy Agency
IMO	International Maritime Organization
IPCC	International Panel on Climate Change
IRENA	International Renewable Energy Agency
kWh	Kilowattimer
LCOE	Levelized cost of energy
MWh	Megawattimer
NPS	New Policies Scenario
SDS	Sustainable Development Scenario



Figur B: Skjermdrop fra www.fn.no

Informasjon				Forutsetninger			
Aktør	Scenario-navn	År	Tids-horiston	Temperatur-mål	Energi-etterspørsel	Fornybar	Tiltak
IEA	New Policies Scenario (NPS)	2018	2040	Møter ikke Paris-pvtalen	Energi-etterspørsel vil øke med 27% fra 2017 til 2040	Andel fornybare energikilder i energietterspørselen vil være 20% i 2040	Mer energieffektiv bruk og produksjon
IEA	Sustainable Development Scenario (SDS)	2019	2040	2°C	Energi-etterspørsel vil synke med 2% fra 2017 til 2040	Andel fornybare energikilder i energietterspørselen vil være 40% i 2040	Noe CCS, energieffektivisering.
IRENA	REmap Case	2019	2050	2°C	Total energi-etterspørsel vil synke med 0,2 per år til 2050	65% av TPES skal være fornybar innen 2050. 10 000 TWh fra solceller innen 2050	Lavkarbon-teknologier. Energieffektivisering. Lite CCS. Elektrifisering av transportsektoren, hydrogen i transport og industrisektoren, bioenergi.
IPCC	P1-P4	2018	2100	1,5°C	Energi-etterspørsel vil synke med 0,2% fra 2020 til 2050	Andel fornybar vil være 60% i 2050	

Informasjon				Forutsetninger			
Aktør	Scenario-navn	År	Tids-horison	Temp.-mål	Energietterspørsel	Fornybar	Drive
BP	Rapid Transition	2019	2040	2°C	Energikonsum vil øke med 0,8 % per år fra 2017 til 2040	I 2040 vil fornybar utgjøre 1/3 av totalt energikonsum	CCS spiller en signifikant rolle i dekarboniseringen av energisystemet og vil stå for 1/3 av reduksjonene i CO2-utslipp. Økning i CO2-priser. Hydrogen, bioenergi.
Equinor	Renewal	2019	2050	2°C	Energietterspørsel er 6% lavere i 2050 enn i 2015	Økt produksjon av fornybar elektrisitet	CCS, økning i CO2-priser og alle regioner implementerer CO2-priser/skatter.
Shell	Sky	2018	2100	2°C	Økt etterspørsel etter energi frem mot 2100	Økt produksjon av fornybare energikilder	CCS (10 000 fasiliteter innen 2070), batterier, bioenergi, hydrogen, CO2-priser innføres globalt innen 2030.
DNV GL	Energy Transition Outlook	2018	2050	N/A (2,6°C)	Energietterspørsel vil øke til 2035, for så å falle noe til 2050 (pga energieffektivisering)	Sol og vind vil stå for 28% av energitilbud i 2050	CCS, energieffektivisering, lite hydrogen (0,5% av energimiks i 2050).

Nærmere om usikkerhet knyttet til Parisavtalen

Det er usikkert om verden vil lykkes med å begrense temperaturøkningen i henhold til Parisavtalen. De fleste lands forpliktelser gjelder kun frem til 2030 og det er i mange tilfeller stort tolkningsmonn. Det er også stor variasjon i hvordan forpliktelsene er utformet og hva slags betingelser som oppgis.

Rogelj m.fl. (2017) finner at globale utslipp i 2030 varierer mellom 47 og 63 gigatonn CO₂-ekvivalenter (CO₂e) under Parisavtalen. En viktig kilde til usikkerhet er at flere land kun definerer et mål for karbonintensitet. Dette innebærer at utviklingen i utslipp avhenger av den økonomiske veksten. Dette gjelder blant annet flere land i Asia, herunder store land som Kina og India.

Videre har mange land i Afrika, Latin-Amerika og Midtøsten betinget sine målsetninger på finansiell støtte og teknologioverføring fra mer industrialiserte land. Hvordan dette skal skje i praksis er foreløpig uklart. Det er også uklart hvordan utslippsutviklingen skal måles og overvåkes, noe som er gjenstand for videre forhandlinger.

Samlet bidrar dette til betydelig usikkerhet rundt den langsiktige utviklingen

BP (2019). *BP Energy Outlook 2019 edition*. London: BP

Bloomberg (2019). *New Energy Outlook* (oppsummering og artikler)

Carbon Brief (2018). *Analysis: Why the IPCC 1.5C report expanded the carbon budget*. <https://www.carbonbrief.org/analysis-why-the-ipcc-1-5c-report-expanded-the-carbon-budget> Hentet ut: 1. august 2019

DNV GL (2019). *Produksjon og bruk av hydrogen i Norge*. Rapportnr.: 2019-0039. Høvik: DNV GL Energy Markets & Technology N&MEA

Energi21 (2018). *Energi21 – Strategien 2018*

Energi og Klima (2019). *Karbonbudsjettet: Hvor mye mer CO2 kan verden slippe ut*. <https://energiogklima.no/klimavakten/karbonbudsjettet/> Hentet ut: 11. juli 2019

Equinor (2019). *Energy Perspectives 2019: Long-term macro and market outlook*. Stavanger: Equinor

Erickson, P. & Lazarus, M. (2018). *Would constraining US fossil fuel production affect global CO2 emissions? A case study of US leasing policy*. Climate Change, Springer, vol. 150(1), side 29-42

European Commission (2019). *Press release: Clean Energy for All Europeans: Commission welcomes European Parliament's adoption of new electricity market design proposals*. https://europa.eu/rapid/press-release_IP-19-1836_en.htm Hentet ut: 1. august 2019

European Commission. *2030 climate & energy framework*. https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en Hentet ut: 1. august 2019

Finansdepartementet (2017). *Perspektivmeldingen 2017* (Meld. St. 29 (2016-2017)). Oslo: Departement

Fraunhofer Institute (2018). *Levelized cost of electricity renewable energy technologies*.

Fæhn, T., Hagem, C., Lindholt, L., Mæland, S. & Rosendahl, K. (2017). *Climate policies in a fossil fuel producing country – demand versus supply side policies*. The Quarterly Journal of the IAAE's Energy Economics Education Foundation, vol. 38(1).

Hydrogen Council (2017). *Hydrogen scaling up: a sustainable pathway for the global energy transition*.

IEA (2018). *World Energy Outlook 2018*. Paris: International Energy Agency

IPCC (2018). *Global Warming of 1,5 °C*.

IRENA (2019). *Global Energy Transformation: The REMap Transition Pathway* (Background report to 2019 edition). Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency

Mäkitie, T. (2019). *Corporate entrepreneurship and sustainability transitions: resource redeployment of oil and gas industry firms in floating wind power*. TIK Working Papers on Innovation Studies No. 20190226

Menon Economics (2019). *Bakgrunnsnotat om database over olje- og gassrelaterte inntekter i kommunen*. Menon-notat nr. 14/2019

Menon Economics (2019). *Verdiskapingspotensialet knyttet til utviklingen av en norskbasert industri innen flytende havvind*. Menon-publikasjon nr. 69/2019

Norsk Industri (2016). *Veikart for prosessindustrien: økt verdiskaping med nullutslipp i 2050*.

NTNU (2019). *Hydrogen i fremtidens lavkarbonsamfunn*.

NTNU & SINTEF (2019). *Conditions for growth in the Norwegian offshore wind industry*.

NFD (2017). *Industrien – grønnere, smartere og mer nyskapende* (Meld. St. 27 (2016-2017)). Oslo: Nærings- og fiskeridepartementet

Rodrik, D. (2013). *Structural change, fundamentals, and growth: an overview*. Institute for Advanced Study.

Rogelj, J., Fricko, O., Meinshausen, M., Krey, V., Ziliacus, J. & Riahi, K. (2017). *Understanding the origin of Paris Agreement emission uncertainties*. Nature Communications 8:15748

Shell (2018). *Shell Scenario Sky: Meeting the goals of the Paris agreement*.

SINTEF (2018). *Industrielle muligheter og arbeidsplasser ved CO2-håndtering i Norge*. Rapportnr 2018:0450. Trondheim: Sintef

THEMA (2019). *Systemvirkninger og næringsperspektiver ved hydrogen*. THEMA-Rapport 2019-07