
Norsk industri mot lavutslippssamfunnet



INNHold

Forord	4
Sammendrag	6
1. Klimautfordringen for norsk industri	9
2. Utsikter for norsk industri i et lavutslippssamfunn	12
3. Tiltak for utslippsreduksjon	15
4. Muligheter for norsk industri i en lavutslippsfremtid	19
5. Barrierer og drivere for utvikling og implementering av teknologier for avkarbonisering	22
6. Offentlige virkemidler for å overvinne barrierene	26
7. Veien videre	33
Vedlegg: Metode og intervjuer	34
Referanser	36

FORORD

Industrien i Norge, i denne rapporten definert som både offshore olje- og gass og landbasert industri, står for 25 prosent av landets BNP og 8 prosent av sysselsettingen. Industrien forårsaker også mer enn halvparten av Norges klimagassutslipp. Utfordringen i årene fremover er å opprettholde eller utvide sektorens økonomiske og sosiale bidrag, samtidig med en drastisk reduksjon i klimagassutslippene. Denne rapporten viser at dette er mulig hvis det offentlige, industrien og forskningsinstitusjoner samarbeider.

Denne rapporten ble bestilt av Enova og forfattet av McKinsey & Company som ekstern rådgiver. Rapporten presenterer en syntese av fremtidsperspektiver for en lavkarbonindustri i Norge og globalt. I tillegg til en grundig gjennomgang av eksisterende litteratur ble det gjennomført 14 intervjuer med industribedrifter, bransjeforeninger, forskningsinstitusjoner og statlige enheter. Rapporten bygger også på McKinseys forskning om utslippsreduksjon og mer enn 25 intervjuer med fagekspertter fra McKinsey i hele verden. En kort oversikt over metoden, spørsmålene som ble stilt og problemstillingene som ble analysert i rapporten er presentert i vedlegget.

Norge skal i fremtiden ha en konkurransedyktig og klimanøytral industri med verdensledende energi- og klimateknologi. Innovasjon og teknologiutvikling innen sektoren står sentralt for at Norge skal ha en industri som bidrar til å oppfylle våre klimaforpliktelser.

Enova skal være en pådriver for energiomlegging og teknologiutvikling med mål om reduserte klimagassutslipp og økt forsyningssikkerhet gjennom målrettede programtilbud. For Enova er det viktig at den teknologiutviklingen vi støtter, har lavutslippssamfunnet som perspektiv.

Enova prioriterer teknologier som har stort spredningspotensial nasjonalt og/eller internasjonalt. Vi vil bidra til raskere introduksjon av ny energi- og klimateknologi i norsk industri, og gjennom å gå inn i prosjekter før fullskala implementering, medvirke til at den teknologiske risikoen i prosjekter reduseres tilstrekkelig før de påtar seg en betydelig finansiell risiko.

Denne rapporten er et bidrag til kunnskapsbasen for Enovas strategi og prioriteringer, og den utforsker klimautfordringen for norsk industri på fire områder:

- Utsikter for norsk industri i et lavutslippssamfunn (kapittel 2 og 4)
- Drivere, barrierer og risikoer forbundet med utslippsreduksjon (kapittel 3 og 5)
- Potensial for nye norske industrier i et lavutslippssamfunn (kapittel 4)
- Kompetanse, kapital og finansiering som behøves for å levere på våre klimamål (kapittel 5 og 6)

Vi takker alle parter som har bidratt til dette arbeidet, spesielt i organisasjonene hvor vi gjennomførte intervjuer: Alcoa Norway, Borregaard, Eramet, Marine Harvest, Miljødirektoratet, Norcem, Norsk Hydro, Orkla, Pemco, RISE PFI, Statoil, SINTEF, Tine og Yara.

Vi oppfordrer aktører både i offentlig sektor og næringslivet forøvrig til å søke effektive måter å oppnå en omfattende avkarbonisering i norsk industri.



SAMMENDRAG

Norge og verden er nødt å foreta et betydelig skifte bort fra business as usual for å nå utslippsmålene for 2050.

- Gjennom Paris-avtalen fra 2016 ble 195 FN-medlemsland enige om å begrense den globale temperaturstigningen til godt under 2 grader innen 2100, og om å bestrebe seg for å begrense oppvarmingen enda mer, til 1,5 grader. Ifølge vitenskapelig konsensus dokumentert av FNs klimapanel (IPCC), innebar dette et gjenværende karbonbudsjett på 1000 milliarder tonn CO₂-ekvivalenter (tCO_{2e}) globalt i 2011. I dag er det omtrent 800 milliarder tCO_{2e} igjen.
- Som part i Paris-avtalen har Norge forpliktet seg til å redusere sine utslipp av klimagasser med 40 prosent fra nivået i referanseåret 1990 innen 2030, og den nye norske klimaloven (“Lov om klimamål”) setter et mål om å redusere utslippene med 80-95 prosent innen 2050 i tråd med EUs ambisjoner – noe som innebærer at industriutslippene må nærme seg null.
- Til tross for god utvikling på noen områder er norsk industri ikke i rute til å levere den nødvendige utslippsreduksjonen. Klimagassutslipp fra industrien i Norge har vært omtrent uforandret siden 1990, til tross for enkelte suksesshistorier som reduksjon i PFK-gasser fra aluminiumsindustrien og i nitrogenoksid (lystgass) fra gjødselindustrien. Disse reduksjonene har blitt oppveid av høyere utslipp fra offshore olje- og gassanlegg, og landbasert industri har gjort begrensede framskritt i å utvikle løsninger for de resterende karbondioksidutslippene.

De store industriklyngene i Norge er både en årsak til klimautfordringen og en viktig del av løsningen.

- I dag kommer omtrent 27 millioner tonn CO₂-ekvivalenter per år, eller mer enn 50 prosent av alle klimagassutslipp i Norge, fra industrivirksomhet – 23 prosent fra landbasert industri og 30 prosent fra petroleumssektoren på norsk sokkel.
- Norsk industriproduksjon skaper også store verdier for samfunnet. Den bidrar med 25 prosent av landets BNP og 8 prosent av sysselsettingen. Vårt moderne samfunn er avhengig av industriprodukter som olje, metaller, kjemikalier og sement – og å produsere disse og andre produkter i Norge er som regel mer miljøvennlig enn å produsere dem andre steder.
- Mens det aldri er enkelt å lage prognoser for flere tiår framover, forventer vi at det vil være etterspørsel etter produktene fra de store industriene i Norge også i et lavutslippssamfunn. Derfor trenger landet å finne løsninger som muliggjør fortsatt eller høyere produksjon med nær null i klimagassutslipp.

Norsk industri er nødt å utvikle og lede implementeringen av teknologier for omfattende avkarbonisering for å oppnå den nødvendige utslippsreduksjonen.

- Landbasert industri i Norge er for det meste allerede elektrifisert, og Norge har en ren kraftsektor, noe som betyr at vi ligger foran de fleste andre land. Nå er Norge nødt å ta tak i den vanskeligere utfordringen med å avkarbonisere offshore petroleumsvirksomhet og prosessutslipp fra landbasert industri.
- En kombinasjon av konvensjonelle teknologier og teknologier for omfattende avkarbonisering kan få industriutslippene i Norge ned mot null: energieffektivisering; ytterligere elektrifisering, spesielt av nye offshore olje- og gassanlegg; biobaserte brensler og råstoffer; hydrogen; karbonfangst og -lagring eller -bruk; og andre tiltak, inkludert reduksjon av etterspørsel ved gjenbruk, gjenvinning og resirkulering – en mer ‘sirkulær’ økonomi.

Norsk industri kan finne nye forretningsmuligheter i teknologier for omfattende avkarbonisering på mellomlang og lang sikt.

- Miljøvennlige teknologier kan skape nye forretningsmuligheter. Dette skjer allerede i kraftsektoren, hvor enkelte land er pådrivere for teknologisk utvikling innen fornybar energi, slik som Tyskland og Danmark innen vindkraft og Tyskland og Kina innen solenergi.
- Norge har et veldig godt utgangspunkt når det gjelder teknologier for omfattende avkarbonisering. Norge ligger foran de fleste land innen elektrifisering og energieffektivisering, noe som gjør det mulig å investere i neste generasjons teknologier. Landet har gode kompetansemiljøer med samarbeid på tvers av

industriklynger og forskningsinstitusjoner. Det er også synergier mellom ulike deler av norsk industri, for eksempel olje- og gassreservoarer som kan brukes til karbonlagring for andre industrier, eller biprodukter fra skog- og treforedlingsindustrien som kan brukes som biobasert brensel og råstoff i andre næringer.

- Lederskap innen teknologier for omfattende avkarbonisering kan skape konkurransefortrinn for eksisterende produkter etter hvert som eksportmarkeder innfører nye krav til karbonfotavtrykk, og salg av teknologi kan gi nye inntektskilder. I tillegg kan en lavutslippsframtid skape muligheter for nye industrier i Norge, for eksempel store datasentre eller eksport av hydrogen til Europa.

De viktigste barrierene for raskere fremgang består i fraværet av kortsiktige insentiver for investeringer i teknologisk innovasjon og implementering.

- Den viktigste teoretiske barrieren er negative eksternaliteter relatert til utslipp: kostnaden av klimaendringer bæres primært av andre mennesker enn de som forårsaker utslippene, som oftest i andre land. Dermed kan industribedrifter og nasjoner ha begrensede kortsiktige økonomiske insentiver til å redusere utslipp.
- Historien viser at problemer relatert til eksternaliteter kan løses, men dette skjer typisk først når de direkte negative effektene av å fortsette som før har blitt bredt akseptert i samfunnet. På 1980- og 1990-tallet, for eksempel, utfaset verden ozonnedbrytende stoffer innen kort tid. Det er mulig at et lignende, raskt skifte i oppfatningen av hvor mye det haster å bremse klimaendringene er i ferd med å vinne fram nå.
- Industribedrifter møter tre praktiske hindringer for raskere endring:
 - De må utvikle og lede implementeringen av umodne teknologier som må til for å oppnå omtrent 40 prosent av den nødvendige utslippsreduksjonen. Enkeltelskaper har få incentiver til å gjøre slike langsiktige investeringer innen forskning og utvikling.
 - Ytterligere 50 prosent av den nødvendige reduksjonen kan løses med teknologier som er modne, men ikke lønnsomme for enkeltbedrifter. Dette inkluderer elektrifisering av nye offshore olje- og gassanlegg, utvikling og bruk av biobrensel, og mange forbedringstiltak innen energieffektivisering.
 - Bedrifter bruker i dag lang tid på å ta i bruk selv de lønnsomme teknologiene som kan levere 10 prosent av den gjenstående utslippsreduksjonen, ofte fordi de har sterke incentiver til å levere rask fremfor mer langsiktig avkastning.

Næringer kan endre seg ved hjelp av virkningsfulle, samordnede virkemidler og langsiktige forpliktelser som styrker industri og forskningsinstitusjoner.

- Det finnes ikke noe enkelt politisk virkemiddel som kan løse utfordringen forbundet med utslippsreduksjon – en av de mest komplekse utfordringer i verden i dag. Avgiftsøkninger og utslippstak kan for eksempel føre til at ellers lønnsomme virksomheter må legge ned, noe som tilfører et ytterligere lag av kompleksitet sammenlignet med utslippsreduksjon i sektorer som transport og kraft som er mindre utsatt for internasjonal konkurranse.
- Beslutningstakerne må utvikle et samordnet, omfattende sett av politiske virkemidler, med langsiktige forpliktelser tilpasset hver fase i syklusen for teknologiutvikling. Vi tror at det er behov for tre typer programmer:
 - *Forskningsprogrammer* for å utvikle mer miljøvennlige og kostnadseffektive produksjonsprosesser, for eksempel nye måter å produsere hydrogen på eller biobaserte råstoffer for metaller og kjemikalier. Det kan være vanskelig for enkeltvirksomheter å beskytte immaterielle rettigheter på et tidlig stadium i forskningen, noe som betyr at det er behov for offentlige finansierings- og støtteordninger. Programmene må favne bredt inntil det punktet i utviklingen hvor bestemte teknologier peker seg ut som egnede kandidater for pilotering og skalering.
 - *Utviklingsprogrammer* for pilotering og skalering av umodne teknologier slik som karbonfangst og -lagring eller blanding av økende mengder biobasert materiale i råstoffene for metaller eller kjemikalier. Også dette krever finansiell støtte fra det offentlige, men her er det mulig å fokusere på færre, utvalgte teknologier med høyt potensial, i tett samarbeid med industrielle aktører.
 - *Implementeringsprogrammer* for eksisterende teknologier hvor det kreves en kombinasjon av direkte regulering, avgifter og finansiell støtte for at de skal bli tatt i bruk av industrien. Vellykkede programmer benytter seg ofte av teknologinøytrale, konkurranseutsatte anbudsprosesser, slik at man drar nytte av internasjonal konkurranse.



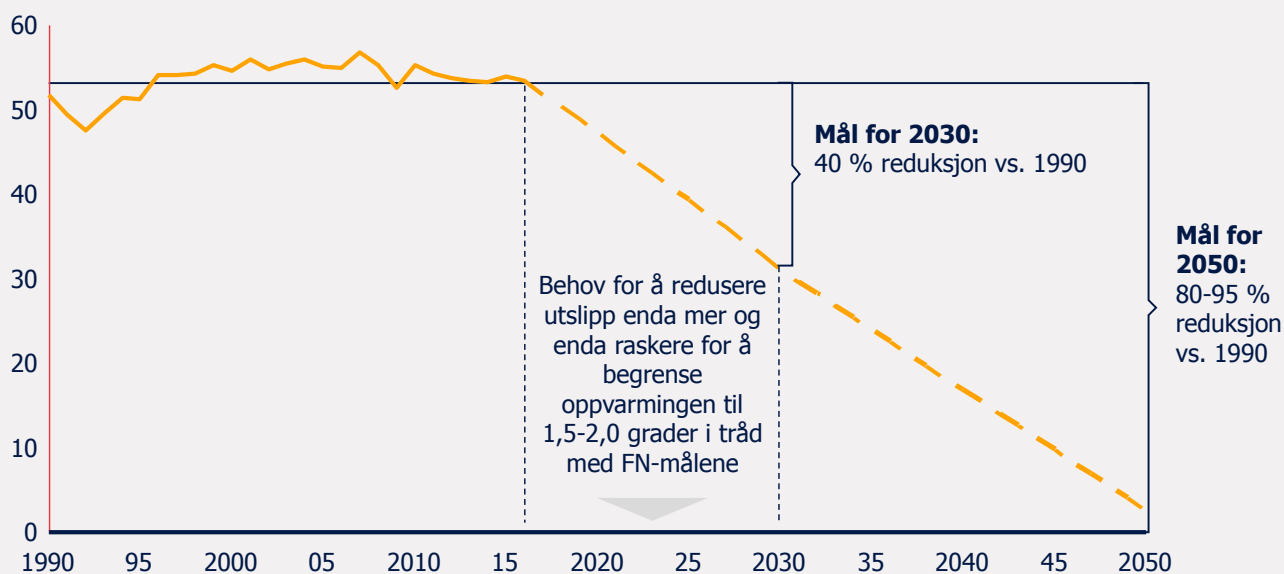
1. KLIMAUTFORDRINGEN FOR NORSK INDUSTRI

De fleste klimaforskere og lederne til nesten alle nasjoner i verden er enige om at menneskeskapt klimagassutslipp forårsaker globale klimaendringer. Men til tross for bestrebelser i hele verden for å begrense disse utslippene, har veksten akselerert over det siste tiåret. Det som er tilgjengelig av data tyder på at det vil kreve et fundamentalt oppbrudd fra business as usual å stabilisere utviklingen i temperaturøkningen i dette århundret.

Gjennom Paris-avtalen fra 2016 ble 195 FN-medlemsland enige om å begrense den globale temperaturstigningen til godt under 2 grader innen 2100, og om å bestrebe seg for å begrense oppvarmingen enda mer, til 1,5 grader. Ifølge vitenskapelig konsensus dokumentert av FNs klimapanel (IPCC), innebærer dette et gjenværende karbonbudsjett på 1000 milliarder tonn CO₂-ekvivalenter (tCO₂e) globalt i 2011.¹ Siden da har verden allerede brukt opp 200 milliarder tCO₂e av dette budsjettet. Som part i Paris-avtalen har Norge forpliktet seg å redusere sine utslipp av klimagasser med 40 prosent fra nivået i referanseåret 1990 innen 2030 – bare 12 år fram i tid. I tillegg setter den nye norske klimaloven ('Lov om klimamål') et mål om å redusere utslippene med 80-95 prosent innen 2050 i tråd med EUs ambisjoner – noe som innebærer at industriutslippene vil måtte nærme seg null.

Figur 1

Et radikalt skifte må til for å oppnå reduksjonsmålene for 2030 og 2050 Norske klimagassutslipp (MtCO₂e)



KILDE: SSB; Tabell o894o: Klimagasser, etter kilde, energiprodukt og komponent

Til tross for god utvikling på noen områder er norsk industri ikke i rute til å levere den nødvendige utslippsreduksjonen. Klimagassutslipp fra industrien i Norge har vært omtrent uforandret siden 1990, til tross for enkelte suksesshistorier som en reduksjon i fluorholdige gasser fra aluminiumsindustrien og i nitrogenoksid (lystgass) fra gjødselindustrien.

Denne overordnede trenden skjuler imidlertid store forskjeller mellom ulike sektorer og ulike typer klimagasser. Utslippene fra petroleumssektoren på norsk sokkel har økt med mer enn 80 prosent siden 1990, drevet av kapasitetsutvidelser og høyere energiintensitet i aldrende felt. I samme periode har landbasert industri redusert sine utslipp med nesten 40 prosent, men hoveddelen av denne reduksjonen kommer fra andre klimagasser enn CO₂, for eksempel metan, fluorholdige gasser og nitrogenoksid. Samlet sett har direkte CO₂-utslipp fra landbasert industri vært omtrent uforandret siden 1990, og rundt 95 prosent av de gjenværende klimagassutslippene består av CO₂.² Reduksjon av disse gjenværende CO₂-utslippene krever nye løsninger, og dagens tempo innen teknologiutvikling er ikke tilstrekkelig for å møte reduksjonsmålene for 2050.

“Det finnes mange inkrementelle forbedringer, men det er få som tør å tenke stort og følge opp med langsiktige investeringer.”

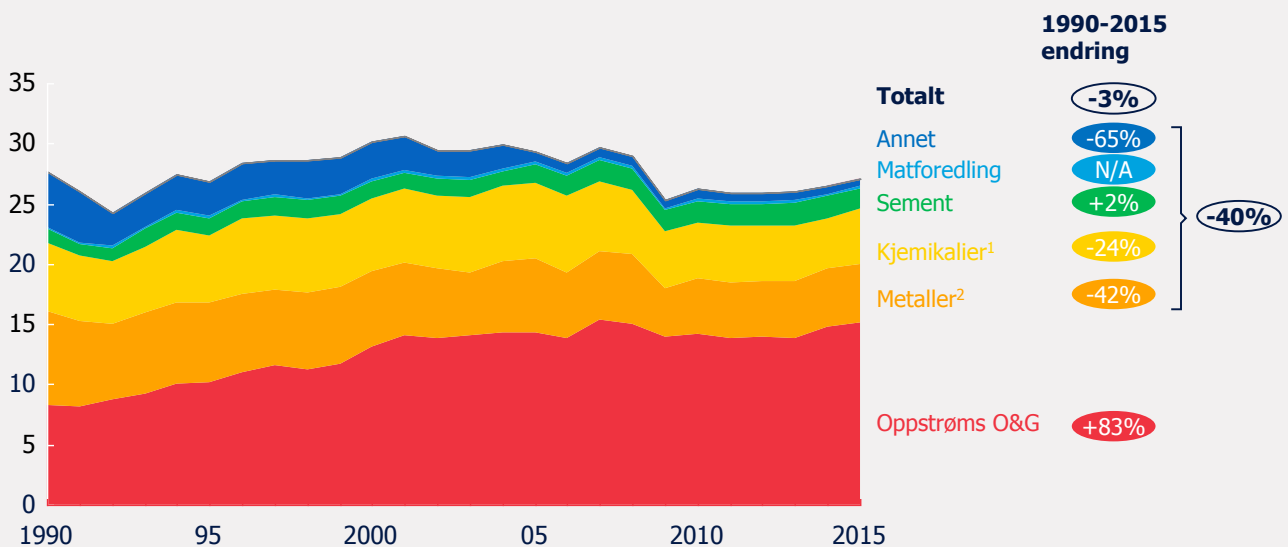
– Representant for industribedrift

Hvis Norge skal gjøre sin del for å begrense den globale oppvarmingen til godt under 2 grader, i samsvar med FNs ambisjoner, må industriutslipp nærme seg null før 2050. Dette vil kreve et fundamentalt oppbrudd fra business as usual og et taktskifte i utslippsreduksjon fra både offshore og landbasert industri i Norge.

Figur 2

Totalt industriutslipp har vært stabile siden 1990, men dette skjuler motsatte trender for landbasert (-40 %) og offshore industri (+80 %)

Klimagassutslipp fra norsk industri (MtCO_{2e})



¹ Raffinerier, gjødsel, petrokjemikalier og treforedling

² Aluminium og ferrolegeringer

KILDE: SSB; Tabell 08940: Klimagasser, etter kilde, energiprodukt og komponent



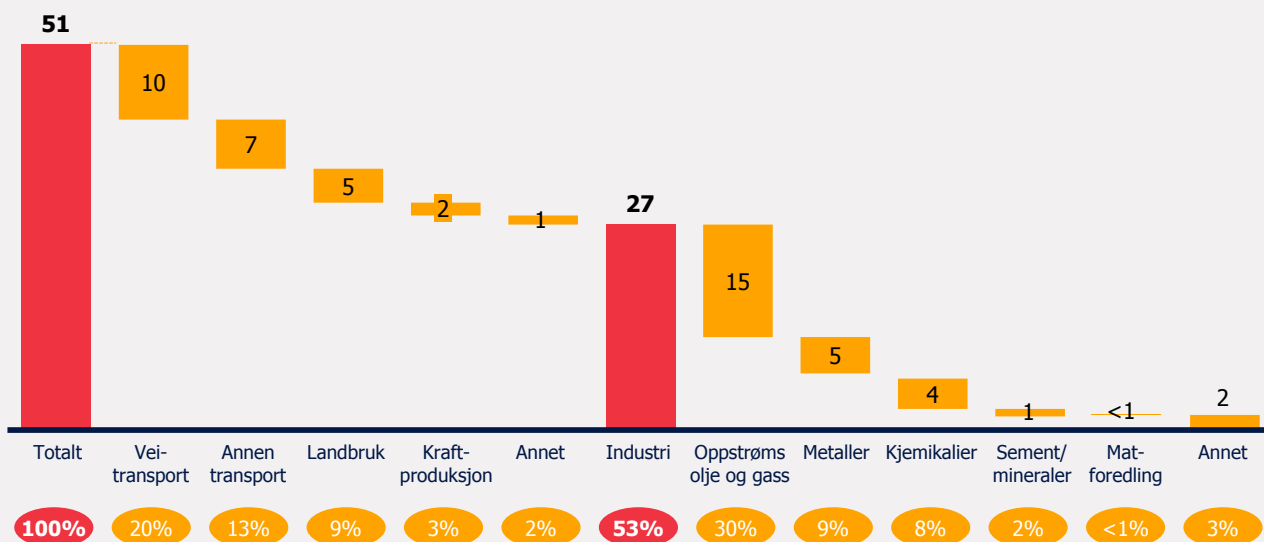
2. UTSIKTER FOR NORSK INDUSTRI I ET LAVUTSLIPPSSAMFUNN

I dag kommer mer enn halvparten av alle klimagassutslipp i Norge fra industriell virksomhet: 23 prosent fra landbasert industri og 30 prosent fra petroleumssektoren på norsk sokkel (Figur 3). Samtidig står norsk industri for 25 prosent av landets BNP og 8 prosent av sysselsettingen,³ og forsyner oss med materialer som inngår i produkter vi tar for gitt – slik som metaller, kjemikalier og sement. Samtidig er norsk industri som regel mer miljøvennlig enn produsenter som lager de samme produktene andre steder. I norsk aluminiumsproduksjon, for eksempel, er utslippsintensiteten rundt 35 prosent lavere enn det globale gjennomsnittet, først og fremst på grunn av tilgang til fornybar vannkraft.⁴ Derfor er det viktig at Norge oppfyller sine klimaforpliktelser samtidig som vi sikrer fortsatt eller høyere industriproduksjon.

Figur 3

Industrien står for mer enn 50% av norske klimagassutslipp, og petroleumssektoren på norsk sokkel utgjør alene 30%

Norske klimagassutslipp i 2016 (MtCO₂e)



KILDE: SSB; Tabell 08940: Klimagasser, etter kilde, energiprodukt og komponent

Det har aldri vært enkelt å lage nøyaktige prognoser for flere tiår framover, spesielt med den økende endringstakten vi ser i dag. Med dette som forbehold, og på grunnlag av globale McKinsey-perspektiver kombinert med synspunkter fra ulike fagekspert, forventer vi at det vil være etterspørsel etter produktene fra de fleste av Norges store industrinæringer også i en lavutslippsfremtid.

Basert på de samme perspektivene vil landbaserte næringer sannsynligvis bli stadig viktigere i forhold til olje- og gassektoren på norsk sokkel; aluminium vil trolig fortsette å vokse som en erstatning for stål; og biokjemikalier vil ta plassen til mange petrokjemikalier. Sement er vanskeligere å erstatte, men fagekspertene forventer allikevel et skifte i etterspørselen mot tre og andre grønne byggematerialer. I tillegg til nye produkter vil sirkulær økonomi utgjøre en viktig del av lavutslippssamfunnet, med mer gjenbruk, gjenvinning og resirkulering. Dette gir både utfordringer og muligheter for norsk industri. Allikevel, på et overordnet nivå vil de fleste store næringene i Norge trolig fortsatt spille en betydelig rolle i bestrebelsene for utslippsreduksjon også mot 2050:

- **Oppstrøms olje & gass (57 prosent av norske industriutslipp; 15,1 mill. tCO_{2e}):** Dette kommer til å være en viktig næring i Norge i flere tiår fremover, med Johan Sverdrup og andre store felt under utvikling nå. Imidlertid har samlet produksjon fra norske felt sannsynligvis nådd toppen og er allment forventet å falle over de kommende tiårene. Nåværende utslipp stammer i stor grad fra gassturbiner som leverer varme og elektrisitet til plattformene (93 prosent av utslippene fra oppstrøms olje & gass) og prosessutslipp fra kilder som gassfakling, ventilering og lekkasjer (7 prosent).⁵ Selv om naturgass muligens kan spille en viktig rolle som erstatning for kull på kort og mellomlang sikt, er behovet for null- eller negative utslipp innen 2050 uforenlig med vår nåværende avhengighet av fossile brensler, med mindre industrien implementerer karbonfangst og -lagring eller -bruk.
- **Metallproduksjon (17 prosent av norske industriutslipp; 4,5 MtCO_{2e}):** I Norge består denne næringen hovedsakelig av primæraluminium, som står for om lag 8 prosent av norske industriutslipp, og ferrolegeringer på om lag 9 prosent.⁶ Vi forventer vekst i begge næringer, spesielt innen aluminium, som i økende grad brukes som en lettere erstatning for tyngre materialer. Den globale stålproduksjonen vil fortsette å drive etterspørselen for norsk ferrolegeringsindustri, og ferrolegeringer er en viktig innsatsfaktor for aluminium, solenergi og elektronikkindustrien, som vi forventer at vil vokse. Utslipp fra metallindustrien stammer fra forbruket av fossile reduksjonsmidler både i aluminiumsindustrien (anoder) og ferrolegeringsindustrien. For øyeblikket finnes det ingen teknologier i kommersiell skala som kan redusere disse utslippene radikalt. Derfor behøver vi nye teknologier for produksjon av både aluminium og ferrolegeringer i en lavkarbonøkonomi.
- **Kjemisk industri (16 prosent av norske industriutslipp; 4,3 MtCO_{2e}):** Hoveddelen av utslippene i disse næringene i Norge kommer fra raffinerier og petrokjemikalier (12 prosent av norske industriutslipp), gjødsel (4 prosent) og treforedling (mindre enn 1 prosent).⁷ Når det gjelder raffinerier finnes det et betydelig potensial for utslippsreduksjon. Men med tanke på bransjens lave marginer og en nedgang i etterspørselen på grunn av økende utbredelse av elektriske kjøretøy, er det uklart hvorvidt det er lønnsomt å investere i nytt produksjonsutstyr. Gjødselproduksjonen forventes å holde seg stabil i Norge. Naturgass som råstoff må imidlertid byttes ut (for eksempel med hydrogen basert på elektrolyse) for at næringen skal være bærekraftig i en lavkarbonøkonomi. Alternativt kan karbonfangst og -lagring være en mulighet for å håndtere utslipp hvis ingen annen løsning er økonomisk lønnsom. Treforedlingsindustrien bidrar bare marginalt til norske utslipp. Mens etterspørselen etter grafisk papir faller, vokser emballasjebransjen. Vi forventer at Norges verdensledende biokjemiske industri kommer til å spille en viktigere rolle som en erstatning for petrokjemisk industri i et lavutslippssamfunn.
- **Sement (4 prosent av norske industriutslipp; 1,1 MtCO_{2e}):** Sement er en viktig bestanddel av betong, og vi forventer at det vil være behov for dette i bygg- og anleggsindustrien også i tiårene som kommer. Utslipp fra sementproduksjon kommer fra fossile brensler som blir brukt i sementovnen (40 prosent) og prosessutslipp fra produksjon av klinker (60 prosent).⁸ Mens utslipp relatert til energibruk kan håndteres gjennom elektrifisering eller et skifte til biobaserte brensler eller hydrogen, kan prosessutslipp bare reduseres ved å redusere klinkerproduksjonen eller gjennom karbonfangst og -lagring. Mens et lavutslippssamfunn er nødt å foreta et gradvis skifte mot resirkulering av betong og bruk av erstatninger som for eksempel tre for bygninger og muligens plast for infrastrukturprosjekt, er det ikke sannsynlig at man vil gå bort fra betong i stor skala på kort og mellomlang sikt.
- **Matforedling (<1 prosent av norske industriutslipp; mindre enn 0,1 MtCO_{2e}):** I denne voksende industrien kommer de fleste utslipp fra bruk av fossile brensler for oppvarming, samt kjøling (kuldemediebruk) og distribusjon. Bortsett fra distribusjonsdelen er industrien allerede i stor grad elektrifisert og produserer relativt lave utslipp, men det finnes et potensial for ytterligere elektrifisering og energieffektiviseringstiltak. For eksempel kan varmepumpe-teknologi løse næringens behov for både kjøling og oppvarming til lav til middels temperatur.



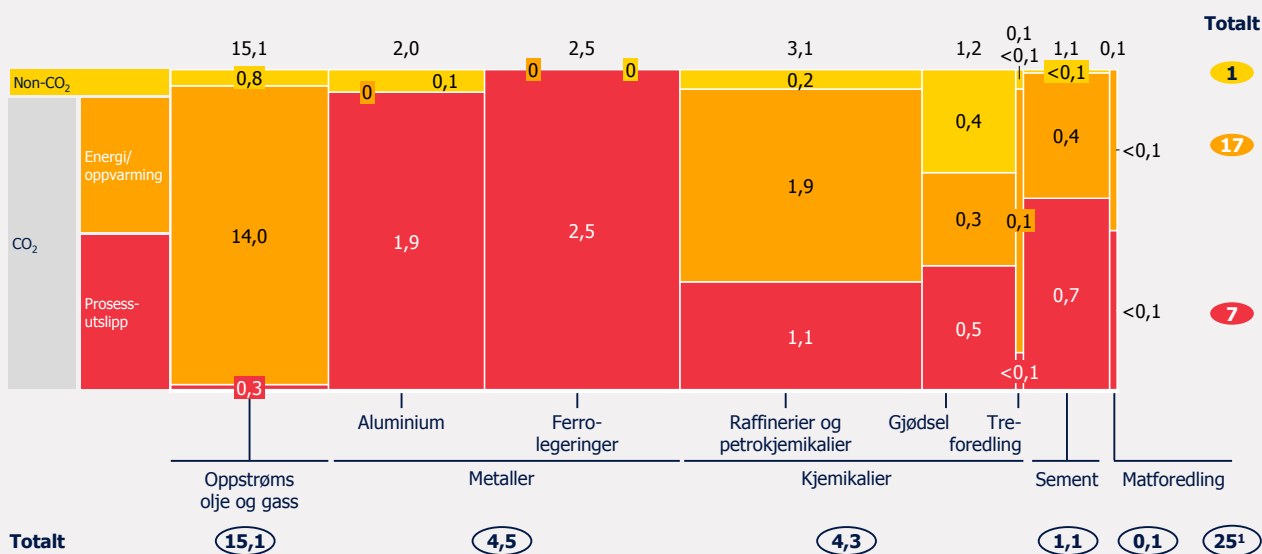
3. TILTAK FOR UTSLIPPSREDUKSJON

Norge har et annet utgangspunkt og står overfor en større utfordring enn mange andre land når det gjelder å ta det neste store steget innen utslippsreduksjon (Figur 4):

- Over halvparten av norske industriutslipp kommer fra offshore olje- og gassanlegg, noe som medfører en annen type tekniske utfordringer enn i landbasert industri.
- Mer enn 30 prosent av klimagassutslipp er rene CO₂-prosessutslipp,⁹ som generelt er vanskeligere å redusere enn utslipp av andre klimagasser enn CO₂ og CO₂-utslipp fra energiproduksjon.
- Innen mange næringer starter Norge fra et lavere utgangsnivå for utslipp enn i andre land. Norsk landbasert industri er i høy grad elektrifisert og får energi fra et av verdens reneste kraftnett. Derfor er utslipp fra energiproduksjon og oppvarming relativt lave. Landbasert industri i Norge har allerede tatt ut det meste av potensialet for elektrifisering, som er et viktig tiltak for mange andre land

Figur 4

Reduksjon av industriutslipp er mer komplekst i Norge enn i andre land på grunn av høy andel offshore (>50%) og CO₂-prosessutslipp (~30%)
 Klimagassutslipp fra norsk industri i 2016 (MtCO₂e)



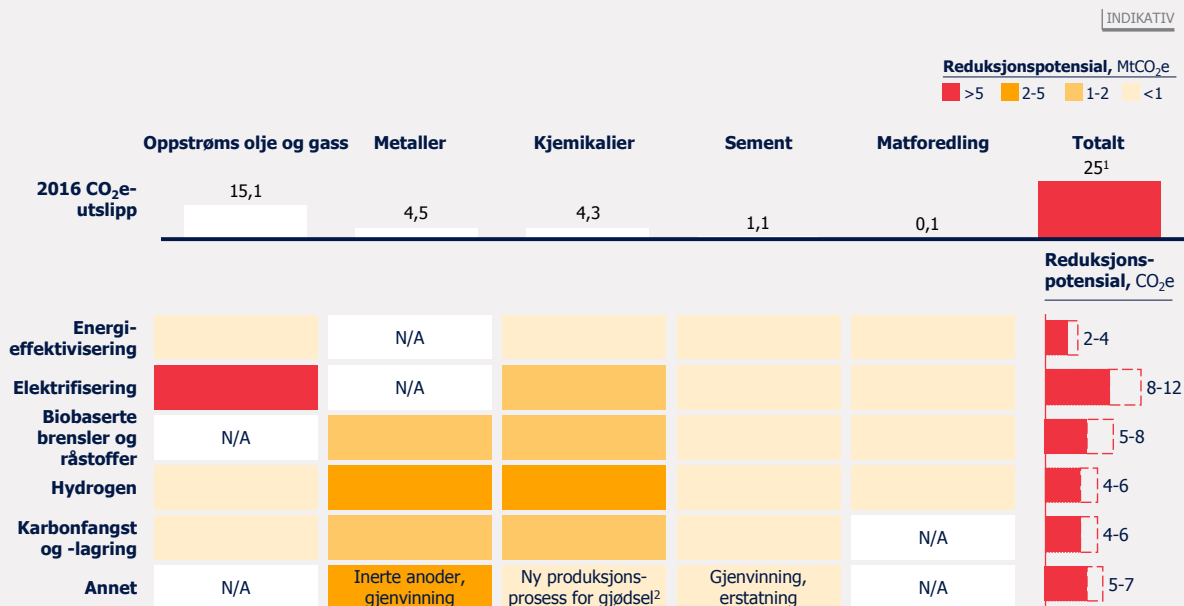
¹ Ekskluderer ~1,5 MtCO₂e fra andre industrier

KILDE: SSB; Tabell o894o: Klimagasser, etter kilde, energiprodukt og komponent

Kort sagt ligger Norge foran de fleste andre land når det gjelder å ta i bruk konvensjonelle teknologier for avkarbonisering, slik som elektrifisering og produksjon av fornybar energi. For å gjøre meningsfulle nye framskritt må landet utvikle og bli ledende innen implementering av teknologier for omfattende avkarbonisering, slik som biobaserte råstoffer, hydrogen, samt karbonfangst og -lagring eller -bruk (Figur 5):

Figur 5

Forskjellige reduksjonstiltak er nødvendige for å håndtere klimagassutslipp MtCO₂e



1 Ekskluderer -1,5 MtCO₂e fra andre industrier

2 Solid state ammonia synthesis, nuclear electrolysis, direct nitrate route

KILDE: McKinsey-analyse

Energieffektivisering (potensial på 2-4 mill. tCO₂e): Norsk industri har allerede oppnådd betydelige forbedringer innen energieffektivisering; det gjenværende tekniske potensialet varierer mellom anlegg og næringer. De viktigste tiltakene inkluderer gjenbruk av spillvarme, oppgradering og/eller erstatning av eksisterende utstyr og produksjonsanlegg, samt forbedringer i driftseffektivitet og prosesskontroll. Mens det meste av teknologien er utprøvd allerede, vil ny teknologiutvikling bidra til å utløse dette potensialet, for eksempel nylig utviklede varmepumper som øker temperaturen til spillvarme fra 80 grader til 130-150 grader.

Elektrifisering (potensial på 8-12 mill. tCO₂e): Gassturbiner ved offshore olje- og gassanlegg står i dag for nesten halvparten av alle industriutslipp i Norge; teoretisk sett kunne alle disse vært elektrifisert.¹⁰ Imidlertid er ettermontering av utstyr spesielt vanskelig og dyrt på offshore olje- og gassanlegg på grunn av begrenset plass. Elektrifisering er derfor først og fremst aktuelt for nye anlegg, som vil stå for omtrent halvparten av Norges olje- og gassproduksjon innen 2050.¹¹ I tillegg er det noen områder med elektrifiseringspotensial i landbasert industri, for eksempel innen raffinerier og sementproduksjon hvor elektriske, hybrid- eller dual-fuel-systemer kan generere middels høy varme. Nye elektriske teknologier for høye temperaturer blir også rullet ut nå; noen moderne elektriske ovner kan nå en temperatur på 1500 grader Celsius. Mange av disse teknologiene vil kreve betydelige prosessendringer, ombygging av utstyr i eksisterende anlegg og tilpasninger av kraftinfrastrukturen.

Biobasert brensel og råstoffer (potensial på 5-8 mill. tCO_{2e}): Å erstatte fossile brensler med biobasert brensel kan eliminere utslipp fra energibruk i flere landbaserte næringer, blant annet sementproduksjon, raffinerier, treforedling og matforedling. Raffinerier kan eliminere utslipp både oppstrøms og nedstrøms ved å bytte til biobasert brensel og råstoffer – en overgang til biokjemiske produkter. Biomasse kan også redusere utslippene i metallindustrien, hvor biobaserte råstoffer i teorien kan erstatte fossile anoder i aluminiumindustrien og fossile reduksjonsmidler i ferrolegeringsindustrien. Mens det vil ha begrensede effekter på utslippene fram til 2050 å kutte ned saktevoksende trær for å produsere biobasert brensel og råstoffer, er avfall fra både skogindustrien og husholdningene en viktig kilde for biobaserte materialer.

Hydrogen som brensel og råstoff (potensial på 4-6 mill. tCO_{2e}): Hydrogen kan brukes som råstoff i gjødsel- og til en viss grad også i ferrolegeringsindustrien, og det kan erstatte naturgass i offshore olje- og gassnæringen samt i raffinerier. Mens hydrogen kan produseres gjennom elektrolyse fra vann med fornybar energi, er ikke dette økonomisk lønnsomt selv i et scenario med veldig lave energipriser – da må også kapitalkostnadene for elektrolyse gå ned. Alternativet er å produsere hydrogen fra naturgass gjennom dampreforming, kombinert med karbonfangst og -lagring eller bruk. Det er også mulig å lage hydrogen fra naturgass med sot (carbon black) som biprodukt, hvilket er enklere å fange og lagre enn CO₂. Med konvensjonelle metoder er dette en veldig energikrevende prosess, men mer energieffektive metoder er nå i pilotfasen.

Karbonfangst og -lagring eller -bruk (potensial på 4-6 mill. tCO_{2e}): Karbonfangst kan redusere alle utslipp som ikke kan elimineres med andre metoder, slik som utslipp fra sementproduksjon og raffineriprosesser. Ved karbonfangst burde man først konsentrere seg om rene eller tilnærmet rene CO₂-strømmer, som ved prosessering av naturgass eller produksjon av ammoniakk. Ved dagens kostnader for mange avkarboniseringstiltak ser det ut som om karbonfangst og -lagring kan bli billigere enn alternativene for enkelte industrier. Norge tar allerede skritt i denne retningen med karbonfangst på Klemetsrudanlegget, hos Norcem og Yara, og ved Statoils Northern Lights-prosjekt for karbonlagring på norsk sokkel.

Andre tiltak (potensial på 5-7 mill. tCO_{2e}): Andre næringer er i ferd med å utvikle industrispesifikke teknologier for utslippsreduksjon. For eksempel utvikler noen aluminiumprodusenter inerte anoder som kan eliminere prosessutslipp,¹² og den globale gjødselindustrien utforsker en rekke nye produksjonsprosesser, slik som *solid-state ammonia synthesis (SSAS)*, høytemperaturolektrolyse og den såkalte direkte nitratruten. Teknologier for lavkarbonsement er også under planlegging.

I tillegg til å redusere utslippene fra produksjonen, må Norge endre etterspørselsmønstre ved overgang til mindre CO₂-intensive produkter og mer gjenbruk, gjenvinning og resirkulering. Eksempler for dette inkluderer trebaserte høyhus, full elektrifisering av transportsektoren og presisjonslandbruk som bruker mindre gjødsel. Omfanget av denne rapporten tillater ikke en detaljert vurdering av slike tiltak, men det relative bidraget til hvert enkelt alternativ for avkarbonisering vil avhenge sterkt av hvor økonomisk attraktivt det er og hva beslutningstakerne gjør for å stimulere det.

Oppsummeringsvis er det ikke mangel på muligheter som holder tilbake avkarboniseringen av norsk industri: En rekke tiltak for utslippskutt som eksisterer i dag kan redusere utslippene fra norsk industri betydelig.



4. MULIGHETER FOR NORSK INDUSTRI I EN LAVUTSLIPPSFREMTID

Kostnadene ved å ta norsk industri til en lavutslippsfremtid vil være høye, men en global overgang til en lavkarbonøkonomi kan også skape nye forretningsmuligheter. Dette skjer nå i kraftbransjen, hvor noen land driver frem teknologiutvikling innen fornybar energi, slik som Tyskland og Danmark innen vindkraft og Tyskland og Kina innen solenergi.

Norge har et godt utgangspunkt for å bli verdensledende innen avkarbonisering av industriproduksjon:

- **Klar til å lede innen teknologier for omfattende avkarbonisering.** Norge er i en naturlig posisjon for å ta ledelsen, siden landet allerede har kommet langt innen “første generasjons” avkarboniseringstiltak, slik som elektrifisering og energieffektivisering. For å ta det neste steget innen utslippsreduksjon og levere på sine internasjonale forpliktelser, må Norge tørre å satse på teknologier for omfattende avkarbonisering.
- **Sterk teknisk kompetanse og samarbeid.** Norge har sterke kompetansemiljøer, drevet av gode utdannings- og forskningsinstitusjoner innen ingeniør- og naturvitenskap, som NTNU og SINTEF. Landet har også en omfattende teknisk erfaring på områder som vil være strategisk viktige i lavkarbonøkonomien. For eksempel, selv om Norge produserer lite bioenergi i dag, har landet relevant kompetanse i treforedlingsindustrien. Den norske olje- og gassindustrien har også enestående kunnskap innen offshore- og dypvannsteknologi som kan brukes til utvikling av teknologier for karbonfangst og -lagring.
- **Synergier på tvers av næringer.** Norge kan bruke petroleumsreservoarer til karbonlagring eller biprodukter fra én næring som innsatsfaktorer for andre industriprosesser. Som nevnt tidligere kan biprodukter fra skog- og treforedlingsindustrien brukes som biobasert brensel og råstoff i andre industrier.

“Norge har store muligheter i den sirkulære økonomien, ved gjenbruk av biprodukter fra industriprosesser. Vi har en stor prosessindustri med tilhørende infrastruktur som skaper både tilbud og etterspørsel for biprodukter fra industrien – og sterk kompetanse innen akademia og i industrien for å støtte opp under dette.»

– Representant for industribedrift

Samlet sett finnes det tre typer av muligheter for norsk industri i en lavutslippsfremtid:

Lavkarbonprodukter: Om større eksportmarkeder innfører nye krav til karbonfotavtrykk, kan flere norske industrier være i en god posisjon til å levere rene, men energiintensive produkter slik som metaller og kjemikalier. Siden lavkarbonprodukter kan utgjøre et konkurransefortrinn for eksportindustrier, kan mange nye muligheter dukke opp langs verdikjeden, for eksempel levering av biobasert brensel og råstoffer til andre næringer.

Produsenter av “grønn” aluminium har allerede begynt å oppnå et prispåslag takket være økende etterspørsel fra kunder som Toyota og Apple, som er under press for å redusere sitt karbonfotavtrykk.¹³ Operatører av smelteverk drevet med vannkraft, som i Norge, Russland og Canada, fremhever sin miljøvennlighet - og kan i økende grad utvikle et konkurransefortrinn relativt til de som er avhengige av kull eller gass. Norsk Hydro signerte for eksempel nylig den hittil største bedriftsavtalen for kjøp av vindkraft, på 650 megawatt,¹⁴ noe som ytterligere vil styrke selskapets posisjon som leverandør av lavkarbonaluminium i et voksende marked for slike produkter.

“Vi forventer økende etterspørsel etter lavutslippsprodukter i fremtiden.”

– Representant for industribedrift

Salg og lisensiering av teknologier for omfattende avkarbonisering: En naturlig fordel ved fremskritt innen avkarbonisering av norsk industri er et vell av kunnskap og teknologi som kan markedsføres til land som ligger flere år, om ikke tiår, bak oss. For eksempel har Yara tidligere hatt suksess på dette området med sin katalysator for reduksjon av nitrogenoksid, som førte til en tydelig reduksjon i klimagassutslipp. Katalysatoren ble lisensiert til kjemisk industri og er nå i bruk over hele verden. På samme måte kan norske selskaper muligens også selge eller lisensiere teknologier for omfattende avkarbonisering, for eksempel karbonfangst og -lagring, produksjonsprosesser basert på biobaserte råstoffer, eller nye måter å produsere hydrogen på.

Nye industrier: Det er mulig at eksisterende næringer vil utvikle seg og produsere nye produktkategorier, og helt nye næringer kan dukke opp i en lavutslippsfremtid. For eksempel kan olje- og gassindustrien begynne å blande hydrogen i eksisterende eksportørledninger for naturgass til Europa. Over tid kan gassrørinfrastrukturen brukes til å eksportere rent hydrogen, eller til og med til å føre CO₂ fra Europa til Norge for lagring i norske petroleumsreservoarer. Norge kan også være et attraktivt land for de store datasentrene som kreves for å levere skybasert datalagring, idet landet kan tilby ren og billig strøm, lav politisk risiko og et kaldt klima for å kjøle serverne. Videre har produksjon av batterier allerede begynt i Norge, med PBES og Siemens som har satt opp fabrikker for skipsbatterier i Trondheim. Tilgang til ren og billig kraft og et dynamisk hjemmemarked for elektrisk sjø- og veitransport kan gjøre det fornuftig å legge batteriproduksjon til Norge.



5. BARRIERER OG DRIVERE FOR UTVIKLING OG IMPLEMENTERING AV TEKNOLOGIER FOR AVKARBONISERING

Den viktigste teoretiske barrieren for en raskere avkarbonisering av industrien kommer fra de “negative eksternalitetene” relatert til utslipp: kostnaden av klimaendringer bæres primært av andre mennesker enn de som forårsaker utslippene, som oftest i andre land. Dermed kan industribedrifter og nasjoner ha begrensede kortsiktige økonomiske insentiver til å redusere utslipp.

Historien viser at problemer relatert til eksternaliteter kan løses, men dette skjer typisk først når de direkte negative effektene av å fortsette som før har blitt bredt akseptert i samfunnet. For eksempel ble verden på 1980- og 1990-tallet fort enig om å fase ut ozonnedbrytende stoffer. Det er mulig at et lignende, raskt skifte i oppfatningen av hvor mye det haster å bremse klimaendringene er i ferd med å vinne frem nå.

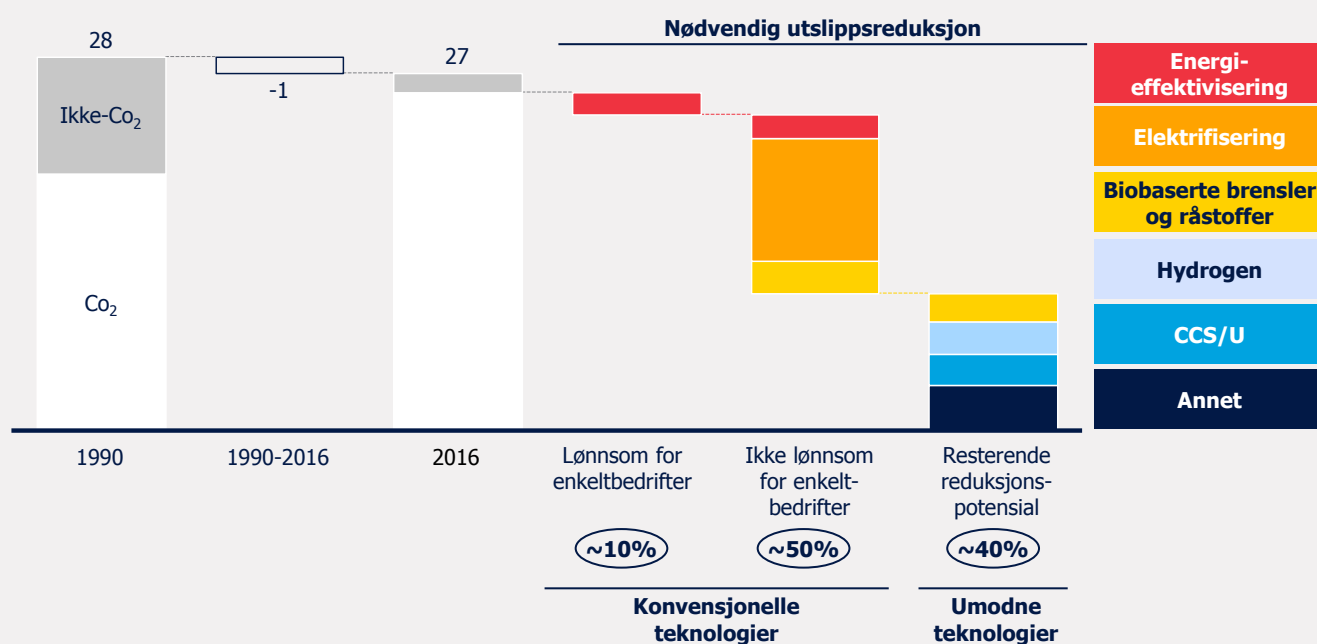
Men industribedrifter møter typisk tre praktiske hindringer for raskere endring:

Umoden teknologi: Utvikling og tidlig implementering av umodne teknologier vil være nødvendig for å oppnå rundt 40 prosent av den nødvendige utslippsreduksjonen i norsk industri. Dette gjelder for eksempel kostnadseffektiv produksjon av hydrogen, biobaserte anoder for aluminiumindustrien og biobaserte reduksjonsmidler for ferrolegeringsindustrien. Denne typen innovasjon kan ta flere tiår - fra tidlige laboratorietester gjennom piloter og skalering til fullskala anvendelse. Få enkeltbedrifter har insentiver til å gjøre slike langsiktige FoU-investeringer. For eksempel opererer prosessindustriene vanligvis i miljøer med lav grad av teknologidifferensiering, hvor lovgivningen rundt immaterielle rettigheter gir begrenset beskyttelse og teknologiske nyvinninger sprer seg raskt. Noen industriledere frykter en form for “pionerulempe”, og foretrekker i stedet en “vent-og-se”-tilnærming til teknologiutvikling.

Figur 6

~40% av reduksjonen som er nødvendig for å oppfylle 2050-målene kan bare oppnås om vi utvikler nye teknologier

MtCO₂e



KILDE: McKinsey-analyse

“Teknologi sprer seg raskt – innovasjon på ett sted dukker fort opp et annet, og det er begrenset teknologidifferensiering i bransjen.”

– Representant for industribedrift

Manglende lønnsomhet: Ytterligere rundt 50 prosent av den nødvendige utslippsreduksjonen i norsk industri kan oppnås med teknologier som er modne, men ikke lønnsomme for enkeltbedrifter. Disse inkluderer elektrifisering av nye offshore olje- og gassanlegg, biobrenslar, og mange forbedringer innen energieffektivisering. Disse teknologiene for utslippsreduksjon kan godt være lønnsomme for samfunnet som helhet, men få enkeltvirksomheter har økonomiske insentiver til å investere i disse gitt at nytten for miljøet er ekstern for den bedriften som investerer.

“Teknologien eksisterer. Hadde vi vært tvunget til det, kunne vi oppnådd null utslipp. Men dette er dyrt, og da må det stilles like krav til våre konkurrenter.”

– Representant for industribedrift

Suboptimal beslutningstaking: Bedrifter bruker lang tid på å ta i bruk selv de lønnsomme teknologiene som kan levere 10 prosent av den nødvendige utslippsreduksjonen i norsk industri, selv om disse i prinsippet skulle vært adoptert av ren egeninteresse. Dette er ofte tilfellet for energieffektiviseringstiltak og, i noen tilfeller, erstatning av fossile brenslar med biobrensel. Mange av disse beslutningene om å ikke investere kan forklares med en preferanse for kortsiktige resultater, organisatoriske barrierer som utilstrekkelig myndighet og innflytelse i den relevante avdelingen i virksomheten, eller atferdsbarrierer som begrenset rasjonalitet.

“Vi gjør ikke investeringer med en inntjeningsstid på mer enn to eller tre år, selv om mer langsiktige investeringer ville gitt en høyere avkastning.”

– Representant for industribedrift

Industrivirksomheter har noen insentiver for å utvikle og ta i bruk teknologier for avkarbonisering, men disse er for tiden ikke store nok til å utløse de nødvendige investeringene:

Økonomisk fortjeneste under dagens markedsforhold: I de siste tiårene har norsk industri gjort imponerende fremskritt innen energieffektivisering, hovedsakelig drevet av økonomiske gevinster fra reduserte energikostnader. Som nevnt tidligere er imidlertid det meste av det økonomisk attraktive potensialet tatt ut allerede.

Utsikter til forretningsmuligheter: Som vist i kapittel 4, kan en lavutslippsfremtid skape nye forretningsmuligheter for industriselskaper. I våre intervjuer kom det frem noen klare eksempler på selskaper som allerede benytter seg av slike muligheter, blant annet Pemcos utvikling av trepellets som erstatter kull, men de fleste tiltak er fortsatt i for liten skala sammenliknet med behovet for teknologitvutvikling og implementering.

Krav fra interessenter: Kunder og andre interessenter kan i noen tilfeller forlange og/eller være villige til å betale et prispåslag for et lavere CO₂-fotavtrykk. Dette driver allerede karbonnøytralitet i forbrukerrettede næringer, men de store prosessindustriene i Norge blir ikke påvirket av en lignende dynamikk enda.

Offentlig intervensjon: Industrien responderer naturligvis på intervensjoner som utslippstak, avgifter og offentlig støtte, men slike tiltak har hittil ikke resultert i de fremskritt som trengs.

Kort sagt står industrien overfor noen signifikante barrierer når det gjelder utvikling og implementering av teknologier for avkarbonisering, og få enkeltseksjoner blir drevet til å investere. Det er derfor lite sannsynlig at Norge vil se et raskt og betydelig taktskifte i avkarbonisering av industrien uten klare offentlige virkemidler.

Hva sier økonomisk teori om barrierene?

Basert på våre intervjuer med beslutningstakere i industrien, er de fleste barrierer for avkarbonisering av praktisk art. Økonomisk teori støtter dette:

- **Negative eksternaliteter av utslipp:** Kostnaden av klimaendringer bæres primært av andre mennesker enn de som forårsaker utslippene, som oftest i andre land.
- **Positive eksternaliteter av innovasjon:** På samme måte er det ikke mulig å tilegne seg nytten av innovasjon fullt ut for de som bærer kostnaden av den, noe som skaper en “pionerulempe” og en tilhørende “vent-og-se”-holdning på noen områder.
- **Preferanse for kortsiktige resultater:** Korte sykluser for lederbytte og markedets krav til kvartalsresultater gjør at insentiver blir vridd mot investeringer som gir en forutsigbar avkastning innen kort tid.
- **Mangel på informasjon:** Bedrifter kan investere for lite fordi de er uvitende om aktuelle teknologier for utslippsreduksjon, de forstår ikke teknologienes fulle verdi, de er usikre på offentlige rammebetingelser, eller de står overfor umodne markeder for fornybare produksjonsfaktorer som hydrogen og biobrensler.
- **Ikke samfunnsøkonomisk lønnsomt:** Noen tiltak for utslippsreduksjon er ikke lønnsomme, selv om man ser på nytten for samfunnet som helhet. Eksempler på dette kan være avkarbonisering av oljefelt eller raffinerier som nærmer seg slutten av sin levetid. I slike tilfeller bør man legge ned driften eller kompensere med null- eller negative utslipp andre steder.



6. OFFENTLIGE VIRKEMIDLER FOR Å OVERVINNE BARRIERENE

Det finnes ikke noe enkelt offentlig virkemiddel eller program som kan hjelpe industrien å redusere utslippene nok til å nå 2050-målene – en av de mest komplekse utfordringer i verden i dag. Mekanismer som CO₂-avgifter og utslippstak alene kan føre til at ellers lønnsomme virksomheter må legge ned, uten nevneverdig reduksjon i totale utslipp. Dette forklarer til en viss grad hvorfor verden i større grad har lyktes med å avkarbonisere sektorer som kraft, varme og transport, som er mindre utsatt for internasjonal konkurranse enn næringer som metaller eller kjemikalier.

Offentlige virkemidler og programmer kan grupperes i tre kategorier langs teknologiutviklingssyklusen, med en skreddersydd blanding av politiske virkemidler (Figur 7):

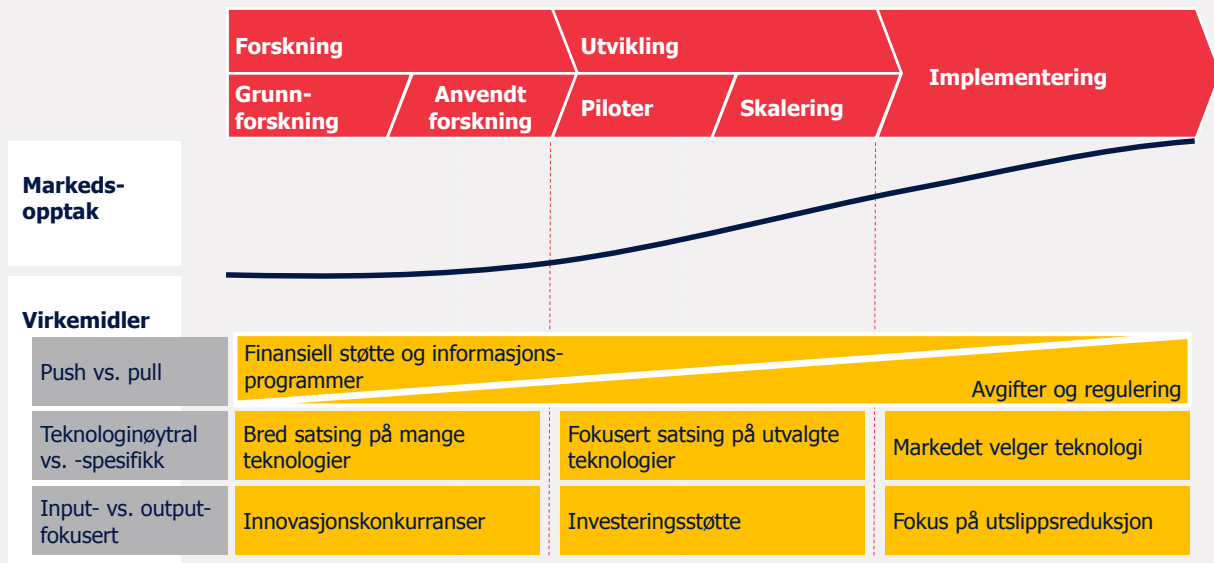
Forskningsprogrammer fremmer innovasjon i fasen for grunnleggende og anvendt forskning. Eksempler på dette er nye kostnadseffektive metoder for å produsere hydrogen uten medfølgende CO₂-utslipp eller bruk av 100 prosent biobaserte råstoffer i metallproduksjonen. I denne fasen i teknologiutviklingen er vanligvis spillover-effektene store og læringskurvene bratte, noe som gir store gevinster for samfunnet selv om enkeltbedrifter ikke klarer å tilegne seg dem. Offentlige finansierings- og støtteordninger er derfor nødvendig for å prioritere tilstrekkelige ressurser til FoU-virksomhet. Gitt at usikkerheten rundt individuelle teknologier er stor, er det behov for mange små satsinger. Innovasjonskonkurranser kan bidra til å utvikle globale nettbaserte samfunn som leter etter teknologiske gjennombrudd, slik som *The Big Ideas Competition* som arrangeres av FN og Sør-Korea, MITs Climate CoLab, og den bredere innovasjonskonkurransen til den amerikanske regjeringen, Challenge.gov.¹⁵

Utviklingsprogrammer retter seg mot pilotering og skalering av umodne teknologier, slik som karbonfangst og -lagring eller blanding av økende mengder biobasert materiale i råstoffene for metaller eller kjemikalier. I denne fasen av teknologiutviklingen er det behov for kapital for pilotering, testing og fullskala demonstrasjonsanlegg, mens det fortsatt finnes spillover-effekter og pionerulemper. Her er det typisk behov for investeringsstøtte eller programmer for risikodeling for å stimulere industrien til å gjøre de nødvendige investeringene – i kombinasjon med “pull”-mekanismer som målrettede utslippsbegrensninger og CO₂-avgifter. Et høyere kapitalbehov betyr at det som oftest er nødvendig å begrense programmenes omfang og fokusere på færre enkeltteknologier med høyt potensial. I tillegg kreves det et tett samarbeid mellom det offentlige, industrien og forskningsinstitusjoner, for eksempel gjennom HighEFF-prosjektet,¹⁶ som er blitt godt mottatt av industrien som en arena for samarbeid og deling av ideer.

Implementeringsprogrammer retter seg mot mer modne teknologier. Som nevnt i kapittel 5, kan omtrent halvparten av den nødvendige utslippsreduksjonen oppnås med teknologier som er modne, men ikke lønnsomme for enkeltbedrifter, slik som elektrifisering av nye offshore olje- og gassanlegg, bruk av biobrensler og mange forbedringer innen energieffektivisering. I denne fasen, når det allerede finnes mye informasjon om kostnadene og risikoen ved enkeltteknologier, er det ofte markedet som er best rustet å velge bestemte løsninger. Derfor vil reguleringer, avgifter eller subsidier knyttet til bestemte resultater sannsynligvis fungere bra, slik som utslippsreduksjon fra et definert utgangsnivå. Internasjonale anbudsprosesser kan stimulere global konkurranse og levere kostnadseffektive løsninger. Selv om det fortsatt kan være behov for offentlig støtte for at enkelte teknologier skal bli tatt i bruk, må det bli en gradvis overgang til avgifter og direkte regulering når teknologier blir mer modne.

Figur 7

Forskjellige virkemidler er relevante i de ulike fasene av utviklingssyklusen for teknologi



KILDE: McKinsey-analyse

Det vil være behov for et omfattende sett av offentlige virkemidler i alle faser av utviklingssyklusen for teknologi. På et overordnet nivå, som vist i case-eksemplene på side 29 til 31, bør slike mekanismer utvikles i samsvar med fem hovedprinsipper:

- **Langsiktig forpliktelse:** Investeringer i innovasjon og implementering av ny teknologi i industrien er typisk langsiktige beslutninger. Offentlige og private aktører må derfor påta seg langsiktige forpliktelser for å komme frem til ordninger som gagnar alle parter. På slutten av 1970-tallet lanserte for eksempel Tyskland en støtteordning som varte over flere tiår for å utvikle sin vindkraftindustri. Disse investeringene betaler for seg i dag – på en forblåst helg i oktober 2017 produserte tyske kraftverk så mye vindkraft at de betalte kundene for å bruke den.¹⁷
- **Global idésamling:** Nasjonale programmer blir sterkere når de henter inn ideer fra kilder i hele verden. For eksempel inkluderer Copenhagen Cleantech Cluster 25 utenlandske selskaper og samarbeider med 15 andre cleantech-klynger på verdensbasis.¹⁸
- **Pull- og push-mekanismer:** Karbonavgifter, utslippstak og andre pull-mekanismer tvinger bedrifter til endring. Push-mekanismer, på den annen side, slik som støtte- og informasjonsprogrammer, gir selskaper incentiver til å investere i teknologi for utslippsreduksjon. Globale pull-mekanismer ville vært det mest virkningsfulle alternativet, men for øyeblikket virker det umulig å oppnå det nødvendige internasjonale samarbeidet for dette. På den annen side kan også push-mekanismer fungere godt, særlig i utviklingsstadiet (Figur 8). Vi tror at en vellykket nasjonal politikk vil balansere push- og pull-mekanismer for å oppnå nødvendige utslippsreduksjoner, samtidig som den beskytter konkurransevnen til nasjonal industri.
- **Teknologinøytral og -spesifikk:** Vi mener generelt at de mest effektive virkemidlene bør være teknologinøytrale i de tidlige fasene av forskningen og unngå å “plukke vinnere.” Etter hvert som nye teknologier utvikles, kan støtten imidlertid brukes til å utvikle de som er mest lovende. Og når teknologier blir mer modne, kan man gi incentiver for å oppnå bestemte resultater og la bedrifter bestemme selv hvilken teknologi de skal velge.

- **Output- og input-fokusert:** Som en videreføring av konseptet om teknologinøytrale og -spesifikke virkemidler, kan myndighetene for å oppnå de samme målene enten gi insentiver for å oppnå bestemte resultater (output), for eksempel innovasjon eller utslippsreduksjoner, eller for innsats (input), for eksempel finansiering av bestemte prosjekter. I den tidlige fasen i forskningen kan innovasjonskonkurranser stimulere et bestemt resultat ved å belønne de som finner løsninger på definerte tekniske problemer. På samme måte, i implementeringsfasen, kan virkemidler belønne selskaper for å nå et bestemt utslippsmål, og la dem selv velge de tekniske løsningene. Når det gjelder pilotering og skalering av bestemte teknologier kan det imidlertid være nødvendig at staten yter investeringsstøtte.

Figur 8

Push-mekanismer kan være utformet på mange forskjellige måter og må tilpasses fasene i teknologiutviklingszyklusen

Kategori	Virkemiddel	Beskrivelse	Forskning		Utvikling		Implementering
			Grunn-forskning	Anvendt forskning	Piloter	Skalering	
Offentlig støtte	Prisgarantier	Garantert pris for FoU-output, f.eks. lisensiering av teknologi			✓		✓
	Skattefradrag for produksjon	Utbetaling til leverandører utover markedsprisen for fornybare innsatsfaktorer som f.eks. biobrensler			✓		✓
	Skattefradrag på investeringer	Beregnet som prosentandel av FoU-utgifter brukt på teknologier for utslippsreduksjon	✓		✓		
	CO ₂ -sertifikater	Kompensasjon per enhet CO ₂ e redusert fra et bestemt utgangsnivå			✓		✓
	Engangstilskudd	Engangstilskudd for FoU-aktivitet innen teknologi for utslippsreduksjon	✓		✓		
	Innovasjonskonkurranser	Konkurranser på konkrete teknologiske utfordringer (ofte med prekvalifisering)	✓				
	Gunstige lån	Gunstige lånebetingelser (f.eks. lav rente)			✓		✓
Programmer for risikodeling	Kontrakter for risikodeling, dvs. at det offentlige tar risiko for FoU-prosjekter som mislykkes/overskrider kostnadene			✓		✓	
Informasjonsprogrammer	Etterspørsels-side: Informasjonskampanjer	Opplysningsprogrammer for å informere og påvirke kundenes atferd					✓
	Tilbudsside: Informasjonskampanjer	Informasjonskampanjer for industribedrifter om muligheter og risikoer forbundet med teknologiutvikling og -implementering	✓		✓		✓
	Samarbeidsplattformer	Plattformer for samarbeid og kunnskapsdeling på tvers av industrier	✓		✓		✓

KILDE: McKinsey analyse

Suksesshistorier: lærdom fra vind- og solkraftrevolusjonen

Den kraftige veksten i fornybar energi gir verdifull innsikt fra et felt som er i ferd med å overvinne barrierer som ligner på de som norsk industri står overfor. Resultatene er lovende, og produksjon av fornybar kraft vil trolig overstige kraftproduksjon fra fossile brensler før 2035. Eksempler fra solkraft i Kina og vindkraft i Tyskland, Storbritannia og Danmark gir nyttig innsikt for Norge:

Danmark og Tyskland var pionerer innen vindkraft på 1970- og 1980-tallet, med fokus på å skape sterke industriklynger med produksjon av vindturbiner og andre komponenter, samt tilhørende tjenester som design og rådgivning. Mens den tyske industrien vokste ved hjelp av langsiktig statsstøtte for FoU, ble næringen i Danmark drevet av en grasrotbevegelse som fikk lite hjelp fra staten i begynnelsen. Rundt 1980 vedtok imidlertid den danske regjeringen en energiplan som bygde tillit blant private aktører som senere kommersialiserte næringen.¹⁹ Begge land har også i betydelig grad gjort bruk av *feed-in tariffs*, skatteinsentiver og andre markedstiltak for å drive overgangen fra fossil til fornybar energi.

Storbritannias og Tysklands satsing på havvind har resultert i betydelige kostnadsforbedringer de siste årene. I Tyskland tilbyr de siste anbudene kraftpriser godt under markedsprisen på rundt 30 euro per megawatt-time.²⁰ I Storbritannia har kontrakter blitt tildelt med en garantert inntekt på bare 57,50 pund per megawatt-time strøm produsert i 2022/23.²¹ De to landene valgte ulike reguleringsregimer: Storbritannia organiserer anbud for å tillate tredjeparter, *offshore transmission owners*, å konkurrere om eierskap og drift av infrastruktur for kraftoverføring offshore. Målet er å levere kostnadseffektive investeringer og tiltrekke seg kapital og teknisk kompetanse. I Tyskland, på den annen side, blir offshore-ledninger bygget, eid og driftet av systemansvarlige nettselskap (TSOer). Mens den britiske modellen har en mer solid tilnærming til å dekke kostnadene, er den tyske modellen bedre når det gjelder planlegging og koordinering – noe som er avgjørende for den langsiktige utviklingen av et nett for offshore vind. Uansett er de begge eksempler på vellykkede utviklingsprogrammer.

Kinas installerte solenergi kapasitet, som uten tvil er verdens største, passerte 77 gigawatt i 2016 – om lag 5 prosent av landets totale kraftkapasitet.²² Kina fikk sitt første fotfeste innen solenergi gjennom en eksplosiv vekst i panelproduksjonen, drevet av Tysklands beslutning på slutten av 1990-tallet om å tilby bedrifter og huseiere økonomiske insentiver for å installere solcellepaneler på taket. Innen kort tid gikk Kina forbi USA – opphavlandet til teknologien og en ledende produsent i mer enn tre tiår. Mellom 2008 og 2013 reduserte kinesisk produksjon verdensmarkedsprisene med 80 prosent, noe som førte til en fundamental endring av økonomien i markedet for sol. I 2013 lanserte Kina sine egne målsettinger og støtteordninger for solkraft, og det kinesiske hjemmemarked passerte det tyske i størrelse to år senere. Kina planlegger å investere ytterligere 2 500 milliarder yuan, tilsvarende over 3 000 milliarder kroner, i ytterligere 210 gigawatt fornybarkapasitet innen 2020, hvorav 70 vil komme fra sol.²³ Kinas omfattende og langsiktige statsstøtte for å produsere teknologisk avanserte produkter og underby utenlandske produsenter inkluderer kostnadsfrie eller subsidierte lån; kunstig billige råvarer, komponenter, energi og fast eiendom; og støtte til FoU eller oppkjøp av teknologi. Den kinesiske staten tilbyr også *feed-in tariffs* på provins- og statsnivå i tillegg til andre former for tilskudd for å stimulere lokal utvikling av prosjekter. Samlet sett er dette en enestående historie om omfattende offentlig støtte gjennom hele teknologilivssyklusen fra FoU til implementering.

Selv om disse pågående og svært progressive kampanjene for en rask overgang til fornybare energikilder har vært ganske vellykkede, gjenstår det fortsatt mange utfordringer før vi oppnår utbredt implementering av rene, fornybare kraftsystemer. Nyere offentlige programmer konsentrerer seg derfor om å fremme en slik implementering, basert på:

- **Langsiktige forpliktelser:** Siden statsbudsjetter følger en årlig syklus, gir kontrakter en mulighet for å gjøre langsiktige forpliktelser rettslig bindende.
- **Global idésamling:** Mange nye sol- og vindkraftprosjekter springer ut av internasjonale anbudskonkurranser hvor bedrifter i hele verden byr på hvor lite offentlig støtte de krever for å gjennomføre prosjektet. Mer enn 35 land benytter seg av slike anbudsprosesser nå.
- **Teknologinøytral politikk:** Over tid har regjeringer gått bort fra støtte basert på kostnadene ved å installere en bestemt teknologi til teknologinøytrale anbud som skaper markedsplasser for reduksjonsteknologier.
- **Output-fokuserte insentiver:** Mens *feed-in tariffs* og tidlige anbudsprosesser ga insentiver for å gjennomføre et bestemt prosjekt (input), tilbyr nyere anbudsordninger insentiver for fornybar produksjonskapasitet eller – enda bedre – leveranser av fornybar energi (output).

Figur 9

Virkemidlene for å fremme implementering av fornybar energi har utviklet seg, fra feed-in tariffs til teknologinøytrale og output-fokuserte anbud

■ Mest vanlig i dag

Utvikling i kontraktstrategi →

	Feed-in tariffs	Differansekontrakt (CFD)	Teknologinøytralt anbud	Teknologinøytralt anbud med kostnad for nettintegrasjon
Beskrivelse	Langsiktig kontraktstilskudd basert på produksjonskostnad for hver teknologi	Bonus på toppen av markedsprisen Insentiv for effektiv markedsføring av kraft	Konkurransetsatte, internasjonale anbud Installert kapasitet settes ut på anbud	Konkurransetsatte, internasjonale anbud Bud på mengde kraft som skal leveres i en bestemt tidsperiode
Langsiktig forpliktelse	✓	✓	✓	✓
Teknologinøytral	✗	✗	✓	✓
Output-fokusert	✗	✗	✗	✓
Eksempel	Tyskland	UK	Brasil	Chile

KILDE: BNEF, EWEA, McKinsey

Andre eksempler: biobrensler, hydrogen og ozonnedbrytende gasser

Mens norsk industri bare gjør langsomme fremskritt innen avkarbonisering, finnes det muligheter for å lære av forsknings-, utviklings- og implementeringsprogrammer i andre land og andre sektorer for teknologi som reduserer klimagassutslipp. Tre eksempler gir relevant innsikt når Norge skal stake ut veien til en lavutslippsindustri:

- **USA er den største produsenten av biodrivstoff**, med en årlig produksjon på 400 millioner fat.²⁴ Denne suksessen skyldes introduksjon og håndheving av en norm for fornybare drivstoffer i 2007, som krevde at bensin og dieselolje solgt i USA skulle blandes med økende mengder biodrivstoff. Målsettingen var å redusere klimagassutslipp, utvide nasjonens fornybar- eller biobrenselsektor og redusere avhengigheten av importert olje. Innsatsen ble først frontet av og deretter ledet i nært samarbeid med bransjegrupper som Biotechnology Innovation Organization og Renewables Fuel Association. Viktigste av alt var at programmet vedtok mer enn 4 milliarder dollar i støtte for tilhørende FoU-satsinger, blant annet ved å støtte kommersiell produksjon av avanserte biodrivstoffer som etanol fremstilt av cellulose og biomassebasert diesel.²⁵ Dette er et eksempel på hvordan konsekvent innsats over minst et tiår fikk i gang en ny sektor ved å gi investorer tillit til å bygge anlegg. Denne politikken har også utløst sterke ringvirkninger i andre sektorer som jordbruk og naturgass.
- **Japan har lansert en 30-års strategi for å skape en hydrogenøkonomi.** Den helhetlige tilnærmingen dekker mobilitet, bygninger, industri og energisystemet. I 2020 skal ca. 1,4 millioner japanske husholdninger bruke brenselcelleenheter som energiforsyning. Tallet skal øke til 5,3 millioner, eller om lag 10 prosent, innen 2030.²⁶ Landet tar sikte på å bygge 300 hydrogenfyllestasjoner innen 2025 og betjene 800 000 brenselcellekjøretøy innen 2030. Med sterk offentlig støtte leder Toyota, Honda, Nissan og andre japanske selskaper den globale utviklingen innen hydrogenteknologi. Noen er bekymret for at eksportmarkeder kan komme til å foretrekke konkurrerende teknologier som elektriske kjøretøy,²⁷ men hydrogen kan være en hensiktsmessig strategisk og praktisk satsing for en øynasjon med få naturlige ressurser, et eksempel for hvordan unike omstendigheter kan kreve en unik tilnærming.
- **Verden gjorde en felles innsats for å redusere ozonnedbrytende gasser** i Montrealprotokollen i 1989. Den kanskje mest vellykkede internasjonale miljøavtalen hittil tok hensyn til alle partene i avtalen og deres utfasingsforpliktelser. Sammen oppnådde man en overholdelsesrate på over 98 prosent frem til 2016. Avtalens stabile rammer gjorde det mulig for industrien å planlegge langsiktig forskning og innovasjon. En av driverne bak avtalens suksess var de relativt lave implementeringskostnadene – KFK var gammel teknologi og patentene hadde for lengst gått ut – og de store, umiddelbare fordelene ved overholdelse av avtalen, for eksempel unngåelse av hudkreft og grå stær. Avtalen inkluderte et multilateralt fond for å dekke kostnadene ved å bytte til KFK-fri teknologi, spesielt i utviklingsland. Samtidig hadde man håndhevelsesmekanismer med straffer, for eksempel handelssanksjoner, mot produkter som inneholdt eller, mer kontroversielt, brukte KFKer. Dette er et eksempel på et vellykket, effektivt implementeringsprogram som ble gjennomført i løpet av den opprinnelig tiltenkte tidsperioden.

Disse eksemplene viser hvordan storskala teknologiinnovasjon og -implementering er mulig innenfor relativt korte tidsrammer, til tross for betydelige utfordringer. I alle tilfeller var stabil, langsiktig offentlig støtte viktig for å vise veien og sende de riktige signalene. I tillegg var det behov for et nært samarbeid mellom ulike interessenter, blant annet bransjeforeninger, store private aktører, universiteter og oppstartsselskaper. Noen eksempler viser også at utvikling av ny klimavennlig teknologi kan skape nye markeder og betydelige muligheter for industrielle aktører.



7. VEIEN VIDERE

Norge og norsk industri kan samarbeide om å bygge en lav- eller nullutslippsøkonomi innen 2050. Denne overgangen, hvis den utføres klokt og i riktig tempo med de rette investeringene, kan gi store økonomiske gevinster for norsk industri. Det finnes riktignok betydelige barrierer som må overvinnes, og det er vanskelig å se for seg at privat sektor vil stå for de nødvendige investeringene uten en overordnet plan og et sett med konsistente, samordnede offentlige virkemidler.

I lys av de fremtidige utfordringene og mulighetene ser vi for oss et program for Norge med tre elementer som kan drive avkarboniseringen av norsk industri for å nå 2050-målene:

- **Utvikle en nasjonal plan for overgangen som viser vilje til langsiktige forpliktelser fra staten:** Mens det er fornuftig å arbeide for å koordinere så mye internasjonalt samarbeid som mulig, må planen være pragmatisk, slik at Norge kan begynne å bevege seg mot 2050-målene så fort som mulig. Planen vil ha to formål: Å skape klarhet rundt mål og målsettinger, og å sørge for mer langsiktig forutsigbarhet for private aktører.
- **Utarbeide og implementere et samordnet sett av offentlige virkemidler som støtter opp om planen:** Politiske virkemidler og reguleringer må være i tråd med planens målsettinger for å overvinne barrierer i hver fase av overgangssyklusen. Disse intervensjonene må skape den langsiktige tryggheten privat sektor trenger for å investere i utvikling og implementering av teknologi for utslippsreduksjon.
- **Utvide engasjementet til alle interessenter:** For å støtte opp om planen må Norge legge til rette for kunnskapsdeling og samarbeid på tvers av universiteter, forskningsinstitusjoner, bransjeforeninger og private bedrifter. Initiativer på tvers av sektorer og landegrenser må for eksempel se forbi kortsiktige kostnadsbetraktninger og fokusere på den langsiktige verdiskapningen fra en avkarbonisering av industrien. Den økonomiske gevinsten kan være betydelig, og verdien av et sunt klima går dessuten langt utover ren pengeverdi.

VEDLEGG: METODE OG INTERVJUER

Denne rapporten ble bestilt av Enova og støttet av McKinsey & Company som ekstern rådgiver. Forfatterne står ansvarlig for innholdet og meningene som presenteres her. I tillegg til en grundig gjennomgang av den eksisterende litteraturen ble det gjennomført 14 intervjuer med industriselskaper, bransjeforeninger, forskningsinstitutter og statlige enheter. Rapporten bygger også på McKinseys forskning om utslippsreduksjon og mer enn 25 intervjuer med fageksperter fra McKinsey i hele verden.

Rapportens formål er å skape en kunnskapsbase for Enovas strategi og prioriteter, og rapporten utforsker klimautfordringen for norsk industri på fire områder:

1. Utsikter for norsk industri i et lavutslippssamfunn (kapittel 2 og 4)

- Hvilke globale megatrender påvirker utviklingen av norsk industri, og hva er konsekvensene av disse trendene?
- Hvilke trender påvirker markedsutviklingen for teknologi, råvarer og produkter?
- Hvilke nye aktører og verdikjeder vil påvirke de forskjellige segmentene av norsk industri?
- I store trekk, hvordan kommer norsk industri til å se ut i 2030 og 2050?

2. Drivere, barrierer og risiko forbundet med utslippsreduksjon (kapittel 3 og 5)

- Hvilke drivere finnes på tvers av industrisegmenter når det gjelder innovasjon, produkt- og teknologiutvikling?
- Hvilke industri- og segmentspesifikke drivere og barrierer påvirker også innovasjon, produkt- og teknologiutvikling?
- Hvilke risikofaktorer eksisterer og påvirker utvikling og valg når det gjelder innovasjon, produkt- og teknologiutvikling?
- Hva er sannsynlige valg for ulike industrielle aktører, gitt driverne og barrierene?

3. Potensial for nye norske næringer i et lavutslippssamfunn (kapittel 4)

- Hva må skje for at nye, klimanøytrale og energieffektive industrier skal vokse frem i Norge?
- Hva er Norges unike kilder til konkurransefortrinn når det gjelder fornybare ressurser, og hvordan vil disse påvirke mulige nye industrier?
- Hvilke eksisterende industrisektorer vil mest sannsynligvis bli påvirket av mulige nye industrier, og hva er de potensielle konsekvensene?
- Hva betyr det for det norske samfunnet om nye industrier basert på fornybare ressurser vokser frem?

4. Kompetanse, kapital og finansiering som behøves for å kunne levere på våre klimamål (kapittel 5 og 6)

- Hvor er de store kompetansesentrene i norsk industri, og hvordan påvirker de retningen til industrien?
- I hvilken grad påvirker kapital og tilgang til kapital valgene til norsk industri, spesielt i forhold til klimaendringer?
- Hvilke trender driver utviklingen av kapital i norsk industri, og hva sier trendene om utviklingen i industriproduksjon og utslipp?
- Hvilken effekt har finansieringsmodeller på valg relatert til innovasjon, produkt- og teknologiutvikling i norsk industri?
- Hvilke trender påvirker finansieringsmodeller, og hva er konsekvensene?

Rapporten bygger på eksisterende perspektiver om utslippsreduksjon i norsk industri, spesielt fra Miljødirektoratet og fra industrien selv gjennom veikartene for norsk industri. I tillegg brukte vi bransjespesifikke rapporter, for eksempel fra European Fertilizer Association og Oil and Gas Climate Initiative. Vi benyttet disse rapportene som grunnlag for å bygge videre på, heller enn som kilder til bestemte fakta eller perspektiver.

Rapporten bygger på et stort, egenutviklet McKinsey-bibliotek. Dette inkluderer globale perspektiver på hver av de store industriene som studeres i denne rapporten, samt perspektiver på klimaendringer og utslippsreduksjon. McKinsey forsker kontinuerlig på reduksjon av klimagassutslipp, en prosess som begynte med den første globale utslippsreduksjonskurven i 2007. Som påpekt i denne rapporten skiller Norge seg fra andre land på flere måter når det gjelder klimautfordringen for industrien, men vi har også brukt McKinseys perspektiver på avkarbonisering av industrien i andre land der det er relevant. Dette gjelder for eksempel perspektiver fra den offentlige rapporten [“Energy transition: Mission \(im\)possible for industry? A Dutch example for decarbonization.”](#)

Vi har også benyttet oss av en rekke datasett, spesielt fra SSB, Rystad Energy og EIA. Vi har studert mange spesifikke utviklinger og hendelser basert på rapporter fra nyhetsorganisasjoner som Bloomberg, Financial Times og Reuters.

Til sist intervjuet vi mer enn 25 fagekspertter fra McKinsey og ledere i 14 norske interessentorganisasjoner, slik som industriselskaper, bransjeforeninger, forskningsinstitutter og offentlige enheter. Vi takker alle parter som har bidratt til dette arbeidet: Alcoa Norway, Borregaard, Eramet, Marine Harvest, Miljødirektoratet, Norcem, Norsk Hydro, Orkla, Pemco, RISE PFI, Statoil, Sintef, Tine og Yara.

Vi dekket fire hovedtemaer i intervjuene:

- Hvilke grunnleggende trender driver utviklingen i din bransje, og hvordan blir disse trendene påvirket av ambisjoner om å oppnå et lavutslippssamfunn innen 2050?
- Hvilke teknologier er tilgjengelige eller under utvikling som kunne hjelpe din bransje med å redusere klimagassutslippene betydelig?
- Hva er drivere og barrierer i din bransje når disse teknologiene skal utvikles og implementeres?
- Hvilke muligheter for norsk industri ligger i overgangen til et lavutslippssamfunn?

På et overordnet nivå et det seks budskap som kom frem i intervjuene:

- Norsk industri gjør mye allerede for å redusere utslippene og har oppnådd imponerende resultater på mange områder. Dette gjelder særlig for energieffektiviseringstiltak og reduksjon av utslipp av andre klimagasser enn CO₂, som for eksempel PFK-gasser fra aluminiumindustrien og nitrogenoksid fra gjødselindustrien.
- Allikevel er industrien ikke i rute til å levere den nødvendige utslippsreduksjonen. Mens det finnes mange mulige løsninger for de gjenværende CO₂-utslippene, er det få som er kommersielt lønnsomme i stor skala. Den pågående teknologiutviklingen er ikke tilstrekkelig til å endre dette mønsteret raskt nok for å møte 2050-målene.
- Opprettholdelse av norsk industris konkurransevne i globale markeder er avgjørende for å skape verdier og gode jobber – og for å beskytte miljøet, siden produksjonen i Norge typisk er renere enn de fleste alternativer. Dette begrenser naturligvis investeringer i ny teknologi hvor den økonomiske gevinsten er uklart, og de fleste bedrifter investerer med strenge to- eller treårige inntjeningskrav.
- Derfor er stabile rammebetingelser og langsiktig statsstøtte nødvendig for å få norsk industri over mot en lavutslippsfremtid. Alle industriselskaper vi intervjuet pekte på behovet for langsiktige finansieringsordninger som gjør det mulig å investere i ny teknologi samtidig som industriens konkurransevne sikres.
- Overgangen vil skape nye muligheter for norske industribedrifter. Forbrukerrettede bedrifter ser allerede at kundepreferanser skifter mot lavkarbonprodukter, og andre industrisektorer forventer å se et lignende skifte på mellomlang og lang sikt. Noen selskaper utvikler sine egne lavkarbonteknologier som de forventer vil være lønnsomme, for eksempel gjennom lisensiering, men de fleste store satsinger innen teknologisk utvikling krever offentlig finansiering.
- Fremgang vil definitivt kreve mer samarbeid – og ledere er ivrige etter å delta. De fleste intervjuobjektene peker på tiltak som HighEFF-programmet og de nye felles veikartene for industrien som viktige byggeklosser for å løse klimautfordringen for norsk industri. Bedrifter og industrier har mye å lære av hverandre, og de vil finne synergier i å samarbeide for å utvikle felles løsninger.

REFERANSER

1. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/index.shtml>
2. Norske klimagassutslipp siden 1990: SSB; Tabell 08940: Klimagasser, etter kilde, energiprodukt og komponent
3. SSB; Tabell 11396: Lønnstakere per 4. kvartal, etter arbeidssted og næring
4. <https://www.nrk.no/rogaland/hydros-pilotanlegg-vil-gi-utslipp-pa-105.000-tonn-1.12202326>
5. Utslipp fra oppstrøms olje & gass: SSB; Tabell 08940: Klimagasser, etter kilde, energiprodukt og komponent
6. Utslipp fra metallproduksjon: SSB; Tabell 08940: Klimagasser, etter kilde, energiprodukt og komponent
7. Utslipp fra kjemisk industri: SSB; Tabell 08940: Klimagasser, etter kilde, energiprodukt og komponent
8. Utslipp fra sementproduksjon: SSB; Tabell 08940: Klimagasser, etter kilde, energiprodukt og komponent
9. CO₂-prosessutslipp: SSB; Tabell 08940: Klimagasser, etter kilde, energiprodukt og komponent
10. Utslipp fra oppstrøms olje & gass: SSB; Tabell 08940: Klimagasser, etter kilde, energiprodukt og komponent
11. Rystad Energy datasett
12. Intervjuer med representanter av industribedrifter
13. <https://www.reuters.com/article/us-aluminium-sales-environment/hydro-powered-smelters-charge-premium-prices-for-green-aluminum-idUSKBN1A11CE>, 2. august 2017
14. <https://www.ft.com/content/6483f562-c3bd-11e7-a1d2-6786f39ef675> and <https://www.hydro.com/en/press-room/Archive/2017/hydro-signs-new-long-term-power-contract-for-norwegian-aluminium-portfolio/>, 7. november 2017
15. "Crowdsourcing climate change, one contest at a time," The Guardian, 15. april 2014; www.unglobalpulse.org/news/big-ideas-competition-2017-combating-climate-change; www.challenge.gov
16. <http://www.sintef.no/projectweb/higheff/>
17. "There Was So Much Wind Power In Germany This Weekend, Consumers Got Free Energy," Bloomberg, 30. oktober 2017
18. <https://www.cleancluster.dk/en/>
19. https://www.die-gdi.de/uploads/media/NEU_DP_17.2014_.pdf
20. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-08-15/german-onshore-wind-power-costs-plummet-in-second-auction>, 15. august 2017
21. <http://www.telegraph.co.uk/business/2017/09/11/offshore-wind-power-175bn-investment-boom-costs-halve/>, 11. september 2017
22. "https://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/china/name-161254-en.php?s=dHlwZT1yZSZzdGFodXM9T2s.&return=PG5h-diBpZD0iYnJlYWVJcnVtYiil-PGEgaHJlZjoilYi-SG9tZTwwYT4gJnJhcXVvOyA8YSBocmVmPSlvcG9saWNpZXNhbmlRtZWFEzdXJlcy8iPLB-vbGljaWVzIGFuZCBNZWFzdXJlcwvYT4gJnJhcXVvOyA8YSBocmVmPSlvcG9saWNpZXNhbmlRtZWFEzdXJlcy9yZW5ld2FibGVlbmVvZ-3kvij5SZW5ld2FibGUgRW5lcmd5PC9hPjwvbmF2Pg
23. <https://www.reuters.com/article/us-china-energy-renewables/china-to-plow-361-billion-into-renewable-fuel-by-2020-idUSKB-N14PO6P>, 5. januar 2017
24. US Department of Energy, EIA datasett
25. <http://www.ethanolrfa.org/policy/regulations/renewable-fuel-standard/>, 24. september 2017
26. <http://undiscovered-japan.ft.com/articles/driving-a-revolution/?mhq5j=e6>
27. <https://www.ft.com/content/98080634-a1d6-11e7-8d56-98a09be71849>, 24. oktober 2017



Enova arbeider for Norges omstilling til lavutslippssamfunnet. Omstillingen krever at vi kutter utslipp av klimagasser, ivaretar forsyningssikkerheten og skaper nye verdier. Derfor jobber Enova for å få de gode løsningene ut i markedet og bidra til nye energi- og climateknologier.

Enovas rapporter finner du på www.enova.no

Ønsker du mer informasjon, kontakt:

Enova Svarer tlf. 08049 / svarer@enova.no