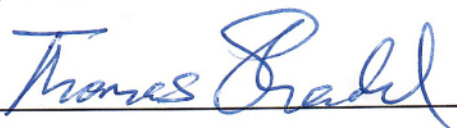


Rapport

CO₂-håndtering i norsk landbasert industri frem mot 2050

Dato: 19.12.2025
Dok.nr: 2023/423
Godkjent av: Thomas Skadal

Sign:



SAMMENDRAG:

Etter over 20 år med målrettet satsing på å utvikle CO₂-håndtering, samt gode naturgitte forhold for CO₂-lagring, har Norge et godt utgangspunkt for å kunne redusere utslippene fra landbasert industri ved hjelp av CO₂-håndtering frem mot 2050. Likevel er det usikkerhet forbundet med det reelle potensialet, noe som i stor grad skyldes usikkerhet om fremtidig handels-, industri-, energi- og klimapolitikk på globalt, europeisk og nasjonalt nivå. I tillegg finnes det særnorske utfordringer knyttet til små og spredte CO₂-utslipp.

Gassnova er del av det næringsrettede virkemiddelapparatet og skal fremme teknologiutvikling og kompetanseoppbygging for kostnadseffektive og framtidsrettede løsninger for CO₂-håndtering. Utviklingen av ny teknologi og nye løsninger skjer i et dynamisk samspill, der det er markedets etterspørsel som driver fram innovasjon, samtidig som nye og forbedrede teknologiske løsninger kan åpne for nye markedsmuligheter.

Gassnova har på oppdrag fra Energidepartementet utredet hvordan CO₂-håndtering kan bidra til å redusere utslippene fra landbasert industri fram til 2050. Denne utredningen skal gi et oppdatert kunnskapsgrunnlag. Dette kan benyttes i videre vurderinger av behov for teknologiutvikling og framtidsrettede løsninger, gi grunnlag for utforming av tiltak og tjene som underlag for beslutningsprosesser om CO₂-håndtering i industrien.

For å realisere flere CO₂-håndteringsprosjekter i landbasert industri på kort sikt, trenger industrien antagelig:

- økonomisk støtte
- forutsigbar tilgang til et CO₂-lager

Det finnes en rekke støtteordninger både i Norge og EU som norsk industri kan benytte seg av, men det usikkert om disse er tilstrekkelig til å utløse nye prosjekter. Per i dag er det kun Northern Lights som tilbyr lagring som en tjeneste i markedet, og det er usikkert om norske aktører når opp i konkurransen med større europeiske utslippskilder.

Teknologien som trengs for å etablere en CCS-kjede er tilgjengelig i markedet, og har nådd et nivå av modenhet som gjør den anvendbar. Det er imidlertid fortsatt behov for betydelig videreutvikling og kostnadsreduksjoner for bred implementering av CO₂-håndtering. Det er heller ikke alle utslippskilder der CCS kan være relevant, som har modne fangstløsninger.

Gassnova har identifisert flere områder som kan øke sannsynligheten for at CO₂-håndtering kan tas i bruk av norsk industri:

- Utvikle CO₂-håndteringsløsninger for bransjer der CCS kan være relevant, men fortsatt er umodent
- Utvikle nye løsninger som kan redusere logistikk-kostnadene

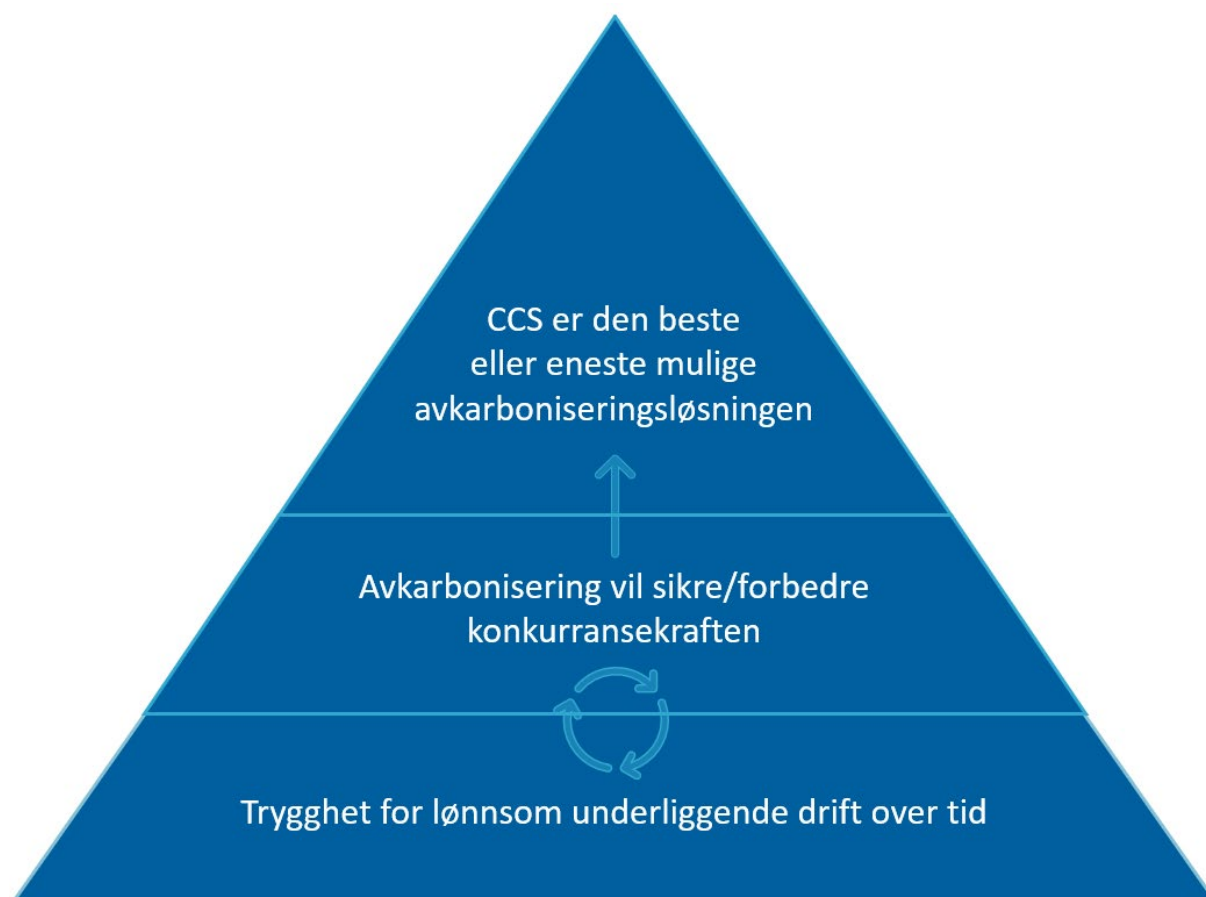
- Bidra til at Europa lykkes med CO₂-håndtering
- Legge til rette for god utnyttelse av allerede etablert infrastruktur
- Tilpasse internasjonale CO₂-håndteringsløsninger og erfaringer til norske forhold

Bakgrunn

Norge har satt seg ambisiøse klimamål for 2030, 2035 og 2050, i tråd med Parisavtalen. Målet er å redusere klimagassutslippene med 90–95 prosent innen 2050 sammenlignet med 1990-nivået. CO₂-håndtering er pekt på som et viktig tiltak for å redusere utslippene fra norsk landbasert industri, særlig for utslippskilder hvor andre avkarboniseringsløsninger er begrenset eller ikke modne.

Utredningen tar utgangspunkt i dagens utslippskilder og analyserer hvordan CO₂-håndtering kan bidra til å realisere Norges klimamål. Norsk industri har gjennom flere tiår vist stor evne til omstilling, modernisering og innovasjon.

For å illustrere hvilke forhold som må være på plass for at industrien skal investere i CO₂-håndtering, er det utviklet en figur, «Industriens investeringspyramide for CO₂-håndtering». Denne er en sentral ramme for utredningen:



Industriens investeringspyramide for CO₂-håndtering

Industriaktører vil bare satse på langsiktige investeringer dersom driften er lønnsom og fremtidige rammevilkår gir trygghet for fortsatt lønnsomhet. Usikkerheten må holdes på et nivå som gjør det mulig å sikre en bærekraftig avkastning.

En investering i CO₂-håndtering er en slik langsiktig investering. Avhengig av hvor klare rammebetingelsene er, vil planleggingen av et CO₂-håndteringsprosjekt typisk ta 2-4 år. Etter investeringsbeslutning tar det 3-4 år å bygge fangstanlegget. Med høye investeringskostnader bør anlegget driftes over tid for at enhetskostnadene skal nå et akseptabelt nivå.

Utredningen presenterer tre fremtidsbilder for norsk industri med CO₂-håndtering mot 2050, fra et lavt scenario med kun 5–10 anlegg og under 2 millioner tonn CO₂ håndtert årlig, til et høyt scenario med 20–30 anlegg og opptil 35 millioner tonn CO₂ håndtert årlig. Scenario-analysen er et verktøy som benyttes for å illustrere utfallsrommet knyttet til CO₂-håndtering i norsk industri frem mot 2050. Hvilket scenario norsk industri vil bevege seg mot, avhenger blant annet av utviklingen i internasjonal konkurransekraft, lønnsomhet for avkarboniserte produkter, og rammebetingelser nasjonalt og internasjonalt, samt kostnader knyttet til avkarbonisering.

Aktøren må også ha tiltro til at en avkarbonisering vil sikre eller forbedre dens konkurransekraft for at investeringer i CO₂-håndtering skal kunne skje. Klimapolitikken med mål, planer og virkemidler er sentralt for lønnsomheten. For bedriften er det i utgangspunktet kostnader forbundet med å avkarbonisere, men utslippsreduksjoner kan også gi opphav til nye inntekter dersom det for eksempel er økt betalingsvilje for produkter med lavt karbonfotavtrykk.

Til slutt må CO₂-håndtering være den mest gunstige avkarboniseringsløsningen eller den eneste mulige for det enkelte anlegg. Flere anlegg har ulike måter å redusere utslippene sine på, og flere avkarboniseringsløsninger kan benyttes samtidig. Valg av avkarboniseringsløsning vil variere mellom bransjer og anlegg. CO₂-håndtering er særlig viktig for bransjer hvor andre avkarboniseringsløsninger er begrenset eller umodne, som sement, kalk og avfallsforbrenning. Andre bransjer har flere alternativer, inkludert elektrifisering og overgang til biogene innsatsfaktorer. Tilgangen til og prisen på innsatsfaktorer, infrastruktur og øvrige rammebetingelser er avgjørende for hvilke løsninger som velges i praksis.

I avsnittene under presenteres en mer detaljert gjennomgang av tiltakene Gassnova har pekt på i denne utredningen, og hvordan disse kan bidra til å øke sannsynligheten for at CO₂ håndtering tas i bruk av norsk industri:

Utvikle CO₂-håndteringsløsninger for bransjer der CCS kan være relevant, men fortsatt er umodent

Det finnes tekniske modne CO₂-fangstløsninger for de fleste anlegg i Norge hvor CO₂-håndtering kan tenkes å være relevant. Unntaket er for eksempel industriavgasser med lav CO₂-konsentrasjon, som aluminium. Denne bransjen har behov for å utvikle

avkarboniseringsløsninger frem mot 2050. Etter det Gassnova kjenner til, er det lite fokus på å utvikle CO₂-håndteringsløsninger for lavkonsentrerte industriavgasser internasjonalt, og det kan derfor være nødvendig at den norske forskningsinnsatsen rettes spesielt inn mot denne bransjen. Også silisiumindustrien har relativt lav CO₂-konsentrasjon i avgassen.

Utvikle nye løsninger som kan redusere logistikk-kostnadene

Norske CO₂-utslipp er små i internasjonal sammenheng og ligger spredt. Enhetskostnadene for transport og lagring av CO₂ faller betydelig når volumene som håndteres er store. Dersom kostnadene knyttet til transport og lagring av norske volum skal falle, bør forskning- og utviklingsinnsatsen rettes mot innovative transport- og logistikk-løsninger. Det kan for eksempel dreie seg om autonome skip, å tilpasse direkteinjeksjon av CO₂ til små skip, utvikle lagring på land (nær utslippskilden).

Bidra til at Europa lykkes med CO₂-håndtering

Kostnadene knyttet til CO₂-håndtering vil reduseres for norske aktører dersom CO₂-håndtering blir en viktig avkarboniseringsløsning internasjonalt, særlig i Europa. Størrelsen på den globale CCS-porteføljen er av avgjørende betydning for å oppnå kostnadsreduksjoner. Norge har satset målrettet på å utvikle CO₂-håndtering med formål om å tilgjengeliggjøre teknologien i en global kontekst. Langskip er Europas første helhetlige verdikjede for CO₂-håndtering. Ved å realisere Langskip har Norge gått foran og demonstrert en hel kjede og investert i en CO₂-lagerinfrastruktur som kan benyttes av industriselskaper i andre land. Slik reduseres risikoen for fremtidige prosjekter både nasjonalt og internasjonalt. Langskip har allerede bidratt positivt til utviklingen av CO₂-håndtering i Europa, og vil være viktig for utviklingen videre.

Norske aktører som planlegger å etablere CO₂-lagring på norsk sokkel er også avhengig av at europeiske utslippskilder velger å investere i CO₂-håndtering og benytter seg av deres tjenester. Dersom Norge lykkes med å utvikle flere lagre, og det blir konkurranse om å levere transport- og lagringstjenester, kan dette være positivt for norsk industri fordi det kan bidra til at kostnadene knyttet til transport og lagring faller.

Legge til rette for god utnyttelse av etablert infrastruktur

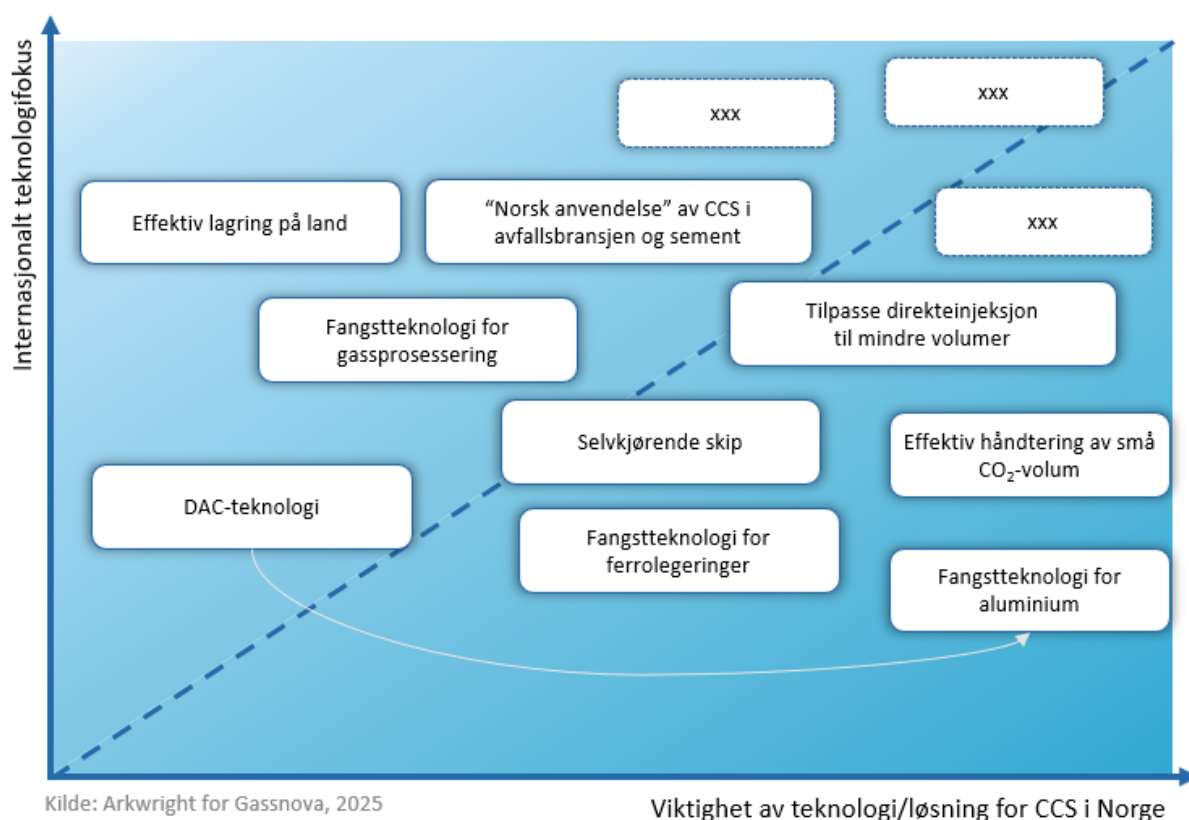
Det er potensial for kostnadsreduksjoner hvis aktører samarbeider om transport og lagring. Dersom en aktør mottar støtte fra staten i forbindelse med håndtering av sin CO₂, bør det sikres at eventuelle infrastrukturelementer også tilgjengeliggjøres for andre aktører, dersom det er overkapasitet i enkelte av disse.

Tilpasse internasjonale CO₂-håndteringsløsninger og erfaringer til norske forhold

Det foregår en betydelig utvikling av CO₂-håndtering globalt. Disse prosjektene kan være en verdifull kilde til læring for norske aktører. Det kan være nyttig å systematisere erfaringer fra internasjonale CO₂-håndteringsprosjekter og koble dette mot norske

forhold. Konkret kan det bety å innhente læring på en proaktiv måte og å invitere internasjonale prosjekter til å dele sine erfaringer med norske miljøer.

Figuren under illustrer hvor Norge sannsynligvis bør ta ansvar og utvikle ny teknologi og nye løsninger, og hvor tilpasninger til internasjonale CCS-aktiviteter kan gjøres. Det gis eksempler på teknologier og løsninger som vil utvikles uavhengig av norsk forskningsinnsats, illustrert på oversiden av den stiplede linjen, mens teknologier og løsninger som trenger et «norsk dytt» for å utvikles i tilstrekkelig grad, er illustrert på undersiden av den stiplede linjen.



Eksempler på internasjonalt teknologifokus og viktighet av teknologi eller løsning for Norge (Kilde: Arkwright, videreutviklet av Gassnova)

Norge har et godt utgangspunkt for å kunne redusere utslippene fra landbasert industri ved hjelp av CO₂-håndtering, med betydelig kompetanse og politisk støtte, samt en industri som i tiår har vist vilje og evne til omstilling. Likevel er det usikkerhet knyttet til det reelle potensialet for karbonfangst i landbasert industri. Med riktig satsing på teknologiutvikling, samarbeid og langsiktige rammebetingelser, har Norge gode forutsetninger for at CO₂-håndtering kan bidra til en omstilling av industrien og oppnåelse av egne klimamål.

Innhold

1	INNLEDING	9
1.1.	Bakgrunn	9
1.2.	Mandat – tolkning og gjennomføring	10
1.3.	Norsk satsing på CO ₂ -håndtering.....	12
1.4.	Strukturen i dokumentet	14
2	NORSK INDUSTRI FREM MOT 2050.....	16
2.1	Utslipp fra landbasert industri i dag	18
2.2	Utgangspunktet for lokaliseringen i Norge	21
2.3	Fremtidsbilder for norsk industri med CO ₂ -håndtering	24
2.3.1	Drive	27
2.3.2	Fremtidsbilde 1 – Lav CCS-scenariot.....	30
2.3.3	Fremtidsbilde 2 – CO ₂ -fangstscenariot	31
2.3.4	Fremtidsbilde 3 – Høy CCS-scenariot.....	32
3	RAMMEVERK FOR CO ₂ -HÅNDTERING.....	34
3.1	Markedssvikter og investeringsbarrierer	35
3.2	CO ₂ -prising og andre reguleringer	36
3.3	Subsidieordninger	40
3.4	Rammeverk for transport og lagring av CO ₂	41
3.5	Markedsdrevne muligheter.....	42
3.6	Gapet mellom rammeverket for klimagassreduksjoner og kostnader knyttet t til avkarbonisering	43
4	ULIKE AVKARBONISERINGSALTERNATIVER FOR NORSK INDUSTRI	44
4.1	Overordnet om de tre områdene for avkarbonisering.....	45
4.2	Analyse av avkarboniseringsløsninger per bransje	46
4.3	Norsk industri sine CO ₂ -håndteringsplaner	49
5	CO ₂ -HÅNDTERING: TEKNOLOGI- OG MARKEDSUTVIKLING OG KOSTNADER.....	51
5.1	Teknologistatus, teknologiutvikling og markedsutvikling.....	51
5.1.1	Hele CCS-kjeden	51
5.1.2	CO ₂ -håndteringsprosjekter globalt	52
5.1.3	Teknologiutvikling og kommersiell modenhet	53
5.1.4	CO ₂ -fangst	56
5.1.5	CO ₂ -transport og -lagring	59

5.1.6	Utvikling av nye CO ₂ -håndteringsløsninger for norsk industri	62
5.2	Kostnader	64
5.2.1	Fordeling av kostnader i CO ₂ -håndteringskjeden.....	64
5.2.2	En rekke forhold påvirker CO ₂ -fangstkostnadene	65
5.2.3	Kostnadselementer i Langskip-verdikjede	67
5.2.4	Samarbeid om transport og logistikk	69
6	TILGJENGELIG OG KOSTNADSEFFEKTIV CO ₂ -HÅNTERING	71
6.1	Sikre tilgang til lagring i tidlig fase.....	71
6.2	Utvikle CO ₂ -håndteringsløsninger for bransjer der CCS kan være relevant, men fortsatt er umodent	71
6.3	Utvikle nye løsninger som kan redusere logistikk-kostnadene.....	71
6.4	Bidra til at Europa lykkes med CO ₂ -håndtering.....	72
6.5	Legge til rette for god utnyttelse av etablert infrastruktur	72
6.6	Tilpasse internasjonale CO ₂ -håndteringsløsninger og erfaringer til norske forhold	72
7	OPPSUMMERING	73

1 INNLEDING

1.1. Bakgrunn

Overordnet om klimapolitikken

«Innen 2050 skal Norge være et lavutslippssamfunn. Det betyr lave eller ingen utslipp i alle sektorer.»

Slik innledes "Klimamelding 2035 – på vei mot lavutslippssamfunnet"¹ Parisavtalen er grunnlaget for Norges klimamål. Den forplikter alle land som har sluttet seg til avtalen til å redusere utslipp for å begrense oppvarmingen til 2 grader og tilstrebe å begrense temperaturøkningen til 1,5 grader. I klimaloven² står det at Norge skal være et lavutslippssamfunn i 2050. Det innebærer at klimagassutslippene etter 2050 skal være redusert med 90-95 prosent fra referanseåret 1990.

I klimameldingen legger regjeringen frem forslag til nytt klimamål for 2035. Regjeringen foreslår at Norges nye klimamål for 2035 er å redusere utslippene med minst 70–75 prosent sammenlignet med utslippsnivået i 1990. Etter behandling i Stortinget våren 2025 er målet lovfestet i klimaloven og meldt inn til FN under Parisavtalen.

Stortinget har vedtatt at det skal planlegges for at kuttene tas nasjonalt og i samarbeid med EU, mens kvotekjøp utenfor EU/EØS kun skal være en tilleggsmulighet dersom det anses nødvendig.³ I klimameldingen skriver regjeringen at de åpner for samarbeid med EU også om 2035-målet. Halvparten av norske utslipp er innenfor EUs kvotesystem, som kan bli utvidet til nye sektorer frem mot 2035. Det er ikke vedtatt et eget mål for nasjonale utslippsreduksjoner.

Regjeringen skriver videre:

«Samtidig som Europa avkarboniserer skal vi kutte utslipp nasjonalt og ha en gradvis omstilling til lavutslippssamfunnet. Regjeringen skal bidra betydelig til teknologiutvikling, i hele norsk økonomi, og internasjonalt.»

For å bli et lavutslippssamfunn i 2050, må det gjøres endringer i hele økonomien. CO₂-håndtering er ett av flere tiltak for å redusere utslippene, og kan være spesielt viktig for industrien.

Det finnes tre prinsipielt ulike anvendelsesområder av CO₂-håndtering innenfor klimarammeverket:

- **CO₂-håndtering fra forbrenning eller viderebehandling av fossile ressurser** (inkludert kalsinering av kalkstein). Dette er CO₂ som kommer fra den lange

¹ «Meld. St. 25 2024–2025 - Klimamelding 2035 – på vei mot lavutslippssamfunnet»

² [Lov om klimamål \(klimaloven\) - Lovdata](#)

³ [Meld. St. 25 \(2024–2025\) - regjeringen.no](#)

karbonsyklusen der karbon har blitt lagret i jordskorpa over millioner av år, for eksempel som kalkstein eller fossile brensler som kull, olje og gass.

- **CO₂-håndtering fra forbrenning eller bruk av biologiske ressurser.** Dette er CO₂ som kommer fra den korte karbonsyklusen som skjer over relativt kort tid, fra dager til noen få år. Planter tar opp karbondioksid (CO₂) fra lufta gjennom fotosyntesen, og bruker det til å lage organiske stoffer. Når disse forbrukes slippes CO₂ tilbake til atmosfæren
- **CO₂-reduksjon i atmosfæren eller havet** CO₂-håndtering fra luft (Direct Air Capture-DAC) eller hav (Direct Ocean Capture-DOC). Dette er teknologier for å kompensere at det historisk er sluppet ut CO₂ fra den lange karbonsyklusen.

De to første områdene dreier seg om håndtering av CO₂ som genereres i en industriell prosess. I praksis vil mange anlegg ha en blanding av fossil og biogen CO₂ i avgassen. Når avgassen håndteres, vil man fange både fossil og biogen CO₂. Når det gjelder fangst av CO₂ fra luft eller hav derimot, anvendes egne teknologiske løsninger. Disse løsningene kan potensielt være relevante for industriavgasser med veldig lav konsentrasjon. Det redegjøres for ulike fangstteknologier, inkludert fangst atmosfæren eller havet i kapittel 5.1.4 .

1.2. Mandat – tolkning og gjennomføring

13. august 2024 mottok Gassnova et supplerende oppdragsbrev fra Energidepartementet:

«Med henvisning til oppdragsbrevet 12. februar 2024 ber vi Gassnova utarbeide et veikart for CO₂-håndtering. Veikartet skal ses i sammenheng med forvaltningen av CLIMIT-Demo og TCM, og beskrive hvordan CO₂-håndtering kan bidra til å redusere utslippene fra landbasert industri fram til 2050. Veikartet skal identifisere behov for teknologiutvikling og fremtidsrettede løsninger, gi grunnlag for utforming av tiltak for CO₂-fangst og legge til rette for gjennomføring av de mest energi- og kostnadseffektive tiltakene for å redusere CO₂-utslippene i industrien. Gassnova skal invitere Enova og andre relevante statlige aktører til samarbeid, slik at den samlede kompetansen innen CO₂-håndtering utnyttes på en hensiktsmessig måte.»

Et veikart er en plan eller strategi som viser veien fra nåværende situasjon til et ønsket mål. Det finnes imidlertid ikke noen politiske mål eller ambisjoner knyttet til mengden fanget, transport eller lagret CO₂ fra norsk industri frem mot 2050. Derfor har vi valgt å ta utgangspunkt i hvilken rolle CO₂-håndtering kan spille som del av at Norge skal bli et lavutslippssamfunn innen 2050, med et mål om å redusere klimagassutslippene med 90–95 prosent sammenlignet med 1990-nivået. CO₂-håndtering er et virkemiddel for å

avkarbonisere norsk industri og ikke et mål i seg selv, og siktemålet er derfor å identifisere en hensiktsmessig rolle for CO₂-håndtering fremover.

Slik vi tolker oppdraget, er kjernespørsmålet i mandatet **hvordan** CO₂-håndtering kan bidra til å redusere utslippene fra landbasert industri frem til 2050. Flere spørsmål følger:

- Hvilke landbaserte industrianlegg har vi i dag og hvordan vil dette kunne endre seg frem mot 2050?
- Hvilke rammebetingelser har betydning for norsk industris mulighet for avkarbonisering?
- Hvilke avkarboniseringsløsninger er tilgjengelig for industrien og hvordan kan dette utvikle seg frem mot 2050?

Industribedriftene er kommersielle aktører som opererer i et marked. Dersom det er mulig og lønnsomt å investere i avkarboniseringsløsninger som CO₂-håndtering, vil industrien investere i dette. Dersom industrien ikke oppnår lønnsomhet over tid, vil den legge ned eller flytte ut.

For at det skal være mulig å investere i CO₂-håndtering, må det finnes moden teknologi og nødvendig infrastruktur må være tilgjengelig. For at det skal være lønnsomt, må ramme- og driftsbetingelsene over tid være slik at det er mulig å oppnå lønnsomhet. Den internasjonale konkurransesituasjonen, reguleringer og støtteordninger – både norsk nivå og EU-nivå – samt økt betalingsvilje for utslippsfrie produkter er sentrale faktorer. I tillegg er selvsagt kostnadene knyttet til investeringer i og drift av CO₂-håndtering -anlegg, samt kostnadene knyttet til transport og lagring av CO₂ sentrale.

Gassnovas mandat er knyttet til teknologiutvikling og kompetanseoppbygging for kostnadseffektive og fremtidsrettede løsninger for CO₂-håndtering. Gassnova forvalter CLIMIT, er statens eierrepresentant i TCM og har sentrale roller knyttet til Langskip. I tråd med dette mandatet går utredningen mest i dybden der den omhandler teknologimodenhet og kostnader knyttet til CO₂-håndtering (kapittel 5), og peker på konkrete områder som bør utvikles for å gjøre CO₂-håndtering tilgjengelig for industrien i Norge og senke kostnadene ((kapittel 6).

Bransjemessig tilnærming:

Det er tatt utgangspunkt i de landbaserte industrianleggene som hadde CO₂-utslipp i 2023. En bransjemessig tilnærming til oppdraget er valgt fordi:

Markedsforholdene er ulike fra bransje til bransje:

- De fleste industribedriftene i Norge konkurrerer i et globalt marked, men det varierer noe. Både på innsatsfaktorsiden og markedssiden kan det være ulikheter. Dette kan påvirke norske myndigheters muligheter for å legge til rette

for avkarbonisering, og industribedriftenes mulighet til å hente ut gevinsten fra «utslippsfrie produkter» i markedet.

De tekniske forholdene er ulike mellom bransjer:

- Ulike produksjonsprosesser gir forskjellige muligheter for avkarbonisering. Mange av industrianleggene kan redusere sine utslipp på flere måter: elektrifisering, endring i innsatsfaktor/prosess og CO₂-håndtering, eller en kombinasjon av disse.
- Det er også tekniske forskjeller mellom bransjene som kan ha betydning for om det finnes moden CO₂-fangstteknologi og for kostnadene knyttet til CO₂-håndtering. Konsentrasjon av CO₂ i avgassen kan særlig være av betydning, men også andre forhold som tilgang til overskuddsvarme og røykgassens sammensetning (urenheter) kan påvirke dette bildet. Det er viktig å presisere at det i tillegg til forskjeller mellom bransjene, kan være forskjeller mellom de enkelte anlegg innenfor en bransje.

Kunnskapsgrunnlaget:

Innsikten som er generert gjennom Gassnovas løpende arbeid, er benyttet i arbeidet med denne utredningen. I tillegg er det hentet inn informasjon fra åpne kilder.

Det er arrangert møter med industriaktører som eier fabrikker med store punktutslipp hvor disse har fått mulighet til å gi innspill. Gassnova har hatt møte med: Hydro, Elkem, Eramet, Wacker Chemicals, Yara International, Heidelberg Materials, Statkraft Varme (som også ga innspill på vegne av KAN), Borregaard, Equinor og Gassco, samt med Prosess21.

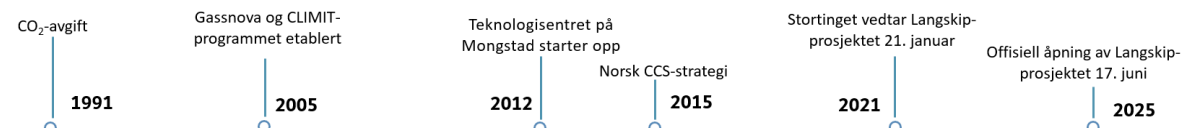
I forbindelse med arbeidet med utredningen er det også innhentet bistand fra Arkwright Consulting. Arkwright har de siste årene bistått en rekke store industriaktører i Norge og Europa i utviklingen av deres avkarboniseringsstrategier og har derfor god innsikt i nøkkelaktørers planer og utfordringer.

Enova, Miljødirektoratet og SIVA har fått anledning til å gi innspill til arbeidet underveis i utredningsarbeidet og til sluttrapporten. Hovedkonklusjonene er også presentert for Gassco og Sjøkeldirektoratet.

1.3. Norsk satsing på CO₂-håndtering

Norge har satset målrettet på teknologiutvikling innen hele CO₂-håndteringskjeden over flere tiår. Satsingen har hatt bred politisk støtte på tvers av partiskillelinjer. Dette har

resultert i at Norge, ifølge regjeringen⁴, er verdensledende innen industrielle løsninger for CO₂-håndtering.



Figur 1-1 -Tidslinje for CO₂-håndtering i Norge

Gassnova har i over 20 år bidratt til å utvikle CO₂-håndtering som avkarboniseringsløsning. Gassnovas hovedmål er å fremme teknologiutvikling og kompetanseoppbygging for kostnadseffektive og framtidsrettede løsninger for CO₂-håndtering. Gassnova forvalter [CLIMIT-programmet](#) sammen med Norges Forskningsråd, ivaretar statens eierandel på 34 prosent i [Teknologisenteret på Mongstad \(TCM\)](#), og følger opp [Langskip-prosjektet](#) på vegne av Energidepartementet.

Hovedmålet med norsk satsing på CO₂-håndtering er å bidra til å utvikle CO₂-håndtering som klimaløsning for at den skal tas i bruk og muliggjøre utslippskutt globalt. Gjennom prosjekter støttet av CLIMIT og testing av fangstteknologi på TCM, har norske og internasjonale aktører bidratt til å utvikle løsninger for CO₂-håndtering til et nivå som gjør at de i dag kan tas i bruk i industrielle prosjekter. Satsingen har bidratt til at det i dag er mulig å finne kommersielle aktører som kan levere løsninger til de fleste utslippskilder og langs hele CO₂-håndteringskjeden.

Allerede tidlig på 2000-tallet ble CO₂-håndtering diskutert – hovedsakelig i forbindelse med etablering av gasskraftverk. I 2006 inngikk regjeringen en avtale med Statoil (nå Equinor) om å bygge et CO₂-fangstbælg på Mongstad. Prosjektet ble stoppet i 2013, men den politiske ambisjonen om å realisere et fullskala CO₂-håndteringsprosjekt i Norge sto imidlertid ved lag.

Etter et omfattendeplanleggingsarbeid, som involverte både myndigheter og industri, ble Langskip-prosjektet vedtatt av Stortinget i 2020. CO₂-håndteringskjeden startet opp i 2025. Dette er Europas første hele verdikjede for CO₂-håndtering hvor CO₂ fanges fra industriutslipp, fraktes med skip til en mottaksterminal på land, før den føres i rør på havbunnen, injiseres og lagres permanent i en geologisk formasjon 2600 meter under havbunnen. Ved å realisere Langskip går Norge foran og demonstrerer en hel CO₂-håndteringskjede og investerer i en CO₂-lagerinfrastruktur som kan brukes av industri, også i andre europeiske land. For første gang er avtaler om å transportere CO₂ for lagring

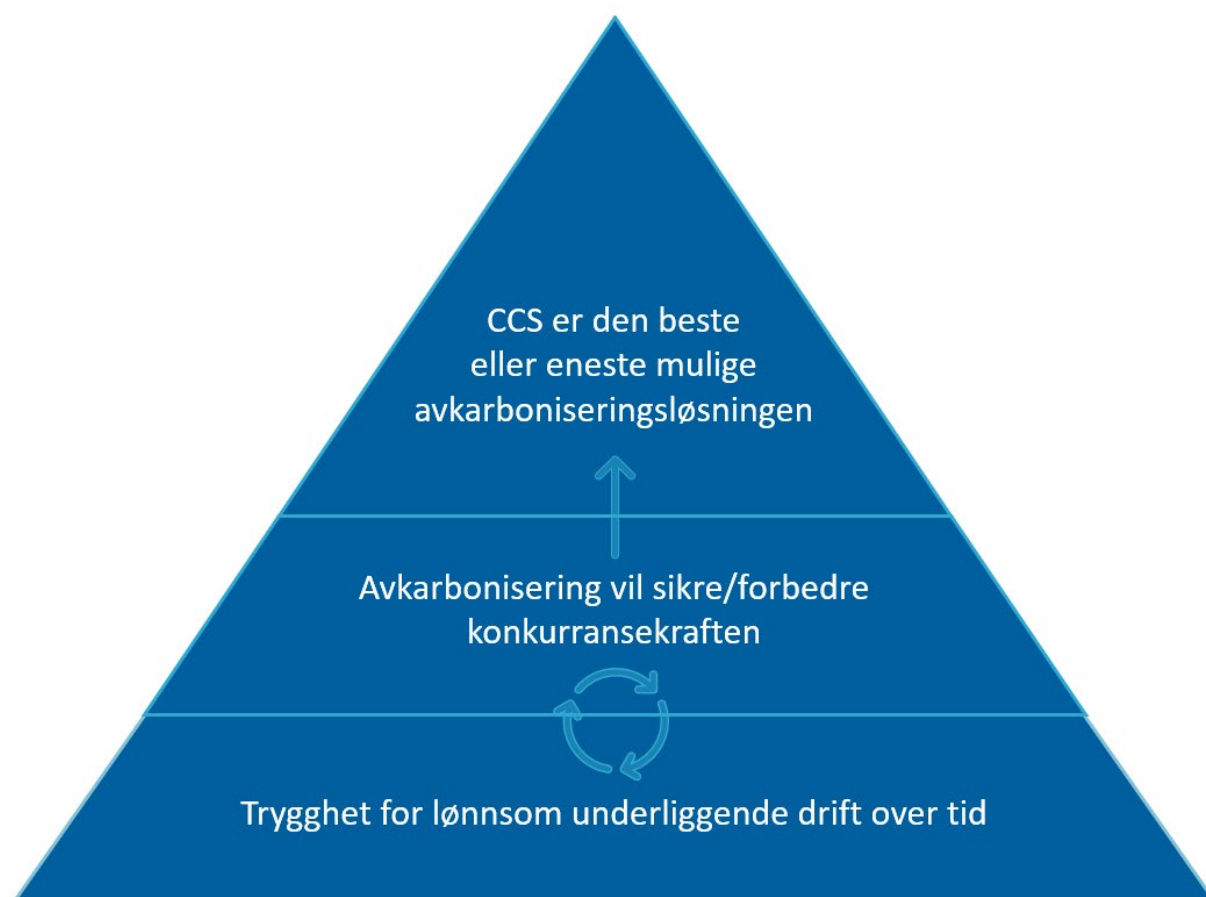
⁴ Prop 1 S (2024-2025), Energidepartementet, s 19

i et annet land inngått. Målet med prosjektet er å vise at CO₂-håndtering er trygt og mulig, og legge til retter for læring og kostnadsreduksjoner for etterfølgende prosjekter.

1.4. Strukturen i dokumentet

Denne utredningen skal gi en helhetlig og systematisk gjennomgang av hvordan CO₂-håndtering kan bidra til å redusere utslippene fra norsk landbasert industri frem mot 2050. Begrepene CO₂-håndtering og CCS brukes synonymt.

For å illustrere hvilke forhold som må være på plass for at industrien skal investere i CO₂-håndtering er det utviklet en figur: «Industriens investeringspyramide for CO₂-håndtering»: Dette er en sentral ramme for utredningen.



Figur 1-2 - Industriens investeringspyramide for CO₂-håndtering

Kapittel 1 gir en innledning til temaet, bakgrunnen for arbeidet og mandatet for veikartet. Her presenteres også hovedlinjene i norsk satsing på CO₂-håndtering og dokumentets overordnede oppbygning.

Kapittel 2 beskriver norsk industri frem mot 2050, med vekt på dagens utslippsbilde, bakgrunnen for lokalisering av industrien i Norge, og tre alternative fremtidsbilder for industriens utvikling og bruk av CO₂-håndtering.

Kapittel 3 gjennomgår rammeverket for CO₂-håndtering, inkludert markedssvikter, investeringsbarrierer, reguleringer, subsidieordninger og rammebetingelser for transport og lagring av CO₂. Kapitlet belyser også kommersielle muligheter og sammenhengen mellom rammeverk og avkarboniseringskostnader.

Kapittel 4 analyserer ulike avkarboniseringsalternativer for norsk industri, både på tvers av bransjer og for hver enkelt bransje. Her vurderes hvilke teknologier og løsninger som er tilgjengelige, og hvilke planer industrien selv har for CO₂-håndtering.

Kapittel 5 tar for seg teknologistatus, teknologiutvikling, markedsutvikling og kostnader knyttet til CO₂-håndtering. Kapitlet gir en oversikt over hele CCS-kjeden, globale prosjekter, modenhet, kostnadsdrivere og potensial for kostnadsreduksjoner.

Kapittel 6 identifiserer tiltak og forhold som kan gjøre CO₂-håndtering mer tilgjengelig og kostnadseffektivt for industrien, inkludert tilgang til lagring, utvikling av løsninger for alle bransjer, logistikk og infrastruktur.

Kapittel 7 oppsummerer hovedfunnene og drøfter sentrale forutsetninger for at CO₂-håndtering skal kunne realiseres i norsk industri.

Kapittel 8 peker på behov for videre arbeid og mulige tema for fremtidige analyser.

2 NORSK INDUSTRI FREM MOT 2050

En sentral faktor for hvor mye CO₂ som vil håndteres i norsk industri i 2050, er hvilke industrianlegg som i dag slipper ut CO₂, og som fortsatt vil være i drift i 2050.

Norsk industri har gjennom flere tiår dokumentert en sterk evne til omstilling. Til tross for at mange produksjonsanlegg ble etablert tidlig på 1900-tallet, er de løpende modernisert med avansert teknologi, automatisering og energieffektive løsninger. Strengt miljøkrav og økende internasjonal konkurranse har stimulert til innovasjon, og industrien har tatt en sentral posisjon innen satsingsområder som grønn energi, karbonfangst og sirkulær økonomi. Denne kontinuerlige tilpasningsevnen har bidratt til å sikre industriens konkurransekraft og relevans i et marked preget av raske endringer.

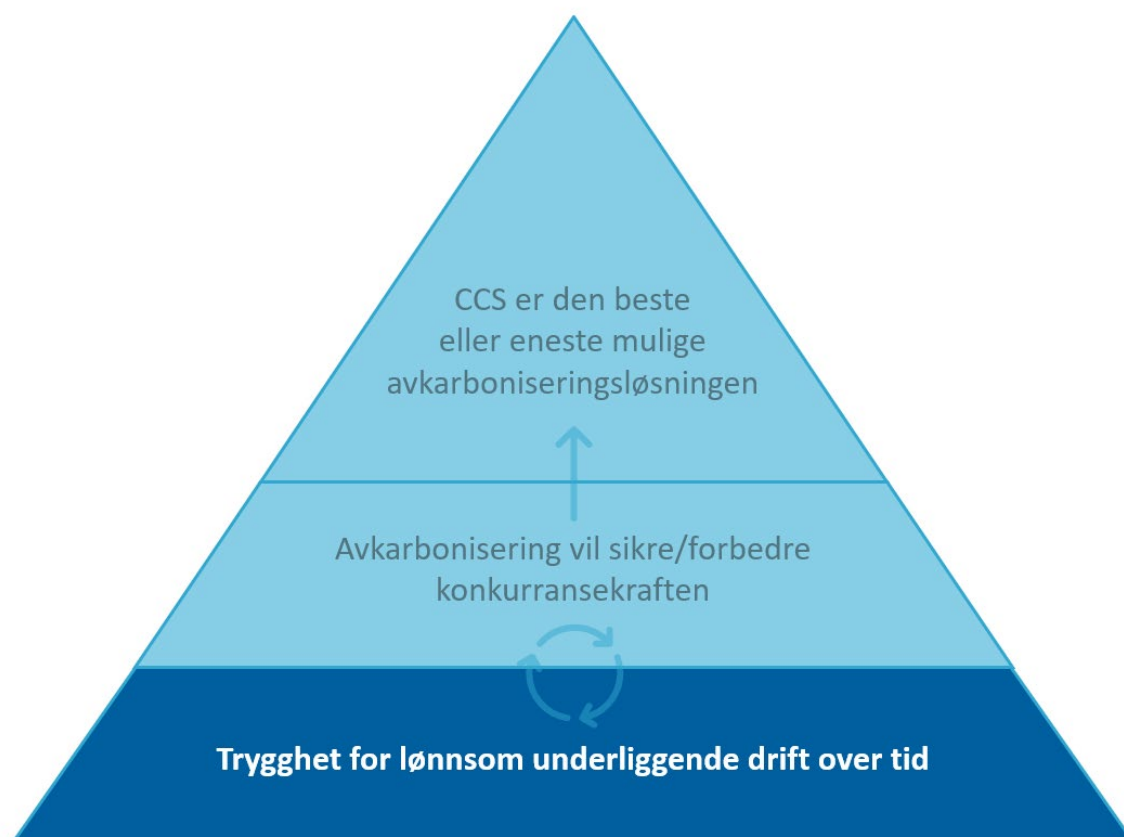
Hvis vi ser 25 år tilbake, er det likevel flere industrianlegg som har avviklet driften sin, for eksempel Odda Smelteverk, Elkem Meråker og Norske Skogs fabrikker både på Follum og i Skien. Det er ikke gitt at alle industrianleggene vi har i dag, er i drift om 25 år.

Det er heller ikke regjeringens mål å bevare næringsstrukturen nøyaktig slik den ser ut i dag. I industrimeldingen⁵ beskriver regjeringen det slik:

I lys av regjeringens overordnede mål er ikke målet med industripolitikken å ivareta en etablert næringsstruktur slik den ser ut i dag. Det er sentralt i næringspolitikken at de samlede rammevilkårene kan gi muligheter for lønnsom næringsvirksomhet og nye lønnsomme vekstbedrifter innenfor hele bredden av industrien, ved å legge til rette for høy grad av produktivitet, omstilling, innovasjon og bærekraft.

For å illustrere hvilke forhold som må være på plass for at industrien skal investere i CO₂-håndtering er det utviklet en figur: «Industriens investeringspyramide for CO₂-håndtering». I dette kapitlet fokuserer vi på det nederste punktet i investeringspyramiden.

⁵ Meld. St. 16 (2024-2025) *Industrien – konkurransekraft for en ny tid*, s 12



Figur 2-1 - Industriens investeringspyramide for CO₂-håndtering

Industriaktører vil bare gjøre langsiktige investeringer dersom driften er lønnsom og fremtidige rammevilkår gir trygghet for fortsatt lønnsomhet. Usikkerheten må holdes på et nivå som gjør det mulig å sikre en bærekraftig avkastning.

En investering i CO₂-håndtering er en slik langsiktig investering. Avhengig av hvor klare rammebetingelsene er, vil planleggingen av et CO₂-håndteringsprosjekt typisk ta 2-4 år. Etter investeringsbeslutning tar det 3-4 år å bygge fangstanlegget. Med høye investeringskostnader bør anlegget driftes over tid for at enhetskostnadene skal nå et akseptabelt nivå.

Det er mange forhold som påvirker industriens konkurransekraft, ikke minst klimapolitikken som vi kommer tilbake til i neste kapittel. Det er for eksempel mulig å innrette støtteordninger slik at staten overtar deler av «fremtidsrisikoen». Det kommer vi tilbake til i kapittel 3.3.

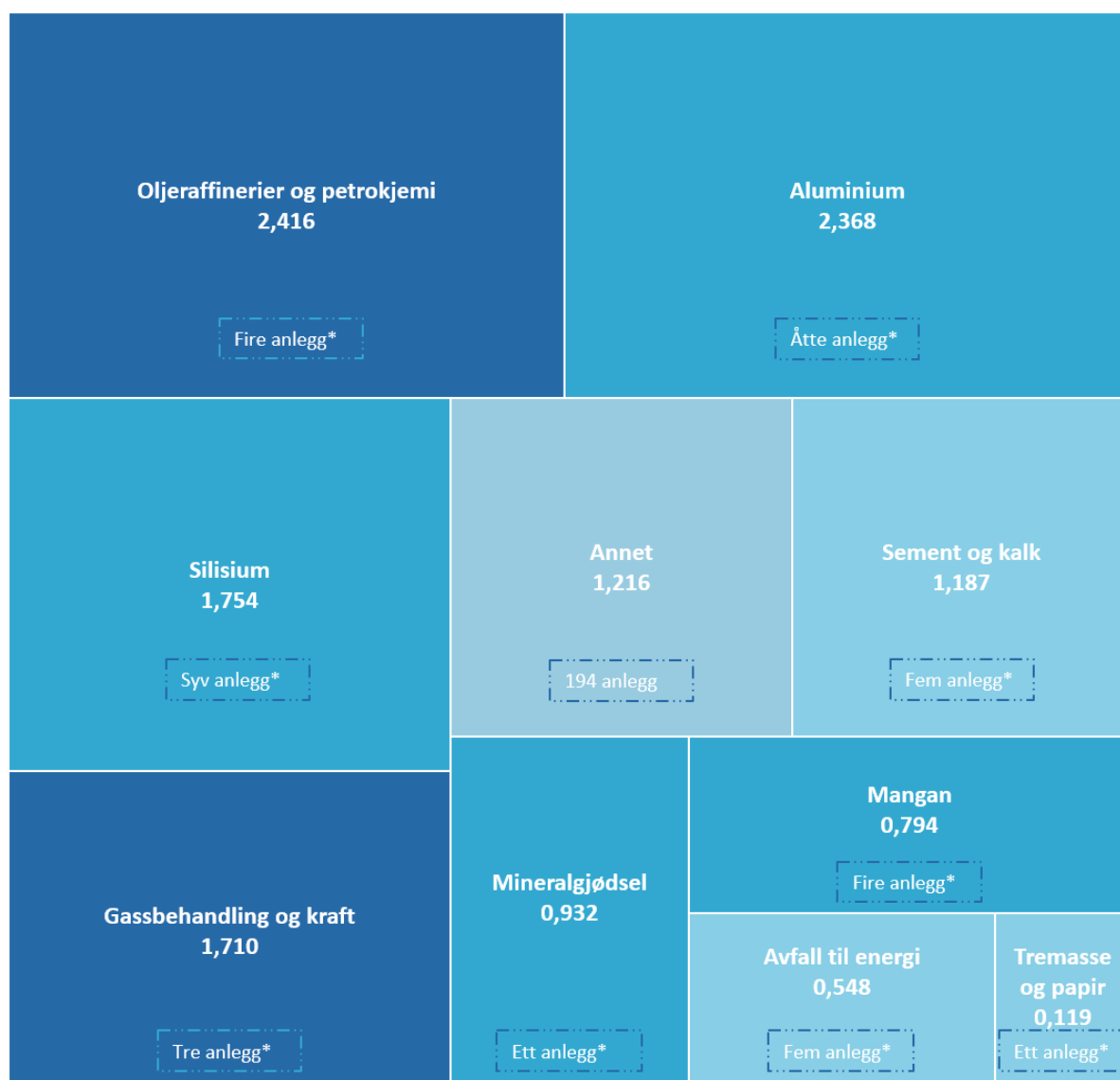
I dette kapitlet fokuserer vi på forhold som ligger til grunn for at industriaktøren skal ha lønnsom underliggende drift i utgangspunktet, for eksempel markedsadgang og tilgang til og konkurransedyktige priser på innsatsfaktorer som strøm, kvalifisert arbeidskraft etc. Særlig i delkapitlene 2.2 «Utgangspunktet for lokaliseringen i Norge» og 2.3

«Fremtidsbilder» drøfter dette, men først ser vi på hvordan utslipp fra landbasert industri ser ut i dag.

Dette kapitlet danner dermed grunnlaget for å forstå hvilke industrianlegg som kan være aktuelle for CO₂-håndtering frem mot 2050, og hvilke forutsetninger som må være til stede for at slike investeringer skal være aktuelle.

2.1 Utslipp fra landbasert industri i dag

Dette kapitlet gir en oversikt over norske landbaserte industriutslippskilder med tilhørende utslipp. I kapitlet redegjøres det for størrelsen på CO₂-utslippene per bransje og antall utslippskilder. Figur 2-2 gir en oversikt over de fossile CO₂-utslippene i Norge. I tillegg har mange av aktørene utslipp av biogen CO₂. De landbaserte klimagassutslippene innenfor omfanget av denne utredningen, utgjorde omtrent 13 millioner tonn CO₂-ekvivalenter per år i 2023*, noe som tilsvarer om lag 27 prosent av Norges totale klimagassutslipp. Til høyre i figuren ser vi at majoriteten av utslippene kommer fra et begrenset antall anlegg. 38 anlegg har utslipp på over 0,05 millioner tonn CO₂-ekvivalenter per år, og disse 38 anleggene står for over 90 prosent av utslippene i denne kategorien. 194 anlegg i kategorien «Annet» står for de siste prosentene. Kategorien "Annet" inkluderer over 30 sektorer, fra utslippskilder under 0,05 millioner tonn CO₂-ekvivalenter per år.



Figur 2-2 - Fossile CO₂-utslipp fra norsk industri i 2023 per bransje og oversikt over antall anlegg per bransje (*anlegg med CO₂-utslipp > 50.000 tonn per år)

Hvis man dykker enda dypere ned i tallene, ser man at kun seks anlegg har et utslipp på over 0,5 millioner tonn CO₂-ekvivalenter per år, 12 anlegg har et utslipp på mellom 0,2 og 0,5 millioner tonn CO₂-ekvivalenter per år og 14 anlegg har et utslipp på mellom 0,1 og 0,2 millioner CO₂-ekvivalenter per år⁶. I internasjonal sammenheng er utslippskildene små. Utredningen fokuserer først og fremst disse utslippskildene og omtaler i liten grad de 194 kildene under kategorien «annet» i Figur 2-2.

Oljeraffinerier og petrokjemisk produksjon er sektoren med størst utslipp og består av ett oljeraffineri (Mongstad) som står for utslipp av 1,7 av de totalt 2,4 millioner tonnene

⁶ [Norske utslipp - Utslipp til luft og vann og generert avfall, Karbondioksid fossilt](#)

CO₂-ekvivalenter per år, mens tre petrokjemiske anlegg står for resten. Equinor og Ineos er aktørene i denne **bransjen**.

Gassbehandlingsanleggene (Kårstø, Kollsnes og Melkøya) står for utslipp på 1,7 millioner tonn CO₂-ekvivalenter per år. Når Melkøya er ferdig elektrifisert gjenstår kun et stort utslippspunkt i sektoren, nemlig Kårstø med 0,741 millioner tonn CO₂-ekvivalenter per år. Equinor og Gassco er aktørene i denne bransjen.

Utslipp knyttet til metallurgisk industri (aluminium-, silisium- og manganproduksjon) bidrar betydelig til de norske utslippene med totalt 4,9 millioner tonn CO₂-ekvivalenter per år, fordelt på hele 19 anlegg. Hydro og Alcoa produserer aluminium, Elkem, Wacker og Finnfjord produserer silisium og silisiumlegeringer, og Eramet og Ferroglobe produserer mangan og manganlegeringer i Norge.

Yara produserer **mineralgjødse** på Herøya i Porsgrunn og er Norges nest største utslipper med 0,932 millioner tonn CO₂-ekvivalenter per år.

Sement- og kalkindustrien, til sammen fem anlegg, står for et utslipp på 1,2 millioner tonn CO₂-ekvivalenter per år. Gjennom Langskip vil utslippene (inkludert biogen CO₂) reduseres med 0,4 millioner tonn CO₂-ekvivalent per år. Heidelberg Materials, Franzefoss Minerals og SMA Mineral er aktørene i bransjen.

De fem **avfallsforbrenningsanleggene** til henholdsvis Hafslund Celsio, BIR, Statkraft Varme, Returkraft og Forus Energigjenvinning slipper til sammen ut 0,548 millioner tonn CO₂-ekvivalent per år. Disse aktørene har også betydelige biogene utslipp. tillegg til de som er nevnt over er FREVAR, Eidsiva Bioenergi og SAREN Energy alle partnere i KAN (Klimakur for avfallsforbrenning i Norge)⁷ som jobber for å få til CO₂-håndtering i avfallsbransjen.

Innenfor **bransjen tremasse og papir** har Borregårds avdeling spesial-cellulose et utslipp på 0,119 millioner tonn CO₂-ekvivalenter årlig. I tillegg til Borregård, er Norske Skog en stor aktør i denne bransjen, men har hovedsakelig biogene utslipp, se neste avsnitt.

Biogene CO₂-utslipp

I tillegg til fossil CO₂, har en del av anleggene i Figur 2-2 utslipp av biogen CO₂. I henhold til Enova, Miljødirektoratet, Siva og Gassnovas «Utredning av virkemidler for CO₂-håndtering», som ble levert til regjeringen 20.06.2025, er biogene utslipp fra eksisterende industri totalt 1,305 millioner tonn per år i dag.

Utslippene kommer fra ferrolegeringsindustrien (silisium og mangan), sement- og kalkindustrien, samt avfallsforbrenningsbransjen, med årlige biogene CO₂-utslipp på henholdsvis 0,3 millioner tonn, 0,04 millioner tonn og 0,44 millioner tonn. Ifølge

⁷ [KAN - Klimakur for Avfallsforbrenning](#)

utredningen er det et teoretisk potensial for å øke biogenandelen på bekostning av de fossile utslippene til henholdsvis 1,9 millioner tonn for ferrolegeringer og 0,13 millioner tonn for sement og kalk årlig. I tillegg er det potensial for å ta i bruk biogene innsatsfaktorer i aluminiumsindustrien, noe som kan gi et biogent CO₂-utslipp på opp mot 0,044 millioner tonn årlig.

Utslippene kommer også fra biogassanlegg (0,04 millioner tonn årlig), fra produksjon av biodrivstoff (0,01 millioner tonn årlig), fra treforedling (0,4 millioner tonn årlig) og fra bioenergi (0,075 millioner tonn årlig). Også her er det et potensial for økning i biogene punktutslipp dersom det bygges nye anlegg. I tillegg er det mulig å fange CO₂ direkte fra luft (DAC) dersom man har tilgang til tilstrekkelig energi og areal.

Regjeringen har varslet at den tar sikte på å legge frem forslag i statsbudsjettet for 2027 om en ordning som gir rett til et fast tilskudd per tonn CO₂ for negative utslipp, se kapittel 3.3. Dersom en slik ordning vedtas, kan det gi insentiver til å øke andelen biogene innsatsfaktorer og kombinere dette med CO₂-håndtering.

Muligheten for industriell karbonfjerning (negative utslipp) innebærer også at Norge – i teorien – kan oppnå netto nullutslipp fra industrien i 2050, selv med fortsatt fossile CO₂-utslipp fra enkelte anlegg. Anlegg som ligger vanskelig til, eller anlegg som ikke har avkarboniseringsmuligheter eller hvor avkarbonisering blir svært dyrt, kan dermed fortsatt ha fossile utslipp. Det er imidlertid viktig å presisere at kostnadene ved å slippe ut CO₂ trolig vil være svært høye i et slikt scenario, og dermed kan det være vanskelig å oppnå lønnsomhet.

2.2 Utgangspunktet for lokaliseringen i Norge

De ulike bransjene vist i Figur 2-2 kan deles inn i tre grupper basert på hovedårsaken til at industrianleggene ble lokalisert i Norge i utgangspunktet:

- Anlegg knyttet til norsk olje- og gassutvinning (oljeraffinering, petrokjemi og gassprosessering)
- Anlegg som er etablert i Norge på grunn av rikelig tilgang til rimelig kraft
- Anlegg som er etablert i Norge som følge av nærhet til råvarer/innsatsfaktorer, eller nærhet til markedet kombinert med høye transportkostnader

Anlegg basert på norsk olje- og gassutvinning

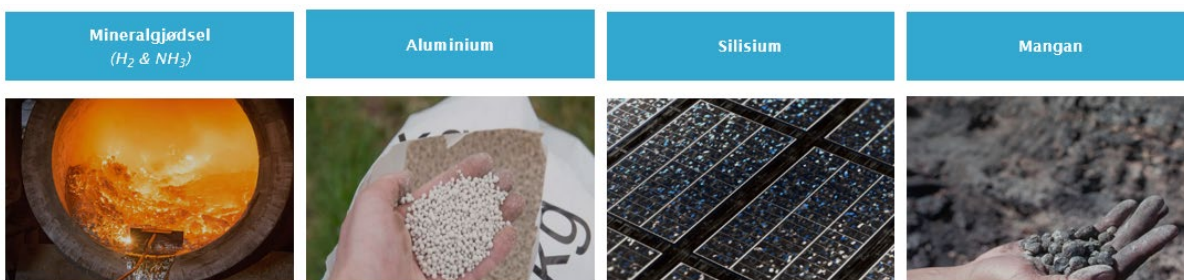


Figur 2-3 - Anlegg knyttet til norsk olje- og gassutvinning: oljeraffinering, petrokjemi og gassprosessering

I denne gruppen har vi ett oljeraffineri, tre petrokjemianlegg og tre gassbehandlingsanlegg. Råoljeprosessering til petroleumsprodukter innebærer CO₂-utslipp fra selve prosessering av råoljen og produksjon av varme(damp) til prosessen. Gassbehandling og/eller flytendegjøring for transport innebærer trykk og temperaturendringer, og inkluderer også gassturbiner. Denne gruppen utgjør 32 prosent av utslippene innenfor omfanget av denne utredningen.

Noe forenklet kan man si at disse næringene er basert på at Norge har olje- og gassutvinning. Ineos importerer imidlertid gass fra USA.⁸

Næringer basert på Norges konkurransedyktige kraftpris



Figur 2-4 - Anlegg som er etablert i Norge på grunn av rikelig tilgang til rimelig kraft

⁸ [Fra gass til plast](#)

I denne gruppen har vi energiintensiv industri som er lokalisert i Norge hovedsakelig som følge av landets historiske rikelige tilgang på kraft og konkurransedyktige kraftpriser. Mange av anleggene ble bygget i tid da overføringsnettene for kraft ikke var til stede eller var mindre bygget ut enn i dag, og det å ligge i nærheten av et vannkraftverk var et viktig konkurransefortrinn. Næringene har ofte begrenset nærhet til andre råvarer. Det gjelder bransjene aluminium, silisium, mangan og mineralgjødsel. Disse næringene utgjør 44 prosent av utslippene innenfor omfanget av denne utredningen. Et fellestrekk for disse er at de er globalt konkurranseutsatt og opererer som underleverandører i lange verdikjeder hvor det er mer krevende å ta ut en eventuell gevinst knyttet til utslippsfrie produkter.

Næringer basert på nærhet til råvarer og/eller marked



Figur 2-5 - Anlegg som er etablert i Norge som følge av nærhet til råvarer/innsatsfaktorer, eller nærhet til markedet kombinert med høye transportkostnader

I denne gruppen har vi industri som er lokalisert i Norge hovedsakelig på grunn av nærhet til råvarene og/eller markedet. Det gjelder sement- og kalkverkene, avfall-til-energianleggene og tremasse- og papirindustri. Disse næringene utgjør 14 prosent av utslippene innenfor omfanget av denne utredningen. Disse bransjene har også betydelige biogene CO₂-utslipp. Disse bransjene er i noe mindre grad globalt konkurranseutsatt sammenliknet med bransjene over.

Heidelberg Materials har to sementfabrikker i Norge som er lokalisert nærmest oppå kalksteinsuttaket. Kalkstein er råvaren i sementproduksjon. NorFraKalk har to kalkverk i Verdal og SMA Mineral har et kalkverk i Mo i Rana.

Forbrenning av avfall gir CO₂-utslipp. I Norge er det fem avfallsforbrenningsanlegg som har utslipp over 0,548 millioner tonn CO₂ per år. Anleggene produserer fjernvarme til kunder i nærheten etter forbrenning av avfall (som delvis kommer fra kunder i nærheten).

I tremasse- og papirindustrien er det betydelige biogene utslipp og muligheter for industriell karbonfjerning hvis det kommer insentiver for dette. Det finnes ett anlegg

som har utslipp på over 0,05 millioner tonn årlig. Anleggene prosesserer trevirke fra de norske skogene.

2.3 Fremtidsbilder for norsk industri med CO₂-håndtering

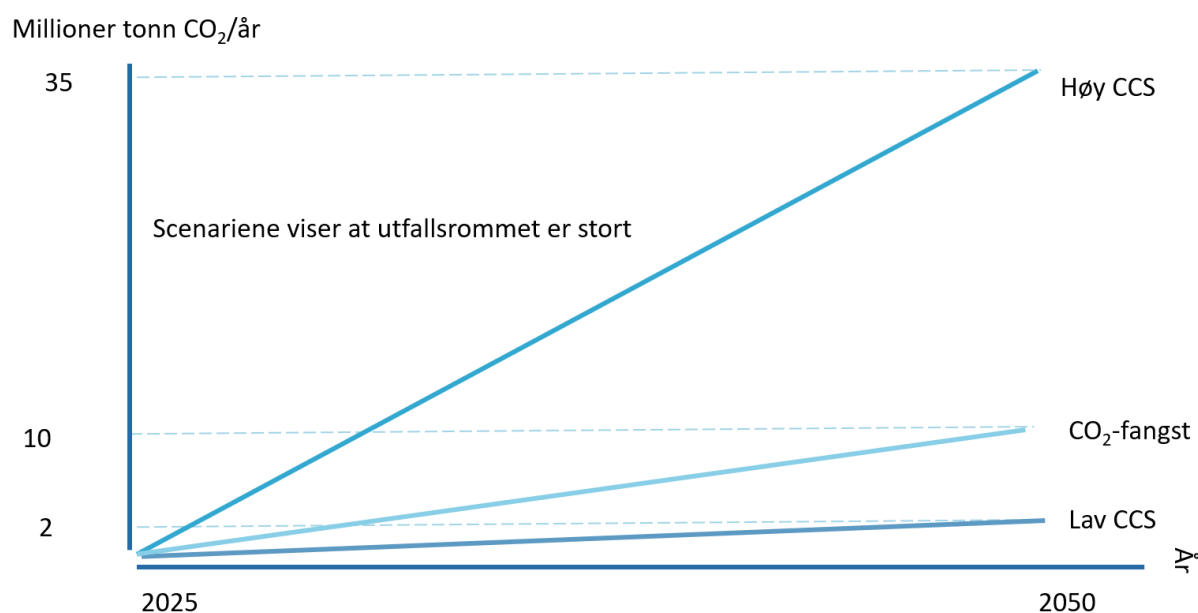
Hvordan CO₂-håndtering kan bidra til å redusere utslippene fra landbasert industri, avhenger blant annet av hvilke industrianlegg som er i drift i Norge frem mot 2050. På vei mot 2050, kan anlegg legges ned og nye komme til. For å illustrere sammenhengen mellom industrianlegg i Norge i 2050 og behovet for CO₂-håndtering, er det utviklet ulike fremtidsbilder.

Forutsetninger for fremtidsbildene:

- Utslipp fra landbasert industri er netto null eller lavere.
- Alle industriutslippskildene håndterer sin CO₂ ved hjelp av CO₂-håndtering.

Dette er strenge antagelser. For eksempel vil muligheten for og omfanget av karbonfjerning (negative utslipp), muligheten til å oppnå norske klimamål gjennom kjøp av kvoter utenfor EU og hvordan CO₂-håndtering vil stå seg opp mot andre avkarboniseringsløsninger ha betydning.

Fremtidsbildene viser det er stor usikkerhet knyttet til hvor store mengder CO₂- som vil håndteres fra norsk industri frem mot 2050. Utfallet påvirkes av klimapolitikken, men også av energipolitikken, handelspolitikken, industripolitikken og forhold utenfor Norges kontroll.

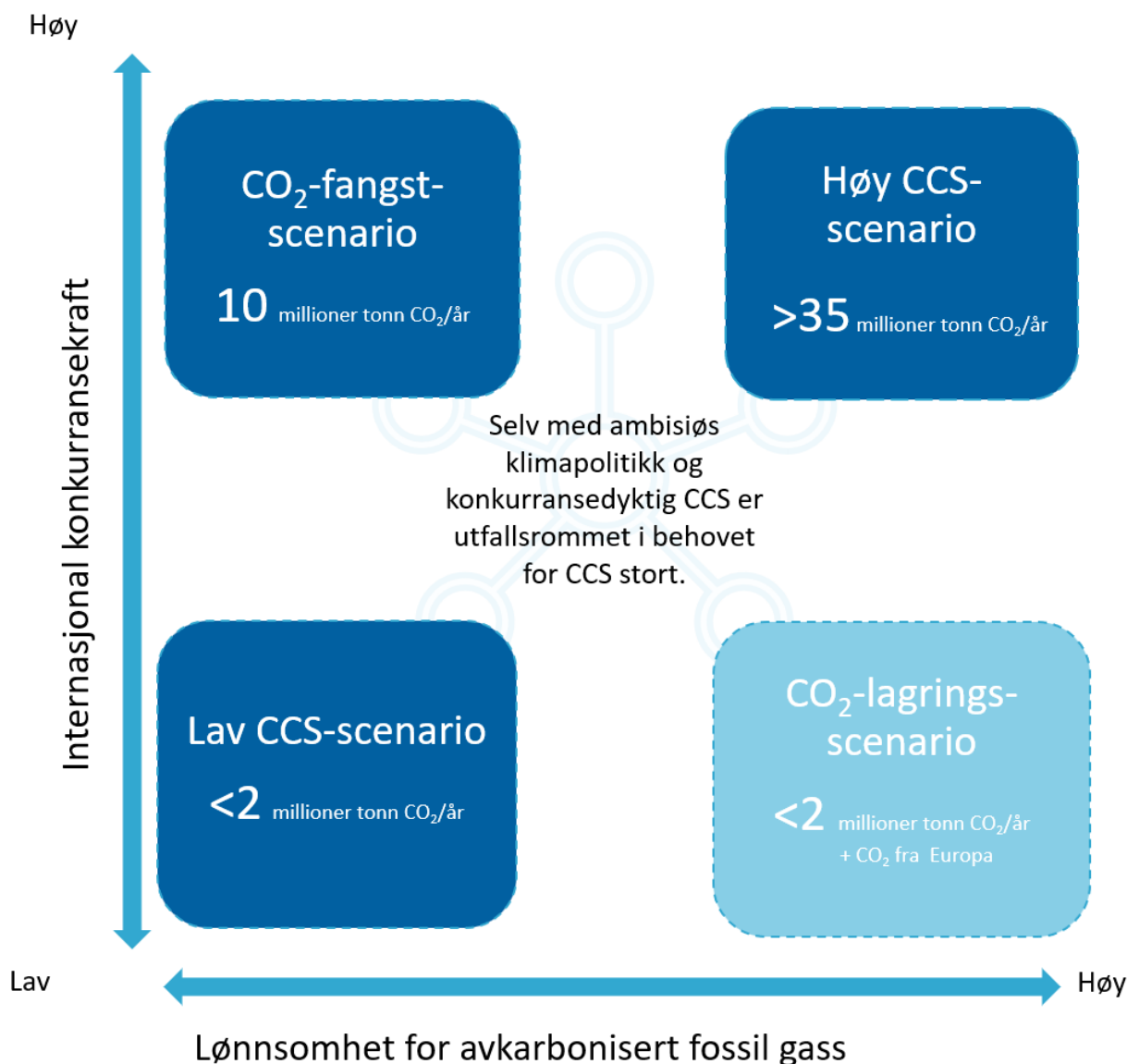


Figur 2-6 Mengden CO₂ håndtert fra norsk industri på vei mot 2050: tre fremtidsbilder

Fremtidsbildene må leses som «ekstremvarianter», og det mest sannsynlige fremtidsbildet ligger trolig et sted imellom disse ytterpunktene. Hensikten med disse er å belyse alternative scenarier, ikke å lage «perfekte» fremtidsbilder. **Fremtidsbildene er et altså et verktøy for å robustgjøre konklusjonene i utredningen.**

I fremtidsbildet med minst CO₂-håndtering er det CO₂-fangstanlegg tilknyttet 5-10 anlegg som totalt håndterer mindre enn 2 millioner tonn fossil CO₂ årlig. I fremtidsbildet med mest CO₂-håndtering fanges, transporteres og lagres opp mot 35 millioner tonn fossil CO₂ fra norsk industri årlig, fordelt på 20-30 anlegg. I begge tilfeller kan biogen CO₂ håndteres i tillegg.

Utviklingen i de to identifiserte driverne – **internasjonal konkurransekraft** og **lønnsomhet for avkarbonisert fossil gass** – vil være avgjørende for hvilket fremtidsbilde vi beveger oss mot.



Figur 2-7 - Fremtidsbilder for CO₂-håndtering i norsk industri i 2050

Rettighetsbasert ordning for CO₂-fjerning

I forslaget til statsbudsjett for 2026 foreslår regjeringen å utarbeide en rettighetsbasert ordning for negative utslipp. Regjeringen har varslet at de vil komme med et konkret forslag om en slik ordning i statsbudsjettet for 2027, se fylligere omtale i kapittel 3.2.

Dersom en slik ordning blir innført, vil det kunne påvirke industrisammensetningen i Norge og mengden CO₂ som fanges og lagres. I tillegg kan det utløse anlegg som fjerner CO₂ fra luft (DAC). Denne dimensjonen er imidlertid ikke inkludert i våre fremtidsbilder, men det er åpenbart noe som bør ses videre på i nye analyser.

2.3.1 Drivere

To hoveddrivere for utviklingen i landbasert utslippsintensiv industri er indentifisert: **Internasjonal konkurransekraft og Lønnsomhet for avkarboniserte fossile ressurser.**

Internasjonal konkurransekraft

En avgjørende faktor for hvilke industrianlegg vi vil ha i Norge i 2050, er hvor gode ramme- og driftsvilkårene vil være for industrien i Norge, sammenliknet med konkurrentland. Generelt har norsk industri hevdet seg godt i den internasjonale konkurransen. De største utslippene fra norsk landbasert industri kommer fra prosessindustrien, som er internasjonalt konkurranseutsatt. Prosessindustrien eksporterer nesten alle sine produkter globalt, med EU som viktigste destinasjon, ifølge Prosess21.⁹

Prosessindustrien omfatter virksomheter som produserer varer gjennom kjemiske eller fysiske omformingsprosesser. CO₂ dannes som en del av omformingsprosessen fra råmateriale til ferdig produkt. Prosessindustrien er energiintensiv. Som vi viste i kapittel 2.2 er **den viktigste årsaken til at vi har kraftkrevende prosessindustri i Norge den historiske tilgangen til rikelig og rimelig vannkraft**. Også fremover er konkurransedyktig kraftpris avgjørende for norsk prosessindustris konkurransekraft. I industrimeldingen¹⁰ peker regjeringen på at «Økt konkurranse om tilgjengelig kraft kan bli en betydelig utfordring fremover». For eksempel vil Elkem, ifølge Energiwatch¹¹, pålegge store datasentre å bygge egen kraftproduksjon. «*Ellers vil det nye forbruket, spesielt med den betalingsevnen datasentre har, føre til at andre må stenge ned og flytte, og det er jeg stygt redd for at blir oss*», sier Elkem-sjef Helge Aasen. Totalt står industrien i dag for om lag 30 prosent av kraftforbruket i Norge¹².

I Prosess21s rapport «Geopolitisk Industriskifte»¹³ pekes det på at prosessindustrien i Norge står overfor grunnleggende utfordringer som høyt energiforbruk og utslipp, samt potensielt ikke-konkurransedyktige kraftpriser».

Dersom norsk industri står overfor andre utslippskostnader enn konkurrenter, vil det påvirke konkurransekraften. Hvordan klimapolitikken påvirker industriens konkurransekraft, kommer vi tilbake til i kapittel 3.

Også markedsadgang er sentralt for norsk prosessindustri. Høsten 2025 sto industrien overfor utfordringer som for bare få år siden var vanskelig å tenke seg. EU har innført handelspolitiske beskyttelsestiltak mot import av ferrolegeringer som også omfatter Norge. Selv om Norge er med i EØS, står vi utenfor EUs tollunion. Norge er en betydelig

⁹ [241119-geopolitisk-industriskiftet-endelig-m-forside.pdf](#)

¹⁰ Meld. St. 16 (2024-2025) *Industrien – konkurransekraft for en ny tid*, s 9

¹¹ [Elkem-sjefen vil pålegge store datasentre å bygge egen kraftproduksjon](#)

¹² Meld. St. 16 (2024-2025) *Industrien – konkurransekraft for en ny tid*, s 9

¹³ [241119-geopolitisk-industriskiftet-endelig-m-forside.pdf](#)

eksportør av silisium og mangan-baserte legeringer til EU. Begrenset adgang kan bety redusert volum, lavere kapasitetsutnyttelse og tap av markedsandel til EU-baserte produsenter. Regjeringen omtaler forholdet i Nasjonalbudsjettet for Meld. St. 1 (2025–2026) Nasjonalbudsjettet 2026 under Internasjonal konjunktursituasjon, Boks 2.2, Skifte i amerikansk tollpolitikk.¹⁴

Det er flere argumenter for at det kan være fornuftig for myndighetene å bidra til å sikre norsk industri konkurransekraft. Mange industriarbeidsplasser er hjørnesteinsbedrifter i sine lokalsamfunn, og er dermed avgjørende for at vi kan ha et spredt bosettingsmønster her i landet. I en urolig verden kan det være avgjørende at land og regioner har tilgang til råmaterialer som inngår i strategisk viktige verdikjeder. EU har vedtatt en lov, Critical Raw Materials Act¹⁵, som har som mål å sikre en trygg og bærekraftig forsyning av kritiske råvarer som er essensielle for EUs økonomi, og for strategiske sektorer som fornybar energi, digital teknologi, romfart og forsvar. Kritiske råmaterialer inkluderer både konsentrater og produkter fra mineralutvinning, og mer bearbejdede materialer, slik som metaller og ulike spesialprodukter som produseres i industrien. Både aluminium, mangan og silisium er på EUs liste over kritiske råmaterialer. Regjeringen vil jobbe for at EUs lovforslag om kritiske råvarer, Critical Raw Materials Act (CRMA), skal innlemmes i EØS-avtalen, og dermed bli en del av det norske regelverket.¹⁶

Samtidig finnes det også andre hensyn og vurderinger knyttet til å gi statlig støtte til enkeltsektorer. Det er argumenter for at staten bør være varsom med å støtte opp om enkelt næringer da dette kan bidra til å forhindre og forsinke en ønsket omstilling og forrykke balansen mellom ulike næringer. I industrimeldingen skriver regjeringen:

«All næringspolitikk har betydning for verdiskapingen i Norge, men ikke all næringspolitikk har betydning for alle næringer. Dette innebærer at politikk for å forbedre enkelte rammevilkår treffer enkelte næringer i større grad enn andre. Prioriteringene må ta utgangspunkt i hvor den overordnet høyeste samfunnsøkonomiske nytten er, det vil si hvor ressursene brukes mest mulig effektivt og skaper verdier.»

Hvorvidt og hvordan staten bør bidra til å sikre utslippsintensiv industri dens konkurransekraft er politiske spørsmål, som vi ikke tar stilling til i denne utredningen.

Som vist i kapittel 2.2 er ikke alle bransjer utsatt for internasjonal konkurranse på samme måte. Avfallshåndtering vil for eksempel stå overfor et annet konkurransebilde enn aluminiumsindustrien, selv om vi understreker at også avfallsbransjen konkurrerer med naboland om innsatsfaktorer, altså tilgangen til avfallet. Det kan likevel være

¹⁴ [Meld. St. 1 \(2025–2026\) - regjeringen.no](#)

¹⁵ [Regulation - EU - 2024/1252 - EN - EUR-Lex](#)

¹⁶ [Regjeringen vil innlemme EUs regelverk for kritiske råvarer i EØS-avtalen - regjeringen.no](#)

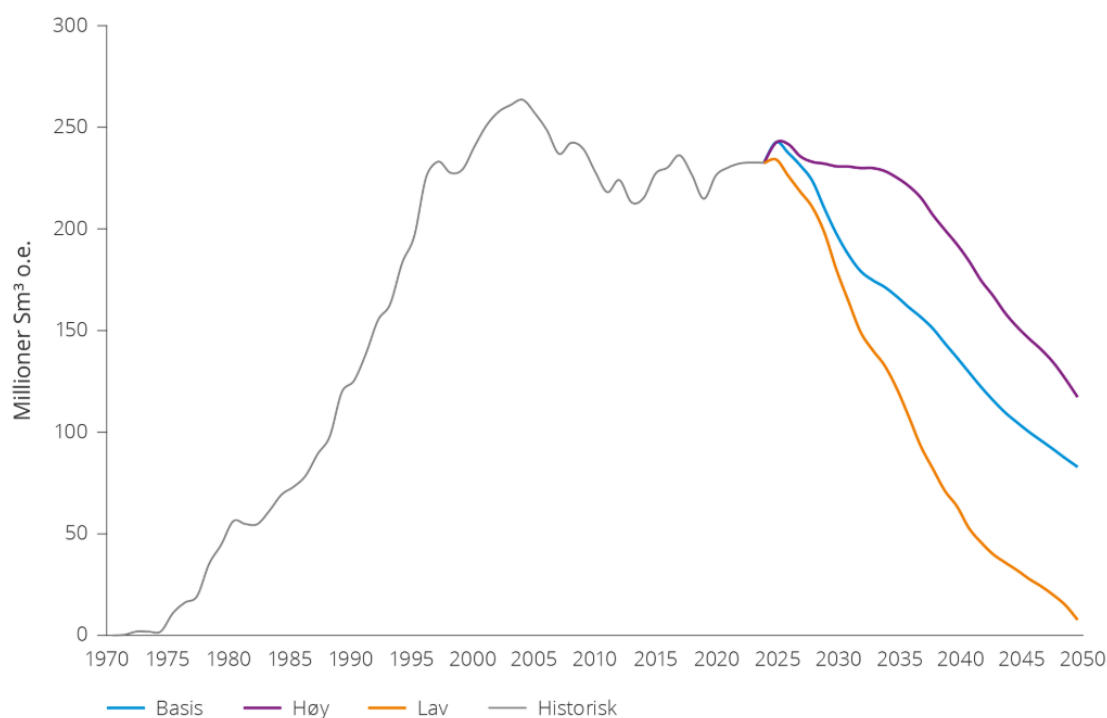
enkler for myndighetene å insentivere industrien til utslippsreduksjoner der konkurransen i større grad er nasjonal eller regional.

God «internasjonal konkurransekraft» innebærer i denne analysen først og fremst at norsk industri fortsatt har konkurransedyktige kraftpriser, samt at industrien har markedsadgang.

Lønnsomhet for avkarbonisert fossil gass

En annen viktig driver for hvor mye CO₂-håndtering som vil håndteres fra norsk industri, er om det finnes lønnsomhet for avkarboniserte fossile ressurser. Totale petroleumsressurser på norsk kontinentalsokkel er estimert til om lag 15,6 milliarder standard kubikkmeter oljeeekvivalenter. Av dette gjenstår om lag 44 prosent.¹⁷ Det er usikkert hvordan både produksjonen og etterspørselen etter norsk olje og gass vil utvikle seg frem mot 2050.

Sokkeldirektoratet har utarbeidet tre mulighetsbilder¹⁸ for produksjonsutviklingen for total produksjon på norsk sokkel 2025–2050.



Figur 2-8 - Tre mulighetsbilder for produksjonsutviklingen for total produksjon på norsk sokkel 2025–2050 (Kilde: Sokkeldirektoratet)

Alle mulighetsbildene viser nedgang i produksjonen, men nedgangstakten er forskjellig og avhenger av leteaktiviteten og teknologiutviklingen. Utfallsrommet viser stor

¹⁷ [Petroleumsressursene - Norskepetroleum.no](https://norskepetroleum.no/)

¹⁸ [Mulighetsbilder - Sokkeldirektoratet](https://www.sokkeldirektoratet.no/)

spredning i produksjon i 2050; fra om lag ingen produksjon i det lave scenarioet til en halvering av produksjonen i det høye scenarioet. I basisscenario reduseres produksjonen gradvis fra 243 millioner Sm³ o.e. i 2025 til et nivå om lag 83 millioner Sm³ o.e. i 2050. Dette er en nedgang på om lag to tredeler fra 2025 til 2050.

Eksporten av norsk olje- og gass, i den formen den eksporteres i dag, vil falle markant frem mot 2050. Frem mot 2050 skal også EU redusere sine CO₂-utslipp betydelig. EU-kommisjonen har vedtatt en 90-prosents reduksjon allerede i 2040¹⁹. Et alternativ som ses på i dag, er at norsk gass føres i rør til for eksempel Tyskland, omgjøres til blå hydrogen mens CO₂ transporteres tilbake til Norge. Gass kan også omgjøres til blå hydrogen eller ammoniakk i norske fabrikker, før produktet eksporteres. Man kan også se for seg at blå hydrogen benytte som innsatsfaktor i annen industriproduksjon, som for eksempel i stålverk. Nærhet til fossile innsatsfaktorer og CO₂-lager kan potensielt gjøre at slike fabrikker blir lønnsomme å bygge i Norge.

Lønnsomhet for avkarbonisert fossil gass innebærer at det er økt betalingsvilje for blå hydrogen eller blå ammoniakk, og at dette enten produseres i Norge for så å eksporteres, eller at Norge eksporterer gass til Europa og for så å ta imot CO₂. Et annet alternativ er gasskraft med CCS i Norge der «blå strøm» eksporteres til Europa.

2.3.2 Fremtidsbilde 1 – Lav CCS-scenarioet

I lav CCS-scenario er det meste av den utslippsintensive industrien, vel og merke slik vi kjenner den i dag, utviklet i Norge. Global konkurranseutsatt industri med CO₂-utslipp, er i stor grad nedlagt eller flyttet til land med bedre rammevilkår for slik virksomhet. Det er heller ikke etablert ny industriaktivitet som har CO₂-utslipp, utover de anleggene som finnes i Norge i 2025. Det er verdt å merke seg at annen industri, altså industri med små eller ingen CO₂-utslipp, kan ha både gode og mindre gode rammevilkår i et slikt scenario.

Industri med CO₂-utslipp som vil kunne bestå i et slikt scenario, er den som foredler og håndterer lokalt eller regionalt forankrede innsatsfaktorer og har sitt primærmarked i Norge eller Norden, altså sement- og kalkverk, samt avfallsforbrenningsanlegg. Gode ramme- og driftsbetingelser er også en forutsetning for disse bransjene, men her kan det være enklere for myndighetene å legge til rette, slik at disse for eksempel kan oppnå en grønn premium på sine utslippsfrie produkter. Det kan være enklere å oppnå dette innenfor et begrenset geografisk område enn der konkurransen er global. Et tilleggsponn er at disse bransjene langt på vei har det offentlige som kunde. Regelverket for offentlige anskaffelser kan for eksempel videreutvikles til i større grad å premiere utslippsfrie sluttprodukter (se kapittel 3.2).

¹⁹ [EU 2040 climate target: MEPs want 90% emissions reduction in EU climate law | News | European Parliament](#)

I dette scenarioet vil det fanges CO₂ fra avfallsanleggene og fra sement- og kalkverkene, anslagsvis mindre enn 2 millioner tonn CO₂ årlig fra 5-10 anlegg. Dersom det etableres insentiver for håndtering av biogen CO₂, kan CO₂-håndtering også være aktuelt for tremasseindustrien, biogassanlegg med flere og det kan etableres nye anlegg med biogene CO₂-utslipp samt DAC-anlegg i Norge. Dette er imidlertid ikke studert i denne utredningen.

CO₂-transport: En kombinasjon av biltransport til nærliggende havn og videre skipstransport til et lager vil trolig være aktuelt for flere, da en del av industristedene ikke har egen havn. Dersom det er etterspørsel etter lagringstjenester fra europeiske aktører, kan CO₂-transport fra Europa være med store skip og/eller rørledninger.

CO₂-lager: Det er usikkerhet om hvordan CO₂-lager på norsk sokkel har utviklet seg i dette fremtidsbilde. Volumene fra Norge er for lave til å få lønnsomhet i et lager. Storskala lagring av CO₂ på norsk sokkel er avhengig av CO₂-volum fra andre EU-land. Dersom det fortsatt eksporteres gass til EU og kan CO₂ «importeres» for lagring på norsk sokkel. De små volumene fra Norge er kommersielt lite interessant for lagringsaktørene, men et fåtall har tilrettelagt for anløp av små skip/lastebiler for å lagre disse volumene.

Dersom internasjonal konkurransekraft er svak og lønnsomheten for avkarbonisert fossil gass er høy, tegner det seg et fremtidsbilde hvor det i tillegg til scenarioet over lagres CO₂ fra Europa på norsk sokkel fordi gassen som eksporteres avkarboniseres der, før CO₂ sendes tilbake til Norge. Dette fremtidsbilde omtales ikke ytterligere i denne utredningen ettersom mandatet for denne utredningen er begrenset til norsk industri.

2.3.3 Fremtidsbilde 2 – CO₂-fangstscenarioet

I CO₂-fangstscenarioet består eksisterende industri, og noe ny energikrevende industri kan være etablert. Et viktig premiss for dette fremtidsbildet er at norsk industri har god konkurransekraft. Dette scenariet er langt på vei i tråd med Prosess21 sitt veikart²⁰.

I CO₂-fangstscenarioet vil det fanges CO₂ fra aluminium-, silisium- og manganindustrien, samt fra industrianleggene som produserer mineralgjødsel. Det vil også fanges CO₂ fra avfallsanleggene, fra sement- og kalkverkene, anslagsvis over 10 millioner tonn årlig fra over 20 anlegg.

Norsk olje og gass er i stor grad avvirket i tråd med lavscenarioet fra sokkeldirektoratets rapport.

CO₂-transport: CO₂ fra industrien vil være preget av volum fra mange anlegg der majoriteten har tilgang til egen havn. CO₂-transport med skip vil derfor være dominerende, med CO₂-transport til noen få lagerterminaler som kan ta imot et spenn av skipstørrelser. En koordinert skiplogistikk vil kunne være aktuelt for noen av

²⁰ [veikart-for-prosessindustrien-sammendrag.pdf](#)

utslippene (melkeruter) og det vil også kunne være 3-4 CO₂ klynger knyttet til eksisterende industriparker som kan ha felles utskiping av CO₂. Flere nye transport og lagringskonsepter er under utvikling så det usikkerhet knyttet til hvilke løsninger som vil vinne frem.

CO₂-lager: Det er også usikkert hvordan CO₂-lager på norsk sokkel har utviklet seg i dette fremtidsbilde, men de norske volumene kan være store nok til at det er mulig å få lønnsomhet i lager. Det er lite bruk av fossile ressurser i dette scenarioet, men det kan være at europeisk industri som sement og avfall med flere kan benytte seg av lagring på norsk sokkel.

2.3.4 Fremtidsbilde 3 – Høy CCS-scenarioet

I dette scenarioet vil landbasert industri videreutvikles med avkarbonisert gass, og dette vil hovedsakelig skje i Norge. Etterspørselen etter utslippsfrie energibærere har resultert i et økende fokus på hydrogen og ammoniakk. Hydrogen og ammoniakk med lavt utslipp av klimagasser kan også produseres basert på fornybar energi, men i dette fremtidsbildet ligger hovedvekten på å avkarbonisere naturgass ved hjelp av CO₂-håndtering. Ellers er dette fremtidsbilde i tråd med CO₂-fangst-scenarioet, men med ny industriell produksjon som benytter avkarbonisert naturgass som innsatsfaktor og som trekker veksel på nærheten til CO₂-lagring.

Norsk olje- og gassproduksjon er redusert i forhold til i dag, og går ned i takt med at ressursene tømmes. Gassens andel av totalproduksjonen øker over tid. Siden det er større bruk av fossile ressurser i Norge, antas det at fremtidsbilde er i tråd med høyscenarioet fra sokkeldirektoratet.

I dette fremtidsbilde kan CO₂-lagringen komme opp i nærmere 35 millioner tonn årlig fra 20-30 anlegg i Norge. Det er knyttet stor usikkerhet til å anslå volum av gass som videreføres i Norge frem mot 2050. Hvis det antas at 10% av gjenværende gassproduksjon på 130 millioner standardkubikkmeter avkarboniseres i Norge, utgjør dette om lag 26 millioner tonn CO₂ per år. CO₂-håndtering vil være valget for å avkarbonisere denne produksjonen. Med en fangstgrad på 90% vil dette utgjøre 23,5 millioner tonn CO₂ årlig fra produksjonen av blå hydrogen, blå ammoniakk og gasskraft med CO₂-håndtering. Ny industriproduksjon som benytter blå hydrogen eller ammoniakk som innsatsfaktorer, kan også bli etablert, f.eks stålindustri som benytter hydrogen som reduksjonsmiddel. I tillegg håndteres CO₂ tilsvarende CO₂-fangstscenarioet slik at totalen blir nærmere 35 millioner årlig. Siden det vil være gjenstående utslipp fra produksjonen av olje- og gass, vil det være et behov for å kompetentere dette med negative utslipp. CO₂-håndtering fra BECCS og DACS vil komme i tillegg, men CO₂-mengden fra dette tiltaket er ikke estimert.

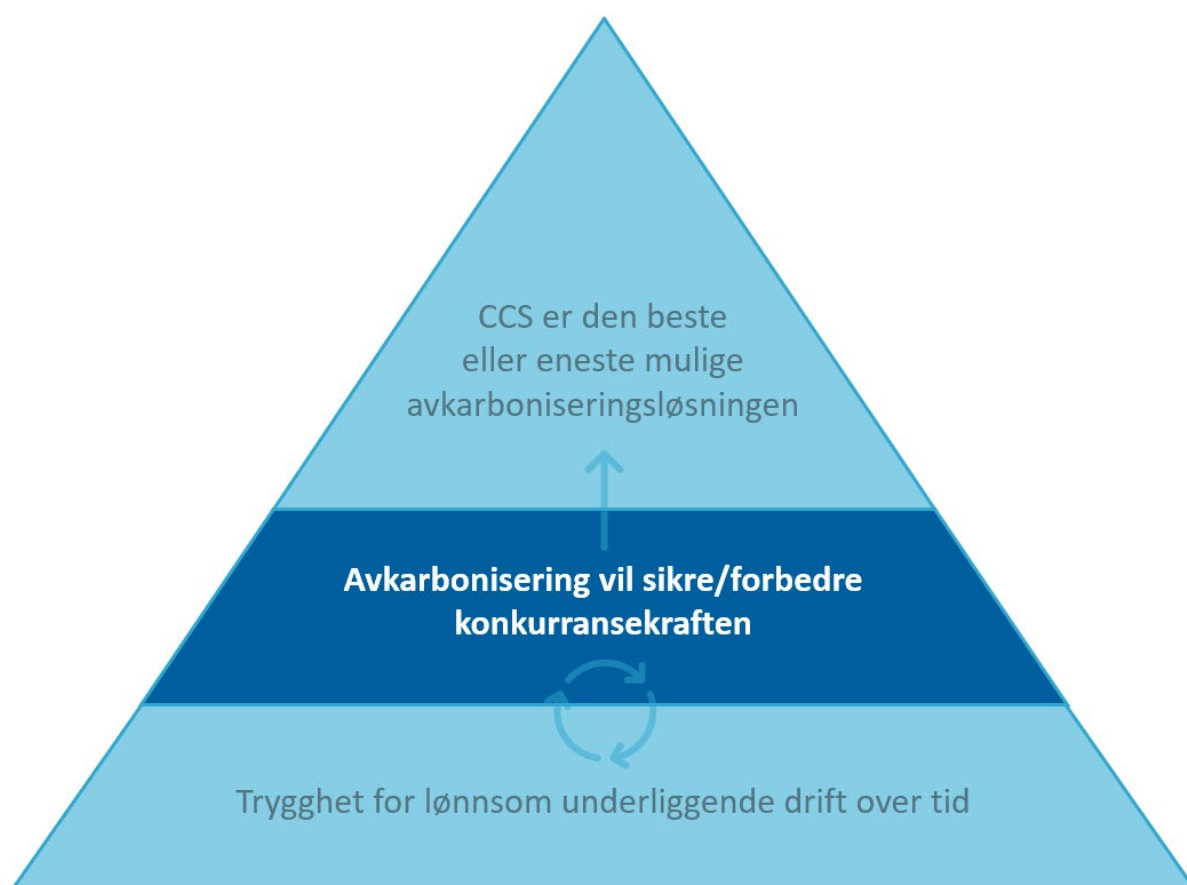
CO₂-transport: Som for fremtidsbilde nr. 2 vil CO₂ fra industrien være preget av volum fra mange anlegg der majoriteten har tilgang til egen havn. CO₂-transport med skip vil

derfor være dominerende. Forskjellen kan være at logistikk løsninger blir knyttet opp mot lokasjonene der gass avkarboniseres i tillegg til at det etableres CO₂-lagringsterminaler.

CO₂-lager: I dette scenariet er det stort behov for CO₂-lager. Lagerlokasjoner vil være direkte knyttet til landanleggene som produserer blå hydrogen, blå ammoniakk eller gasskraft med CO₂-håndtering. Det vil også lagres CO₂ fra norske kilder.

3 RAMMEVERK FOR CO₂-HÅNDTERING

For at industrien skal investere i avkarbonisering, må det ikke bare være lønnsom drift i bunn, men også tillit til at en avkarbonisering vil styrke konkurransekraften.



Figur 3-1 - Industriens investeringspyramide for CO₂-håndtering

I dette kapitlet fokuserer vi på den midterste delen av investeringspyramiden.

Med rammeverk menes her summen av reguleringer, støtteordninger og kommersielle insentiver som påvirker industriens mulighet til å investere i CO₂-håndtering.

Klimapolitikken med mål, planer og virkemidler er avgjørende for lønnsomheten knyttet til CO₂-håndtering. Norge har lovfestet at utslippene skal reduseres med 70–75 prosent innen 2035 og 90–95 prosent innen 2050 sammenlignet med 1990-nivået. Stortinget har vedtatt at det skal planlegges for at kuttene frem mot 2035 tas nasjonalt og i samarbeid med EU, mens kvotekjøp utenfor EU/EØS kun skal være en tilleggsmulighet dersom det

CO₂-håndtering i norsk landbasert industri frem mot 2050

anses nødvendig.²¹ I kapittel 1.1 omtales Norges klimamål og rollen CO₂-håndtering kan spille.

Aktørene som kan ta i bruk CCS er i hovedsak omfattet av EUs kvotesystem, med unntak av avfallsbransjen – hvor EU-kommisjonen vurderer å inkludere avfallsforbrenningsanlegg fra 2028.²²

Lønnsomheten ved avkarbonisering forbedres også når kostnadene knyttet til å redusere utslippet faller. For CO₂-håndtering er det ventet at kostnadene vil falle etter hvert som teknologien tas i bruk, som følge av teknologi- og markedsutvikling og økende muligheter for stordrift. Også her har myndighetene en viktig rolle. Dette omtales hovedsakelig i kapittel 5. Det vil imidlertid alltid være kostnader knyttet til CO₂-håndtering. På sikt må disse kostnadene gjenspeiles i produktprisen, og industrien må ha tro på at markedet vil verdsette produkter med lavt karbonfotavtrykk.

Kapitlet gir derfor en helhetlig gjennomgang av både politiske rammebetingelser og kommersielle drivere, og viser hvordan disse samlet påvirker industriens vilje og evne til å satse på avkarbonisering. Dette kan gi grunnlag for utforming av tiltak for CO₂-fangst, men det anses som utenfor utredningens mandat å foreslå konkrete tiltak.

3.1 Markedssvikter og investeringsbarrierer

Klimautfordringen er kjennetegnet av markedssvikt som bunner i at klimaendringene er et globalt problem forårsaket av sum av små og store utslipp fra en rekke ulike kilder. Utslipp av CO₂ og andre klimagasser fører til klimaendringer som har store samfunnsøkonomiske kostnader. Aktørene som forårsaker utslipp, har i utgangspunktet ikke insentiver til å ta hensyn til disse kostnadene. Samfunnsøkonomer kaller en kostnad ved produksjon eller forbruk som påføres en tredjepart som ikke er involvert i aktiviteten og som ikke er reflektert i markedsprisen, for en negativ eksternalitet.

En annen viktig markedssvikt er knyttet til at utvikling av ny teknologi er viktig for å lykkes med å redusere utslipp. Verdien av ny teknologi kan være større for samfunnet enn for bedriften som har utviklet den. Uten støtte risikerer at det blir utviklet for lite teknologi. Samfunnsøkonomer kaller en gevinst ved produksjon eller forbruk som tilfaller en tredjepart uten at denne betaler for det, og som ikke reflekteres i markedsprisen, (f.eks når investeringer i FoU kommer andre aktører til gode) for en positiv eksternalitet.

Disse markedssviktene medfører behov for offentlig inngripen.

Oslo Economics skrev i rapporten «Virkemidler for karbonfangst fra industri og avfallsforbrenning - En utredning for Energidepartementet»²³ følgende om disse markedssviktene:

²¹ [Meld. St. 25 \(2024–2025\) - regjeringen.no](#)

²² [Revised EU emissions trading system](#)

²³ [Virkemidler-for-co2-handtering-i-industri-og-avfallsforbrenning.pdf.pdf](#)

«Et velfungerende marked for klimateknologi og -løsninger kan først oppstå når negative eksternaliteter knyttet til klimautslipp og positive eksternaliteter knyttet til teknologiutvikling er korrigert. Dermed oppstår også politisk og regulatorisk usikkerhet knyttet til fremtidige virkemidler og rammevilkår, som påvirker lønnsomheten av langsiktige investeringer i klimateknologi.

CO₂-håndtering innebærer både fangst, transport og lagring av CO₂. Siden markedet er umodent, er det en **utfordring knyttet til koordinering av hele kjeden**. Fangstaktører er avhengig av tilgang til lager for å kunne investere, og lageraktører er avhengig av fanget CO₂ for å kunne investere. Siden det ikke finnes et etablert marked for CO₂-lagring, er det på kort sikt usikkert om bedriftene vil få tilgang til et CO₂-lager og ikke minst til hvilken pris (omtalt i kapittel 5.1.5). Det kan også være utfordringer knyttet til skalafordele ved utbygging av slik infrastruktur, og at utøvelse av markedsrett kan hindre at utbygd infrastruktur brukes optimalt.

3.2 CO₂-prising og andre reguleringer

Norge samarbeider tett med EU i klimapolitikken, og mye av rammeverket har vi felles. I avsnittene under beskrives både vedtatt og planlagt rammeverk.

Prising av klimagassutslipp gjennom klimaavgifter og deltakelse i EUs kvotesystem (EU ETS) er hovedvirkemidlene i norsk klimapolitikk. Prising gir insentiv til å gjennomføre utslippsreduksjoner som har lavere kostnader enn avgiften/kvoteprisen.

EU ETS

EUs kvotesystem (EU ETS) omfatter utslipp fra industri, petroleumsutvinning, kraftproduksjon, skipsfart og luftfart. Kvotesystemet setter et samlet tak for utslippene fra systemet, mens prisen bestemmes av forholdet mellom tilbud og etterspørsel. Kvotepreisen har variert, men er per november 2025 rundt 80 euro per tonn. Hvilke bedrifter som kjøper og selger kvoter, bestemmer hvor utslippene fysisk skjer. Kvotesystemet sikrer ikke bestemt mengde utslippsreduksjoner i hvert enkelt land, men utslippskutt i kvotepiktig sektor gjøres opp i samarbeid med EU og teller mot Norges forpliktelser under Parisavtalen gjennom en egen oppgjørs mekanisme.

Taket i kvotesystemet vil reduseres fremover. Om den årlige nedtrappingen i kvotesystemet fortsetter i samme tempo som i dag etter 2030, vil kvotetaket i kvotesystemet gå til netto null utslipp innen 2040. Med færre kvoter er det å forvente at kvotepreisen vil øke fremover.

Systemet har blitt gradvis utviklet over tid gjennom en rekke regelverksendringer, og i 2026 skal det gjøres en vurdering av om utslippene fra avfallsforbrenning skal inkluderes fra 2028. EU har vedtatt å opprette et nytt klimakvotesystem for veitransport, bygg og andre utvalgte sektorer, ETS2.

Avgifter på klimagassutslipp

Klimaavgiftene består av CO₂-avgifter, avgift på avfallsforbrenning og avgifter på andre klimagasser. Avgiftene treffer mange næringer som veitransport, skipsfart, fiskeri, landbruk, avfallsforbrenning og noe industri og luftfart.

CO₂-avgiften er 1 405 kroner per tonn CO₂ i 2025 og er økt de siste årene som del av opptrappingsplanen for klimaavgiftene under innsatsfordelingen til rundt 2 400 2025-kroner i 2030. I forslag til statsbudsjett for 2026 har regjeringen foreslått å fortsette en videre lineær opptrapping av det generelle avgiftsnivået mot 2035. Det gir et nivå på 3 400 2025-kroner i 2035. Opptrappingsplanen for de neste ti årene bidrar til forutsigbarhet og mulighet for aktørene til å tilpasse seg. Gradvis opptrapping av avgiftsnivået vil også bidra til å gjøre det stadig mer lønnsomt å allokere ressurser til næringer og investeringer med lave klimagassutslipp.

Avgift på avfallsforbrenning for ikke-kvotepliktige virksomheter ble i revidert nasjonalbudsjett 2025 redusert til svensk nivå. Nivået er tilsvarende en kvotepris på 830 kroner per tonn CO₂. Avgiften er foreslått reelt uendret i 2026. Reduksjon i avgiften svekker incentivet til å gjennomføre utslippsreduksjoner, og endring bort fra tidligere signalisert opptrapping bidrar trolig til økt usikkerhet om videre utvikling. Eventuell innlemmelse av utslippene fra avfallsforbrenning i EU ETS fra 2028 vil kunne medføre endringer i avgiften.

Virkemidler for å motvirke konkurransevridning

Konkurransevridning er en av de mest sentrale utfordringene i omstilling av industrien. Prising av utslipp er i tråd med prinsippet om at forurenser skal betale. I praksis er det en utfordring at økte kostnader går utover lønnsomheten, særlig for aktører som konkurrerer i globale markeder med konkurranse fra bedrifter lokalisert i områder med svakere klimapolitikk. I møte med slik konkurranse vil det være begrensede muligheter for å øke prisen til kundene tilsvarende kostnadsøkningen, og resultatet blir en konkurranseulempe. For å motvirke uheldige effekter og karbonlekkasje er flere virkemidler tatt i bruk, slik som vederlagsfri tildeling av kvoter og CO₂-kompensasjonsordning, og planlagt innføring av en karbongrensejusteringsmekanisme (CBAM).

Vederlagsfri tildeling av kvoter

Noen virksomheter som er antatt å være spesielt utsatt for konkurransevridning (karbonlekkasje), får vederlagsfri tildeling av klimakvoter. De som får tildelt klimakvoter vederlagsfritt, kan videreføre produksjon som medfører utslipp uten den økonomiske belastningen ved selv å kjøpe kvote på markedet.

CO₂-kompensasjonsordning

CO₂-kompensasjonsordningen skal kompensere bedrifter for økte utgifter gjennom den indirekte effekten kvoteprisen har på kraftprisen. I 2024 ble det gjort endringer i CO₂-kompensasjonsordningen som skal vare ut 2030. Endringene innebærer blant annet et tak på samlet kompensasjonen og et krav om at 40 prosent av utbetalt kompensasjon skal brukes på tiltak som bidrar til utslippsreduksjoner og energieffektiviseringstiltak i bedriftene, og FoU-aktiviteter knyttet til dette. Bedriftene kan selv velge hvilke tiltak de ønsker å gjennomføre, så fremt tiltaket har som formål å bidra til reduksjon i klimagassutslipp per produserte enhet, energieffektivisering eller energigjenvinning. Det er derfor for tidlig å si noe konkret om hvordan de nye kravene eventuelt vil bidra til å utløse CO₂-håndtering. Mottakerne skal legge fram en forpliktende tiltaksplan til Miljødirektoratet, som skal gjennomføres innen 2034.

Karbongrensejusteringsmekanisme (CBAM)

CBAM er et nytt virkemiddel fra EU for å forhindre karbonlekkasje. Når CBAM trer i kraft, vil importører av CBAM-varer måtte betale samme pris for utslippene ved produksjon av varen, som europeiske aktører gjør gjennom kvoteprisen i EU ETS. Karbonpris som allerede er betalt for utslipp fra produksjonen i opprinnelseslandet kan trekkes fra. Dette skal sikre at importerte varer har samme karbonkostnad som varer produsert i EU, og dermed kunne gjøre at konkurranseutsatte virksomheter kan internalisere tiltakskostnadene. CBAM skal fases inn for import av produkter, samtidig som vederlagsfri tildeling fases ut for produksjon av de samme produktene i EU. Dette skal skje gradvis fra 2026 til vederlagsfri tildeling er helt ute i 2034.

I første omgang omfattes sement, aluminium, jern og stål, elektrisitet, gjødsel og hydrogen, samt noen underprodukter av disse. Det er oppe til vurdering om CBAM skal utvides til å omfatte flere produkter allerede fra start i 2026, og det er et mål om å inkludere alle ETS-sektorprodukter innen 2030. Det er vesentlig usikkerhet knyttet til hvordan en karbontoll som CBAM vil virke i et globalt marked der andre tollsatser blir innført med andre motiver, og hvordan den vederlagsfrie tildelingen og CO₂-kompensasjonsordningen vil endres i framtiden.

Offentlig anskaffelser – krav om vektig av klima- og miljøhensyn

Det offentlige kjøpte varer og tjenester for rundt 835 milliarder kroner i 2024.²⁴ I 2023 skjerpet regjeringen kravene for å ivareta klima- og miljøhensyn ved offentlige anskaffelser, slik at det offentlige må legge betydelig større vekt på klima- og miljøhensyn.²⁵ Endringene innebærer at klima- og miljøhensyn som hovedregel *må* vektes med minimum tretti prosent i offentlige anskaffelser. Alternativt kan det stilles klima- og miljøkrav i kravspesifikasjon, dersom det er klart at dette gir en bedre klima- og miljøeffekt.

²⁴ [Utgifter til offentlige innkjøp | DFØ](#)

²⁵ [Nå skal klima og miljø vektes minst 30 % i offentlige anskaffelser - regjeringen.no](#)

Kravene om å ivareta klima- og miljøhensyn ved offentlige anskaffelser, kan øke etterspørselen etter og betalingsviljen for avkarboniserte produkter (se kapittel 3.5). Blant industriaktørene Gassnova har hatt dialog med i dette arbeidet, er offentlig sektor en viktig kunde for noen av bransjene, for eksempel for sement. Når Skanska støper deler av den nye Skøyen stasjon på Fornebubanen, skjer det med EvoZero karbonfangst-betong fra Heidelberg Materials.²⁶

Rettighetsbasert ordning for negative utslipp og rammeverk for negative utslipp i EU

En nasjonal støtteordning som likestiller fangst av biogen CO₂ med fangst av fossil CO₂, ble pekt på som et viktig virkemiddel av Oslo Economics²⁷.

I forslag til statsbudsjettet for 2026 står det at «Regjeringa tar derfor sikte på å legge fram forslag i statsbudsjettet for 2027 om ei ordning som gir rett til eit fast tilskot per tonn CO₂ for negative utslepp, det vil seie fangst av biogene utslepp eller fangst av CO₂ direkte frå atmosfæren.»

En slik ordning, ofte kalt «omvendt avgift», vil innebære at alle kvalifiserte aktører får et fast beløp per tonn biogent CO₂ som blir fanget og lagret, tilsvarende for eksempel CO₂-avgift eller kvotepris. Dette vil gi insentiv også for reduksjon av biogene utslipp. Regjeringen skriver videre at en slik ordning kan være administrativt effektiv for både staten og støttemottakere og at ordningen vil gi en forutsigbar støtte som legger til rette for et normalt prosjektmodningsløp, og vil kunne utløse samfunnsøkonomisk effektive prosjekt. EU arbeider også med å se på hvordan negative utslipp (karbonfjerning) kan inkluderes i klimarammeverket.

EU jobber med Carbon Removals and Carbon Farming Certification (CRCF) Regulation. Formålet med CRCF er å etablere et system hvor slike tiltak kan sertifiseres etter høye standarder slik at det kan utstedes karbonfjerningskreditter som kan kjøpes av selskaper og personer som ønsker å kompensere for sine utslipp. Det finnes et kommersielt marked for kjøp og salg av karbonkreditter allerede i dag, som omtales i kapittel 3.5

Planen er å etablere rammeverk for permanent industriell karbonfjerning (bio-CCS og DACCS) først. Siden bio-CCS og DACCS er tett knyttet til EU ETS, skal EU kommisjonen vurdere i løpet av 2026 om slike kreditter skal knyttes til EU ETS på en eller annen måte.

Oppsummert så er det usikkert både hvordan EU vil insentivere karbonfjerning i framtiden, hvilke metoder og krav som vil stilles, hvilken verdi karbonfjerning vil ha, og hvordan de skal bokføres i en eventuell videreføring av klimasamarbeidet med Norge etter 2030.

²⁶ [Verdens første støp med “karbonfangst”-betong | Heidelberg Materials](#)

²⁷ [virkemidler-for-co2-handtering-i-industri-og-avfallsforbrenning.pdf.pdf](#)

3.3 Subsidieordninger

Det næringsrettede virkemiddelapparatet

Enova, Forskningsrådet, Gassnova, Innovasjon Norge, Siva med flere er offentlige organer/selskaper som samlet forvalter en rekke ordninger som skal bidra til å i imøtekomme investeringsbarrierer og markedssvikter, særlig markedssviktene knyttet til teknologi- og markedsumodenhet for klimateknologi, men også markedssvikter knyttet til infrastruktur. Ordningene disse aktørene forvalter, har så langt ikke vært tilstrekkelig til å utløse nye større CO₂-håndteringsprosjekter etter Langskip. For mer informasjon om de ulike aktørene i virkemiddelapparatet og deres ordninger henvises det til deres nettsider.

Anbefalte virkemidler for karbonfangst fra industri og avfallsforbrenning

På oppdrag fra Energidepartementet utredet Oslo Economics i 2024 virkemidler for karbonfangst fra industri og avfallsforbrenning.²⁸ I utredningen anbefaler Oslo Economics å innføre en subsidieordning i form av en serie med auksjoner der aktørene kan få støtte til fangst og lagring av CO₂ fra både biogene og fossile kilder. Prosjektene som vinner frem i auksjonen tegner en differansekontrakt med staten, der mellomlegget mellom budprisen og gjeldende karbonpriser for det aktuelle prosjektet utbetales som en løpende støtte per tonn fanget og lagret CO₂. «Målet om realisering av prosjekter innen 2030-35 er noe av begrunnelsen for anbefalingen om en subsidieordning spesifikt rettet mot CO₂-håndtering som virkemiddel», heter det i denne utredningen.

Innspillene som kom fra industrien i etterkant, stilte spørsmål ved om den foreslåtte ordningen med auksjoner og løpende støtte per tonn fanget og lagret CO₂ ville være nok til å utløse nye CCS-prosjekter. Det vises i stor grad til «fremtidsrisikoen», som blant annet omtales i kapittel 2, inkludert faren for karbonlekkasje, omtalt i 3.2.

Prosess21²⁹ skriver blant annet: «En bred auksjon vil ikke utløse prosjekter i eksisterende landbasert prosessindustri» og «En bred auksjon innebærer også at gjennomføringsrisiko havner på utbygger.» og «Vi tror dette løses med direkte investeringsstøtte og at driftskostnader sikres gjennom differansekontrakt».

KAN³⁰ (Klimakur for avfallsforbrenning i Norge) peker i sitt innspill blant annet på at en form for direktetildeling til avfallsforbrenningsanlegg er det som i størst grad vil realisere KANs CCS-prosjekter.

EUs ordninger som norske aktører kan dra nytte av

EU har en rekke ordninger for å imøtekomme markedssvikter knyttet til FoU, innovasjon og infrastruktur. De mest relevante for norske aktører som vurderer CO₂-håndtering, er

²⁸ [virkemidler-for-co2-handtering-i-industri-og-avfallsforbrenning.pdf.pdf](#)

²⁹ [240515-innspill-prosess21-virkemidler-for-karbonfangst-endelig.pdf](#)

³⁰ [kan.pdf](#)

EUs innovasjonsfond og ordningen for å støtte grensekryssende infrastruktur. Flere av industriaktørene som omtales i denne utredningen, blant annet Eramet, har fått støtte av EUs innovasjonsfond. Northern Lights har fått støtte av Connecting Europe Facility (CEF) til fase 2-utbyggingen.

Ordninger i andre land

Flere land i Europa har etablert egne ordninger som kan utløse CO₂-håndteringsprosjekter. Dette er ordninger som norske aktører ikke kan dra nytte av direkte, men som er interessante å kjenne til. Sverige, Danmark, Storbritannia, Tyskland, Nederland og Frankrike har etablert konkurransebaserte støtteordninger tilpasset støtte til CO₂-håndteringsprosjekter.

Virkemidlene i de relevante landene er utviklet spesifikt for CO₂-håndtering, bortsett fra i Nederland og Tyskland der det er generelle virkemidler med spesifikke regler for CO₂-håndteringsprosjekter. Virkemidlene knytter seg til spesifikke nasjonale CO₂-reduksjonsmål og er forankret i en overordnet CO₂-håndteringspolitikk.

De nyeste ordningene er kanskje i Østerrike og Finland. Finland har introdusert en ordning med «tax credits», som er en rettighetsbasert ordning, men med kvalifikasjonskrav.

3.4 Rammeverk for transport og lagring av CO₂

EUs CCS-direktiv og lagringsforskriften

EUs lagringsdirektiv (CCS-direktivet) ble vedtatt i 2009. Direktivet etablerer et juridisk rammeverk for ansvarlig utvikling, drift og avvikling av CO₂-lagringsprosjekter i Europa.

Lagringsdirektivet krever blant annet at medlemslandene etablerer en konsesjonsordning for leting og utbygging av lagringssteder for CO₂ som baseres på objektive, transparente og ikke-diskriminerende kriterier. Tilsvarende krav stilles for tillatelse til selve lagringen av CO₂. Formålet med konsesjonsbehandlingen er å sikre at karbonlagringsmulighetene fordeles rettferdig. Videre stiller direktivet krav til driften av karbonlagringsprosjekter, inkludert finansiell sikkerhetsstillelse, tekniske krav til CO₂-lagring, overvåkning av lagringsstedene, samt muligheter for tredjeparts tilgang til transport og lagring av CO₂. Direktivet pålegger også krav til avslutning av lagringsprosjekter og har regler for overføring av ansvaret for lagringsstedet til staten.³¹

Direktivet er implementert i norsk rett hovedsakelig gjennom lagringsforskriften (Forskrift om utnyttelse av undersjøiske reservoarer på kontinentalsokkelen til lagring av CO₂ og om transport av CO₂ på kontinentalsokkelen). I tillegg til lagringsforskriften, ble lagringsdirektivet også innført i øvrig regelverk. Blant annet forurensningsloven, forurensningsforskriften, petroleumsforskriften, konsekvensutredningsforskriften og

³¹ [Regelverket for karbonfangst og -lagring \(CCS\) - Hjørt](#)

CO₂-sikkerhetsforskriften fikk nye bestemmelser om lagring av CO₂ ved implementeringen av lagringsdirektivet²⁷.

NZIA

Net Zero Industry Act (NZIA), som ble vedtatt av EU i juni 2024, har som mål å styrke utviklingen av lavutslippsteknologier, slik som CO₂-håndtering, som en del av EUs strategi for å nå «Fit for 55»-målet.

Loven, skal forenkle regelverket for nullutslippsteknologier, forbedre investeringsklimaet for ren teknologi, og skape langsiktig sikkerhet og økonomisk bærekraft for nullutslippsprosjekter. I CCS-miljøet er loven mest kjent for at den setter et EU-mål om injeksjonskapasitet på minst 50 millioner tonn CO₂ årlig innen 2030.³² Det er ennå ikke avklart om NZIA vil bli implementert i Norge.

Standarder

Internasjonalt finnes det flere standarder for fangst, transport og lagring av CO₂. Den internasjonale standardiseringsorganisasjonen (ISO) utarbeider globale standarder, og komiteen ISO/TC 265 leder arbeidet med standarder for karbonfangst og -lagring²⁶.

Innenfor EU finnes også CEN (Comité Européen de Normalisation), et standardiseringsorgan som utvikler europeiske standarder for CO₂-håndtering. Norge er forpliktet til å implementere CEN-standarder som Norsk Standard

3.5 Markedsdrevne muligheter

Det frivillige (markedsbaserte) karbonmarkedet

Det frivillige karbonmarkedet (Voluntary Carbon Market - VCM) lar bedrifter, organisasjoner og enkeltpersoner kjøpe og selge «karbonkreditter» for å kompensere for egne klimautslipp. Kredittene representerer ett tonn med CO₂-reduksjon, -fjerning eller -unngåelse og finansierer prosjekter som reduserer eller fjerner utslipp fra atmosfæren. Selskaper som Microsoft, Google og Starbucks bruker markedet for å nå sine klimanøytralitetsmål. VCM er viktig fordi det kan bidra til å gjøre CO₂-fangst lønnsomt og dermed utløse investeringer i CO₂-håndtering.

CCU

CCU (Carbon Capture and Utilization) skiller seg fra CCS ved at CO₂ som fanges på samme måte som ved CCS – utnyttes som en ressurs i stedet for at den lagres som et avfall.

³² [Net-zero Industry Act - Forordning om produksjon av nullutslippsteknologi \(NZIA\) - regjeringen.no](#)

CO₂-håndtering i norsk landbasert industri frem mot 2050

CO₂ kan blant annet utnyttes til å:

- produsere drivstoff (f.eks. syntetisk bensin eller metanol)
- lage kjemikalier og plast
- produsere byggematerialer (f.eks. betong der CO₂ mineraliseres)
- brukes i mat- og drikkeindustrien, som kullsyre
- bidra til biologisk vekst i drivhus

CCU kan erstatte fossile råstoffer og bidra til en sirkulær karbonøkonomi. Det kan være et viktig supplement til andre klimatiltak, men statusen CCU har som klimaløsning er noe omdiskutert fordi skeptikerne mener at CO₂-utslippet til atmosfæren bare utsettes, ikke fjernes.

I sammenheng med denne utredningen er CCU viktig fordi det kan bidra til å gjøre CO₂-fangst lønnsomt og dermed utløse investeringer i CO₂-fangstanlegg. For aktører som ikke har tilgang til transport og lagring av CO₂, kan CCU være særlig relevant.

Økt betalingsvilje for produkter med lavt karbonfotavtrykk

Dette er et område industriaktørene Gassnova har vært i dialog med, vektlegger sterkt og selv jobber mye med. Dette henger sammen med krav om vektig av klima- og miljøhensyn i offentlige anskaffelser, men inkluderer også de kommersielle kundenes egne mål om klimavennlig aktiviteter.

Det er variasjon mellom bransjer når det kommer til muligheten for å ta ut avkarboniseringskostnadene i økt produktpris. Aktører som leverer til sluttbruker, og/eller hvor store deler av kundemassen er offentlige aktører med krav om vektlegging av klimahensyn i anskaffelser, antas å ha større muligheter for dette.

Det var en milepæl da Heidelberg Material lanserte produktet Ewo Zero³³, verdens første lavkarbon-sement. Flere aktører har inngått avtale om kjøp av produktet, for eksempel det nye Nobel-senteret i Stockholm³⁴.

For aktørene innen metaller, som silisium og mangan, er det mer krevende å øke produktprisen. Konkurransen er internasjonal, og pris er den viktigste konkurransefaktoren. Produktene inngår som et ledd langt nede i verdikjeden og er derfor «usynlig» for sluttbruker.

3.6 Gapet mellom rammeverket for klimagassreduksjoner og kostnader knyttet t til avkarbonisering

Gjennom kapittel 3 er det vist at industriens mulighet til å investere i CO₂-håndtering og andre avkarboniseringstiltak avhenger av et helhetlig rammeverk. Dette rammeverket

³³ [evoZero - Verdens første karbonfangst-sement | Heidelberg Materials Cement Norge](#)

³⁴ [New Nobel Center chooses net-zero concrete | Heidelberg Materials](#)

består av reguleringer, støtteordninger og kommersielle insentiver, og må samlet sett gi forutsigbarhet, lønnsomhet og konkurransekraft for industrien.

Markedssvikter og investeringsbarrierer gjør at markedet alene ikke utløser nødvendige investeringer i CO₂-håndtering.

Reguleringer og CO₂-prising gir insentiver til utslippsreduksjon, men kan også påvirke konkurranseevnen og investeringsviljen.

Støtteordninger bidrar til å redusere risiko og kostnader, særlig i en tidlig fase hvor teknologien fortsatt er under utvikling.

Rammeverk for transport og lagring har betydning for om industrien faktisk får tilgang til nødvendig infrastruktur, også for aktører med små og spredte utslipp.

Kommersielle muligheter som frivillige karbonmarkeder og betalingsvilje for lavutslippsprodukter kan styrke lønnsomheten, men har så langt hatt begrenset effekt på utløsning av større investeringer.

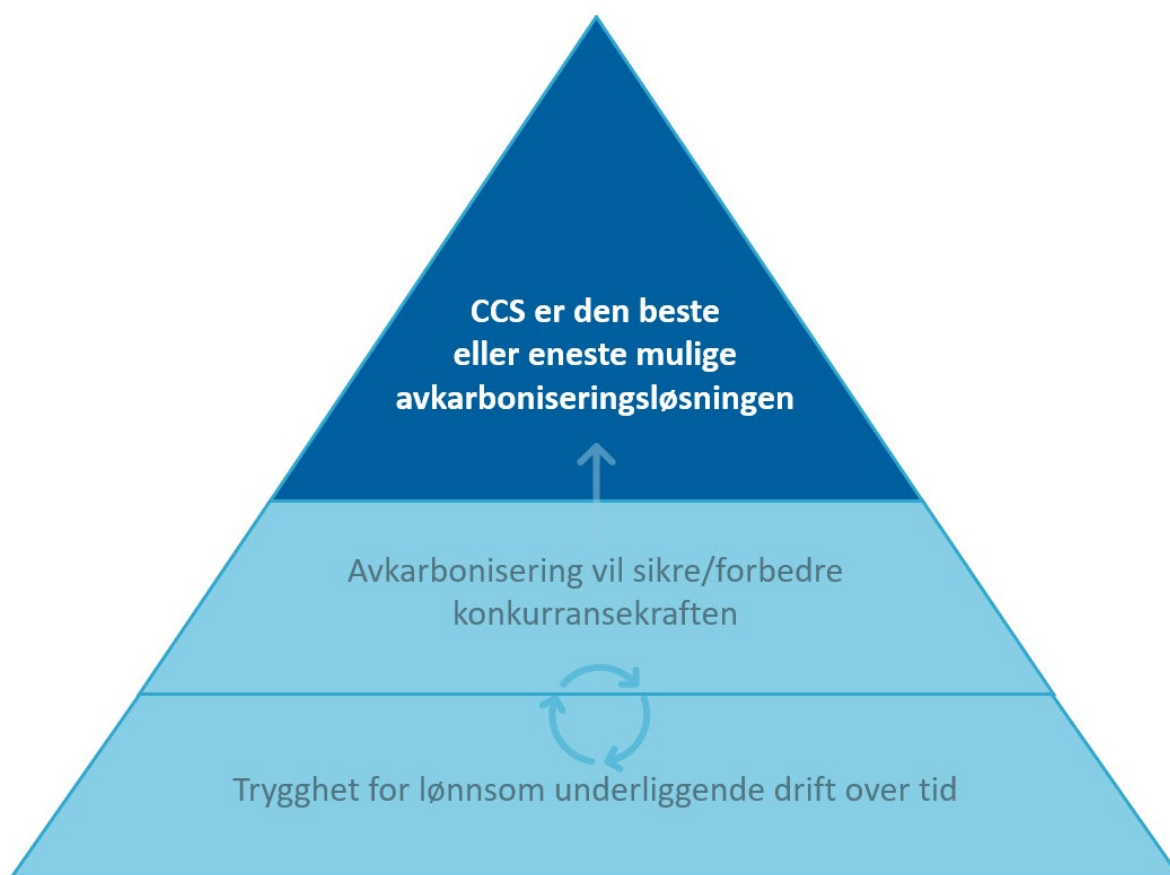
Til tross for et omfattende virkemiddelapparat, tyder gjennomgangen på at det fortsatt eksisterer et gap mellom dagens rammeverk og de kostnadene industrien står overfor ved avkarbonisering. Dette gapet kan gjøre det krevende å realisere nødvendige utslippskutt i ønsket omfang og tempo. I de nasjonale utslippsfremskrivingene i Nasjonalbudsjettet 2026³⁵ av utslippsutvikling frem til 2040 med eksisterende virkemiddelbruk, er det ikke beskrevet realisering av flere karbonfangstanlegg enn de to som er inkludert i Langskip-prosjektet.

Samlet sett viser kapittel 3 at det er samspillet mellom politikk, støtteordninger og markedsinsentiver som avgjør hvor attraktivt og gjennomførbart CO₂-håndtering blir for norsk industri (i tillegg til kostnader, omtalt i kapittel 5.2). Hvorvidt dette samspillet er tilstrekkelig for å utløse de nødvendige investeringene, vil avhenge av videre utvikling i både rammeverk og markedsforhold.

4 ULIKE AVKARBONISERINGSALTERNATIVER FOR NORSK INDUSTRI

CO₂-håndtering må være en tilgjengelig og konkurransedyktig avkarboniseringsløsning for at industriaktøren skal velge å investere i dette alternativet.

³⁵ [Meld. St. 1 \(2025–2026\) - regjeringen.no](#)



Figur 4-1 - Industriens investeringspyramide for CO₂-håndtering

I dette kapitlet fokuserer vi på toppen av investeringspyramiden.

For å omstille industrien må enten eksisterende anlegg avkarboniseres eller det må bygges helt nye anlegg basert på nullutslippsteknologi.

Ifølge Enova vil slike nye teknologier sannsynligvis fases inn etter hvert som eldre anlegg tas ut av drift. Når utslippsfri teknologi blir tilgjengelig på markedet, og hvordan markedsf forholdene er for etablering av nye produksjonsanlegg er, vil ha stor betydning for hvor raskt denne innfasingen skjer.

I dette kapitlet ser vi på hvilke avkarboniseringsløsninger som er tilgjengelige for eksisterende anlegg.

4.1 Overordnet om de tre områdene for avkarbonisering

Avkarbonisering av en produksjonsprosess innenfor kraftintensiv industri kan gjennomføres helhetlig eller som kombinasjoner av direkte elektrifisering av prosessutstyr, og indirekte elektrifisering gjennom CO₂-håndtering og/eller endring av kjemiske innsatsfaktorer.

Valg av avkarboniseringsteknologi er avhengig av mange faktorer, eksempelvis lokalt tilgjengelige innsatsfaktorer som fornybar elektrisitet og varme, nødvendig areal og kompetanse, samt nødvendig infrastruktur. Tilgangen til innsatsfaktorer som er nødvendig, være kan regulert (for eksempel er både tilgangen og prisen på kraft regulert), mens det for andre avkarboniseringsløsninger kan mangle infrastruktur (for eksempel tilgang til CO₂-transport og lagring).

Direkte elektrifisering krever oppgradering eller erstatning av prosessutstyr som i dag drives av hydrokarboner til elektriske motorer og varmeelementer.

Hydrogen er et eksempel på en utslippsfri kjemisk innsatsfaktor som i noen tilfeller kan brukes som reduksjonsmiddel, brukes som brensel, eller gå inn i en kjemisk reaksjon via ammoniakk mot et sluttprodukt som kunstgjødsel. Produksjon av utslippsfri hydrogen kan gjennomføres med elektrolyse av vann med fornybar kraft (grønn H₂) eller dampreforming av naturgass med CO₂-håndtering (blå H₂). Begge er kraftkrevende prosesser, men produksjon av grønt hydrogen krever³⁶ 50-60 MWh/tonn H₂, mens blått hydrogen krever³⁷ 10-15 MWh³⁸/tonn H₂ avhengig av valgt teknologi for CO₂-fangst.

I resten av dette kapitlet har vi forenklet noe og delt avkarboniseringsløsningene inn i tre kategorier:

- **elektrifisering**
- **endring av innsatsfaktorer og/eller kjemiske produksjonsprosesser**
- **CO₂-håndtering**

For en del anlegg kan flere avkarboniseringsalternativer vurderes i kombinasjon.

4.2 Analyse av avkarboniseringsløsninger per bransje

I dette kapitlet ser vi på avkarboniseringsløsninger per bransje. Hvilke modne løsninger finnes, og hvilken avkarboniseringsløsning vil industriaktøren velge?

³⁶ [Norsk hydrogenforum Svar på ofte stilte spørsmål - Norsk Hydrogenforum](#)

³⁷ [SINTEF. Norske muligheter innenfor hydrogen – SINTEF-blogg](#)

³⁸ 1 MWh=3,6 GJ [ConvertUnits](#). MWh brukes i sammenheng med elektrisitetsproduksjon og -forbruk. GJ brukes for å kvantifisere store mengder energi i sammenheng med naturgass, varme og industrielle prosesser

Avkarboniseringsløsninger har ulik modenhet (TRL) i ulike bransjer

Bransje	Elektrifisering	Endring i prosess og/eller reduksjonsmiddel	CCS
Oljeraffinerier & petrokjemi	Høy	Lav	Høy
Gassprosessering & kraft	Høy	Lav	Høy
Aluminium	N/A	Medium	Lav
Silisium	N/A	Høy	Medium/Høy
Gjødsel (H ₂ & NH ₃)	Høy	Medium/Høy	Høy
Manganlegeringer	N/A	Medium	Medium/Høy
Sement og kalk	Lav	Medium/Lav	Høy
Avfall til energi	N/A	N/A	Høy
Tremasse & papir	Lav	Medium	Medium

Kilde: Arkwright research, tilpasset av Gassnova

Valg av løsning

Beste avkarboniseringsløsning	Med insentiver for karbonfjerning
Avhenger av underliggende forutsetninger	
Avhenger av underliggende forutsetninger	
Behov for videre teknologiutvikling	
Avhenger av underliggende forutsetninger	Trolig CCS
Avhenger av underliggende forutsetninger	
Avhenger av underliggende forutsetninger	Trolig CCS
CCS eneste løsning per nå	CCS
CCS eneste løsning per nå	CCS
Avhenger av underliggende forutsetninger	Trolig CCS

Figur 4-2 - Ulike bransjer har ulike alternativer for avkarbonisering (Kilde Arkwright Research, tilpasset av Gassnova)

Gassnova har tatt utgangspunkt i en analyse av Arkwright og videreutviklet denne blant annet etter innspill fra Enova.

Det understrekes at det kan være betydelige forskjeller mellom anlegg innad i en bransje, og at analysen er gjort på et overordnet nivå.

Se kapittel 5.1.3 for nærmere omtale av teknologiutvikling og TRL-systemet.

Vurderingene viser at:

CO₂-håndtering er i praksis nødvendig for at disse bransjene skal avkarboniseres frem mot 2050:

- **For eksisterende sement- og kalkverk** er CO₂-håndtering den eneste avkarboniseringsløsningen. TRL er høy, og det finnes et betydelig antall initiativer på verdensbasis som kan bidra til å utvikle teknologien videre. En relativt høy CO₂-konsentrasjon i avgass kan isolert sett bidra til relativt sett lavere kostnader (se kapittel 5.2.2).
- **Avfallsbransjen** har ingen andre avkarboniseringsmulighet enn CO₂-håndtering. De første prosjektene er i gang. For eksempel startet avfallsanlegget Twence (CCU) i Nederland opp tidlig i 2025, og i Oslo er Hafslund Celsio i gang med byggingen. Flere prosjekter i Europa er under planlegging.

Både CO₂-håndtering og elektrifisering er modne løsninger for disse bransjene, men der elektrisitet er en knapphetsfaktor kan CO₂-håndtering ha et fortrinn:

- **For oljeraffinerier, petrokjemi og gassprosessering** kommer elektrifisering og CO₂-håndtering om lag likt ut når det gjelder teknologisk modenhet, som er høy.

CO₂-håndtering i norsk landbasert industri frem mot 2050

Fordelen med CO₂-håndtering er at det er et lavere behov for elektrisk kraft per tonn CO₂ fjernet, sammenlignet med elektrifisering. Det kan være et relevant poeng der tilgang til elektrisitet er begrenset. Dette er generelle betraktninger, og det bør i tillegg alltid gjøres en konkret vurdering når det gjelder tilgang til kraft, levertid på anlegg osv. I dag vurderer aktører i denne bransjen elektrifisering alene, eller CO₂-håndtering og elektrifisering i kombinasjon.

- **For kunstgjødse-, hydrogen- og ammoniakkproduksjon** er alle de tre avkarboniseringsløsningene mulige. Elektrifisering (ved hjelp av grønt hydrogen) har høy TRL, men er en kostbar løsning, som krever mye elektrisitet. Det er også mulig å kjøpe grønt hydrogen, men kostnadene er høye. CO₂-håndtering har høy TRL og moderate driftskostnader, men løsningen har til gjengjeld høye investeringskostnader. Ved høye investeringskostnader, betyr anleggets levetid mye for kostnadene per tonn CO₂ håndtert. CO₂-håndtering er også lovende hvis man ser på behov for elektrisk kraft per tonn CO₂ redusert. Det er også mulig å gjøre en kombinasjon av elektrifisering og CO₂-håndtering.

Overgang til biogene innsatsfaktorer er en moden løsning, men tilgangen kan være en begrensning. CO₂-håndtering kan være en attraktiv løsning, men er ennå ikke demonstrert i bransjen:

- **Silisiumverkene** har ikke mulighet for ytterligere elektrifisering, men kan til gjengjeld skifte fra fossile til biogene innsatsfaktorer, noe som fremstår som den mest attraktive løsningen i dag og som har foregått over tid. Det er teknisk mulig å fjerne nesten alle de fossile utslippene ved å endre til biogene innsatsfaktorer. Biomasse kan ha begrenset tilgjengelighet i de store mengdene som trengs for å erstatte det fossile råstoffet i denne sektoren, og fordi flere sektorer konkurrerer om den. Likevel har Norge et stort uutnyttet potensial, forutsatt ansvarlig forvaltning og bærekraft i praksis.³⁹ CO₂-fangst er testet av flere aktører i bransjen, med gode resultater. Det finnes imidlertid ingen fullskala CO₂-fangstprosjekter under bygging eller i drift i denne sektoren. Siden CO₂-konsentrasjonen i avgassen er noe lav, vil det isolert sett trekke i retning av mer kostbar CO₂-fangst i denne bransjen enn andre bransjer der CO₂-håndtering benyttes i dag (se kapittel 5.2.3). Biobasert brensel i kombinasjon med CO₂-håndtering kan gi negative utslipp (industriell karbonfjerning). Insentiver for fangst og lagring av biogen CO₂ kan bidra til å utløse CO₂-håndteringsprosjekter i denne bransjen.

CO₂-håndtering antas å være en attraktiv løsning, men er ennå ikke demonstrert i bransjen:

³⁹ [Hvor mye bærekraftig biomasse har vi i Norge til energiformål? | Enova](#)

- **Manganverkene** har ikke mulighet for ytterligere elektrifisering. Overgang til biokarbon er en mulig løsning som enkelte aktører har studert, men løsningen er vurdert til å være på et middels TRL-nivå. CO₂-håndtering er pilotert med gode resultater, og en høy CO₂-konsentrasjon vil isolert sett gi lavere fangstkostnad. Det finnes imidlertid ingen fullskala CO₂-fangstprosjekter under bygging eller drift i denne sektoren per i dag.

Inerte anoder er i ferd med å kommersialiseres (iallfall for nye anlegg), men CO₂-håndtering kan være aktuelt på sikt for eksisterende anlegg:

- **Aluminiumsindustrien:** Det har vært en utvikling innen løsninger for kommersielle inerte anoder (Elysis)⁴⁰. Denne Elysis-løsningen støtter implementering på eksisterende smelteverk, enten som direkte «retrofiting» eller som tillegg til eksisterende infrastruktur. Teknologien vil imidlertid trolig være mest relevant for helt nye anlegg. Også Hydros Halzero-teknologi kan være klar før 2050.⁴¹ Hydro arbeider også med å utvikle CO₂-håndteringsløsninger. CO₂-håndtering har lav TRL. Dette er fordi CO₂-konsentrasjonen i avgassen er veldig lav, kun 1 prosent.

Oppsummert viser Figur 4-2 at avfallsbransjen, sement- og kalkbransjen, ikke har noen alternative avkarboniseringsalternativer enn CO₂-håndtering frem mot 2050. CO₂-håndtering blir demonstrert i disse bransjene gjennom Langskip. I metallindustrien kan CO₂-håndtering være en attraktiv løsning, men har varierende modenhet. CO₂-håndtering kan også være en aktuell løsning for bransjer som baserer seg på fossile innsatsfaktorer, men der er elektrifisering også et alternativ (for de fleste avgasstrømmer). Det presiseres imidlertid at det kan være betydelige ulikheter innenfor anleggene i samme bransje, og at det alltid må gjøres egne vurderinger for hvert enkelt anlegg.

4.3 Norsk industri sine CO₂-håndteringsplaner

En rekke norske industriaktører vurderer muligheten for CO₂-håndtering knyttet til sine anlegg, og mange aktører har lagt ned en betydelig innsats i testing og planlegging. CLIMIT har støttet en rekke aktører som har gjennomført teknologiutviklingsprosjekter og mulighetsstudier. Gassnova har gjennom arbeid med denne utredningen fått innspill

⁴⁰ [ELYSIS achieves breakthrough with commercial-size cell: a first in aluminium production using the inert anode technology | ELYSIS](#)

⁴¹ [HalZero – et paradigmeskifte i aluminiumproduksjonen | Hydro](#)

fra aktører som har delt av sine analyser og vurderinger knyttet til mulighetene og hva som skal til for å realisere planene (se kapittel 1.2).

Utredningene og planene er på ulike stadier, og de mulige løsningene har varierende modenhetsnivå. Virksomhetene jobber kontinuerlig med å kartlegge hvilke muligheter de har for å kutte utslippene sine ned mot null. Flere aktører peker på at dagens rammebetingelser ikke er tilstrekkelig gode, at usikkerheten er høy, og at det er behov for ytterligere insentiver fra myndighetene for å realisere prosjekter. (se kapittel 3)

Innspill fra virksomhetene danner også utgangspunkt for Miljødirektoratets analyser, inkludert anslag på mulig omfang av CO₂-håndtering. Ifølge «Klimatiltak i Norge 2025» kan karbonfangst og -lagring på avfallsforbrenningsanlegg bidra til å redusere de årlige utslippene med nesten 0,8 millioner tonn⁴² CO₂ og CO₂-håndtering på industrianlegg bidra med nesten 3,5 millioner tonn⁴³ i utslippskutt i 2035. Miljødirektoratet peker på at flere nye virkemidler må etableres for å utløse utslippskuttene.

Som vi har vist i denne utredningen, er det usikkerhet forbundet med det reelle potensialet for karbonfangst i norsk industri selv om det etableres relevante virkemidler (se kapittel 2).

⁴² [I01 Karbonfangst og -lagring \(CCS\) på avfallsforbrenningsanlegg - miljodirektoratet.no](https://www.miljodirektoratet.no/tema/klimatiltak/02-karbonfangst-og-lagring-ccs-pa-avfallsforbrenningsanlegg)

⁴³ [I02 Karbonfangst og lagring \(CCS\) på industrianlegg - miljodirektoratet.no](https://www.miljodirektoratet.no/tema/klimatiltak/02-karbonfangst-og-lagring-ccs-pa-industrianlegg)

5 CO₂-HÅNDTERING: TEKNOLOGI- OG MARKEDSUTVIKLING OG KOSTNADER

Det finnes modne tekniske løsninger for alle delene av CO₂-håndteringskjeden. Likevel er det behov for å videreutvikle teknologien langs hele kjeden for å tilpasse teknologien til ulike forhold og ikke minst for å redusere kostnadene. Både CLIMIT og TCM er innrettet direkte mot dette.

Videre teknologiutvikling og kostnadsreduksjoner er avhengig av et internasjonalt samarbeid. Det er avgjørende at nye prosjekter kommer til internasjonalt og at forskning og teknologiutvikling videreføres i parallelt. Driveren for kostnadsreduksjoner er i stor grad antall etterfølgende prosjekter, optimaliserte løsninger og skalafordeler.

5.1 Teknologistatus, teknologiutvikling og markedsutvikling

5.1.1 Hele CCS-kjeden

CO₂-håndteringskjeder kan bestå av ulike elementer og være svært ulike. En kjede består minimum av en oppsamling av CO₂ og injeksjon av CO₂ til et lager (som Sleipner-prosjektet). De fleste CO₂-håndteringskjeder er imidlertid mer komplekse enn dette. Det utvikles også konsepter som kan beskrives mer som nettverk enn som kjeder.

I eksempelet under inneholder kjeden et fangstanlegg, mellomlagring, komprimering og flytendegjøring av CO₂, transport (f.eks med bil) til oppsamlingshub, mellomlagring, videre transport (f.eks med skip) til en ny oppsamlingshub før transport (f.eks i rør) til injeksjonsbrønn og for lager. Det finnes tekniske løsninger tilgjengelig for alle elementene i denne CO₂-håndteringskjeden.



Figur 5-1 - CO₂-håndteringskjeden

Utvikling av ny teknologi som gjør det mulig å forenkle kjeden, kan gi betydelige kostnadsreduksjoner. For eksempel er det flere lagringsaktører som planlegger for direkteinjeksjon av CO₂ fra et skip offshore. Da unngår man mellomlagring på land og rørtransport ut til brønnen. Det ulike elementene i slike alternative løsninger, har imidlertid ulik modenhet. Det kommer vi tilbake til i kapittel 5.1.5.

Koordineringsutfordringer i kjeden

I en CO₂-håndteringskjede er de ulike aktørene avhengig av hverandre. Det er derfor betydelige kommersielle utfordringer knyttet til å utløse investeringer i de ulike delene av kjeden. Fangst-aktører er avhengig av tilgang til lager for å kunne investere, og

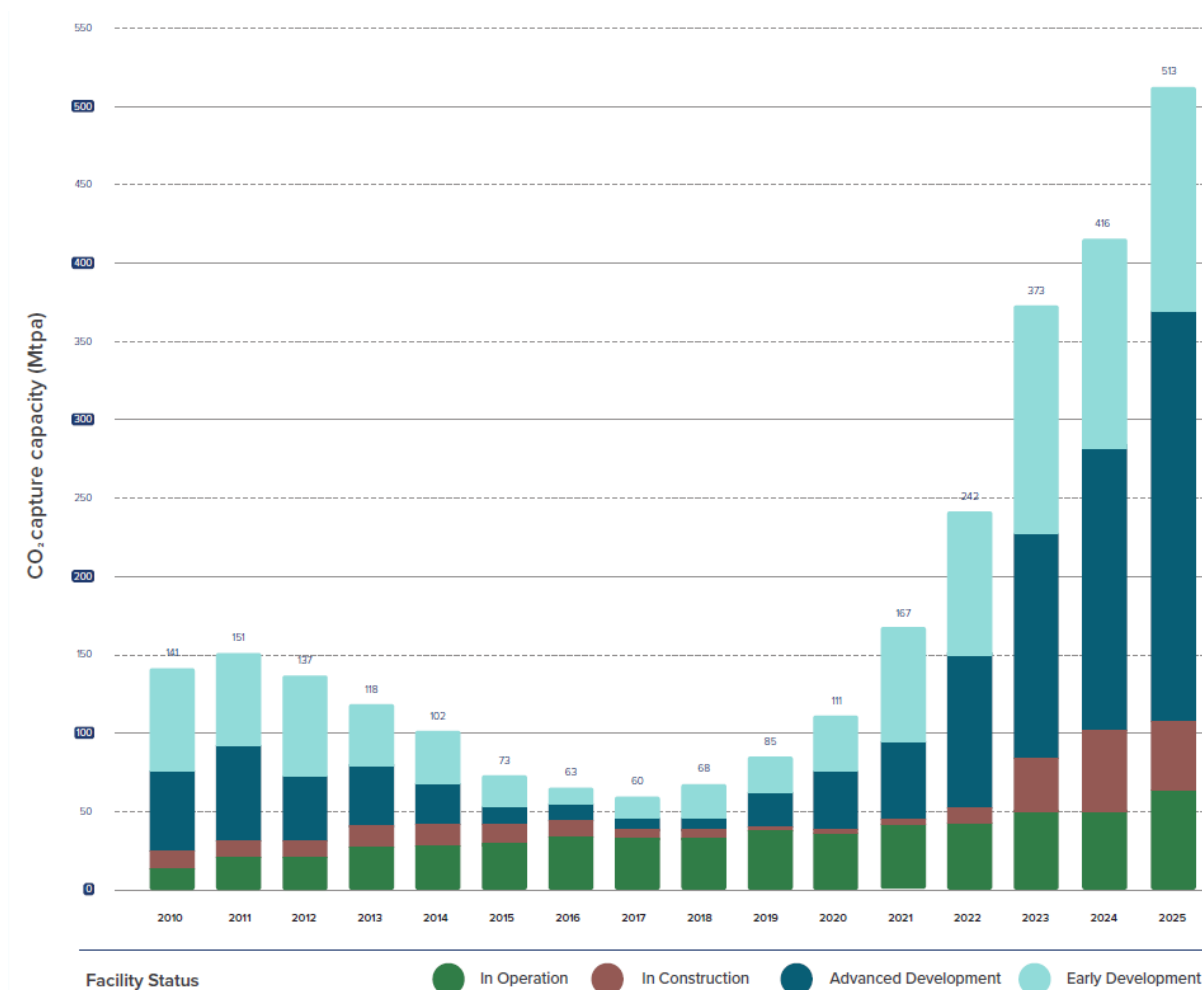
lageraktører er avhengig av fanget CO₂ for å kunne investere. Siden det ikke finnes et etablert marked for CO₂-lagring, er det på kort sikt usikkert om bedriftene vil få tilgang til et CO₂-lager og ikke minst til hvilken pris (omtalt i kapittel 5.1.5). Det kan også være utfordringer knyttet til skalafordeler ved utbygging av slik infrastruktur, og at utøvelse av markedsrett kan hindre at utbygd infrastruktur brukes optimalt.

5.1.2 CO₂-håndteringsprosjekter globalt

GCCSI⁴⁴ publiserer hvert år en statusrapport for CO₂-håndteringsprosjekter globalt. Figur 5-2 under viser at antall CO₂-håndteringsprosjekter har økt bratt gjennom 2020-tallet. Rapporten viser videre at 27 prosjekter kom i drift og 30 gikk inn i byggefasen det siste året. Siden Langskip ble vedtatt i 2020 har CO₂-volumet fra kategoriene bygging og drift mer enn doblet seg med en økning fra i underkant av 50 millioner tonn CO₂ til over 100 millioner tonn CO₂ per år. I tillegg viser Figur 5-2 at det har vært en bratt økning i CO₂-håndteringsprosjekter under planlegging.

GCCSI konkluderer med at der det er politikk for avkarbonisering, der er det prosjekter. For ytterligere informasjon viser vi til GCCSIs rapport.

⁴⁴ [Global-Status-of-CCS-2025-report-9-October.pdf](#)



Figur 5-2 - Utviklingen i global CO₂-håndtering -portefølje over tid (Kilde: GCCSI)

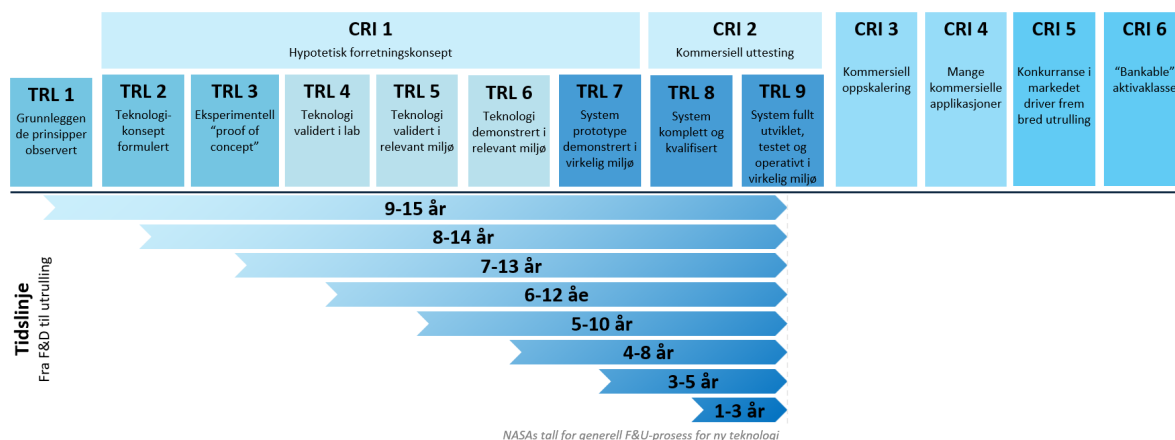
5.1.3 Teknologeutvikling og kommersiell modenhet

Det er stor utsikkerhet knyttet til hvor lang tid det tar å utvikle og kommersialisere ny teknologi. Teknologimodningen, altså tiden det tar fra ideen er på tegnebrettet (grunnleggende prinsipper observert) til systemet er fullt utviklet, testet og operativt i sitt virkelige miljø, tar det anslagsvis 9-15 år. Tiden det tar å kommersialiseringen teknologien er det stor utsikkerhet knyttet til.

NASAs Technology Readiness Level (TRL)-system er en skala som brukes til å vurdere modenheten til en teknologi, fra idéstadiet til full operativ bruk. Systemet er anerkjent og brukes for å vurdere hvor klar en teknologi er for praktisk bruk.

Commercial Readiness Index (CRI) bygger videre på TRL-skalaen, men fokuserer mer på kommersielle faktorer som markedsaksept, investeringsrisiko og regulatoriske forhold. CRI-skalaen vurderer altså hvor kommersielt moden en teknologi eller produkt er. Figur

5-3 viser nivåene i TRL- og CRI-systemet, hva som kjennetegner hvert nivå, og gir anslag for hvor lang tid det tar å komme fra et nivå til et annet.



Figur 5-3 - Teknologi- om markedsutvikling (Kilde: Arkwright, tilpasset av Gassnova)

Det tar altså lang tid fra en teknologi er på tegnebrettet til den er kommersialisert og kan bidra til reell avkarbonisering. **Det betyr at dersom en teknologisk løsning skal kunne bidra til avkarbonisering i 2050, må teknologien antagelig være under utvikling allerede i dag.** Det er lite sannsynlig at nye grunnleggende teknologikonsepter som ikke er observert eller beskrevet allerede i dag vil bidra til avkarbonisering i tidsrommet vi her snakker om.

CO₂-håndtering er komplekst

To forhold er verdt å merke seg når det gjelder markedsutvikling for CO₂-håndtering.

- **System-modenheten i CO₂-håndteringskjeden**
- **Læringsrater for CO₂-håndtering.**

Det første gjelder **system-modenheten i CO₂-håndteringskjeden**. Aktørene som skal avkarbonisere sin produksjon ved hjelp av CO₂-fangst, og aktørene som skal levere tjenester langs resten av CO₂-håndteringskjeden (transport og lagring), har behov for at hele verdikjeden utvikles samtidig (se kapittel 5.1.1). Dette kommer i tillegg til modning og kommersialisering av enkeltteknologiene langs kjeden. Behovet for systemmodenhet tilfører CO₂-håndteringsområdet ytterligere kompleksitet sammenlignet med annen teknologiutvikling.

Arkwright har gjort en analyse for Gassnova der teknologi- og markedsutviklingen for CO₂-håndteringskjeden sammenliknes med teknologi- og markedsutviklingen for offshore vind. Offshore vind har, i likhet med CO₂-håndtering, behov for betydelig systemutvikling for å kunne kommersialiseres. For offshore vind tok det anslagsvis 10 år

CO₂-håndtering i norsk landbasert industri frem mot 2050

å gå fra «systemet fullt utviklet, testet og operativt i virkelig miljø» (TRL 9) til «mange kommersielle applikasjoner» (CRI4), og ytterligere fem år til «konkurranse i markedet driver frem utrulling» (CRI5). Tiden det vil ta før offshore vind er fullt ut kommersielt («bankable» aktivaklasse) er usikker. Storskala transport, nye kaifasiliteter, flytende- og bunnfast teknologi og offshore trafo/kabel setup måtte på plass.

Det andre gjelder **læringsrater for CO₂-håndtering**. De forventede læringseffektene fra CO₂-håndtering er forskjellige fra for eksempel solkraft, mener Arkwright. Det begrunnes med at CO₂-håndtering er en mindre modulær løsning med større forskjeller mellom prosjekter når det gjelder avgass, eksisterende fasiliteter og størrelse. Det betyr at man ikke vil ha samme kopieffekt som for solkraft, men at det derimot vil være en lengre fase der læring fra relevante prosjekter vil være viktig for å vinne erfaring. I tillegg vil det være behov for å utvikle flere teknologiske løsninger, ikke bare én standardløsning som er vanlig innen solkraft.

Langskip som demonstrasjonsprosjekt

For staten er Langskip først og fremst et demonstrasjonsprosjekt. Det betyr at prosjektet skal bidra til å utvikle CO₂-håndteringsmarkedet videre til gunst for etterfølgende aktører.

Samfunns målet er formulert slik: «Demonstrasjon av CO₂-håndtering skal gi den nødvendige utviklingen av CO₂-håndtering, slik at de langsiktige klimamålene i Norge og EU kan nås til lavest mulig kostnad».

I tillegg er det definert effektmål:

- gi kunnskap som viser at det er mulig og trygt å gjennomføre fullskala CO₂-håndtering
- gi produktivetsgevinster for kommende prosjekter gjennom lærings- og skalaeffekter
- læring knyttet til regulering og insentivering av CO₂-håndteringsaktiviteter
- legge til rette for næringsutvikling

Gassnova har indentifisert og vurdert effektene av Langskip i flere rapporter. I Gassnova og DNV sin rapport «Oppdatert samfunnsøkonomisk analyse av demonstrasjonsprosjekt for fullskala CO₂-håndtering»⁴⁵ gjøres det blant annet vurderinger av lærings- og skalaeffekter.

Læringseffektene medfører at etterfølgende prosjekter får høyere produktivitet da prosjektet blant annet stimulerer til at ny teknologi utvikles, løsninger blir optimalisert

⁴⁵ [Gassnovas-samfunnsøkonomisk-analyse-2020.pdf](#)

og usikkerhet reduseres. I tillegg vil etterfølgende prosjekter kunne få reduserte kostnader som følge av skalaeffekter.

Rapporten viser at størrelsen på den globale prosjektporteføljen for CO₂-håndtering er spesielt viktig for å utløse lærings- og skalaeffekter. Det betyr at CO₂-håndteringsutviklingen i verden – og ikke minst i Europa – vil ha stor betydning for norsk industri. Jo raskere utrulling av CO₂-håndtering går utenfor Norge, jo mer vil kostnadene falle, noe norske aktører også vil nyte godt av. (se kapittel 6.3)

5.1.4 CO₂-fangst

For CO₂-fangst fra industriavgasser finnes det fem hovedtyper teknologier:⁴⁶

- væske
- faststoff
- membraner
- forbrenning med rent oksygen
- utfelling av fast CO₂ ved lave temperaturer

CO₂-fangst med væske: Ved væskebasert CO₂-fangst kommer den CO₂-holdige gassen i kontakt med en væske og fanges ved at den løses opp i eller reagerer kjemisk med væsken. Den mest brukte væsken er basert på amin, og teknologien omtales ofte som aminteknologi. Væsken overføres så til en annen enhet/kolonne hvor CO₂ frigjøres ved for eksempel å endre trykk eller temperatur. CO₂ er nå i konsentrert form klar for videre håndtering, mens væsken er regenerert og sirkuleres tilbake for å fange mer CO₂. Det er denne type teknologi som benyttes av Heidelberg Cement og Hafslund Celsio i Langskip prosjektet. Teknologien kjennetegnes ved at reaksjonen skjer ved om lag 40-50 gr.C. Røygassen må derfor kjøles ned og denne varmen kan benyttes i fangstprosessen. Derfor er ofte var bruk av denne teknologien kombinert med omfattende system for varmegjenvinning.

Faststoff: CO₂ kan binde seg til overflaten av et fast stoff eller kjemisk binding, og på denne måten benyttes til å ta ut for eksempel. CO₂ fra en avgass. Det faste stoffet kan deretter regenereres, det vil si. frigjøre CO₂, typisk ved å endre trykk eller temperatur. Denne fangstprosessen skjer ofte på mye høyere temperatur enn for væskebaserte løsninger.

Membraner utnytter at enkelte gasser i en blanding lettere trenger gjennom materialer enn andre. På denne måten kan man skille de ulike gassene i avgassene som skal renses og oppkonsentrere CO₂. Teknologien kjennetegnes ved at den bruker energi i form av elektrisitet for å skape det drivende trykket av avgassen gjennom membraner. Teknologen er effektiv ved lav fangstgrad (typisk 50%). Ønskes høyere fangstgrad må flere membrantrinn kobles i serie og effektiviteten reduseres betydelig. Membraner kan

⁴⁶ [Teknologistatus-CCS-ver04-final-Gassnova-1.pdf](#)

også benyttes sammen med andre teknologier ved for eksempel å ha et membranbasert oppkonsentreringstrinn for CO₂ eller ved at de kjemiske reaksjonene (f.eks. ved hydrogenproduksjon fra naturgass) foregår inne i selve membranenheten.

Forbrenning med rent oksygen: Som navnet tilsier brukes denne teknologien primært til bruk i forbrenningsprosesser, og kan ikke benyttes til å rense avgasser. Ved forbrenning med rent oksygen blir forbrenningsluften som består av ca. 80 % nitrogen, erstattet med oksygen iblandet CO₂ eller vanndamp. Røygassen vil da primært bestå av CO₂ og vann. Vann og mindre komponenter fjernes i en enklere prosess enn andre fangstprosesser og resultatet er nesten ren CO₂. Teknologien vil kreve en form for produksjonsenhet for oksygen og tilpassing av eksisterende forbrenningsprosess.

Utfelling av fast CO₂ ved lave temperaturer: Ved lavtemperatur CO₂-fangst kjøles røygassen ned slik at CO₂ kan separeres ut som væske eller i fast form. Det er omfattende kjølesystemer som må benyttes og fokus i denne teknologiutviklingen er å optimalisere energiforbruk rundt dette. Denne teknologien er under utvikling og modenhetsnivået er lavere enn de de andre omtalte teknologiene over.

Det pågår en stadig utvikling innen disse teknologigruppene. Utviklingen fokuserer på å redusere kostnader, forstå og forbedre kunnskapen om helse-, miljø- og sikkerhetsaspekter, og redusere teknologisk risiko.

De ulike teknologiene for fangst har sine særtrekk som gjør de mer eller mindre egnet for ulike typer utslippspunkter. Valg av teknologi vil bli bestemt ut fra egenarten til de ulike bransjer og anlegg med hensyn til blant annet CO₂-konsentrasjon og urenheter i avgassen som skal renses, tilgjengelig energiform for å drive fangstanlegget og andre stedsspesifikke forhold. CO₂-fangstanlegg er store anlegg siden mengden CO₂ som skal håndteres, ofte er i samme størrelsesorden som primærproduktet fabrikken produseres. Derfor er tilgang til areal og om CO₂-fangstanlegget skal ettermonteres eller om CO₂-fangstløsningen skal bygges inn i selve industriprosessen viktig for valg av type fangstteknologi. I kapittel 5.2.2 beskriver vi hvordan kostnadene kan variere for aktører som tar i bruk aminteknologien samt redegjør for kostnadsreduksjonspotensialet basert på Langskip 5.2.3.

Tilpassing av eksisterende fabrikk og integrasjon av CO₂-fangstaanlegg vil ofte være like omfattende som bygging av selve fangstanlegget. Teknologiutvikling opp mot ulike industrier og bransjer sine spesifikke særtrekk, bør derfor ha fokus når fangstteknologier utvikles. Dette skiller CO₂-fangst fra andre klimateknologier som er mer selvstendige løsninger (for eksempel solceller og vindkraft), og man må regne med et mer omfattende utviklingsarbeid av fangstteknologien mot spesifikke bransjer.

Leverandører av ulike fangstteknologier har de siste årene vært i sterk fremgang, og det er også en omfattende portefølje globale prosjekter mot ulike industrielle utslipp (se kapittel 5.1.2). Et særtrekk er at det er få fangstprosjekter innen aluminium, silisium og mangan. (se kapittel 5.1.6)

Som vi viste i kapittel 4.2 har de fleste norske industriutslipp egenskaper som egner seg til å implementere eksisterende fangstteknologier. Et klart unntak er aluminiumsindustrien som har utslipp med veldig lav CO₂-konsentrasjon, og som står for ca 18% av utslippene som er innenfor omfanget av denne utredningen. Hvis CCS skal kunne tas i bruk innen denne bransjen, må fangstteknologien modnes ytterligere. Det kan være synergieffekt med utvikling av teknologier for fangst direkte fra atmosfæren som omtales i neste kapittel, men integrasjonen inn mot eksisterende aluminiumsanlegg vil kreve spesifikk utvikling.

Fangstteknologier for direktefangst av CO₂ fra luft og vann

Slik vi har tolket mandatet er utredningen avgrenset til CO₂-håndtering i norsk landbasert industri. CO₂ kan også fanges direkte fra luft og vann. Dersom det etableres insentiver for industriell karbonfjerning, kan det i teorien stimulere teknologiutvikling og prosjekter for å fjerne CO₂ direkte fra luft og havvann (DAC/DOC).

I forhold til avgassene fra industrien er det svært lav CO₂-konsentrasjon i luften. Med en CO₂-konsentrasjon på 0,0426 % i luften gjør det at store volum må behandles.

I en artikkel fra MIT⁴⁷ sammenliknes CO₂-håndtering på et typisk industrielt anlegg som har 10% CO₂ i avgassen med DAC. For å illustrere DAC viser man til at det blir som å finne 10 røde klinkekuler i en krukke med 25 000 klinkekuler, hvorav 24 990 er blå. Til sammenlikning skal man finne omtrent 10 røde klinkekuler i en krukke med 100 klinkekuler, hvorav 90 er blå, når man fanger CO₂ fra en røykgass som har 10% CO₂.

DAC vil altså kreve mye energi og mye plass. DAC vurderes til å ligge på 7-8 på TRL skalaen (pilot/kommersielt nivå). Et eksempel på er slikt anlegg som er under bygging er et anlegg i Texas «1PointFive»⁴⁸. Dette prosjektet planlegger å fange 0,5 millioner tonn pr. år.

Direct Ocean Capture (DOC) er en teknologi for å fjerne CO₂ direkte fra havvann. Havet inneholder omtrent 150 ganger mer CO₂ enn atmosfæren i mengde.⁴⁹ Havet fungerer som et «karbonsluk» da økt CO₂ konsentrasjon i atmosfæren medfører at mer CO₂ løses opp i havet. Denne likevekten er grunn til at DOC fungerer som et klimatiltak også for atmosfærisk CO₂. CO₂ i havet omgjøres primært til bikarbonat. Det er derfor en helt annen teknologi som benyttes enn fangst av CO₂ gass fra industri eller atmosfæren. Sammenlignet med DAC er teknologien fortsatt umoden, men potensialet for kostnadsreduksjon og energieffektivitet er stort.

⁴⁷ [Reality check on technologies to remove carbon dioxide from the air | MIT News | Massachusetts Institute of Technology](#)

⁴⁸ [Our Approach to Carbon Management Projects | 1PointFive](#)

⁴⁹ [Direct Ocean Capture: A new way to remove CO2 from the sea | World Economic Forum](#)

Utviklingen i DAC-teknologien kan i teorien få spill over effekter til industriutslipp. Aluminiumsindustrien har som nevnt over ennå ingen moden CO₂-håndterings-løsning som følge av den lave CO₂-konsentrasjonen i avgassen (1 prosent).

5.1.5 CO₂-transport og -lagring

Norge har et godt utgangspunkt for CO₂-lagring. Store områder under Nordsjøen og Barentshavet har porøse bergarter (sandstein) hvor store mengder CO₂ kan lagres, og tette takbergarter (skifer) som hindrer lekkasje. I tillegg har Norge høy kompetanse innen utvinning av olje- og gass, og dette er kunnskap som har høy overføringsverdi til CO₂-håndtering.

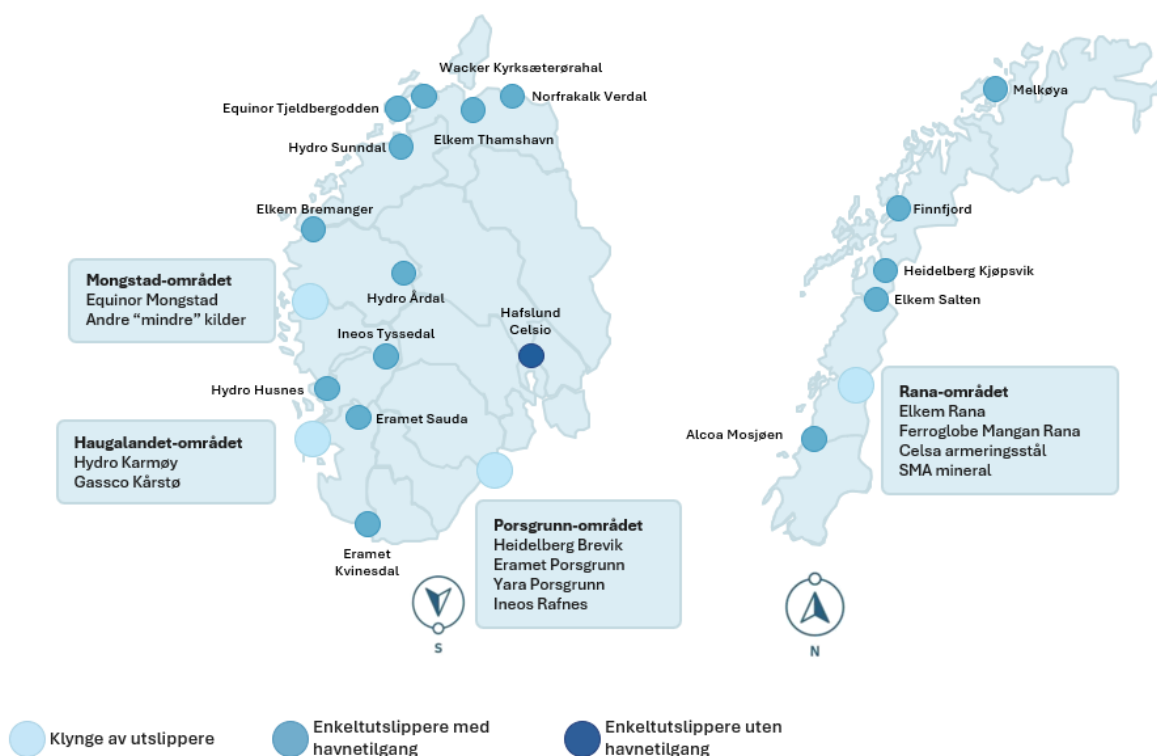
Dette er ideelle geologiske formasjoner for sikker lagring. Nærhet til store utslippskilder i Europa kan gjøre Norge attraktivt som lagringshub. Prosjekter som Sleipner (siden 1996) og Snøhvit har vist at Norge kan lagre CO₂ trygt i stor skala. I tillegg har Norge verdensledende erfaring med boring, reservoarstyring og undervannsinstallasjoner, som kan brukes til CO₂-lagring.

Siden det ikke finnes et etablert marked for CO₂-lagring, er det på kort sikt usikkert om norsk industri vil få tilgang til et CO₂-lager og ikke minst til hvilken pris. I dette kapitlet drøfter vi forhold knyttet til transport- og lagring av norske CO₂-utslipp.

Transport:

I kapittel 5.1.1 viste vi at det finnes det modne tekniske løsninger for transport og lagring av CO₂.

Norske utslipp er spredt over hele landet, fra sør til nord. Figur 5-4 viser de 28 største utslippskildene, hvor alle unntatt én ligger med direkte tilgang til kaianlegg langs kysten. Dette indikerer at skip vil være det mest formålstjenlige transportalternativet for de fleste norske utslippskilder ettersom de fleste trolig vil ligge et godt stykke fra et CO₂-lager.



Figur 5-4 - Norske CO₂-utslippskilder er lokalisert langs hele kysten (Kilde: Arkwright, videreutviklet av Gassnova)

Utfordringen med transport av CO₂ med skip fra norske utslippskilder er knyttet til størrelsen på de norske utslippene. Enhetskostnadene knyttet til transport blir høye ved lave volum. De norske kildene er små i en slik sammenheng.

Lokalisering har også betydning for hvor kostnadseffektiv logistikk det er mulig å få til. Dersom anlegget ligger nær et lager, kan transportkostnadene bli lavere, særlig hvis det finnes en rørinfrastruktur nær fangstkilden, direkte ut til en lagringsformasjon. Siden transport av små CO₂-volum er kostbart, er det et potensial for at felles transport kan bidra til å redusere kostnadene. Både oppsamlingshub og melkerute er konsepter som kan vurderes, men den spredte lokaliseringen øker utfordringen. Potensialet for besparelser må vurderes i hvert enkelt tilfelle og må sees opp mot merkostnader knyttet til samordningen som omlastning i forbindelse med oppsamling og lav utnyttelse av skipenes transportkapasitet i oppsamlingsdelen av en melkerute. Videre introduserer samarbeidet nye utfordringer, som at prosjekter kan ha ulik modenhet, det kan være usikkerhet om forsinkelser og avbrudd og mer tekniske aspekt ved transport i fellesskap.

For norske utslippskilder med små volum lokalisert ved havn, ville kostnadseffektive små skip vært en løsning for å oppnå transport med lave kostnader. CO₂ til næringsmiddelindustrien blir transportert med mindre båter. Fra Herøya Industripark

brukes det båter på om lag 1500 m³ (ca. 1/5 av Northern Lights sine skip) for å transportere CO₂ til kontinentet (ca. 0,2 millioner tonn/år). Dette er konverterte bulkbåter der en CO₂ tank er plassert i lasterommet. Det er relativt lave investeringskostnader, men relativt høye driftskostnader pr. tonn CO₂ transportert. Båter i denne størrelsesorden (1500-4000 tonn) ville kunne betjene CO₂ fra et enkelt utslippspunkt, uten koordinering mot andre utslippere. Det forutsetter tilrettelegging av mottaksanlegg hos lageraktøren for mindre skip. Potensialet for kostnadsreduksjon ved økt grad av automatisering og teknologi som fremmer utvikling av selvkjørende skip er dermed et område som peker seg ut.

Lagring:

Northern Lights er foreløpig den eneste norske aktøren som kan tilby transport- og lagringstjenester av CO₂ ettersom dette er det eneste lageret som er realisert foreløpig. Northern Lights har utviklet et lagringsanlegg som består av et mottaksanlegg for CO₂ med kaier, lossesystemer og mellomlagringsløsninger, samt en undersjøisk rørledning på havbunnen ut til injeksjonsbrønnen for CO₂. Northern Lights eier sine egne skip. Sett med norske øyne, er også dette konseptet er bygget for relativt store volumer.

Northern Lights har nylig besluttet å utvide kapasiteten fra 1,5 millioner tonn til 5 millioner tonn per år. Northern Lights har så langt inngått avtaler med CO₂-fangstprosjekter i Nederland, Danmark og Sverige, men har ennå ikke inngått avtaler med norske aktører. Ifølge industriaktørene Gassnova har hatt dialog med i forbindelse med arbeidet med denne utredningen, er norske industriutslippskilder lite attraktive kunder for Northern Lights fordi de norske utslippene er små og ligger spredt, slik at det er vanskelig å få til en kostnadseffektiv logistikk.

På kort sikt er det derfor en utfordring for norske industriaktører som planlegger CO₂-fangst, at norske CO₂-lagre bygges for stordrift. De norske utslipperne vil ha behov for fleksible løsninger og spesiell tilrettelegging, som for eksempel egne kaier, egne skip og eget losseutstyr. Alt dette øker enhetskostnadene knyttet til transport og logistikk. Dersom industriaktører sikres tilgang til lagring til kjente vilkår, kan en betydelig barriere bli redusert.

En rekke aktører planlegger å utvikle CO₂-lagre. I tillegg til Northern Lights utnyttelsestillatelse, er det gitt 13 tillatelser etter CO₂-lagringsforskriften til leting og utnyttelse av et undersjøisk reservoar til injeksjon og lagring av CO₂ på norsk sokkel.⁵⁰ Etablering av flere CO₂-lagre på norsk sokkel kan være et ytterligere bidrag til utrulling av CO₂-håndtering i Europa, noe som igjen kan komme norsk industri til gode.

Det er flere ulike lagringskonsepter som vurderes, og konseptene har ulike modenhet. I tillegg til konsepter med mottaksanlegg for CO₂ og undersjøisk rørledning ut til lageret, er direkteinjeksjon av CO₂ fra skip et konsept som vurderes av flere aktører. Fordelen

⁵⁰ [Tillatelser til CO2-lagring på norsk sokkel - regjeringen.no](https://www.regjeringen.no)

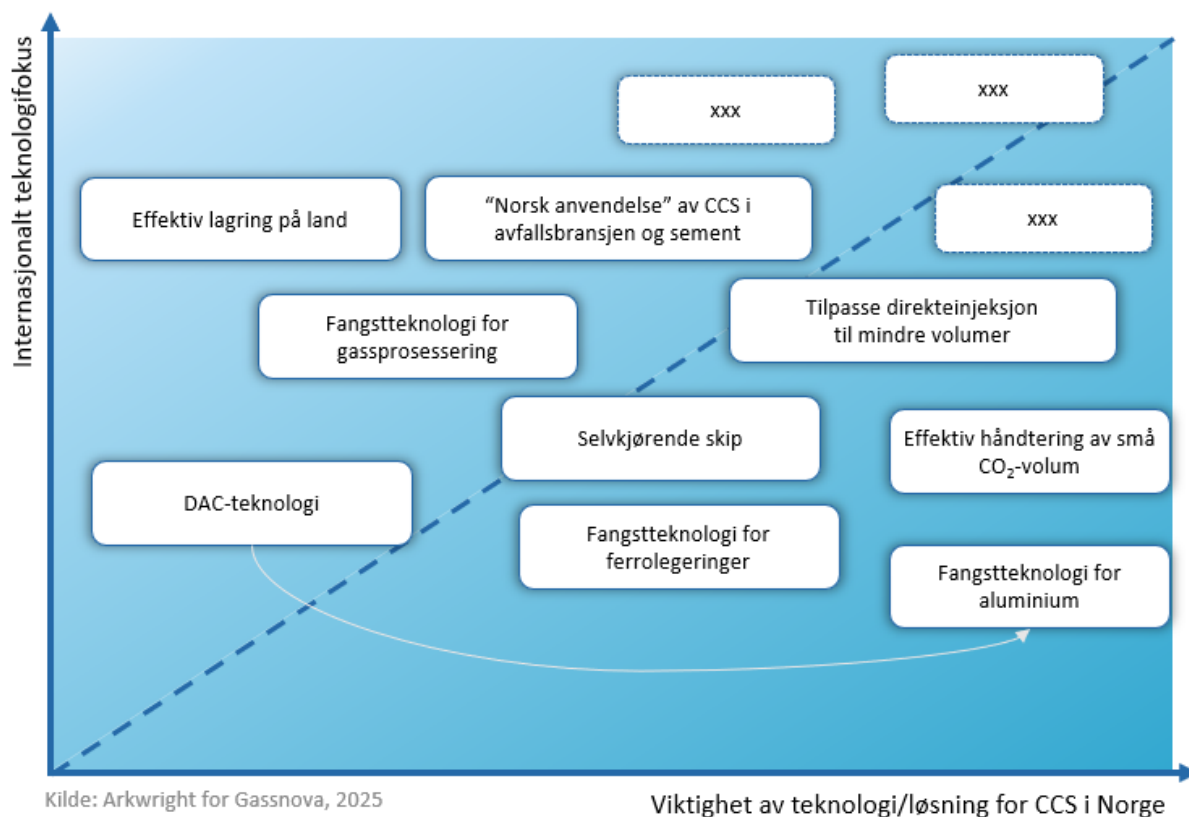
med dette konseptet er at man unngår investeringer i en rekke infrastrukturelementer på land. Direkteinjeksjon krever imidlertid store volum, enda større enn konseptet med landanlegg.

Dersom det utvikles CO₂-lagre utenfor Norges grenser, kan disse også være aktuelle for norske aktører. I Danmark arbeides det med å utvikle CO₂-lager, også på land, noe som kan være mer kostnadseffektivt enn offshore lagring.

5.1.6 Utvikling av nye CO₂-håndteringsløsninger for norsk industri

Som vist i kapittel 5.1.2 foregår det en betydelig utvikling av CO₂-håndtering globalt. Det er mange prosjekter under planlegging og etter hvert også et titalls under bygging og i drift. I dette kapittelet gjengir vi en analyse fra Arkwright som har vurdert hvilke teknologier og løsninger som vil kreve mer direkte utviklingsaktivitet i Norge fordi det forventes liten drahjelp fra internasjonale prosjekter.

Figuren under illustrer hvor Norge sannsynligvis bør ta ansvar og utvikle ny teknologi og nye løsninger, og hvor tilpasninger til internasjonale CCS-aktiviteter kan gjøres. Det gis eksempler på teknologier og løsninger som vil utvikles uavhengig av norsk forskningsinnsats, illustrert på oversiden av den stiplede linjen, mens teknologier og løsninger som trenger et «norsk dytt» for å utvikles i tilstrekkelig grad, er illustrert på undersiden av den stiplede linjen.



Figur 5-5 - Eksempler på internasjonalt teknologifokus og viktighet av teknologi eller løsning for Norge (Kilde: Arkwright, videreutviklet av Gassnova)

Arkwright trekker frem eksempler på hvor CO₂-håndteringsfokuset er internasjonalt. De har tatt utgangspunkt i relativt modne løsninger. De har ikke analysert internasjonal forskningsaktivitet. Arkwright peker på lagring av CO₂ på land, DAC-teknologi, fangstteknologier for gassprosessering, samt prosjekter innen sement og avfall. Dette er områder hvor norske aktører kan gjøre sine tilpasninger til teknologi som utvikles internasjonalt.

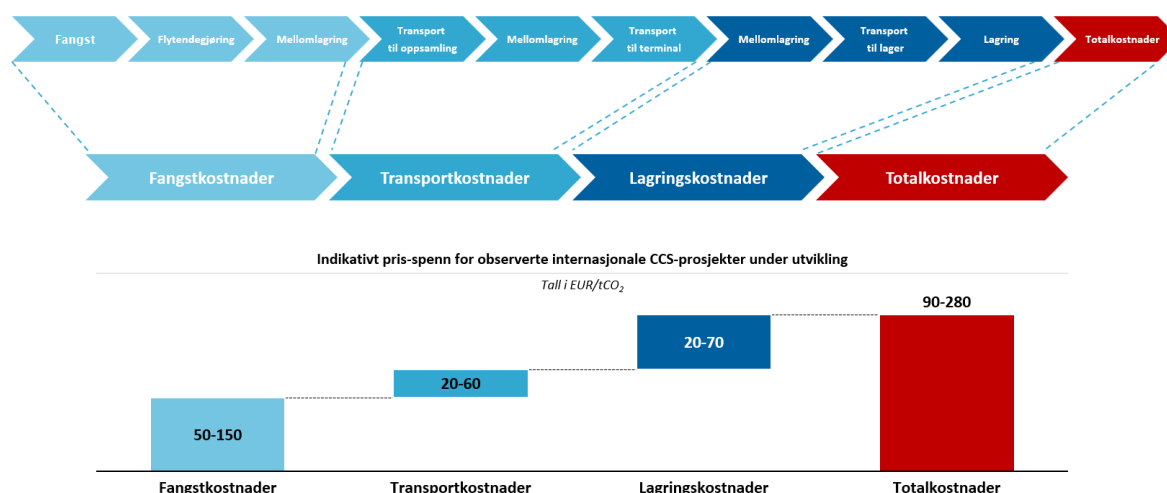
Det finnes også områder som kan være særlig viktige for norske industriutslippskilder hvor det i liten grad foregår CO₂-håndteringsaktivitet internasjonalt. Det gjelder for eksempel fangstprosjekter innen silisium og aluminium (lavkonsentrasjonsavgasser), effektiv håndtering av små CO₂-volum, for eksempel ved hjelp av direkteinjeksjon fra mindre eller selvkjørende skip. Innenfor disse områdene kan det være behov for at Norge selv utvikler de løsningene industrien trenger.

5.2 Kostnader

I dette kapittel ser vi nærmere på CO₂-håndtering -kostnadene. Først gjennomgår vi en analyse fra Arkwright som viser fordeling av kostnader i CO₂-håndtering -kjeden basert på globale CO₂-håndtering -prosjekter. Deretter presenterer vi en analyse av kostnadsdriverne for verdikjeden Langskip, før vi har en relativt omfattende gjennomgang av hvilke faktorer som vil påvirke kostnadene for det enkelte CO₂-fangstprosjekt. Til slutt ser vi på hvordan samarbeid og logistikk kan bidra til kostnadsreduksjon.

5.2.1 Fordeling av kostnader i CO₂-håndteringskjeden

I Figur 5-6 inneholder kjeden et fangstanlegg, mellomlagring, komprimering og flytendegjøring av CO₂, transport til oppsamlingshub, mellomlagring, videre transport til en ny oppsamlingshub før transport til og injeksjon i endelig lager. Det finnes modne teknisk løsninger for alle elementene i kjeden. Figur 5-6 viser hvordan kostnadene kan fordeles langs kjeden.



Figur 5-6 Kostnadsfordeling i CO₂-håndtering -kjeden (Kilde: Arkwright for Gassnova)

I Figur 5-6 ligger fangstkostnadene i spennet 600-1700 kr/tonn (50-150 eur/t), transportkostnadene i spennet 200-700 kr/tonn (20-60 eur/t), lagringskostnadene i spennet 200-800 kr/tonn (20-70 eur/t) og de totale kostnadene i spennet 1000-3200 kroner per tonn (90-280 eur/t). Dette er indikative prisområder som Arkwright har observert for internasjonale CO₂-håndtering -prosjekter som er under utvikling. Dette er altså ikke realiserte CO₂-håndtering -prosjekter. Underlaget er heller ikke basert på en uttømmende liste av alle CO₂-håndtering -prosjekter i verden. **Prisområdene er ment som en indikasjon på hva kostnadene kan være, men de er ikke nødvendigvis fullstendige eller definitive.**

Når det gjelder fordelingen av kostnadene i kjeden (rundt regnet), ser vi at fangstkostnadene utgjør drøyt halvparten av kostnadene, transport rundt 20 prosent og lagring rundt 20-25 prosent. Dette kan imidlertid variere betydelig. Langskip har en noe annen oppdeling enn Figur 5-6 over og omtales i neste kapittel.

5.2.2 En rekke forhold påvirker CO₂-fangstkostnadene

Det er en rekke forhold som har lite med selve fangstteknologien å gjøre, som vil avgjøre kostnaden når en industriaktør skal investere i en CO₂-håndtering. I dette kapitlet redegjøres det for hvilke elementer som vil påvirke kostnadene. Det tas utgangspunkt i at det skal bygges et amineranlegg, siden det, etter Gassnovas vurdering, på kort til mellomlang sikt vil være den mest aktuelle løsningen for de fleste norske industriutslippskilder.

Forhold ved industrianlegget, lokaliseringen og tilgjengelighet av innsatsfaktorer vil være avgjørende for totalkostnaden når det skal investeres i CO₂-håndtering. Når det bygges et karbonfangstanlegg i tilknytning til et eksisterende anlegg, vil forholdene som var avgjørende for valg av lokalisering av det opprinnelige anlegget, ikke nødvendigvis være sammenfallende med det som er gunstige for et karbonfangstanlegg. For eksempel vil et forbrenningsanlegg som er plassert hensiktsmessig med tanke på transport og behandling av avfall og nær brukerne av fjernvarme, kunne ligge langt fra sjøen. Dette medfører mer transport dersom CO₂ skal sendes med skip til et lager.

Elementer som vil påvirke kostnadene når det skal bygges et nytt karbonfangstanlegg tilknyttet en fabrikk:

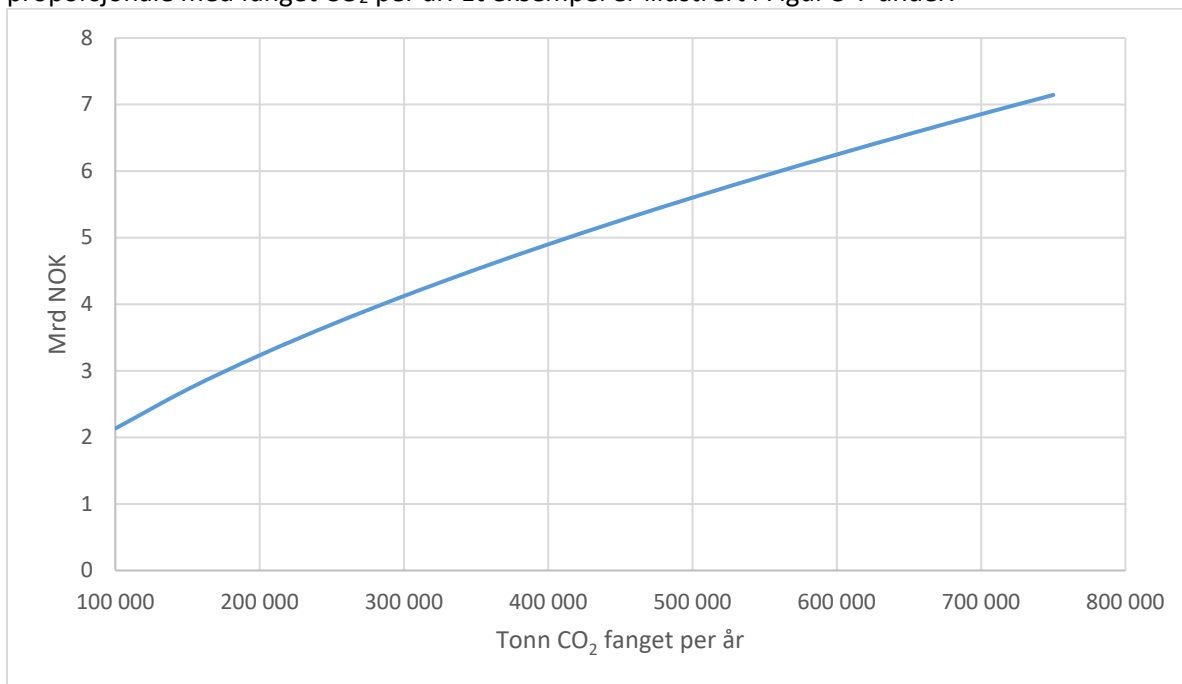
Forhold ved lokaliseringen	Strøm
	Kjølevann
	Logistikk/Nærhet til sjø
	Areal
	Overskuddsvarme og leveranseforpliktelser
Forhold ved røykgassen	Volumstrøm
	Konsentrasjon av CO ₂ og fangstgrad
	Urenheter
	Mengden fanget CO ₂

Skalering

Det er vanlig innenfor kostnadsestimering å se på sammenhenger og skalering av prosesser. Dersom man skalerer en prosess, vil det være en sammenheng mellom forskjell i kapasitet og kostnadene. Dette kalles ofte for «Rule of six tenths». Kort fortalt tilsier denne mekanismen at kostnadene for ett

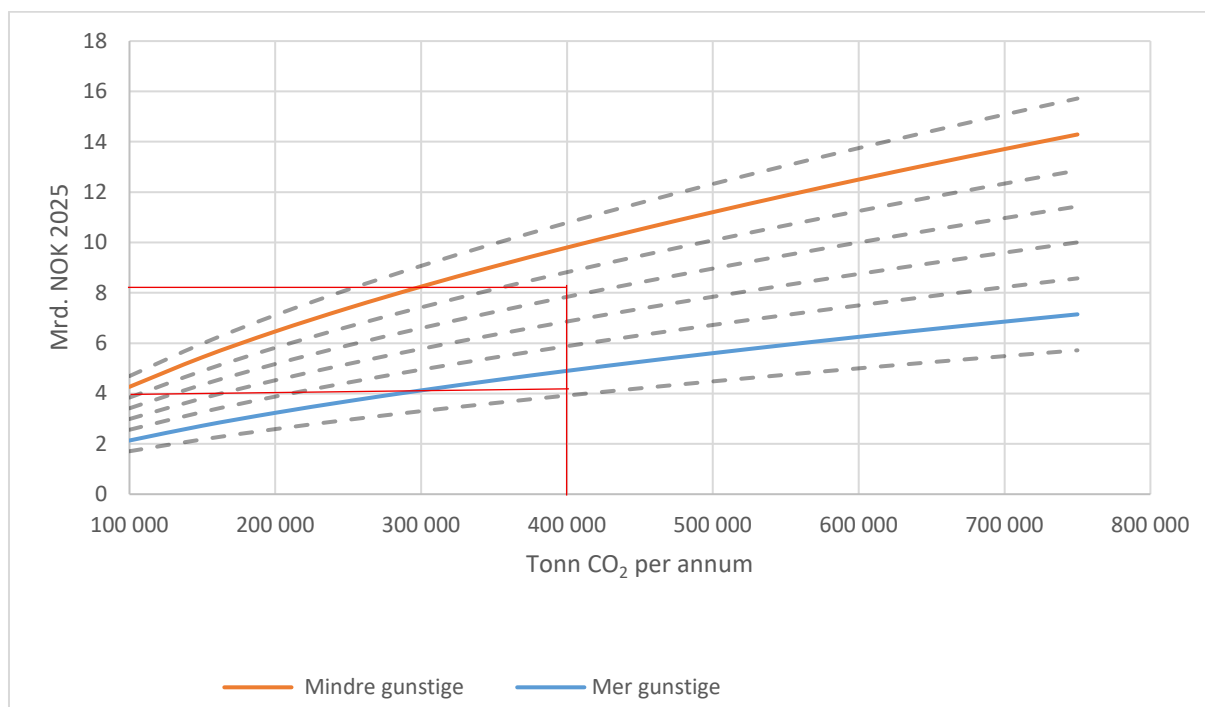
anlegg er proporsjonalt med størrelsesforholdet opphøyet i 0.6. Eksempelvis vil et dobbelt så stort anlegg, ikke være dobbelt så dyrt, men multiplisert med $2^{0.6}$ altså 1,52 eller 52% dyrere.

Dersom man generaliserer og sammenligner anlegg med tilnærmet identiske forutsetninger, vil man derfor kunne anta at investeringskostnadene ved å bygge et fangstanlegg (CAPEX) vil være proporsjonale med fanget CO₂ per år. Et eksempel er illustrert i Figur 5-7 under.



Figur 5-7 – Sammenhengen mellom investeringskostnader og mengden fanget CO₂

Likevel vil bildet være mer komplisert. Det må tas hensyn til anleggets ulike forhold som er beskrevet over. Disse forholdene vil kunne ha betydelig større innvirkning på kostnadene enn størrelsen på fangstanlegget (fanget CO₂ per år). Under er et illustrert eksempel som viser hvor stort utfallsrommet kan være som følge av de ulike forholdene nevnt over. Sammenligner man to fabrikker med behov for å fange for eksempel 400 000 tonn per år, vil forholdene kunne gi betydelige endringer i kostnadsbildet.



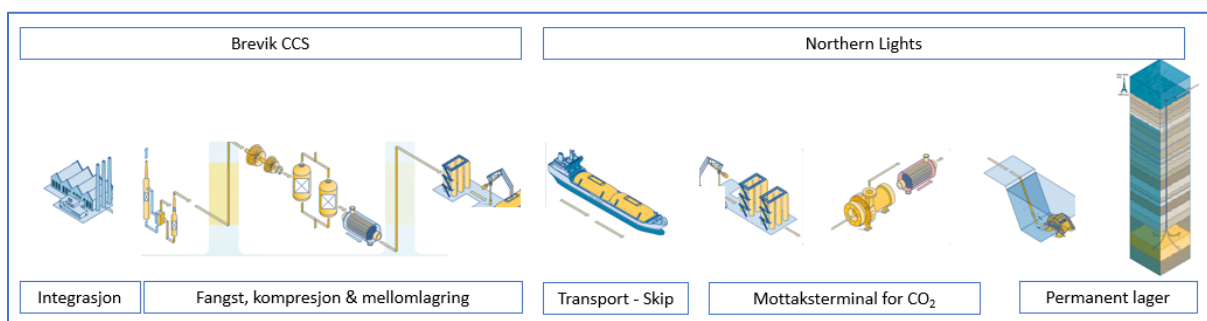
Figur 5-8 - Kostnadskurver for fangstanlegg med ulike underliggende forhold

Kostnadsbildet for et fangstanlegg er som beskrevet i dette kapittelet avhengig av mange forhold. Enhetskostnadene kan variere svært mye, avhengig av om forutsetningene er gode eller dårlige. Det er derfor viktig å ikke generalisere kostnader for et fangstanlegg, men analysere hvordan ulike anlegg og bransjers forutsetning påvirker kostnadsbildet.

5.2.3 Kostnadselementer i Langskip-verdikjede

Langskip har gitt verdifull innsikt i kostnadsdriverne i hele CO₂-håndteringskjeden. Prosjektet har avdekket viktige teknologiske og operasjonelle utfordringer.

Langskips verdikjede er satt sammen av fem hovedelementer som vist i Figur 5-9. Fangstprosjektet Brevik CCS er delt i to, der det første elementet viser integrasjon mot Heidelberg Materials sementproduksjonsanlegg mens den andre inneholder selve fangstanlegget. Fangstanlegget består av fangstprosessen, kondisjoneringsanlegget med kompresjon og rensing, og mellomlager. Northern Lights infrastrukturprosjekt består av skipstransport fra Heidelberg Materials terminal i Brevik til mottaksterminalen i Øygarden. Denne CO₂-terminalen er det fjerde elementet i verdikjeden, som avsluttes med det siste elementet fra landfall til permanent lager.



Figur 5-9: Langskip verdikjede

Ut fra Gassnovas erfaringer fra Langskip gjennom oppfølging av byggefasen av prosjektet, er de mest sentrale kostnadsdriverne i prosjektet identifisert som:

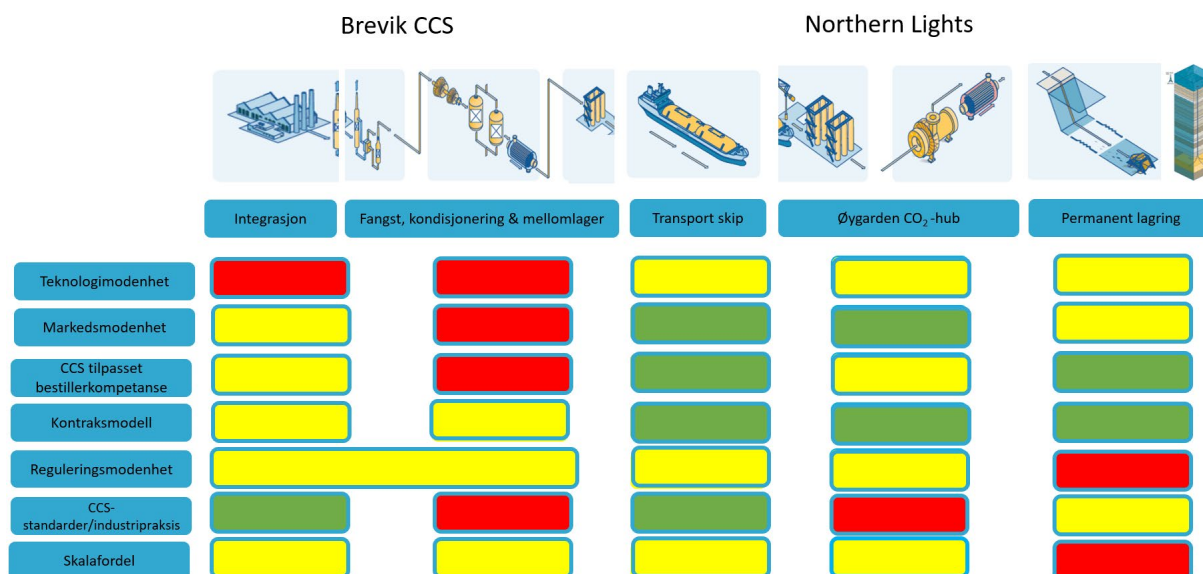
1. Teknologimodenhet
2. Modenhet i leverandørmarkedet
3. CCS-tilpasset bestillerkompetanse
4. Egnede kontraktmodell
5. Reguleringsmodenhet
6. CCS-tilpasset industripraksis
7. Skaleringseffekt

Gassnova har analysert potensialet for kostnadsreduksjon i en såkalt trafikklysanalyse⁵¹ der rødt indikerer stort potensial, gult middels og grønt lite potensiale. Denne trafikklysanalysen, som er vist i Figur 5-10, avdekker betydelige muligheter for kostnadsreduksjoner i CO₂-verdikjeden. Delen som gjelder CO₂-fangst har flest områder med potensial for kostnadsreduksjoner. Dette skyldes i stor grad at det er flere «First of a Kind» (FOAK)-løsninger som i sin natur vil kunne bli rimeligere i påfølgende prosjekter der løsninger og læringseffekter kan utnyttes.

Noen andre områder viser potensial på tvers av CO₂-håndteringskjeden der det å utvikle industriell praksis, krav og regulering som er tilpasset CO₂-håndtering, er områder som er viktig for å få modnet CO₂-håndtering kommersielt og akselerere en CRI-utvikling.

Læringsrapporter fra aktørene i Langskip viser til flere eksempler på at løsninger og byggemetodikk i stor grad er preget av offshore-standarder. Offshore-standarder er på generelt grunnlag mer komplekse og derfor betydelig dyrere enn landbaserte standarder. Det har vært få store landbaserte prosjekter i Norge de siste tiårene sammenliknet med aktiviteten på sokkelen. Det å få tilpasset seg krav og behov for landbaserte anlegg versus offshore er ikke en spesifikk utfordring for CO₂-håndtering, men det er viktig at CO₂-håndtering som har lavt inntjeningspotensialet ikke blir beheftet med unødvendige kostbare løsninger.

⁵¹ [NO_Endelig_Ekstern-rapport-Kostnader.pdf](#)



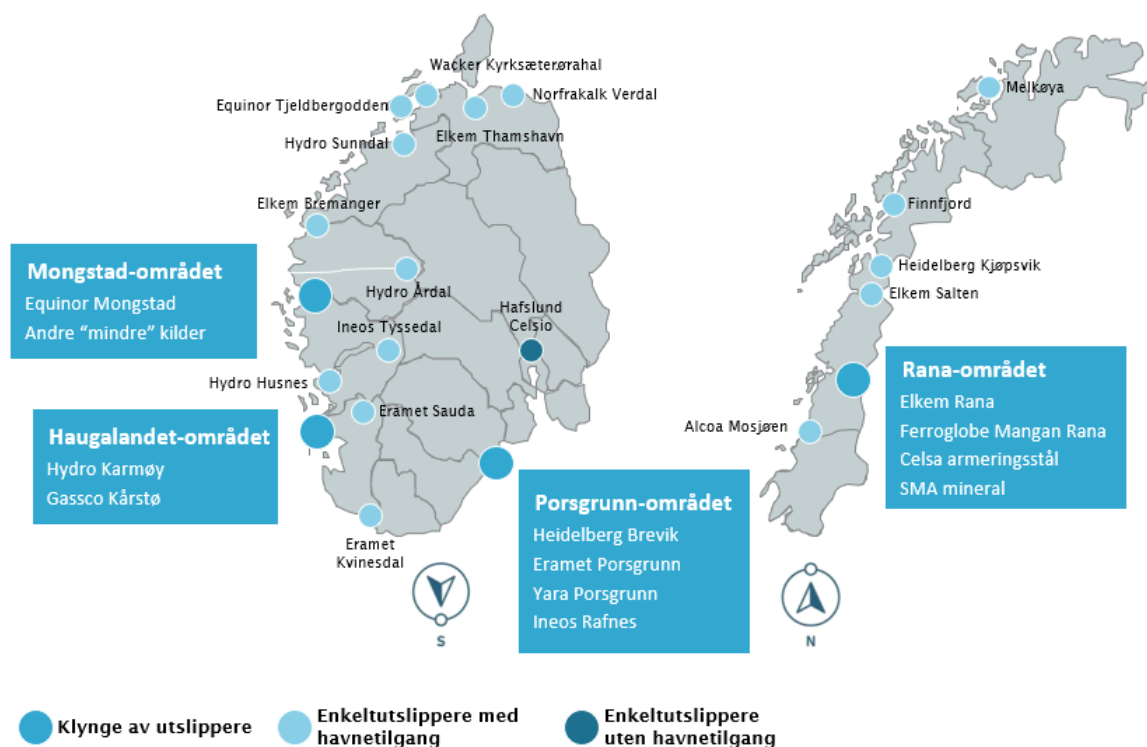
Figur 5-10: Analyse av kostnadsdrivere fra Langskip

5.2.4 Samarbeid om transport og logistikk

Dersom flere utslippskilder kan samarbeide om transport og logistikk, er det potensial for kostnadsbesparelser fordi enhetskostnadene knyttet til logistikken går ned. Totalt fire lokaliteter i Norge vurderes å ha et mulig «klyngepotensial» det vil si potensial for å samordne CO₂-logistikk:

- Grenland
- Mongstad
- Mo i Rana
- Haugalandet

I de tre førstnevnte er det industriparker som potensielt kan bidra til en samordning. For flere store utslippskilder i Haugalandområdet arbeides det med å utvikle en felles logistikk-løsning. Til tross for en samlokalisering av utslippskildene, må potensialet for å bygge felles infrastruktur i disse klyngene vurderes grundig, da de ulike industriaktørene i klyngen kan ha ulike løsninger og tidsperspektiver for sin avkarbonisering. I kapittel 2.3 viste vi at det er stor usikkerhet rundt hvor mange CO₂-håndteringsprosjekter som vil bli realisert frem mot 2050.



Figur 5-11 Fire lokaliteter i Norge har «klyngepotensial» (Kilde: Arkwright, videreutviklet av Gassnova)

En allerede etablert CO₂-infrastruktur kan bidra til å legge til rette for nyetablering av industri. I høy CCS-scenario i kapittel 2.3.5 viste vi at det er kan være et stort potensial for CO₂-håndtering i Norge dersom det blir lønnsomt å avkarbonisere gass her hjemme.

6 TILGJENGELIG OG KOSTNADSEFFEKTIV CO₂-HÅNDTERING

I kapittel 3.6 konkluderte vi med at manglende lønnsomhet er en barriere for investeringer i CO₂-fangst i dag og at virkemidler som innebærer økonomisk støtte trolig er nødvendig for å realisere CO₂-håndteringsprosjekter. I tillegg vil tiltak som gjør CO₂-håndtering tilgjengelig for industrien, samt tiltak som senker kostnadene, øke sannsynligheten for det blir gjort investeringer i CO₂-håndteringsanlegg. Punktene under identifiserer behov for teknologiutvikling og fremtidsrettede løsninger og kan gi grunnlag for utforming av tiltak for CO₂-fangst. Flere av områdene som omtales under, har Gassnova allerede arbeidet med gjennom støtte til prosjekter i CLIMIT-programmet og gevinstrealisering fra Langskip.

6.1 Sikre tilgang til lagring i tidlig fase

På kort sikt er det en utfordring for norsk industriaktører som planlegger CO₂-fangst, at norske CO₂-lagre bygges for stordrift, mens de norske utslippskildene er små og ligger spredt omkring i hele landet, se kapittel 5.1.5. Mange norske industriaktører opplever at de ikke er attraktive «kunder» for lagringsaktørene fordi lagringsaktørene er avhengig av store volum for å oppnå lønnsomhet. De norske utslippskildene vil ha behov for fleksible løsninger og spesiell tilrettelegging, som for eksempel egne kaier, egne skip og eget losseutstyr. Alt dette øker enhetskostnadene knyttet til transport og logistikk. Dersom industriaktører sikres tilgang til lagring til kjente vilkår, bygges det ned en viktig barriere.

6.2 Utvikle CO₂-håndteringsløsninger for bransjer der CCS kan være relevant, men fortsatt er umodent

Som vi har vist i kapittel 5.1.4 er CO₂-håndtering allerede en teknisk moden løsning for de fleste bransjer i Norge. Unntaket er for industriavgasser med lav CO₂-konsentrasjon, som aluminium. Denne bransjen har behov for å utvikle avkarboniseringsløsninger frem mot 2050. Etter det Gassnova kjenner til, er det lite fokus på å utvikle CO₂-håndteringsløsninger for lavkonsentrerte industriavgasser internasjonalt, og det kan derfor være nødvendig at den norske forskningsinnsatsen rettes spesielt inn mot denne bransjen.

6.3 Utvikle nye løsninger som kan redusere logistikk-kostnadene

I kapittel 5.1.5 viste vi at norske utslipp er små i internasjonal sammenheng og ligger spredt. Enhetskostnadene for transport og lagring av CO₂ faller betydelig når volumene som håndteres er store. I kapittel 5.1.6 beskriver vi hva som kjennetegner CO₂-håndteringsaktivitetene internasjonalt og sammenlikner disse med hva som skal til for å tilgjengeliggjøre løsninger og senke kostnader for norske utslippere. Dersom kostnadene knyttet til transport og lagring av norske volum skal kunne falle, bør forskning- og utviklingsinnsatsen rettes mot innovative transport- og logistikk-løsninger. Det kan for eksempel dreie seg om autonome skip, å tilpasse direkteinjeksjon av CO₂ til små skip, utvikle lagring på land (nær utslippskilden).

6.4 Bidra til at Europa lykkes med CO₂-håndtering

Kostnadene knyttet til CO₂-håndtering vil reduseres for norske aktører dersom CO₂-håndtering blir en viktig avkarboniseringsløsning internasjonalt, særlig i Europa. I kapittel 1.3 viste vi at Norge har satset målrettet på å utvikle CO₂-håndtering i flere tiår, med formål om å tilgjengeliggjøre teknologien i en global kontekst. Langskip er Europas første helhetlige verdikjede for CO₂-håndtering. Ved å realisere Langskip har Norge gått foran og demonstrert en hel kjede og investert i en CO₂-lagerinfrastruktur som kan benyttes av industriselskaper, også i andre land. Det er en klar forventning at Europa følger etter, og at restkapasiteten i lageret benyttes av tredjeparter som ikke den norske staten finansierer direkte.⁵² Langskip har allerede bidratt positivt til utviklingen av CO₂-håndtering i Europa, og vil være viktig for utviklingen videre. (link til ny gevinstrealiseringsrapport).

Norske aktører som planlegger å etablere CO₂-lagring på norsk sokkel er også avhengig av at europeiske utslippskilder velger å investere i CO₂-håndtering og benytte seg av deres tjenester. Dersom Norge lykkes med å utvikle flere lagre, og det blir konkurranse om å levere transport- og lagringstjenester, kan dette være positivt for norsk industri fordi det kan bidra til at kostnadene knyttet til transport og lagring faller.

6.5 Legge til rette for god utnyttelse av etablert infrastruktur

Det er potensial for kostnadsreduksjoner hvis aktører samarbeider om transport og lagring. Dersom en aktør mottar støtte fra staten i forbindelse med håndtering av sin CO₂, bør det sikres at eventuelle infrastrukturelementer også tilgjengeliggjøres for andre aktører, dersom det er overkapasitet i enkelte av disse. Dette kan for eksempel dreie seg om tilgang til kai, ekstra kapasitet i tanker, skip og rør osv. Så lenge det gjenstår betydelige usikkerhet knyttet til å realisere hvert enkelt CO₂-håndteringsprosjekt, anbefales det imidlertid å være varsom med å overinvestere i infrastrukturelementer

6.6 Tilpasse internasjonale CO₂-håndteringsløsninger og erfaringer til norske forhold

Det foregår en betydelig utvikling av CO₂-håndtering globalt (se kapittel 5.1.2). Disse prosjektene kan være en verdifull kilde til læring for norske aktører. Norge har i mange år vært et foregangsland for CO₂-håndtering, og det har vært fokus på å dele erfaringene med andre lands myndigheter og industri læring. Ikke minst har det vært gjeldende for Gassnova sitt arbeid, som har systematisert deling av læringen fra Langskip gjennom en egen metodikk, omtalt som «gevinstrealisering». Det kan være nyttig å «reversere» dette perspektivet ved å systematisere erfaringer fra internasjonale CO₂-håndteringsprosjekter og koble dette mot norske forhold. Langskip-prosjektet har vært unikt med hensyn til å etterstrebe transparens og aktiv læringsformidling fra de industrielle aktørene. Dette kan man ikke forvente fra internasjonale prosjekter i samme grad. Derfor kan det være nyttig å være mer proaktiv for å innhente læring og å invitere internasjonale prosjekter til å dele sine erfaringer med norske miljøer.

⁵² [Innst. 143 S \(2020-2021\) - stortinget.no](#)

7 OPPSUMMERING

Denne utredningen har gitt en helhetlig gjennomgang av hvordan CO₂-håndtering kan bidra til å redusere utslippene fra norsk landbasert industri frem mot 2050.

Analysene viser at Norge har et godt utgangspunkt, med betydelig kompetanse, politisk støtte over tid og en industri som har vist stor evne til omstilling.

Norge har over flere tiår satset målrettet på å utvikle CO₂-håndtering som klimaløsning (se kapittel 1.3). Prosjekter støttet av CLIMIT og testing av fangstteknologi på TCM, har bidratt til at Norge i dag er ledende innen industrielle løsninger for CO₂-håndtering. Gjennom mer enn ti års arbeid med å etablere en industriell CO₂-håndteringskjede – Langskip – har myndigheter, industri og leverandører opparbeidet seg betydelig kompetanse knyttet til CO₂-håndtering. Videre vil den kommende driftsfasen av Langskip gi verdifull læring for myndigheter og industri.

Norsk industri er en sammensatt gruppe, med ulike selskaper, teknologi og forretningsmodeller. Mange av industrianleggene er eldre, men over tid har industrien vist en imponerende evne til omstilling. Flere av aktørene er allerede i gang med planlegging av CO₂-håndteringsanlegg i tilknytning til sine industrianlegg. Dette viser at det finnes både vilje og evne til å gripe nye muligheter, og at norsk industri har gode forutsetninger for å være en aktiv bidragsyter i det grønne skiftet fremover.

Samtidig er det flere avgjørende forutsetninger som må være på plass for at CO₂-håndtering skal kunne realiseres. For å illustrere dette er det utviklet en figur «Industriens investeringspyramide for CO₂-håndtering».



Figur 1-1 - Industriens investeringspyramide for CO₂-håndtering

Et gjennomgående funn i utredningen er at rammebetingelsene for industriens underliggende drift vil ha stor betydning for utviklingen frem mot 2050. Scenarioanalysen illustrerer at faktorer som for eksempel markedsadgang og tilgang til konkurransedyktige innsatsfaktorer legger grunnlaget for industriens videre tilstedeværelse og investeringsvilje i Norge. Dette må være på plass før investeringer i avkarboniseringstiltak som CO₂-håndtering kan skje. Dette reflekteres i investeringspyramidens nederste nivå, hvor lønnsom drift og konkurransekraft utgjør fundamentet for videre satsing.

Aktøren må også ha tiltro til at en avkarbonisering vil sikre eller forbedre dens konkurransekraft for at investeringer i CO₂-håndtering skal kunne skje. Dette reflekteres i investeringspyramidens midterste nivå. Utredningen peker på at rammeverket for CO₂-håndtering – summen av reguleringer, støtteordninger og kommersielle insentiver – samlet sett må gi industrien forutsigbarhet og lønnsomhet for å utløse investeringer. Kommersielle muligheter og markedsdrevne insentiver kan bidra til økt lønnsomhet, men har foreløpig begrenset effekt alene. Tilgang til infrastruktur for transport og lagring er en forutsetning for at flere aktører skal kunne ta i bruk CO₂-håndtering.

Til slutt må CO₂-håndtering være den mest gunstige avkarboniseringsløsningen eller den eneste mulige for det enkelte anlegg. Dette er reflektert i investeringspyramidens CO₂-håndtering i norsk landbasert industri frem mot 2050

øverste nivå. Flere anlegg har ulike måter å redusere utslippene sine på, og flere avkarboniseringsløsninger kan benyttes samtidig. Valg av avkarboniseringsløsning vil variere mellom bransjer og anlegg. CO₂-håndtering er særlig viktig for bransjer hvor andre avkarboniseringsløsninger er begrenset eller umodne, som sement, kalk og avfallsforbrenning. Andre bransjer har flere alternativer, inkludert elektrifisering og overgang til biogene innsatsfaktorer. Tilgangen til og prisen på innsatsfaktorer, infrastruktur og øvrige rammebetingelser er avgjørende for hvilke løsninger som velges i praksis.

Teknologien som trengs for å etablere en CCS-kjede er tilgjengelig og har nådd et nivå av modenhet som gjør den anvendbar. Det er imidlertid fortsatt rom for betydelig videreutvikling for bred implementering. Kostnadene ved CO₂-håndtering er fortsatt høye, og dagens støtteordninger har så langt ikke vært tilstrekkelige til å utløse nye, store prosjekter etter Langskip. Det er heller ikke alle utslippskilder som har modne fangstløsninger tilgjengelig.

Gassnova har identifisert flere områder som kan øke sannsynligheten for at CO₂-håndtering kan tas i bruk av norsk industri:

- **Utvikle CO₂-håndteringsløsninger for bransjer der CO₂-håndtering kan være relevant, men fortsatt er umodent (se kapittel 6.2)**
- **Utvikle nye løsninger som kan redusere logistikk-kostnadene (se kapittel 6.3)**
- **Bidra til at Europa lykkes med CO₂-håndtering (se kapittel 6.4)**
- **Legge til rette for god utnyttelse av allerede etablert infrastruktur (se kapittel 6.5)**
- **Tilpasse internasjonale CO₂-håndteringsløsninger og erfaringer til norske forhold (se kapittel 6.6)**

Anbefalingene bygger blant annet på en analyse som viser at Norge særlig bør ta ansvar og utvikle egen teknologi der det i liten grad foregår CCS-aktiviteter internasjonalt. (se kapittel 5.1.6)

Samlet sett viser utredningen at Norge har et solid utgangspunkt for å redusere utslippene fra landbasert industri ved hjelp av CO₂-håndtering. Dette skyldes både høy kompetanse, bred politisk støtte og en industri som over tid har vist stor evne og vilje til omstilling. Hvorvidt norsk industri vil kunne satse på avkarbonisering gjennom CO₂-håndtering og bidra til å nå klimamålene, avhenger av samspillet mellom grunnleggende rammevilkår for industriens drift, et helhetlig rammeverk for CO₂-håndtering, tilgjengelig teknologi kostnadsnivå og nødvendig infrastruktur. Med fortsatt satsing på teknologiutvikling, samarbeid mellom aktører og forutsigbare rammebetingelser, har Norge gode forutsetninger for at CO₂-håndtering kan bidra til industriens omstilling og til oppnåelsen av Norges klimamål.