



CLIMIT

DET NASJONALE PROGRAMMET for
forskning, utvikling og demonstrasjon
av teknologi for CO₂-håndtering

2019

OPPSUMMERT



INNHold

En pådriver for karbonfangst og -lagring	04
Et renere raffineri	06
Ny teknologi for ren omforming av energi	08
Renere produksjon av hydrogen	10
Nye brensler for karbonfri kraftproduksjon	12
Kostnadseffektive løsninger innen skipstransport	14
Løsninger for fremtidig CO ₂ -lagring	16
Liten fare for migrasjon av CO ₂	18
Et bedre bilde av usikkerhet	20
Forskning på tvers av Europa	22
ALIGN – vitenskap og industri på tvers av landegrenser	24
Kostnadseffektiv fangst av CO ₂	26
Fullt trykk på sikker lagring	28
Svelvik CO ₂ Field Lab: et unikt feltlaboratorium	31
Nøkkeltall	32

CLIMITS HOVEDMÅLSETTING er å bidra til å utvikle teknologi og løsninger for CO₂-håndtering, ved å støtte utvikling av kunnskap, kompetanse, teknologi og løsninger som kan gi viktige bidrag til kostnadsreduksjoner og bred internasjonal utbredelse av CO₂-håndtering, samt utnyttelse av nasjonale fortrinn og utvikling av ny teknologi og tjenestekonsepser med kommersielt og internasjonalt potensial. Programmet er et samarbeid mellom Gassnova og Norges Forskningsråd. CLIMIT omfatter Forskningsrådets støtteordning for forskning og utvikling (FoU-delen), og Gassnovas støtte til utvikling og demonstrasjon (Demo-delen). Gassnova har det overordnede ansvaret og leder programsekretariatet.

FORORD

EN PÅDRIVER FOR KARBONFANGST OG -LAGRING

CLIMIT har spilt en sentral rolle i utviklingen av de mest dynamiske forskningsmiljøene innen teknologi for karbonfangst og -lagring (CCS) i internasjonal sammenheng. Nært samspill med industrien er en viktig årsak.

PÅ PARIS-KONFERANSEN i 2015 ble det internasjonale samfunn enig om at økt innsats er høyst nødvendig for å takle klimautfordringen. Nasjonene satte som mål at temperaturøkningen ikke skal overstige 2 grader.

I følge FNs Klimapanel og Det internasjonale Energibyrået (IEA) blir dette målet nær umulig å nå uten å fange CO₂ fra store utslippskilder og lagre denne i jordskorpen. Det er også en samstemt oppfatning – blant forskere, industriaktører og beslutningstagere – om at teknologien som kreves for å kunne fange, transportere og lagre CO₂ nå er moden for å tas i bruk.

STABILT FOKUS

Å utvikle praktiske teknologiske løsninger for alle ledd i denne verdikjeden, har krevd langsiktig, målrettet innsats.

«CLIMIT har vært en pådriver for å utvikle teknologi for å fange, transportere og lagre CO₂. Det har gitt kunnskap og løsninger som kommer det internasjonale samfunnet til gode», sier Arvid Nøttvedt, styreleder i CLIMIT. «Mens interessen for karbonfangst og -lagring har tatt seg opp i

Europa de siste årene, etter en periode med lavt aktivitetsnivå, har CLIMIT vært en stabil bidragsyter til forskning på dette området. Norge er et av de få landene der forskning og utvikling hele tiden har hatt stort fokus.»

Siden etableringen i 2005 og frem til 2019, har CLIMIT delfinansiert i underkant av 500 utviklingsprosjekter med over 2 milliarder kroner. Det er både stor faglig dybde og bredde i de FoU-miljøene og bedriftene som har mottatt midler. Og til grunn for tildelingene ligger blant annet en helhetlig vurdering av hvilke deler av innovasjonsskjeden det er behov å forske mer på.

«CLIMITs administrasjon og styre skal til enhver tid sørge for at det er en riktig balanse i prosjekt-porteføljen, slik at vi når de overordnede målene som er nedfelt i programplanen vår. Derfor har CLIMIT en klar strategisk rolle», sier Nøttvedt.

I tillegg til finansiering har CLIMIT sett kunnskapsdeling som en sentral oppgave. Prosjekter som mottar midler oppfordres til å kommunisere sine resultater til et bredt publikum. I tillegg arrangerer CLIMIT en større konferanse hvert annet år for å samle norske

og internasjonale krefter på området, både forskere og representanter for industrien. Gjennom presentasjoner og diskusjoner skapes viktige kontakter og kunnskapsoverføring mellom fagfolk og institusjoner. I 2019 deltok 270 norske og internasjonale eksperter på CLIMIT Summit i Oslo.

ET VEISKILLE

Det er utviklet teknologier og løsninger for CO₂ håndtering som er klar til å tas i bruk i industriell skala. Samtidig fortsetter CLIMIT å støtte prosjekter som utvikler nye løsninger, og prosjekter som kan redusere kostnader og risiko.

«Den grunnleggende ideen har i hovedsak vært å støtte forskningsprosjekter der industrien er engasjert», sier Nøttvedt. «En forutsetning for å få tildelt midler fra CLIMIT til anvendt forskning, er at prosjektene i størst mulig utstrekning har sikret økonomisk deltagelse fra industrielle partnere. Denne ordningen legger til rette for at partnerne i prosjektene skaper teknologiske løsninger som industrien virkelig har behov for.»

Det planlagte norske fullskala-

prosjektet for CO₂-håndtering vil representere et veiskille.

CLIMIT har lenge hatt blikket rettet mot fullskala-prosjektet og et overordnet mål fremover vil være å bidra til at prosjektet blir en suksess. En viktig utfordring i fullskala-prosjektet blir å trekke med flere industrianlegg, slik at kapasiteten i infrastrukturen fylles. Det må også tas høyde for en oppskalering av transport- og lagringsdelen. Dette vil ligge som en forventning ved en eventuell investeringsbeslutning.

Mange aktører har nå fokus på fullskala-prosjektet. Både statlige og kommunale aktører utarbeider planer for hvordan infrastrukturen best kan benyttes. Industrien har engasjert seg i enda sterkere grad og forbereder seg nå på implementering. Her vil CLIMIT bidra med finansiering til prosjekter som kan legge til rette for oppskalering og bedre utnyttelse av infrastrukturen.

STØRRE ENGASJEMENT FRA INDUSTRIEN

«I CLIMIT-styret synes vi det er svært spennende og gledelig å se det tilfanget av bedrifter og industri som viser interesse for karbonfangst og lagring. Det er en synlig endring som har gått over noen år», sier Nøttvedt.

«Vi ser nå at industrielle klynger ønsker å implementere fangstteknologi og levere sin CO₂ inn i den kjeden som kan bli opprettet med fullskala-prosjektet», sier Ingrid Sørum Melaaen, som leder CLIMIT. «CO₂ Hub Nordland, Eyde-klyngen i Arendal og Øra Industriområde i Fredrikstad er slike eksempler.»

«Industribedrifter har behov for å starte opp prosjekter i henhold til

egne strategier og planer. Vi ser at det kan være hensiktsmessig å la industrien sende inn søknader om støtte gjennom hele året, og sikre at gode prosjekter kan bli vurdert fortløpende, slik som CLIMIT-Demo håndterer sine søknader», sier Sørum Melaaen.

VEIEN FREMOVER

Som tiltak for å redusere utslipp, er CO₂-håndtering i mange tilfeller konkurransedyktig sammenlignet med andre tiltak. En utfordring er at det fremdeles er langt billigere å slippe ut CO₂ enn det koster å rette opp skadene som utslippene forårsaker.

«Vi mangler gode forretningsmodeller, og dette bremser implementeringen av CO₂-håndtering», sier Sørum Melaaen. «Samtidig er det viktig å støtte utviklingen av ny teknologi som kan drive kostnadene nedover. Her har CLIMIT har en viktig rolle å spille fremover.»

CLIMIT ser også for seg nye strategiske satsingsområder fremover.

Ett av disse er kompakte løsninger. Mange industriplasser disponerer små arealer. Derfor er man opptatt av kompakthet, standardisering og modularisering. Mindre anlegg betyr mindre stål og betong – og mindre arbeid med å sette det hele sammen. Slik reduseres kostnadene. Og klarer man å ta ut CO₂ i en mer konsentrert form – kanskje 50 prosent CO₂ i en strøm – blir også fangsten mer effektiv. Ved anlegg der store tilpassede installasjoner ikke er aktuelt, kan kompakte anlegg være løsningen.

«Vi ønsker å støtte mange typer prosjekter som kan styrke kostnads-effektiviteten. Dette omfatter



INGRID SØRUM MELAAEN
Leder CLIMIT



ARVID NØTTVEDT
Styreleder CLIMIT

prosjekter langs hele verdikjeden – fra fangst via transport til lagring», sier Sørum Melaaen.

En spennende dimensjon ved forskningen er også at nye forretningsmuligheter utvikles. Et eksempel er blå hydrogen, som åpner for en helt ny anvendelsesmulighet for naturgass og kan bli viktig i omstillingen fra fossil-baserte til fornybare energikilder,

«Dette er gode eksempler på områder CLIMIT ønsker å stimulere også i fremtiden – forskning som resulterer i praktisk anvendelser. Dessuten skal CLIMIT tenke langsiktig og utvikle nye teknologier som kan tas i bruk i 2040», sier Nøttvedt. ■

FANGST

ET RENERE RAFFINERI

Preem har ambisjoner om å fange CO₂ fra sine to raffinerier på den svenske vestkysten. Forsøk med et testanlegg fra Aker Solutions skal gi selskapet viktig driftserfaring med karbonfangst-teknologi.



Aker Solutions' mobile testenhet på plass ved Preems raffineri i Lysekil. Foto: Aker Solutions

PREEM ER SVERIGES STØRSTE drivstoff-selskap. Virksomheten omfatter produksjon, salg, distribusjon samt trading og varesalg. Raffineriene i Lysekil og Göteborg er de mest moderne og har de laveste utslippene i Europa. De har en kapasitet på over 18 millioner kubikkmeter råolje og slipper ut ca. to millioner tonn CO₂ hvert år.

TESTANLEGG

«Preem har en visjon om å være ledende i omstillingen mot et bærekraftig samfunn», sier prosjektleder Karin Lundqvist. «Og karbonfangst vil være et helt nødvendig virkemiddel for å redusere utslipp av CO₂ til atmosfæren. Visjonen innebærer å bygge fullskala fangstanlegg

ved raffineriene. Dette vil redusere utslippene dramatisk.»

Etter omfattende planlegging, er Preem nå klare for testing.

Aker Solutions har utviklet en 'mobile test unit' (MTU), som er et komplett karbonfangstanlegg i mini- atyr. Deler av utrustningen er montert i containere, og de er lette og raske å

montere på ulike anlegg. MTU'en skal være i drift i seks måneder ved raffineriet i Lysekil, fra mai til oktober 2020.

Testanlegget fanger inn CO₂ fra røykgassene som genereres i et produksjonsanlegg. I et nedskalert absorbertårn – med en diameter på bare 1/2 meter – møter røykgassene en aminløsning som tar opp CO₂. Aminet varmes deretter opp i et regeneratortårn, og slipper CO₂'en, som da kan isoleres i ren form. Deretter resirkuleres kjemikaliet og gjenbrukes i prosessen.

«Det vi ønsker å undersøke i denne testfasen, er hvordan vi kan optimalisere prosessen for den type røykgasser som vi har på raffineriet», sier Lundqvist. «Hvordan kan vi redusere energiforbruket? Og hvordan kan vi forsikre oss om at CO₂'en som fjernes, er så ren som mulig? Vi ser på hvordan aminet oppfører seg og hvordan den degraderes. Vi arbeider også med å gjøre utslippene av amin så lave som mulig.

FOKUS PÅ VERDIKJEDEN

Hva er de største utfordringene med karbonfangst-teknologien?

«I testanlegget er det ingen store problemer. I denne fasen er det viktig å få praktisk erfaring med karbonfangst. Når det gjelder et fremtidig fullskala-anlegg, så er det fortsatt ikke det tekniske som blir det vanskelige, men det å få opp hele verdikjeden, altså logistikken.»

Og et fullskala-prosjekt innebærer en lang verdikjede. CO₂'en skal først fanges inn fra produksjonsprosessen. Deretter skal gassen komprimeres til

væskeform, som tar mindre plass, og transporteres til et mellomlager på dedikerte lastehavner.

«Hvis den planlagte Northern Lights-infrastrukturen utbygges, ser vi denne som det mest naturlige alternativet for avhending av CO₂ fra våre raffinerier. Men vår satsing på karbonfangst avhenger ikke alene av denne løsningen», sier Lundqvist.

Hvis Northern Lights bygges ut, planlegges det for at spesialbygde skip skal kunne frakte CO₂ til et knutepunkt på vestkysten av Norge, og gassen pumpes videre gjennom en rørledning til en geologisk struktur under havbunnen for lagring.

PREEM CCS-prosjektet har følgende arbeidspakker:

0. Prosjektledelse og formidling av resultater
1. Demonstrasjon og gjennomførbarhet av CO₂-fangst
2. Prosessevaluering av fullskala CO₂-fangst integrert hos Preemraff
3. CCS-verdikjedeanalyse, CO₂-transport og integrering i det norske fullskala CCS-prosjektet
4. Identifisering av tiltak for å overvinne de juridiske og lovgivningsmessige barrierer for skipstransport og lagring av CO₂ fra Preemraff Lysekil for lagring på norsk kontinentalsokkel
5. Veikart for CO₂-utslippsreduksjoner ved Preem relatert til Sveriges mål om netto null utslipp i år 2045

Prosjektet er støttet av Gassnova via CLIMIT-Demo og Svenska Energi-myndigheten via Industriklivet. ■



KARIN LUNDQVIST

Preem

Prosjekt:

Teknologisk-økonomisk mulighetsstudie av implementering av karbonfangst fra større utslippskilder ved Preemraff Lysekil

Prosjekteier:

Preem AB

Prosjektperiode:

2019–2021

Totalbudsjett:

28 MNOK

Støtte fra CLIMIT:

9,55 MNOK

Partnere:

Aker Solutions, SINTEF Energy Research AS, Chalmers tekniska högskola og Equinor Energy AS

FANGST

NY TEKNOLOGI FOR REN OMFORMING AV ENERGI

Innovativ looping-teknologi kan bane vei for nye industrielle bruksområder.

«Gas switching combustion» er designet for produksjon av kraft eller hydrogen.



SHAHRIAR AMINI
SINTEF

Prosjekt:

Demonstration of Gas Switching Technology for Accelerated Scale-up of Pressurized Chemical Looping Applications.

Prosjekteier:

SINTEF

Prosjektperiode:

2017–2020

Totalbudsjett:

1,65 Mill. Euro

Støtte fra CLIMIT:

9,2 MNOK

Partnere:

SINTEF, NTNU, Euro Support Advanced Materials B.V., Universitatea Babeş-Bolyai, HAYAT, ETH Zürich og Universidad Politécnica de Madrid.

EN GRUNN TIL AT KOMMERSIALISERING

av karbonfangst-teknologi har tatt tid, er at disse teknologiene forbruker mye energi. Hvis industriselskaper ønsker å fange CO₂, må de derfor øke energi-forbruket. Og kostnadene vil stige.

«Det finnes rett og slett ingen hyllevare-teknologi som selskapene kan kjøpe, uten at de må forbrenne mer brensel og øke utgiftene for å fange CO₂», sier prosjektleder Shahriar Amini ved SINTEF. «I dag er implementering avhengig av insentiver og økonomisk støtte fra myndigheter.»

Amini leder GaSTech-prosjektet – *Demonstration of Gas Switching Technology for Accelerated Scale-up of Pressurized Chemical Looping Applications*. Målet med dette forskningsarbeidet er å utvikle kostnadseffektiv CCS-teknologi som industribedrifter har råd til å anskaffe.

Utgangspunktet for prosjektet er den konvensjonelle etterforbrennings-prosessen.

I kjemisk *looping*-forbrenning benyttes to reaktorer. I den første reaktoren blir en oksygenbærer (for eksempel et metalloksid) oksidert av luft. I den andre reaktoren, blir dette oksidet redusert i en reaksjon med naturgass. Metallet eller metalloksidet forekommer i form av pulver. Så oksygenbæreren – enten i form av metall eller metalloksid – beveger seg i en syklus mellom de to reaktorene. Den kjemiske reaksjonen i oksidasjons-

fasen skaper en svært høy temperatur i gasstrømmen, som kan brukes i kraftverk for å produsere elektrisitet.

BEGRENSNINGER VED KONVENSJONELL TEKNOLOGI

Den konvensjonelle prosessen har imidlertid en del begrensninger.

«Hvis man ønsker å skalere opp dette reaktorsystemet til store enheter, blir sirkuleringen av faste stoffer meget krevende», sier Amini. «Man må anvende svært høyt trykk for at prosessen skal være effektiv. Og to trykksatte enheter kompliserer både design og drift av anlegget.»

Derfor har Amini og kollegene hans utviklet denne prosessen videre. Gas switching combustion-prosessen benytter bare en reaktor. I stedet for å transportere oksygenbæreren fra en reaktor til den neste, brukes en ventil som veksler mellom å injisere naturgass og luft inn i reaktoren.

MINDRE MODULER KOBLES SAMMEN

«La oss anta at metalloksidet i reaktoren er jernoksid, FeO», forklarer Amini. «Ved innløpet til reaktoren, justeres ventilen slik at naturgass strømmer inn i reaktoren. Gassen vil reagere med oksygenet i FeO, og redusere oksidet til metall (Fe). Avgassen som kommer ut av reaktoren inneholder CO₂ og vandndamp. Etter en enkel operasjon der vandndamp separa-



SINTEF jobber med å utvikle kostnadseffektiv CCS-teknologi som industribedrifter har råd til å anskaffe. Foto: Geir Mogen, SINTEF

reses ved kondensering, kan den svært rene strømmen av CO₂ komprimeres og transporteres for lagring.»

Deretter justeres ventilen slik at luft injiseres. Jern (Fe) reagerer med oksygenet i luften, og omdanner jernet til jernoksid. Dette er en eksotermisk reaksjon som skaper temperaturer opp til 1000 grader Celcius. Luften, som ikke lenger inneholder oksygen, består nå hovedsaklig av nitrogen. Dette nitrogenet kan ledes inn i et elektrisk kraftverk for å produsere damp.

«Det handler om å forenkle

prosessen», sier Amini. «Det er mye enklere å skalere opp et konsept med en reaktor. Fordelen med denne prosessen er at vi ikke nødvendigvis må bygge veldig store anlegg. Vi kan anvende mindre moduler som kobles sammen og drives i en klynge.»

En annen fordel er at teknologien kan anvendes i produksjon av både kraft og hydrogen.

RELEVANT FOR NORSK INDUSTRI

«Gas switching combustion kan bli høyst relevant for norsk industri.

I produksjon av hydrogen brukes nemlig naturgass som råstoff, og det finnes det mye av på norsk sokkel. I prosessen kan også CO₂ separeres uten ekstra tilførsel av energi.»

I løpet av det siste tiåret har Amini og kollegene – gjennom prosjekter støttet av Forskningsrådet, Europakommisjonen og ACT¹ – gjennomført en rekke tester på denne reaktoren. Neste skritt vil være å anvende teknologien i en pilot. Forhåpentligvis vil dette bli neste prosjekt. ■

1 ACT: Accelerating CCS Technologies. ACT er en platform hvor flere land samarbeider om utlysninger og kunnskapsdeling. En detaljert beskrivelse av ACT kommer senere i årsmeldingen.

FANGST

RENERE PRODUKSJON AV HYDROGEN

Kalsium-kobber looping-prosessen er en lovende teknologi.

Målet er å produsere hydrogen og fange CO₂ i ett steg, slik at kostnadene reduseres.



SUNI ARANDA
IFE

Prosjekt:

Innovative materialer for CO₂-fangst av kombinerte kalsium-kobbersykluser

Prosjekteier:

Institutt for Energiteknikk (IFE)

Prosjektperiode:

2016–2019

Totalbudsjett:

8,5 MNOK

Støtte fra CLIMIT:

8 MNOK

Partnere:

Institutt for Energiteknikk (IFE), Universitetet i Bergen (UiB), Norsk Institutt for luftforskning (NILU).

IFE KAN VISE TIL EN LANG tradisjon basert på samarbeid med industriselskaper.

«Vår kjernevirksomhet er å bistå industrien i den grønne transformasjonen ved å utvikle spesifikke teknologier. Vi skreddersyr løsninger til dette formålet», sier Suni Aranda, avdelingssjef for Miljøvennlige industriprosesser.

IFE har en omfattende kunnskapsbase innen hydrogen, CO₂-fangst og bruk, så vel som prosessintensivering – hvordan strømlinjeforme eksisterende prosesser og designe nye.

IDÉ PÅ REISE

«Vi har sterk tro på at et nært samarbeid med industrien er en nøkkel til suksess», sier Aranda. «Det er viktig at selskapene er involvert. Vi har nemlig ikke ferdige løsninger i lomma. Vi forsøker å adressere praktiske behov i driftsmiljøene.»

6C-prosjektet – *CO₂ Capture by Combined Calcium-Copper Cycles* – baner vei for hydrogenproduksjon med integrert CO₂-fangst, og er et eksempel på denne pragmatiske måten å jobbe på.

6C er en *spin off* fra et tidligere europeisk prosjekt, og ble gjennomført sammen med internasjonale forskningsinstitutter og industriselskaper som partnere.

«6C-prosjektet er et godt eksempel på hvordan vi lyktes med å dele kunnskap mellom Norge og europeiske land, mellom flere forskningsinstitutter, og

mellom forskningsinstitutter og industriselskaper», sier Aranda.

HVORFOR KALSIMUM/ KOBBER-TEKNOLOGI?

I konvensjonell hydrogenproduksjon blir hydrogen dannet i flere reaktorer. CO₂-fangst er ikke integrert, men krever betydelige mengder energi og spesialiserte anlegg. Hensikten med kalsium/kobber «looping» er å integrere hele prosessen i en reaktor, med sekvensielle steg, der gassinnstrømning og andre driftsbetingelser veksler.

Et annet mål for 6C-prosjektet var å utvikle nye materialer for denne prosessen. Materialer med kombinerte funksjoner driver både energiforbruket og anleggskostnadene ned. Dette er grunnen til at teknologien kalles prosessintensivering.

Systemet starter med at naturgass, for det meste metan, blir injisert inn i reaktoren.

For å fange CO₂ bruker forskerne kalsiumoksid som sorbent, dvs. et materiale som absorberer ulike stoffer. Under spesifikke forhold fanger kalsiumoksidet CO₂, og kalsiumkarbonat dannes. Neste skritt er å frigjøre CO₂ fra kalsiumkarbonatet i konsentrert form, og lagre gassen eller bruke den til andre formål. Sorbenten regenereres tilbake til kalsiumoksid, og gjøres klar for en ny syklus der oksidet kan fange CO₂ igjen.

Regenerering av sorbenten foregår under høy temperatur. Hvordan varme transporteres ved høy temperatur er



Hydrogen kan bli en viktig energibærer i fremtiden. Foto: iStock

avgjørende for prosessen. I kalsium/kobber looping-prosessen blir varme avgitt og overført via kobberet. Dette skjer ved en eksoterm reaksjon i kontakt med reduksjonsgassene (H_2 og CO). Varmeoverføringen kommer fra den kjemiske reaksjonen mellom materialet og gassen. Det er ingen eksterne energikilder for regenereringen av sorbenten.

«Kobber reduseres når kalsiumkarbonatet brytes ned, og reduksjonen av kobber er eksotermisk, det vil si at varme skapes. Det betyr at reaksjonen avgir den varmen som er nødvendig for at kalsiumkarbonatet skal kunne frigi CO_2 , og danne kalsiumoksid til en ny syklus,» sier prosjektleder Luca Di Felice.

ET KOMBINERT MATERIALE

Den avgjørende faktoren i prosessen, er å kombinere ulike funksjoner i det samme materialet. Kalsium og kobber settes sammen i partikler.

Det sammensatte materialet – som inneholder både sorbent og varmebærer – må ha de riktige kjemiske, fysiske og mekaniske egenskapene. Det må kunne tåle de kjemiske syklusene, høye temperaturer, temperaturforandringer og forurensninger i gassen. Derfor har forskerne fokusert mye på å skape stabile materialer.

«For eksempel, i spesielle tilfeller kan begrensede deler av materialet smelte. Dette er en av utfordringene med kobber. Metallet må derfor spres forsiktig, slik at det både er stabilt og

fremdeles reaktivt. Dette har vært en vitenskapelig utfordring», sier Di Felice.

Ved fullføringen av 6C-prosjektet, er kalsium/kobber-syklusen forbi konseptstadiet. Forskergruppen har gjennomført utførlige simuleringer og laboratorium-testing. Målet er på sikt å vise at teknologien kan fungere i industriell skala.

Partnere er Instituto de Carboquímica i Spania, Universitetet i Bergen, NILU og Eindhoven Tekniske Universitetet i Nederland. Industripartnere var Johnson Matthew, en ledende produsent av bærekraftige materialer, og et gruveselskap, Cobre Las Cruces i Spania. ■

FANGST

NYE BRENSLER FOR KARBONFRI KRAFTPRODUKSJON

BIGH2-prosjektet utvikler teknologi for å kunne bruke hydrogen og ammoniakk som karbonfrie drivstoff i industrielle gassturbiner.



ANDREA GRUBER
SINTEF

Prosjekt:
BIGH2

Prosjekteier:
SINTEF Energi AS

Prosjektperiode:
2017–2021

Totalbudsjett:
36 MNOK

Støtte fra CLIMIT:
17,9 MNOK

Partnere:
SINTEF, NTNU, Siemens og Equinor

INDUSTRIAKTØRER HAR SOM MÅL å levere gassturbiner som bruker karbonfrie drivstoff innen 2030. De skal ha samme ytelse som dagens gass-turbiner, som drives av naturgass, og møte dagens krav til utslipp av nitrogenoksider.

Prosjektet utforsker et par sentrale utfordringer som følger av bruk av hydrogen som drivstoff i gassturbiner. Å sikre at flammen står stabilt i brenn-kammeret, og at den høye flamme-temperaturen kan gi for høye utslipp av nitrogenoksider.

NY BRENSLSTEKNOLOGI

BIGH2-prosjektet ser på muligheten for å bruke ammoniakk (NH₃) som hydrogenbærer fordi det er enklere å håndtere enn hydrogen.

Mens hydrogen er et relativt nytt brensel i kraftproduksjon, blir ammo-niakk produsert i store mengder til for eksempel produksjon av gjødsel og transporteres i store volumer i flytende form.

«Ammoniakk er et velkjent kjemisk stoff, og vi har lang akkumulert erfaring fra alle deler av verdikjeden. Et utstrakt distribusjonsnett er allerede på plass, og vi har gode systemer og sikkerhetsmekanismer for håndtering av kjemikaliet», sier prosjektleder Andrea Gruber ved SINTEF.

Derfor er målet med BIGH2-prosjektet å undersøke om ammoniakk

kan brukes som energibærer i produksjon av kraft med store gassturbiner.

SPLITTING AV NH₃

Utfordringen er at ren ammoniakk er et sub-optimalt drivstoff for gass-turbiner. Derfor foreslår BIGH2 at ammoniakk-molekylet splittes til hydrogen og nitrogen ved å varme den opp i en katalysator.

«Før man sender ammoniakken inn i gassturbinen, så kan man splitte den helt eller delvis ved gjenbruk av spill-varme, slik at man får nytte av hydro-genet, som er svært reaktivt», sier Gruber. «I dette prosjektet fokuserer vi på hvordan blandinger av ammoniakk, hydrogen og nitrogen oppfører seg i forbrenningen, sammenlignet med naturgass».

Det er et viktig poeng å begrense hvor mye ammoniakk som må splittes for å få til stabil forbrenning. Splittingen forbruker spillvarme fra gass-turbinen, og denne varmen har alter-nativ bruksverdi. Derfor er hensikten med prosjektet å finne den optimale blandingen av hydrogen, nitrogen og ammoniakk som krever minst mulig splitting av ammoniakk.

REDUKSJON AV NO_x-UTSLIPP

En annen utfordring med forbrenning av ammoniakk er at det dannes forurensende nitrogenoksider (NO_x) i prosessen.

«Derfor fokuserer vi på å redusere dannelsen av NO_x i brennkammeret.» sier Gruber. «Vi prøver å finne ut hvilke tilstander i brennkammeret som gir minst dannelse av NO_x , blant annet ved å organisere forbrenningen i ulike stadier i brenneren. Men vi ser også på løsninger der vi bruker ammoniakk som reduksjonsmiddel.»

Forskerne ser på utfordringene fra flere vinklinger.

«Ved SINTEF jobber vi med å forstå bedre de grunnleggende prosessene i forbrenningen. Vi har modellert flammene fra hydrogen og ammoniakk, slik at vi oppnår en bedre forståelse av effekten av disse nye brensel-sammensetninger. Det har krevd en omfattende og koordinert innsats med våre forskningspartnere, NTNU i Trondheim og Sandia i California,» sier Gruber.

De eksperimentelle forsøkene er utført ved SINTEFs trykksatte forbrenningsrigg på Gløshaugen, der en nedskalert versjon av en gassturbin-brenner brukes for å vurdere om stabil og ren (lav- NO_x) forbrenning er oppnådd.

GODT SAMARBEID

«Vi bruker en avansert Siemens-brenner, der forbrenningsprosessen er delt opp i tre stadier. Vi eksperimenterer med ulike sammensetninger av brenselet i de tre stadiene. For eksempel så sender vi ren ammoniakk i et av stadiene, og splittet ammoniakk i et annet. Hvis vi splitter brensel-linjene i to eller tre, finner vi de mest optimale løsningene.»

Samtidig kjører NTNU eksperimenter på enklere flammer som går gjennom en mindre kompleks brenner enn Siemens-brenneren, men som gir mye kunnskap om hvordan de nye brensel-sammensetningene oppfører seg i forhold til naturgass.

«Dette er en veldig fin gruppe av



Hydrogen er svært aktuelt som drivstoff i lavkarbonsamfunnet. Foto: SINTEF

partnere. Kombinasjonen av sterke forskermiljøer ved SINTEF og NTNU, og industrilokomotivene Siemens og Equinor – som begge har konkrete planer om å utvikle hydrogen som

energibærer – har vært av stor betydning for prosjektet. Sammen modner vi en teknologi som nå trenger en liten dytt for å bli realitet», sier Gruber. ■

TRANSPORT

KOSTNADSEFFEKTIVE LØSNINGER INNEN SKIPSTRANSPORT

CO₂ LOS-prosjektet har som mål å redusere kostnadene til skipstransport av CO₂.

«**DAGENS KONSEPTER FOR CO₂-FANGST** har lagt til grunn at mye av transporten skal foregå gjennom rørledning til lagringsplassen», sier prosjektleder Martin Hay ved Brevik Engineering. «Man har ikke fokusert så mye på løsninger for skipstransport, delvis fordi dette har vært sett på som en kjent teknologi, samt at kostnadene

har vært anslått som små i forhold til total kostnadene ved CCS. Men etter-som kostnadene ved både fangst og lagring reduseres, blir transportkostnadene relative betydning større».

Northern Lights har for prosjektets første fase valgt skipstransport basert på dagens praksis for skipstransport av CO₂.

ULIKE LØSNINGER FOR SKIPSTRANSPORT

CO₂ LOS ser lengre frem enn første fase av Northern Lights. Her vurderes ulike transportløsninger fra en eksport-terminal på land til en import-terminal på land, som for eksempel et prosessanlegg på Vestlandet, der gassen komprimeres og pumpes videre



CO₂ kan fraktes på båter slik som denne – Frøya. Foto: Brevik Engineering

gjennom en rørledning, ut til lagringsplassen under havbunnen.

Prosjektet ser også på to muligheter innen 'offshore unloading.'

Skipene kan losse CO₂ til en lager-tank til havs («*Floating, Storage and Injection Unit (FSI)*») – som injiserer gassen direkte inn i den geologiske lagringsformasjonen. Alternativt kan skipene injisere direkte til lagringsformasjonen, men det krever ekstra utstyr om bord på skipene.

Hvilken løsning man velger bestemmes blant annet av om lagringsformasjonen krever kontinuerlig injeksjon av CO₂.

«Ved offshore unloading sløyfer man landanlegget samt den dyre rørledningen fra land og ut til injeksjonsbrønnen offshore», sier Hay.

RIKTIG TRYKK

CO₂ krever lav temperatur og høyt trykk for å være i væsketilstand. I det norske fullskala-prosjektet har man valgt å gå for samme trykk og temperatur (ca 15 bar/-28°C) som benyttes i dagens transport av CO₂ på skip.

Gasstrykket definerer maksimal størrelse på skipets tanker. Reduserer man trykket og temperaturen, kan tankene og dermed også skipene bygges større. Større skip kan gi lavere kostnader per tonn CO₂ transportert da CO₂-volumene til transport og avstandene øker.

Men hvis man benytter større skip,

får man også en utfordring. For da vil man ha behov for større midlertidig kapasitet i landanlegget. Og CO₂'en må holdes i flytende fase en lengre periode.

«Her er det viktige avveininger som må foretas. Hvis man bare ser på skipstransporten, er større skip rimeligere.» sier Hay. «Men det er ikke bare rett frem. Man må se på hele transportkjeden.

ULIKE KONSEPTER

CO₂ LOS-prosjektet ser på fire skipskonsepter.

En mulighet er ombygging av et eksisterende tørrlasteskip med nye CO₂-tanker. Dette er den rimeligste løsningen å bygge. Prosjektet vurderer også lektere for vannveiene i Europa, som kan hente CO₂ fra industrielle anlegg i de nedre delene av Rhinen.

Det andre konseptet er å bygge et nytt skip der gassen transporteres med lavt trykk (omtrent 7 barg).

Det tredje konseptet er et autonomt skip som kan gi vesentlige kostnadsreduksjoner.

Prosjektet ser også på design av store skip for transport over lange avstander.

«Alle arbeidspakkene vi jobber med ligger på et konseptuelt nivå», sier Hay. «Og vi håper å kunne jobbe videre med å skape konkrete tekniske løsninger.» ■



MARTIN HAY

Brevik Engineering

Prosjekt:

CO2LOS II

Prosjekteier:

Brevik Engineering AS

Prosjektperiode:

2019–2020

Totalbudsjett:

14,5 MNOK

Støtte fra CLIMIT:

6,25 MNOK

Partnere:

SINTEF AS, Equinor Energy AS, Total INP NORWAY, Gassco, Air Liquide, Sogestran

LAGRING

LØSNINGER FOR FREMTIDIG CO₂-LAGRING

I SWAP-prosjektet har Equinor samlet inn strategiske undergrunnsdata for å utforske mulighetene for å lagre store mengder CO₂ i en salin akvifer øst for Trollfeltet.



RUNE THORSEN

Equinor

Prosjekt:

Strategic Well Acquisition Project (SWAP)

Prosjekteier:

Equinor

Prosjektperiode:

2019–2020

Totalbudsjett:

26,7 MNOK

CLIMIT-støtte:

17,3 MNOK

Partnere:

Petoro, DNO, Lundin

SWAP ER EN DEL AV EQUINORS *Scale-up of CO₂ Storage*-prosjekt, og er nært knyttet opp til selskapets hydrogenstrategi. I produksjon av hydrogen fra naturgass dannes store mengder CO₂, som Equinor planlegger å lagre på norsk sokkel. Behovet for lagringsplasser vil også øke etter hvert som karbonfangst blir en mer utbredt teknologi for å redusere utslipp fra industri i Norge og Europa.

«Vi ønsket å undersøke potensialet for storskala CO₂-lagring på Horda-plattformen, altså området rundt Troll, og særlig da knyttet opp mot mulige fremtidige faser av Northern Lights prosjektet», sier prosjektleder Rune Thorsen i Equinor.

BEDRE FORSTÅELSE FOR TRYKKET

Northern Lights omfatter transport og permanent lagring av CO₂ i en geologisk formasjon under Nord-sjøen, og er en del av Norges fullskala CCS-prosjekt. I en tidlig fase vurderte Northern Lights-prosjektet å lagre CO₂ på Smeaheia, et område øst for Trollfeltet. Men etter mulighetsstudien oppsto usikkerhet om reservoaret var en egnet lagringsplass gitt de endrede forutsetningene som ble forelagt prosjektet.

Studier viste at reservoarene i Smeaheia-området kunne være sammenkoblet med reservoar-sandsteinene på Troll. Dersom det var stor grad av trykk-kommunikasjon mellom områdene, kunne det få betydning for lagringskapasiteten på Smeaheia. Troll

skal produsere gass til 2054, og dermed vil trykket i reservoaret på Smeaheia kunne falle i takt med Troll i årene fremover.

CO₂ injiseres vanligvis i et reservoar i flytende fase. Hvis trykket på Smeaheia faller mye, så vil CO₂'en kunne ekspandere fra væske til gass, som igjen tar mer plass i reservoaret. Dermed ville man potensielt kunne lagre mindre CO₂ i Smeaheia enn det planene forutså.

Dette var en grunn til at Northern Lights valgte å flytte lagringsstedet til Aurora-området sør for Troll Vest.

«Men i *Scale-up of CO₂ Storage*-prosjektet valgte vi å jobbe videre internt med det området som ble forlatt i 2018», sier Thorsen. «Vi hadde ikke mistet troen på Smeaheia-området som fremtidig lagringssted, men vi trengte mer tid på å svare på usikkerhetene som var identifisert. Tidsplanen for fullskala-prosjektet var såpass stram at man var nødt til å modne frem andre alternativer for å kunne nå en positiv investeringsbeslutning i 2020».

MER BRØNNDATA

De første planene for SWAP-prosjektet så dagens lys sommeren 2018. Equinor var blitt tildelt en lete-lisens helt sør i Smeaheia-området (PL921) våren 2018, hvor målet var å lete etter hydrokarboner i den såkalte Gladshheim-strukturen. Denne strukturen ligger ca. 20 km sør for området som hadde blitt studert i de første



West Hercules boret brønnen på Smeaheia-området. Foto: Ole Jørgen Bratland

fasene av Northern Lights, og leteboring på Gladshheim-strukturen var planlagt høsten 2019.

Den planlagte leteboringen ble identifisert som en sjelden mulighet for også å samle inn strategiske data som kunne redusere de geologiske usikkerhetene som var identifisert av Northern Lights – slik at veien til fremtidig CO₂-lagring på Smeaheia potensielt ble både kortere og billigere.

Frem mot våren 2019 tok SWAP-prosjektet form. SWAP – *Strategic Well Acquisition Project* – ble et prosjekt for innsamling av viktige undergrunnsdata som ellers ikke hadde blitt samlet inn av letelisen, men som ble sett på som viktige brikker for forståelsen av lagringspotensialet i området rundt Troll.

En stor del av ekstrainnsamlingen besto av datainnsamling fra takbergarten for å bekrefte at den vil være tett dersom man i fremtiden velger å injisere CO₂ i reservoarene under. Det ble både foretatt kjernetaking og tatt berg-mekaniske tester for å finne

kvaliteten og styrken til takbergarten. Forskerne målte blant annet porøsitet, permabilitet og oppsprekkingstrykk til bergarten i en tykk skifer kalt Draupneformasjonen. Normalt blir det ikke tatt slike prøver av takbergarten i en letebrønn.

TRYKKMÅLINGER

Under takbergarten består Smeaheia av flere geologiske formasjoner som potensielt kan brukes til lagring. Som en del av SWAP-prosjektet ble det blant annet foretatt en mengde trykkmålinger i de ulike reservoarene for å måle graden av kommunikasjon med Troll-feltet.

«Målingene viste at trykket var redusert i brønnområdet», sier Thorsen. «Da visste vi at sanden vi hadde truffet på, hang sammen med sanden på Troll. Det betyr at reservoaret er stort og at det potensielt går an å injisere store mengder CO₂ uten at trykket vil stige for mye i reservoaret».

«Vi har også tatt små kjernep prøver

av ulike nivåer av reservoarene, såkalte sideveggsskjermer, som vi vil utføre ulike tester på i laboratoriet», sier Thorsen.

Nå jobbes det med dataene for å oppdatere modeller og øke reservoarforståelsen. Er det mulig å bruke dette området for fremtidig injeksjon – for eksempel i en fremtidig oppskalering av Northern Lights-prosjektet?

«Det er stor grunn for optimisme», sier Thorsen. «Dataene antyder at forseglingen er solid. Reservoaret har tykke bergarter med stor utbredelse. Det betyr at området sannsynligvis kan ta imot store mengder CO₂».

Resultatene av prosjektet kan også få positive konsekvenser for Northern Lights.

«Ved en fremtidig oppskalering av Northern Lights, kan området vi utforsker sannsynligvis brukes som lagringsplass. Det betyr at vi potensielt kan benytte infrastrukturen som bygges i de første fasene av prosjektet og på den måten oppnå store besparelser», sier Thorsen. ■

LAGRING

LITEN FARE FOR MIGRASJON AV CO₂

Før CO₂ injiseres i et reservoar, må det foretas omfattende vurderinger av reservoarets evne til å holde på gassen. Det er en bred oppfatning i forskermiljøet at risikoen for migrasjon fra velkjente geologiske strukturer er svært liten, men det er viktig å ha god kontroll på faktorene som påvirker lagringsevnen.

DE FØRSTE STRUKTURENE SOM velges ut for lagring, vet man med stor sikkerhet er tette. For at dette skal være et utbredt klimatiltak, trengs et stort antall lagringsprosjekter. Det vil derfor etter hvert bli nødvendig også å lagre i formasjoner som har en litt mindre optimal geologi.

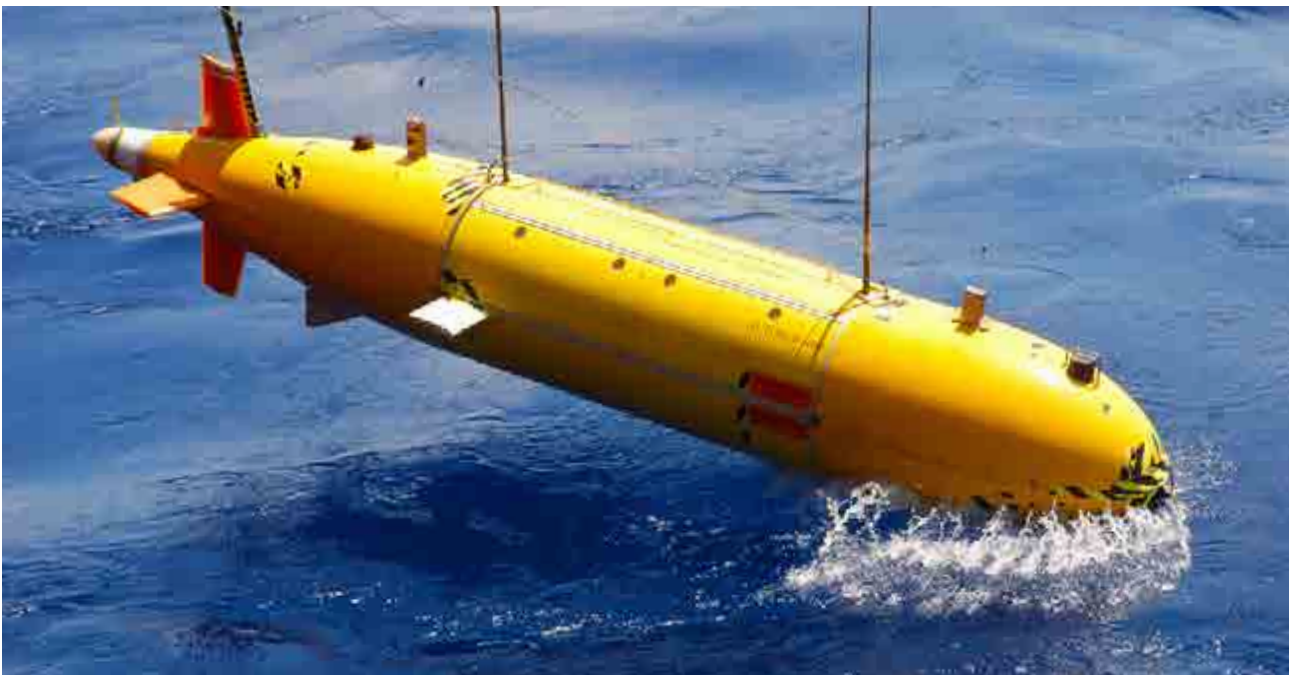
«Fremdeles vil risikoen ved

CO₂-lagring være svært liten – og langt, langt mindre enn om vi ikke går i gang med dette klimatiltaket. Men for å være på den sikre siden, ønsker vi å danne oss et bedre bilde av hva som kan skje i havet dersom noe CO₂ skulle piple ut», sier prosjektleder Guttorm Alendal ved Universitetet i Bergen.

BayMoDe-prosjektet har vært med

på å utvikle metodikk for å forstå slike hendelsesforløp bedre. Prosjektet har vært gjennomført i tett tospann med et stort EU-prosjekt, STEMM-CCS, og bygger på et tidligere EU-prosjekt, ECO₂.

«I dette prosjektet ser vi ikke på risikoen for en migrasjon, men kun på scenarier der CO₂ kommer opp fra



En fjernstyrt undervannsfarkost (AUV) sendes ned for å undersøke havbunnen. Foto. Doug Connelly, National Oceanography Center, Southampton, UK.

havbunnen og sprer seg i vannmassene», sier Alendal. «I et slikt scenario vil CO₂ enten sive ut av havbunnen i form av bobler eller oppløst i sjøvann. Gjennom flere prosjekter har vi utviklet matematisk verktøy som simulerer hvordan da CO₂ vil spre seg».

Dette er kunnskap som vil være helt nødvendig for å kunne ta i bruk CO₂-lagring i stor skala verden over.

BEGRENSEDE KONSEKVENSER AV UTSLIPP

I et hypotetisk tilfelle hvor CO₂ kommer opp i ren fase i Nordsjøen, vil det være som gassbobler gjennom havbunnen. Disse vil stige oppover i vannmassene og raskt løses opp i havvannet og transporteres med lokale vannmasser. Økt CO₂-innhold vil føre til en forsuring, med mulige påfølgende miljøkonsekvenser, men denne effekten vil avta raskt hvis vi beveger oss bort fra utslippspunktet. Tidevannet og lokal turbulens gjør at signalet av et utslipp vil variere veldig, og vil være avhengig av hvor vi måler.

«Men beregninger viser at konsekvensene av slike utslipp vil være begrensede. Hvis man er uheldig, kan man for eksempel risikere en forsuring av et område på størrelse med en fotballbane. Og siden Nordsjøen strekker seg over et stort område, vil konsekvensene være små. Likevel er noen områder mer sårbare enn andre, for eksempel gyteplasser eller steder med koraller», sier Alendal.

MÅLEPROGRAM

Et overvåkningsprogram gir bedre oversikt over hvilke faktorer som påvirker det marine miljøet. Nedblanding fra atmosfæren, for eksempel, som gir forsuring av det mest biologisk

produktive overflatelaget, er ofte en underkommunisert konsekvens av våre CO₂-utslipp.

«Faktisk vil et godt måleprogram kunne settes i sammenheng med FNs bærekraftsmål, spesielt SDG14 *liv under vann*, gjennom samarbeid med andre marine overvåkningsprogram. Ofte brukes kun SDG13 *klimatiltak* som grunn for storskala lagring av CO₂».

Siden CO₂ er naturlig til stede i havet og konsentrasjonen varierer både i tid og rom, er det en utfordring å skille utslipp fra den naturlige variasjonen i CO₂-konsentrasjon. Her har BayMoDe bidratt med å utvikle metoder for å designe måleprogram som tallfester og reduserer usikkerheter.

MATEMATISKE MODELLER

I bunnen ligger simulering av bevegelser i vannmassene ved hjelp av matematiske modeller, såkalte havmodeller som beskriver de komplekse strømmene i Nordsjø-bassenget fra 70-tallet og fremover, og som blant annet brukes av meteorologene. En tenkt kilde legges til, og transport og fortykning av CO₂-signalet simuleres og brukes i forenklede og statistiske modeller.

«Vi har fokusert på å finne metoder for å modellere et sannsynlig fotavtrykk av en migrasjon, ved å kombinere målestetikk, matematisk modellering og Bayesian sannsynlighetsberegning», sier Alendal.

Resultatene fra BayMoDe trekkes videre i andre prosjekter. Blant annet jobbes det med å utvikle web-basert programvare som kan benyttes av industrien og myndighetene i et nystartet ACT-finansiert prosjekt, ACTOM. ■



GUTTORM ALENDAL
Universitet i Bergen

Prosjekt:

Bayesian Monitoring Design (Baymode)

Prosjekteier:

Universitetet i Bergen

Prosjektperiode:

2016–2020

Totalbudsjett:

9,3 MNOK

Støtte fra CLIMIT:

6,6 MNOK

Partnere:

NORCE, Plymouth Marine Laboratory, UK, Heriot-Watt University (UK)

LAGRING

ET BEDRE BILDE AV USIKKERHET

CONQUER-prosjektet har utviklet matematiske modeller som gjør det enklere å holde kontroll over et CO₂-lager.



PER PETERSSON
NORCE Research
Centre

Prosjekt:

CO₂ Storage in the North Sea:
Quantification of Uncertainties and
Error Reduction (CONQUER)

Prosjekteier:

NORCE Norwegian Research Centre

Prosjektperiode:

2015–2019

Totalbudsjett:

8,96 MNOK

Støtte fra CLIMIT:

8,5 MNOK

Partnere:

University of Colorado Boulder,
University of Bergen, ETH Zürich

SKAL INTERNASJONALE KLIMAMÅL

oppnås, er man nødt til å injisere store mengder CO₂ inn i geologiske strukturer under havet. Dette krever en høy grad av sikkerhet for at gassen ikke siver ut i fremtiden. Skal man lagre så mye CO₂ at det virkelig monner, må man benytte et stort antall geologiske strukturer og alle disse må karakteriseres nøye på forhånd.

MODELLERING AV USIKKERHET

De første områdene man velger ut for lagring, befinner seg i områder der operatørene har utvunnet olje og gass i mange år, og der geologien er godt kjent, både fra målinger og årevis med produksjon. Men etterhvert vil man måtte åpne helt nye områder for lagring. Og mange av disse områdene har vi lite kunnskap om i dag.

«Mulige lagringsplasser utgjør svært store fysiske domener som vi må studere over tid. Problemet er at vi ofte vil ha lite data for disse områdene, og det skaper usikkerhet», sier prosjektleder Per Pettersson. «Dette er en generell utfordring».

En rekke faktorer, som porøsitet og permabilitet, avgjør om en struktur egner seg for lagring. Det kan være svært kostnadskrevende å foreta omfattende seismiske, akustiske og kjemiske målinger for å bli kjent med egenskapene til reservoaret. Dermed blir usikkerheten rundt lagring større, og det er denne usikkerheten forskerne har ønsket å modellere.

Men også i tilfeller der geologene har rikelig med informasjon om et reservoar, er det fortsatt utfordringer. Når det foreligger mye måledata, er man nødt til å forenkle. For ellers vil det ta lang tid – kanskje måneder og år – å prosessere alle dataene. Selv med kraftige datamaskiner.

SAMMENSATTE PROBLEMSTILLINGER

«I dag bruker geologene modeller som simulerer en rekke forhold i et reservoar, og disse modellene beregner også et mål for hvor stor usikkerhet som hefter ved simuleringene», sier Pettersson. «Vi ønsket å gå et skritt lenger. Vi fokuserer dermed på hvilken usikkerhet som er forbundet med modellenes beregning av usikkerhet. Med andre ord, hvor usikre er usikkerhetene i modellen?»

De matematiske problemstillingene kompliseres ved at problemene ofte kommer i forskjellige varianter – i mikro-, median- og makroskala. Og skal man forstå fenomener på makro-nivå, så må forskerne på en eller annen måte få med det som skjer på mikro og mediumskala. Dermed må det matematiske rammeverket kunne håndtere en høy grad av kompleksitet.

SPREDNING I RESERVOARET

Et av de fenomenene forskerne har jobbet med, er spredningen av CO₂ i en geologisk struktur.

For å kunne lagre CO₂ sikkert og kostnadseffektivt, trengs et godt bilde

av hvordan klimagassen oppfører seg i reservoarene. Derfor har forskerne simulert hvordan CO₂ beveger seg i de porøse bergartene gjennom hundrevis eller tusenvis av år.

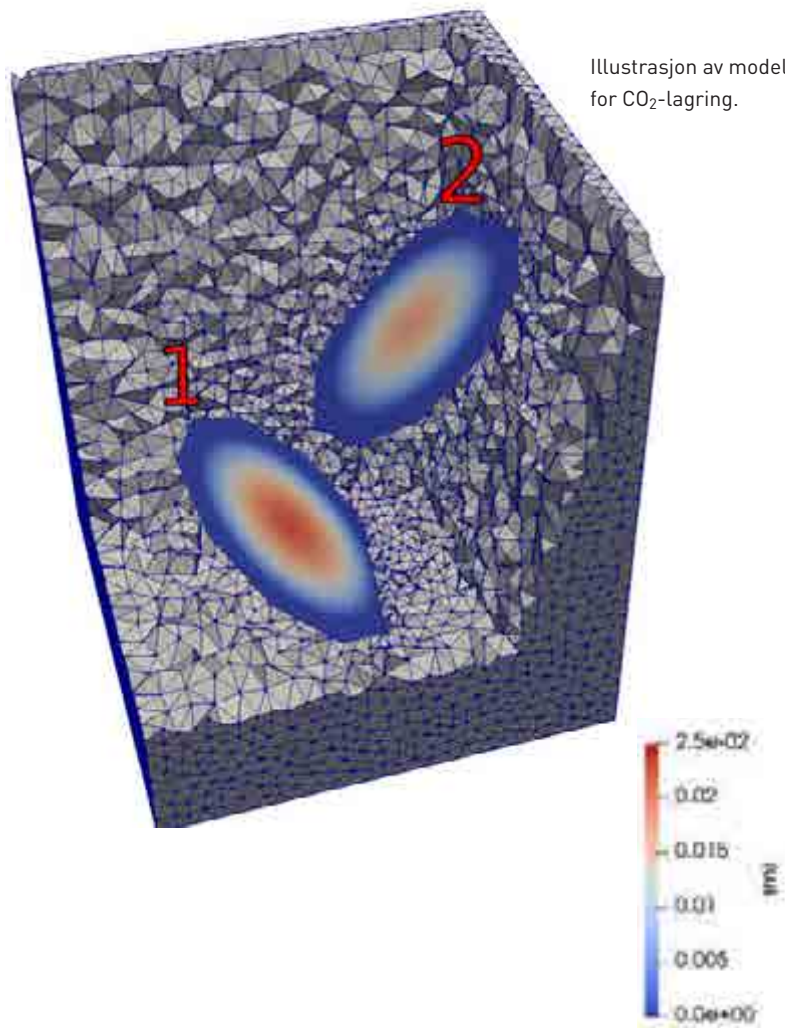
CO₂ injiseres enten som gass eller i en superkritisk fase, det vil si en blanding av gass- og væskeform. I begge fasene er CO₂ lettere enn vannet i formasjonen, og CO₂ vil derfor stige og legge seg under en takbergart. Der blir den liggende som en «sky».

Hvordan CO₂ beveger seg avhenger av bergartene, men også av faktorer som tettheten i gassen og formasjonsvannet. Og når gassen har lagt seg under takbergarten vil CO₂ etter hvert løses opp i vannet, som dermed forsures. Siden CO₂-holdig vann er tyngre enn vannet under, vil det synke. Nytt vann stiger opp til CO₂-skyen, tar opp CO₂ og synker. Dette skaper konveksjonsstrømmer i reservoaret.

BEDRE FORSTÅELSE

«CO₂-skyen har en profil som varierer diskontinuerlig. Det vil si at en liten endring i de faktorene som påvirker skyen, kan føre til en stor forandring i skyens utbredelse.»

Forskerne har også sett på hva som kan skje hvis takbergarten sprekker opp. Da kan CO₂ vandre gjennom frakturene og videre oppover mot havbunnen, og en lekkasje oppstår. Ved å modellere endringer i geomekanikken søker forskerne å få et bedre bilde av ulike oppsprekkningsscenarier.



Illustrasjon av modellen for CO₂-lagring.

CONQUER-prosjektet har gitt bedre forståelse for usikkerheter knyttet til parameterne som påvirker CO₂-lagring. Dette er viktig kunnskap for å kunne gjennomføre CO₂-lagring på en trygg og kostnadseffektiv måte. ■

FORSKNING

FORSKNING PÅ TVERS AV EUROPA

ACT er en pådriver for internasjonalt samarbeid innen CCS-feltet.

Norge har spilt en viktig rolle i etableringen av forskningsprogrammet.



**RAGNHILD
RØNNEBERG**

Norges Forskningsråd

CO₂-HÅNDTERING ER EN VIKTIG teknologi for å nå internasjonale klimamål. Alle land må samarbeide og dra i samme retning for å få teknologien på plass.

I global sammenheng har Norge lang fartstid innen fangst, transport og lagring av CO₂. CLIMIT har finansiert forskning og demo-prosjekter siden 2005. Equinor begynte å lagre CO₂ på Sleipner i 1996, og har i mange år injisert 1 million tonn årlig. I 2008 startet lagring på Snøhvit, og hvert år finner 700 000 tonn CO₂ veien ned i formasjonen.

INTERNASJONAL PÅDRIVER

I november 2014 begynte Forskningsrådet å arbeide for mer utstrakt samarbeid med andre land om utvikling av teknologi for karbonfangst og lagring (CCS).

«Vi så at i Norge har man bygget kunnskap, kompetanse og erfaring over lang tid. Og vi har holdt et

kontinuerlig høyt aktivitetsnivå, både innen forskning og demo-prosjekter», sier Ragnhild Rønneberg i Forskningsrådet. «Men mange europeiske land hadde nedprioritert CCS-området i en periode. Denne utviklingen vakte bekymring. Derfor ble det ganske naturlig at Norge tok lederskapet for å fremme et bredere samarbeid».

Ragnhild Rønneberg fikk ansvar for å se på mulighetene for å arbeide tettere med andre land.

«Oppgaven var å samle et konsortium av 'funding agencies' i de ulike landene. Vi gikk i gang med solid støtte fra Olje- og Energidepartementet. Etterhvert som initiativet vakte interesse i flere land, og vi fikk betydelig støtte til et felles løft, også finansielt, kunne vi danne grunnlaget for en søknad til EU-kommisjonen, under Horizon2020.»

I desember 2015 innvilget EU-kommisjonen søknaden.

«Umiddelbart etter at vi fikk tilsagnet, begynte utrulling av ACT – *Accelerating CCS Technologies*. Vi hadde da om lag 30 millioner euro fra ni land, og mottok ytterligere omlag 12 millioner euro fra EU-kommisjonen. Våren 2016 gjennomførte vi vår første transnasjonale utlysning med et totalbeløp på 42 millioner euro.»

INDUSTRIELLE LØSNINGER

ACTs overordnede mål er å finansiere prosjekter, fasilitere kunnskapsdeling og aktiviteter knyttet til CCS, både i Europa og andre steder i verden.

Prosjektene som tildeles støtte må kunne vise til partnere fra minst tre medlemsland. De bør også inkludere industripartnere som er villige til å investere både penger og bidra med sine erfaringer rundt praktiske problemstillinger.

Slik sikres at det utvikles teknologi som kan brukes i industri, hvor CCS er en naturlig del av fremtidig virksomhet.

ACT har også som mål å skape en prosjektportefølje som skal dekke alle ledd av verdikjeden – fra fangst fra kraft- og industrianlegg (som f.eks. sement, stål-industri), og transport via rørledning og skip, til lagring i geologiske strukturer.

I DIALOG MED SAMFUNNET

Når det gjelder kunnskapsdeling har programmet knesatt et prinsipp om 'open access.' Det vil si at forskningsresultatene skal være tilgjengelige for alle. Slik får man mest ut av den kunnskapen og de resultater som frem-skaffes av felles midler.

I tillegg til å finansiere forskning og demo-prosjekter arrangerer ACT workshops for prosjektene, slik at ny innsikt og erfaring presenteres og diskuteres i et bredest mulig CCS-miljø. Programmet og ACT-prosjektene holder også seminarer med beslutningstagere og andre viktige målgrupper, for å bidra til økt forståelse i samfunnet om de muligheter og utfordringer karbonfangst representerer.

«Vi har hittil arrangert fire konferanser med deltagelse av sentrale



Gruppefoto fra ACT Knowledge Sharing Workshop i Athen November 2019.

europiske beslutningstagere og aktører på fagfeltet. Interessen for resultatene som våre prosjekter har produsert, har vært veldig stor», sier Rønneberg.

ØKENDE INTERESSE

Siden oppstarten i 2015, har ACT stadig fått nye medlemmer. Det første landet som meldte sin interesse, var Tyskland, og i starten dro representantene fra Norge og Tyskland lasset. Men snart kom Hellas, Nederland, Spania, Sveits, Romania, Tyrkia og UK med. Det var disse landene som sto for den felles søknaden til kommisjonen.

Dermed gikk startskuddet for ACTs første utlysning og iverksetting av åtte transnasjonale CCS-prosjekter. Dette er prosjekter som spenner over en rekke tema innen CCS, inkludert hydrogenproduksjon. Norske FoU-miljøer og industripartnere deltar i syv av disse prosjektene.

Interessen har fortsatt å øke. Frankrike, Danmark, USA og den kanadiske provinsen Alberta, samt Nordisk Energiforskning er nå medlemmer av ACT-gruppen.

ACT gjennomførte sin andre felles utlysning i 2019, med ca. 30 millioner

euro. Dette ga grunnlaget for oppstart av tolv nye prosjekter, hvorav norske aktører er med i ti av disse. Det planlegges en ny utlysning i juni 2020, og ACT håper på tilsvarende finansieringsgrunnlag som tidligere.

«Mer enn noen gang er det viktig å støtte opp om tiltak med betydning for klima – og kople internasjonale FoU-miljøer og industripartnere sammen», påpeker Rønneberg.

FØRSTERKET FOKUS

«Som ledd i ACTs etablerte internasjonale samarbeid, og de erfaringer og gode resultater vi har oppnådd, deltar vi nå i planleggingen av EUs nye partnerskap, Clean Energy Transition», sier Rønneberg. «Denne type satsing vil være i størrelsesorden minimum 100-150 millioner euro over en 6-7 års periode. Vi arbeider aktivt for at ACT fortsatt skal være en tungvekt i utviklingen av CCS-teknologi internasjonalt».

ACT har også bidratt til at beslutningstagere i en rekke land og i EC-systemet er mer oppmerksomme på hvilket klimapotensial denne teknologien har.

«ACT har vært en motor når det

gjelder å gjøre karbonfangst synlig og relevant i en rekke land. Men dessverre har ikke alle land CCS like høyt oppe på agendaen som f.eks. Norge, Nederland og UK. Derfor er det viktig at ACT-prosjektene genererer ny kunnskap og kompetanse om CO₂-håndtering som kan tas i bruk både nasjonalt og internasjonalt».

Fullskala-anlegg har vært under planlegging og utvikling flere steder i Europa. Først i rekken står Norge.

«Forventingene til det norske fullskala-prosjektet er stort og vil være avgjørende for fremtidige CCS-tiltak», sier Rønneberg.

Parallelt med Norcem's sementfabrikk og Fortums avfallsforbrenning vurderer også andre industriaktører og -klynger – bl.a. via ACT-prosjektene – praktiske løsninger for å fange CO₂ fra sine anlegg. Dette omfatter å enten bruke eller omdanne CO₂ til nye produkter eller lagre CO₂ på havbunnen i Nordsjøen.

For det er lite tid å miste. Verden blir litt varmere for hvert år som går. Og implementering av CCS-teknologien en nødvendig for å bremse denne utviklingen. ■

FORSKNING

ALIGN – VITENSKAP OG INDUSTRI PÅ TVERS AND LANDEGRENSER

ALIGN er et ACT-prosjekt som fokuserer på å utvikle teknologi for hele CCUS-kjeden. Og samtidig skape et sammensveiset team av forskere og industri i en rekke europeiske land.

ALIGN ER ET OMFATTENDE PROSJEKT.

Det overordnede målet er å stimulere transformasjonen av Europas industri-regioner til blomstrende, lav-karbon klynger i løpet av 2025. 30 europeiske partnere – forskningsinstitutter og industriselskaper – har slått sine krefter sammen for å fasilitere innovasjon og implementering av teknologier for karbonfangst, transport, anvendelse og lagring (CCUS).

ALIGN fokuserer på å løse spesifikke utfordringer som industri-selskaper og kraftprodusenter står overfor, ved å utvikle nye og kostnads-effektive løsninger.

Prosjektet har definert fem sentrale mål:

- Optimalisere CCUS-teknologi og redusere kostnader
- Planlegge stor-skala CO₂ transport
- Sørgje for tilstrekkelig og sikker offshore lagring av CO₂
- Utvikle ulike anvendelser av CO₂ for energilagring og omforming
- Skape forståelse for viktigheten av CCUS i befolkningen

STORT OMFANG

ALIGN-prosjektet har som mål å kunne levere teknologiske løsninger til fem industriklynger i ulike europeiske land på alle disse fem områdene. Regionene som deltar inkluderer Nord-Rhinen-Westfalia, Tyskland; Rotterdam, Nederland; Grangemouth,

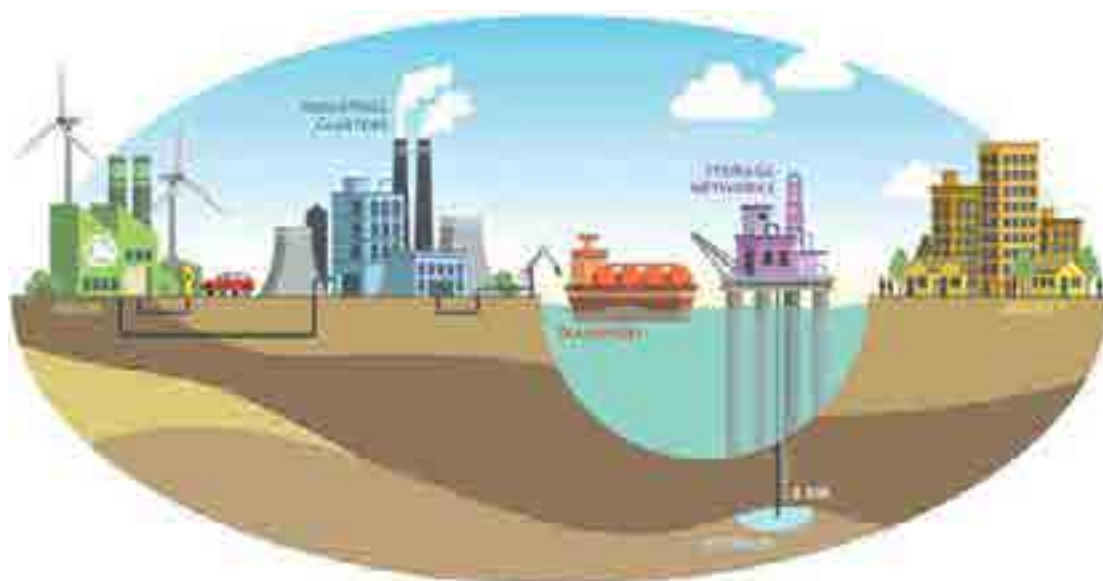
Storbritannia; Oltenia, Romania; Grenland, Norge; og Teesside, Storbritannia.

Prosjektet består av fem arbeidspakker:

WP1: Fangst – Forberede stor-skala fangst-demonstrasjon

WP2: Transport – Forberede stor-skala transport nettverk for offshore lagring

WP3: Lagring – Strategisk lagring for ALIGN- CCUS europeiske industriklynger





19. november 2019 feiret ALIGN-CCUS innvielsen av den nye CCU-piloten på RWEs Innovasjonssenter i Niederaussem. Peter van Os og Peter Moser (RWE) holder plakaten. Foto: RWE

WP4: CO₂ Gjenbruk – Stor-skala energi-lagring og omforming

WP5: Industriklynger – Skisser for lavkarbon-klynger med CCUS

WP6: Samfunn – Implementering av CCUS i samfunnet

SAMARBEID

ALIGN spiller en viktig rolle i å samle forskningen. I dag mangler mange europeiske forskningsprosjekter forankring i en bredere sammenheng, og de muligheter for effektiv kunnskapsdeling som omfattende samarbeid gir. Dette ønsket ALIGN å gjøre noe med.

«I ALIGN har vi klart å tilrettelegge for at aktører langs hele verdikjeden kan jobbe nært sammen», sier Peter van Os. «En hovedprioritering har vært å skape arenaer og mekanismer for kunnskapsdeling og samarbeid, og dermed unngå at noen av forsknings-teamene blir sittende og jobbe i en isolert boble.»

Et resultat av prosjektet vil bli

et konkret sett av anbefalinger og retningslinjer for industriaktørene, for eksempel de som designer fangst-anlegg, prosessingeniører, CO₂-transport og operatører av lagringsplasser. De vil bli brukerne av retningslinjene.

«Jeg tror også at beslutningstakere vil lytte til våre anbefalinger. Vi erfarer at myndigheter i ulike land ser at CCUS er nødvendig, og dette er fulgt opp gjennom økte bevilgninger til forskning.»

ALIGN har dedikert en arbeids-pakke til å kommunisere resultatene av prosjektet, ut i samfunnet.

«Å skape en forståelse av hva CCUS innebærer – ikke bare til beslutningstakere, men også resten av samfunnet – er svært viktig», sier van Os. «Derfor har vi lagt mer arbeid og ressurser i kommunikasjonstiltak enn det som er vanlig i denne typen prosjekter. Vi må virkelig få ut budskapet om at hvis vi skal lykkes i kampen for å begrense klimaendringene, er vi helt nødt til å ta i bruk CCUS-teknologi.» ■

Prosjektleder:

Peter van Os, TNO

Prosjekt:

ALIGN-CCUS

Prosjekteier:

TNO - Nederland

Prosjektperiode:

2017–2020

Totalbudsjett:

23 Mill. Euro, norsk del 46,3 MNOK

Støtte fra CLIMIT:

30,1 MNOK

Partnere:

31 totalt, se www.act-ccs.eu/align

ALIGN – merging science and industry across borders

FANGST

KOSTNADSEFFEKTIV FANGST AV CO₂

Flere fullskala-prosjekter er under planlegging i Europa, også i Norge.

Fangstdelen av ALIGN-CCUS-prosjektet fokuserer på hvordan eksisterende teknologi kan bli rimeligere og mer effektiv å drifte for operatørene.



Pilotanlegget brukt til testing ved SINTEF i Trondheim. Foto: SINTEF

DEN ARBEIDSSTRØMMEN I ALIGN-prosjektet som adresserer karbonfangst, fokuserer på operasjonelle utfordringer og på teknisk-økonomiske analyser. Hvordan kan kostnadene drives nedover, slik at det blir lettere for industrien å implementere fangstanlegg? Og hvordan kan anleggene driftes optimalt for lavere driftsutgifter?

Dette er høyaktuelle problemstillinger, ettersom flere industriklynger både i Norge og Europa nå vender sin interesse mot fangstteknologi.

«Vi har i første rekke sett på amineteknologi», forteller prosjektleder for fangstdelen av ALIGN-CCUS, Hanne Kvamsdal ved SINTEF. «Vi har lang erfaring med denne teknologien i ulike industrielle prosesser, blant annet offshore der amin brukes for å trekke CO₂ ut fra naturgass.»

MANGE AVVEININGER

I prosessindustrien eller gasskraftverk ledes avgass inn i et absorpsjonstårn, der avgassen bobler opp gjennom flere tusen liter aminholdig væske. Aminet absorberer CO₂. Deretter pumpes den CO₂-holdige aminvæsken over i en regenerator, der damp varmer opp løsningen og aminet skiller ut CO₂-gassen, som komprimeres og lagres, eventuelt brukes til annet formål. Den resirkulerte aminvæsken pumpes tilbake til absorpsjonskolonnen, og prosessen gjentas.

«Det er en rekke avveininger som må foretas», sier Kvamsdal. «Det

største energiforbruket i prosessen går med til å varme dampen som driver av CO₂-gassen etter at den har reagert med aminet. Vi kan designe anlegg som reduserer energien som kreves for å produsere damp. Men da øker samtidig investeringskostnadene. Så det gjelder å finne den riktige balansen».

REDUSERE LEKKASJE

Prosjektet har også hatt stort fokus på driftsutfordringer.

«Resirkulering av aminet er en kontinuerlig prosess – væsken går i en sløyfe mellom absorpsjonskolonnen og regeneratortårnet», sier Kvamsdal. «En utfordring er at noe av aminet har en tendens til å forsvinne fra væsken og gå over i gassform, og dette aminet kan da lekket ut til omgivelsene».

Forskerne undersøker derfor hvordan endringer i driftsbetingelser – som trykk og temperatur og sammensetning i avgassen – kan påvirke hvordan aminet oppfører seg. En måte å motvirke lekkasje på, er å kjøle ned og vaske den CO₂-holdige aminvæsken når den har nådd toppen av absorpsjonskolonnen.

En annen utfordring er å hindre at aminet reagerer med andre stoffer.

«Det er alltid litt overskudd av oksygen som ikke forbrennes, og som blir en del av avgassen. Derfor forsøker vi å gjøre tilpasninger slik at ikke aminet reagerer med oksygen», sier Kvamsdal.

FOKUS PÅ DRIFTSBETINGELSER

Forskerne jobber også med avansert regulering for å sikre god drift av anlegget. Et automatisk reguleringsystem skal optimalisere energiforbruket, hindre for høyt trykk og temperatur, og at tanker går tørre. Siden det kan forekomme store variasjoner i driftsbetingelsene i et anlegg, trengs et effektivt reguleringsystem som kan gi operatørene god oversikt over hvordan prosessen forløper.

SINTEFs pilotanlegg er utstyrt med langt flere sensorer enn det som er vanlig i normale prosessanlegg. Det har gitt forskerne god anledning til å teste ut kritiske punkter i prosessen. God forståelse av prosessen er helt avhengig av nøyaktige målinger.

NTNU har bidratt med laboratorieforsøk og modelleringer, blant annet innen utslipp av aminer og avansert regulering.

«Vi har jobbet mye med å forenkle modellene av prosessanlegget og tilpasse de til en operativ virkelighet», sier Kvamsdal. «Simulatoren må kunne utføre beregninger raskt, og da blir regnekapasitet fort en begrensning».

ALIGN-CCUS har partnere fra flere land. I Tyskland har RWE testet en pilot som fanger CO₂ fra kullkraftverk. University of Sheffield i Storbritannia drifter et testanlegg som brenner naturgass. TCM har også utført tester i aminanlegget på Mongstad. I tillegg har både TNO i Nederland, Herriot-Watt University i Skottland, og Universitetet i Sør-Øst Norge gjort egne tester på flere av disse pilotanleggene. ■



HANNE KVAMSDAL
SINTEF

Prosjekt:

ALIGN-CCUS WP1

Prosjektperiode:

2017–2020

Totalbudsjett:

37,1 MNOK

Støtte fra CLIMIT:

23,2 MNOK

Partnere:

Fangst: SINTEF, NTNU, TCM, TNO, RWE, Herriot-Watt University, University of Sheffield.
Andre norske partnere: IFE, Bellona, Norcem, Yara

LAGRING

FULLT TRYKK PÅ SIKKER LAGRING

Pre-ACT fokuserer på utfordringer knyttet til sikker lagring av CO₂ i bergartene langt under havbunnen. Hvordan kan vi bekrefte et godt sammenfall mellom modellert og observert oppførsel i CO₂-lageret?



PEDER ELIASSON
SINTEF

Prosjekt:

Pre-ACT (Pressure control and conformance management for safe and efficient CO₂ storage - Accelerating CCS Technologies)

Prosjekteier:

SINTEF Industri

Prosjektperiode:

2017-2020

Totalbudsjett:

5,2 Mill. Euro
26,5 MNOK i norske delen

Støtte fra CLIMIT:

23,9 MNOK

Partnere:

SINTEF Industri, NORSAR, Equinor, Total, BGS, PML, TNO, GFZ, Shell og TAQA

ACT HAR SOM MÅL Å AKSELERERE

utvikling og implementering av teknologi for karbonhåndtering. Da utlysningen for nye prosjekter kom i 2016, begynte forskere ved SINTEF umiddelbart å diskutere utfordringer knyttet til lagring av CO₂ med andre forskningsmiljøer og industrien.

UTFORDRINGER VED LAGRING

Pre-ACT er et omfattende forskningsprosjekt, med et budsjett på rundt 5 millioner euro. Rundt 30 forskere er involvert, på deltid eller heltidsbasis. Prosjektet stiller med flere europeiske partnere.

Partnerne definerte tre sentrale problemstillinger for prosjektet – utvikle bedre modeller for beregning av lagringskapasiteten i reservoarene, skape tillit i samfunnet til CO₂-håndtering – og de løsningene prosjektet foreslår – og utvikle lagrings- og overvåkningsteknologi som operatørene kan implementere kostnadseffektivt og sikkert. Disse er uttrykt som tre verdier: *Capacity. Confidence. Cost.*

«Ganske raskt i diskusjoner med industrien, ble vi enige om at overvåking og kontroll av trykket i reservoaret – og endringer i dette trykket – er en kritisk faktor for disse tre og en rekke andre sentrale problemstillinger», sier prosjektleder Peder Eliasson ved SINTEF.

Når CO₂ injiseres inn i en akvifer – en vannførende geologisk formasjon – presses vannet vekk. Men det er en motstand i systemet, avhengig av hvor lett væsken beveger seg gjennom reservoaret, også kalt bergartenes permeabilitet. Denne motstanden gjør at poretrykket øker i lagringsformasjonen. Og her ligger det en risiko. For trykkøkningen kan føre til forandringer i reservoaret. I et ‘worst case’ scenario kan det økte trykket skape sprekker i de tette takbergartene som skal holde CO₂’en på plass.

STEMMER MODELLENE MED VIRKELIGHETEN?

Arbeidspakke 1 dreier seg om modellering av injeksjonsprosessen og responsen til reservoaret. Dette må på plass før et lagringsprosjekt settes i gang. Hva skjer med trykket når man begynner å injisere CO₂? Hvor langt vil CO₂’en bre seg utover?

Forskerne forsøker å danne seg et bilde av usikkerheter i beregningene. For det er mange faktorer man ikke har nøyaktig kunnskap om – som permeabilitet, porøsitet og den eksakte geometrien til lagringsformasjonen. Kanskje en forkastning ikke er helt tett. Da kan det være en mulig migrasjonsvei, og dermed kommunikasjon, gjennom forkastningene.

Arbeidspakke 2 konsentrerer seg om

metoder for overvåkning av injisert CO₂. Hva er det som faktisk skjer i undergrunnen?

«Konvensjonelle metoder for trykkovervåkning måler trykket ved injeksjonsbrønnen. Det er det eneste stedet man kan plassere en sensor», sier Eliasson. «Det er ikke mulig å sette sensorer ute i reservoaret. Derfor anvender vi både numerisk modellering og geofysiske metoder, basert på innsamlede seismiske eller elektromagnetiske data, for å estimere trykket. Dette er mye mer komplisert enn en direkte måling.»

KOSTNADSEFFEKTIVE METODER

Pre-ACT har utviklet kostnadseffektive metoder for å finne ut hvor CO₂ legger seg i reservoaret. Men de går også et skritt videre.

«Vi har også sett på metoder for å beregne CO₂-metningen i bergartene», sier Eliasson. Det vil si hvor stor prosentandelen av CO₂ er i de ulike lagene i lagringsformasjonen.

Noen av de utviklede metodene testes også med data fra injeksjonskampanjer ved Svelvik CO₂ Field Lab, et nytt feltlaboratorium for studier av CO₂-overvåkingsteknologi.

Arbeidspakke 3 har jobbet med kvantitative metoder for å sammenligne modellene og observasjonene. Graden av sammenfall mellom disse, kalles konformitet («conformance»). Dette er et sentralt begrep i Pre-ACT, spesielt for å redusere usikkerhet i modeller eller i indirekte estimat av trykket i reservoaret.

«Det er ikke alltid at de dataene vi har hentet inn gjennom seismikk, for eksempel for å bestemme hvor CO₂-skyen befinner seg i reservoaret, er helt forenlig med modellbereg-



Michael Jordan i SINTEF håndterer instrumentering for seismiske målinger under Pre-ACT's injeksjonskampanjer. Foto: SINTEF

ningene som er gjort», sier Eliasson. «Kanskje bekrefter seismikken modellens beskrivelse av CO₂-skyens geometri og utbredelse, men viser at skyen ligger noe grunnere enn modellen tilsier. Dersom misforholdet er stort nok, må en gjøre en vurdering om modellen trenger justering, og om beregninger av videre oppførsel må gjøres på nytt.»

Arbeidspakke 4 går på anbefalinger om hvordan operatørene skal håndtere ulike avvik mellom modeller og observasjoner.

«I denne delen av prosjektet har industrien vært tungt inne», sier Eliasson. «De sitter på lang erfaring med å ta beslutninger i slike situasjoner.»

Før en operatør starter injisering, må det utvikles en metodikk som beskriver mulige problemer som kan dukke opp. Kanskje trykket bygger seg opp mer enn forutsatt. Eller kanskje man oppdager gjennomstrømning i en forkastning man trodde var tett. Hva gjør operatøren da? Må modellene revurderes? Er det nødvendig å samle inn mer data? Skal operatøren stanse injiseringen?

METODIKK SKAPER STRUKTUR

Pre-ACT har utarbeidet en metodikk som operatørene kan bruke for å ta slike driftsmessige beslutninger på strukturert og oversiktlig vis.

Arbeidspakke 5 handler om å demonstrere metodikken fra de andre arbeidspakkene, ved hjelp av realistiske case studier. Et av områdene som ble valgt ut var Smeaheia.

Smeaheia var den første strukturen som Northern Lights-prosjektet vurderte som lagringssted. Northern Lights er infrastrukturen av det

norske fullskalaprojektet, og omfatter transport CO₂ med skip fra Østlandet til et mottaksanlegg på Vestlandet, hvorfra gassen pumpes gjennom en rørledning til et reservoar under Nordsjøen.

I en mulighetsstudie vurderte Northern Lights-prosjektet å lagre CO₂ på Smeaheia, et område øst for Trollfeltet. Etter mulighetsstudien oppsto det usikkerhet om reservoaret var en egnet lagringsplass, og det ble besluttet at området måtte studeres mer.

«Derfor passet det veldig bra at vi så nøyere på Smeaheia. Våre undersøkelser viste at man kan håndtere at forkastningen ikke er helt tett i alle bauger og kanter. Dermed kan reservoaret bli en mulig lagringsplass i et fremtidig prosjekt», sier Eliasson.

Andre lagringssteder Pre-ACT har vurdert, inkluderer et tomt gassfelt på nederlandsk sokkel, og mulige fremtidige lagringssteder på britisk sokkel.

SINTEF har prosjektlederansvar for Pre-ACT og stiller med rundt halvparten av forskerne. Den andre norske forskningspartneren er NORSAR. Fra Storbritannia deltar BGS og PML. Forskningsinstituttene TNO i Nederland og GZF i Tyskland er også partnere.

De industrielle partnerne er Equinor, Shell, Total og TAQA Energy (Nederland).

VIKTIG DIALOG MED BESLUTNINGSTAGERE

En av forutsetningene for finansiell støtte fra ACT, er at prosjektene skal dele kunnskapen som opparbeides med viktige målgrupper i samfunnet.

«Forskningsrådet oppfordret oss til å legge vekt på kommunikasjon», sier

Eliasson. «Derfor la vi inn i planene at vi skulle gjennomføre møter med sentrale beslutningstagere. Hensikten var å informere om CO₂-håndtering i allmenhet og om hvilke resultater prosjektet har kommet frem til, når det gjelder sikkerhet og overvåking av CO₂-lagring».

I april 2019 arrangerte Pre-ACT et seminar i Trondheim. Et bredt spenn av deltagere deltok. Representanter fra Olje- og Energidepartementet (OED), Gassnova, Bellona, Forskningsrådet og britiske myndigheter var til stede. Equinor, TAQA Energy og Lundin sendte også fagfolk. Det ble arrangert både presentasjoner og paneldebatt.

«Vi ønsket også å utveksle synspunkter på hvordan forskingen kan bidra til sikrere CO₂-lagring», sier Eliasson.

Pre-ACT inviterte sentrale europeiske beslutningstagere til et seminar i Brussel i oktober 2019. Fra Pre-ACT stilte forskere fra ulike forskningsinstitutter og industriselskaper – partnere i prosjektet – for å presentere forskningsresultater og trekke opp linjene fremover. Europa-kommisjonen, Bellona, Zero og NHO var blant de organisasjonene som presenterte sine synspunkter. Deretter fulgte en engasjert paneldebatt om hvordan implementering av karbongfangst-, lagring- og transport-teknologi raskest kan bli en realitet. Seminaret ga beslutningstakere i Brussel svært nyttig informasjon om CO₂-lagring.

Våren 2020 arrangerer Pre-ACT en serie med seks webinarer, åpent for alle. Interessen har vært svært positiv – på det andre webinaret meldte 100 deltagere seg på. ■

LAGRING

SVELVIK CO₂ FIELD LAB: ET UNIKT FELTLABORATORIUM

SINTEF etablerte i 2019 et feltlaboratorium for studier av CO₂-lagring og overvåking på Svelvikryggen, litt sør for Drammen. Pre-ACT hjalp til med etableringen og var også det første prosjektet som tok i bruk felt-laboratoriet til å utføre omfattende forsøk for å teste ut overvåkningsmetoder.

EN BRØNN VED FELTLABORATORIET

muliggjør injeksjon av vann eller CO₂ 60–65 meter under bakken.

«Selv om CO₂ på 65-meters dyp oppfører seg veldig annerledes enn CO₂ i et reservoar 1000 meter under havbunnen, kan laboratoriet lære oss en hel del om hvordan man kan overvåke et CO₂-lager, og hvordan man skal tolke geofysiske data», sier Peder Eliasson, prosjektleder for Pre-ACT.

I fire brønner rundt injeksjonspunktet er det plassert måleinstrumenter, slik at forskerne kan samle inn seismiske og elektriske data. Tolkningen av disse gir et bilde av hvor CO₂-en tar veien og hvor stor mengde CO₂ som finnes i ulike deler av reservoaret.

«I første del av Pre-ACT's forsøk ved feltlaboratoriet, pumpet vi inn saltvann for å øke trykket i reservoaret», forteller Eliasson. «Vi brukte sensorer og geofysiske målinger for å overvåke trykkendringen. I neste fase injiserte vi CO₂, som trengte unna saltvann i reservoaret og samtidig skapet en trykkforandring. De to forsøkene gir sammen en mulighet å studere hvordan man diskriminerer endringer i CO₂-metning og trykk basert på geofysiske målinger.»

Feltlaboratoriet ved Svelvik er også velegnet til å skape en bedre forståelse i viktige målgrupper, for hva karbonhåndtering egentlig er.

Ved åpningen i november 2019 deltok representanter fra Stortinget, Hurum kommune, Oljedirektoratet og Gassnova. Anlegget fikk bred omtale i media. Lokalkontoret til NRK, Sveriges Radio, lokalaviser og et geofaglig tidsskrift brakte nyheten om Svelvik-laboratoriet ut til et bredere publikum.

Morgendagens beslutningstagere har også inspisert laboratoriet. Flere skoleklasser har besøkt anlegget for å lære mer om hvordan CO₂-lagring kan bidra til å løse klimakrisen.

Selv om mye bør være løst før dagens skoleungdom har rukket å bli ledere, er det viktig å lære den yngre generasjon om de gode klimatilstandene. ■



Svelvik CO₂ Field Lab. Inngjerdet område med injeksjonsbrønn, fire overvåkingsbrønner, to tanker (blå) for vanninjeksjon, en tank (hvit) for CO₂-injeksjon og et enkelt kontroll- og instrumenteringsrom. Foto: SINTEF

NØKKELTALL 2019

Det var stor interesse for å søke midler fra CLIMIT i 2019, og ved utgangen av året hadde i alt 45 nye prosjekter fått 177 millioner kroner i støtte. Dette er prosjekter som er innvilget støtte i løpet av 2019. Flere av disse har oppstart i 2020.

Stadig flere forskningsprosjekter forsetter som demonstrasjonsprosjekter

DEMONSTRASJONSPROSJEKTER

CLIMIT-Demo hadde 100 aktive prosjekter i 2019 som samlet mottok 118 millioner kroner i støtte i løpet av året. Det er totalt bevilget 507 millioner kroner i støtte til disse prosjektene over flere år. 14 nye prosjekter ble tildelt støtte. Videre er det gitt 14 bevilgninger til nye idéstudier, mindre utredninger og informasjonstiltak.

Samlet utgjør tilsagn om støtte i 2019 om lag 103 millioner kroner. 43 prosjekter ble avsluttet i 2019.

FORSKNINGSPROSJEKTER

CLIMIT-FoU hadde i 2019 69 aktive prosjekter som samlet mottok 115 millioner kroner i støtte i løpet av året. Det er budsjettert med totalt 479 millioner kroner i støtte til disse prosjektene over flere år.

Det ble i 2019 innvilget støtte til 11 større prosjekter, hvorav 7 ACT-prosjekter, 2 kompetanseprosjekter for næringslivet og to innovasjonsprosjekter i næringslivet.

I tillegg er det også tildelt støtte til 6 mindre prosjekter. Dette omfatter medvirkningsprosjekter og arrangementsstøtte.

Det ble i 2019 bevilget 74 millioner kroner til nye prosjekter. Årsaken til et noe lavt beløp er en stor portefølje med mange pågående prosjekter som spiser opp mye av tilgjengelige midler kommende år. ■

Aktive prosjekter fordelt på sektor (mill. kroner)

	2018		2019	
	FoU	Demo	FoU	Demo
Instituttsektor	77,4	46,9	76,5	56,8
Næringsliv	10,5	47,1	14,0	57,9
UoH-sektor	18,9		20,4	1,0
Øvrige	2,6	2,1	3,9	2,4

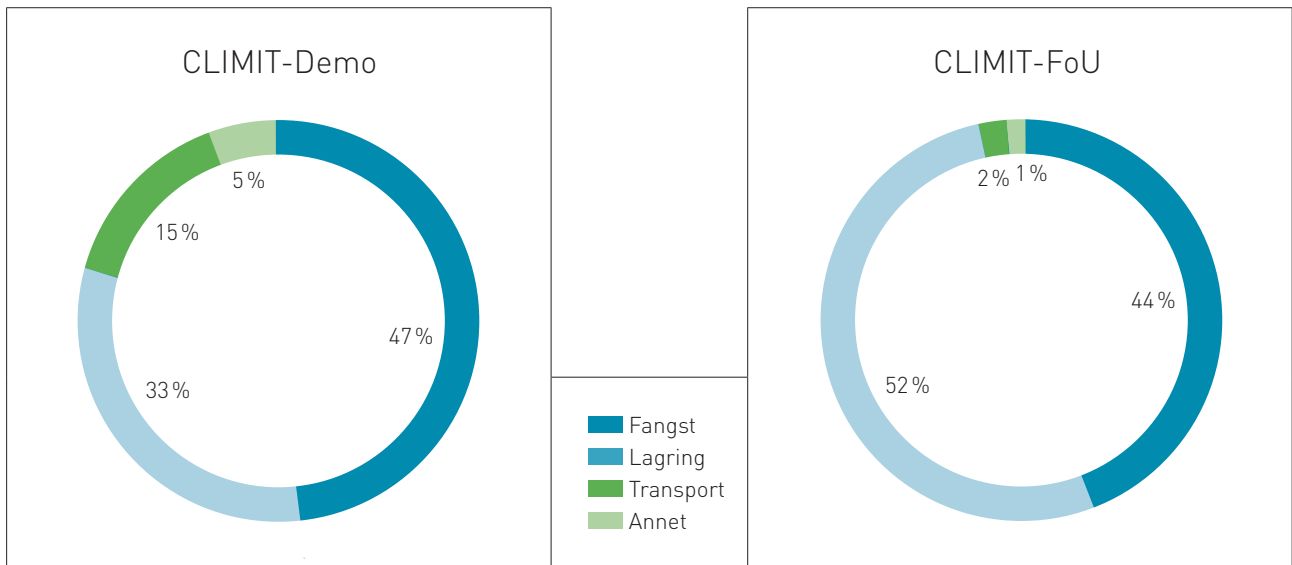
Aktive prosjekter fordelt på søknadstype (mill. kroner)

	2018		2019	
	FoU	Demo	FoU	Demo
Annen støtte	2,5	0,2	2,1	0,3
Arrangementstøtte	0,6	0,8	0,4	0,6
Forskerprosjekter	63,7		57,0	
Innovasjonsprosjekter i næringslivet	11,2		16,9	
Kompetanseprosjekter for næringslivet	17,3		15,1	
Internasjonale prosjekter (ACT)	14,1	7,2	23,1	9,1
Personlige utenlandsstipend	0,1		0,1	
Demoprojekter		85,6		107,1
Ide, forstudier		2,2		1,1

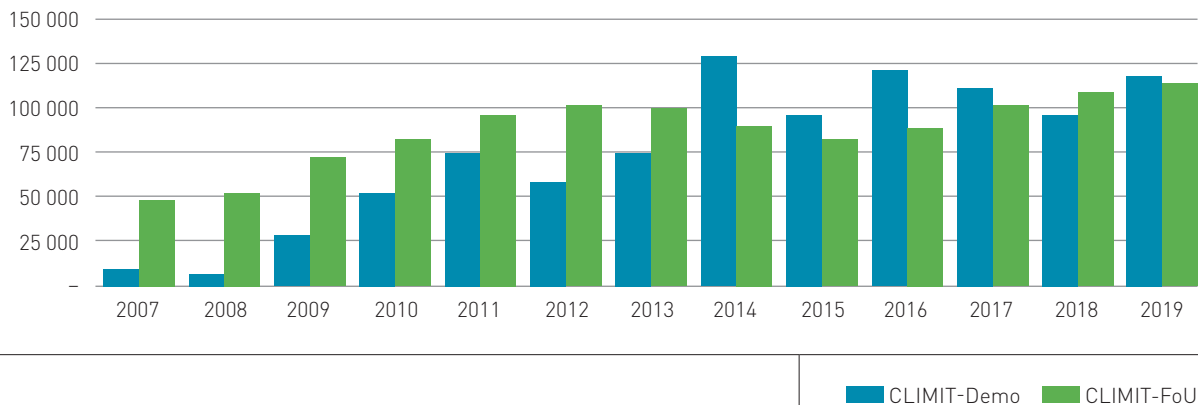
Inntekter (mill. kroner)

	2018		2019	
	FoU	Demo	FoU	Demo
Diverse	-0,1			
Olje- og energidepartementet	92,1	90,0	92,0	94,5

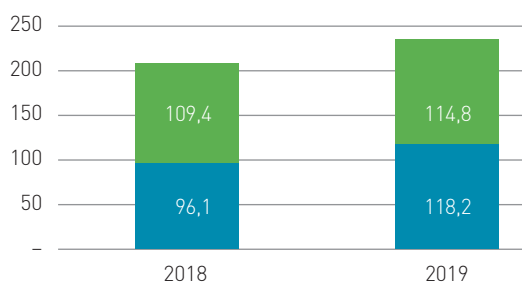
Bevilgede prosjekter



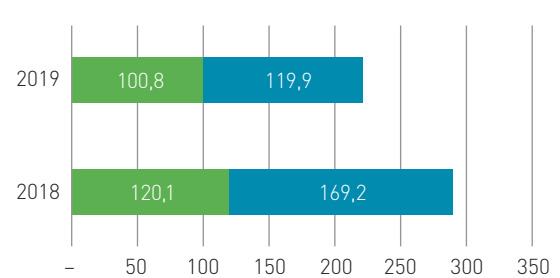
Utbetalinger til CLIMIT-prosjekter 2007–2019 (MNOK)



Prosjektbevilgninger i mill. kroner



Disponibelt budsjett i mill. kroner





GASSNOVA SF / CLIMIT
Dokkvegen 10
N-3920 Porsgrunn

NORGES FORSKNINGSRÅD
Postboks 564
1327 Lysaker

CLIMIT.NO
postmottak@gassnova.no